Niels Bleicher
Christian Harb
(Hrsg.)

Zürich-Parkhaus Opéra

Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle

Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie



Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 48

Zum Inhaltsverzeichnis

Zum Inhaltsverzeichnis

Zürich-Parkhaus Opéra

Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle

Befunde, Schichten und Dendroarchäologie

Zum Inhaltsverzeichnis

Zum Inhaltsverzeichnis

Niels Bleicher, Christian Harb (Hrsg.)

Zürich-Parkhaus Opéra

Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle

Band 1

Befunde, Schichten und Dendroarchäologie

Mit Beiträgen von
Flavio S. Anselmetti
Niels Bleicher
Saskia Brandt
Benedikt Braun
Maria Burger
Lukas Glur
Urs Gut
Christine Pümpin
Philippe Rentzel
Beat Rick
Beatrice Ruckstuhl
Hansruedi Schneider
Hendrik Vogel
Philipp Wiemann
Marina Wurst

Zürich und Egg 2015

Zum Inhaltsverzeichnis

Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 48

Redaktion: wortgewandt, Basel
Layout, Satz, Bildbearbeitung: InnoSet AG, Basel

Umschlag: Martin Bachmann, KA Zürich

© 2015 Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Raumentwicklung, Kantonsarchäologie, 8600 Dübendorf und Amt für Städtebau Zürich, Unterwasserarchäologie/Labor für Dendrochronologie, 8008 Zürich
Papier: gestrichen, halbmatt, holzfrei, 135 g/m²
Gesamtherstellung: FO-Fotorotar, ein Geschäftsbereich der FO Print & Media AG, 8132 Egg ZH
ISBN 978-3-906299-04-4 / Hardcover
ISBN 978-3-906299-05-1 / E-Book

INHALTSVERZEICHNIS

Zum Geleit 9

Dank 10

I DIE GRABUNG *(Niels Bleicher)* 11

1 Vorgeschichte 11

2 Von der Rettungsgrabung zur Auswertung *(Niels Bleicher, Saskia Brandt)* 12

3 Technische Rahmenbedingungen 12

4 Ziele und Strategien 13

5 Organisation und Nummernvergabe 15

6 Dokumentation 16
6.1 Schichtdokumentation 16
6.2 Fundverwaltung 17

7 Medien und Kommunikation 18

II DIE AUSWERTUNG *(Niels Bleicher, Saskia Brandt)* 21

1 Auftrag und Finanzierung 21

2 Organisation 21

3 Interdisziplinäre Struktur 21

4 Datenbank 21

III ALLGEMEINER SCHICHTVERLAUF, DATIERUNGEN UND GRUNDGEDANKEN DER BEFUNDVORLAGE *(Niels Bleicher)* 23

1 Allgemeiner Schichtverlauf und Schichterhaltung 23

2 Grundgedanken der Befundvorlage 25

3 Zur Methode der Befundvorlage 25

IV DAS GEOLOGISCHE UMFELD *(Marina Wurst, Beat Rick)* 27

1 Der Untergrund des Theater- und Sechseläutenplatzes 28

2 Der Baugrund im Neolithikum 29

V PALÄOTOPOGRAPHIE UND UNTERSUCHUNGEN AN SEEKREIDE *(Hansruedi Schneider, Benedikt Braun, Niels Bleicher)* 31

1 Heutiger Schichtverlauf 31

2 Setzungsberechnungen 32
2.1 Sedimentäre Geschichte des Grabungsareals 32
2.2 Numerische Modellierung der Setzungsgeschichte 35
2.2.1 Baugrundmodell 36
2.2.2 Geologische und numerische Modellrandbedingungen 36
2.2.3 Vorgehen im FE-Modell 37
2.3 Auswertung und Interpretation der Resultate 37
2.4 Überlegungen zur Modellgenauigkeit 38
2.5 Schlussfolgerung, Ausblick und Empfehlungen 39

3 Auswertungsmöglichkeiten von Seekreidemächtigkeiten 40
3.1 Mechanismen der Erosion 40
3.2 Ufersedimente und Seepegelschwankungen 40
3.3 Konsolidierung 40
3.4 Seekreidetexturen 41
3.5 Archäologische Nutzung der Kartierung von Seekreidemächtigkeiten 41

VI 15000 JAHRE UMWELTGESCHICHTE, BASIEREND AUF DEN SEDIMENTEN EINER 13,6 M TIEFEN BOHRUNG *(Lukas Glur, Hendrik Vogel, Flavio S. Anselmetti)* 43

1 Einführung 43

2 Methoden 45

3 Sedimentologische Kernbeschreibung und Messdaten 45
3.1 Lithostratigraphische Einheit I 45
3.2 Lithostratigraphische Einheit II 45
3.3 Lithostratigraphische Einheit III 46

4 Diskussion 47

5 XRF-Messung der Profilkolonne 9624 48

6 Fazit und Ausblick 48

VII DIE ARCHÄOLOGISCHEN BEFUNDE *(Niels Bleicher, Beatrice Ruckstuhl)* 50

1 Schicht 12 50
1.1 Allgemeine Erscheinung 50
1.2 Lehmbefunde 50
1.2.1 Lehmstellen im Osten innerhalb des Parkhauses 50
1.2.2 Lehmstellen im Westen innerhalb des Parkhauses 50
1.2.3 Lehmstelle 1212 (Taf. 2) 51
1.3 Liegende Hölzer 51
1.4 Ein möglicher Steigbaum 51

1.5 Zusammenfassung und Diskussion 52

2 Schicht 13 53
2.1 Allgemeine Erscheinung 53
2.1.1 Schichtinhalt 53
2.1.2 Unterschiedliche Ausprägungen der Kulturschicht 53
2.1.3 Zur Frage der Existenz von lehmstellenübergreifenden Horizonten 57
2.2 Ausgewählte Lehmbefunde 57
2.2.1 Lehmstelle 1303 (Taf. 3) 58
2.2.2 Lehmstelle 1304 (Taf. 3) 58
2.2.3 Lehmstelle 1305 (Taf. 4, 5) 59
2.2.4 Lehmstelle 1307 (Taf. 6) 59
2.2.5 Lehmstelle 1317 (Taf. 7) 60
2.2.6 Lehmstelle 1321 (Taf. 8) 60
2.2.7 Lehmstelle 1323 (Taf. 9) 60
2.2.8 Lehmstelle 1333 (Taf. 10) 61
2.2.9 Lehmstelle 1335 (Taf. 11) 61
2.2.10 Lehmstelle 1344 (Taf. 12) 61
2.2.11 Die Lehmstellen im Überblick 62
2.3 Brandschicht 62
2.4 Hügelförmige Mischbefunde – Abfallhaufen? 62
2.4.1 Lehmstelle 1314 mit Sonderbefund (Taf. 13) 63
2.4.2 Lehmstellen 1348 und 1349 mit Sonderbefund (Taf. 14) 64
2.4.3 Vergleich der potenziellen Abfallhaufen mit der Fundmenge – methodische Bemerkungen 64
2.4.4 Fundmengen neben und in Lehmstellen sowie generelle Funddichten 65
2.5 Steine 65
2.6 Rinden 66
2.6.1 Rinden, Schindeln und Kleinhölzer in Lehmstelle 1313 (Taf. 15) 67
2.6.2 Exkurs: Rinden als Baumaterial 67
2.7 Sonderbefunde 67
2.7.1 Kiesriegel 67
2.7.2 Seekreidehorizonte 68
2.7.3 Kulturschicht in umgestürzten Töpfen 68
2.7.4 Eine Lehm-Holz-Konstruktion 70
2.8 Liegende Hölzer 71
2.8.1 Tannenbretter und mutmassliche Schindeln 72
2.8.2 Liegende und schräge Pfähle 73
2.8.3 Ein quer durchlochter Pfahl 74
2.8.4 Hölzer mit U-förmigem Ende 76
2.8.5 Tür und Gatter 76
2.8.6 Bauteile mit unbekannter Funktion 79
2.9 Fazit zu liegenden Hölzern und Sonderbefunden 79

3 Schicht 14 81
3.1 Allgemeine Erscheinung 81
3.1.1 Kulturschichtbasis 82
3.2 Lehmbefunde 83
3.2.1 Lehmstelle 1401 (Taf. 17) 83
3.2.2 Lehmstelle 1404 (Taf. 17) 83
3.2.3 Lehmstelle 1410 (Taf. 18) 84
3.2.4 Lehmstelle 1415 (Taf. 19) 84
3.3 Steine 85
3.4 Horizontale Elemente 85
3.4.1 Liegende Hölzer und Rinden 85
3.4.2 Tannenbretter 85
3.4.3 Holzobjekte unbekannter Funktion 85
3.5 Zusammenfassung und Diskussion Schicht 14 87

4 Schicht 15 87
4.1 Allgemeine Erscheinung 87
4.2 Lehmbefunde 87
4.2.1 Lehmstelle 1501 (Taf. 19) 87
4.2.2 Lehmstelle 1503 (Taf. 20) 87
4.2.3 Lehmstelle 1506 (Taf. 20) 88
4.2.4 Lehmstelle 1508 (Taf. 20) 88
4.2.5 Lehmstelle 1509 (Taf. 21) 88
4.3 Liegende Hölzer 89
4.4 Zusammenfassung und Diskussion Schicht 15 89

5 Schicht 16 90
5.1 Allgemeine Erscheinung 90
5.2 Lehmbefunde 90
5.2.1 Lehmstelle 1604 (Taf. 22) 90
5.2.2 Lehmstelle 1608 (Taf. 22) 90
5.3 Liegende Hölzer 91
5.4 Zusammenfassung und Diskussion Schicht 16 91

6 Schicht 17 91

7 Vergleichende Betrachtung und Interpretation der Schichten 92
7.1 Interpretation zur Genese von Schicht 13 92
7.1.1 Ablagerung der Lehmbefunde 92
7.1.2 Charakterisierung des Siedlungsuntergrunds 93
7.1.3 Verhältnis von Besiedlung und Seepegel 94
7.1.4 Zusammenfassende Interpretation der Schichtgenese von Schicht 13 96
7.2 Interpretationen zur Genese von Schicht 14 97
7.3 Interpretationen zur Genese von Schicht 12 PH 97
7.4 Interpretationen zur Genese der Schichten 15 und 16 99
7.5 Fazit zur Schichtgenese 99

VIII DENDROARCHÄOLOGIE UND PFAHLFELDANALYSE *(Niels Bleicher, Maria Burger)* 100

1 Zielsetzung und Methoden 100
1.1 Zielsetzung 100
1.2 Arbeit auf der Grabung und im Feldlabor 100
1.2.1 Erfassung der Hölzer auf der Grabungsfläche 101
1.2.2 Erfassung der Hölzer im Holzlabor und Holzuntersuchung 102
1.3 Jahrringmessung im Labor 103
1.4 Weiterverarbeitung der erfassten Daten 104
1.5 Jahrringanalyse 104
1.5.1 Klassischer Datierungsprozess und Chronologieaufbau 104
1.5.2 Verbesserung der Datierungsquote durch Gruppenbildung 105
1.5.3 Datierung kurzer Serien im Rahmen der Pfahlfeldanalyse 106
1.5.4 Deutung der Datierungsergebnisse 108
1.5.5 Individualdiagnose 108
1.5.6 Auswertung aus paläoökologischer und -ökonomischer Sicht 109
1.5.7 Radiokarbondatierungen 109

2 Datierung der Siedlungsphasen 110
2.1 Siedlungsphase Opéra 1 von –3234 bis –3226 110
2.1.1 Jahrringserien 110
2.1.2 Dendrochronologische Datierung 111

2.1.3 Datierung kurzer Serien 111
2.2 Siedlungsphase Opéra 2 um –3204 111
2.3 Siedlungsphase Opéra 3 von –3176 bis –3153 112
2.3.1 Jahrringserien 112
2.3.2 Dendrochronologische Datierung 112
2.3.3 Datierung kurzer Serien 112
2.4 Siedlungsphase Opéra 4 um –3090 115
2.5 Siedlungsphase Opéra 5 um –3063 115
2.6 Siedlungsphase Opéra 6 von –2885 bis –2877 115
2.6.1 Jahrringserien 115
2.6.2 Dendrochronologische Datierung 116
2.7 Siedlungsphase Opéra 7 von –2754 bis nach –2749 117
2.7.1 Jahrringserien 117
2.7.2 Dendrochronologische Datierung 117
2.8 Siedlungsphase Opéra 8 von –2735 bis –2727 118
2.8.1 Jahrringserien 118
2.8.2 Dendrochronologische Datierung 118

3 Datierung der liegenden Hölzer und Tannen 118

4 Datierung der Schichten 119

5 Undatierte Dendrogruppen 121

6 Zusammenfassung zu den Datierungen 121

7 Pfahlfeldanalyse und Baugeschichte 121
7.1 Visuell ermittelte Strukturen 123
7.2 Siedlungsphasen 1 und 2 und Schicht 12 123
7.2.1 Gebäudegrundrisse 123
7.2.2 Hypothesenprüfung mit kurzen Serien 124
7.2.3 Lineare Strukturen 125
7.2.4 Vergleich der Grundrisse mit den Lehmen von Schicht 12 126
7.2.5 Pfähle und eine mögliche lineare Struktur von Phase 2 127
7.3 Siedlungsphase 3 und Schicht 13 127
7.3.1 Hypothesenprüfung mit kurzen Serien 127
7.3.2 Gebäudegrundrisse und der Vergleich mit Lehmen von Schicht 13 129
7.3.3 Palisaden und Zäune 132
7.4 Siedlungsphase 4 und Schicht 14 132
7.5 Siedlungsphase 5 und Schicht 15 134
7.6 Siedlungsphase 6 und Schicht 16 134
7.6.1 Palisaden und Stege 135
7.7 Siedlungsphasen 7 und 8 und Schicht 17 135
7.7.1 Baugrundrisse in Phase 7 135
7.7.2 Gebäudegrundrisse und Palisade in Phase 8 137
7.8 Undatierte Strukturen 138
7.9 Beobachtungen zur Einrammtiefe 138
7.10 Zusammenfassung der Pfahlfeldanalyse 139
7.10.1 Dendroarchäologische Ergebnisse zu Bauweisen und Bebauungsstruktur 139
7.10.2 Wiederverwendung und Arbeitsorganisation 140
7.10.3 Fazit der Pfahlfeldanalyse 142

8 Interpretationen zur Entwicklung der Bauholznutzung *(Niels Bleicher, Maria Burger, Urs Gut)* 142

IX DAS PFAHLFELD VON ZÜRICH-SECHSELÄUTENPLATZ/WASSERSPIEL *(Urs Gut)* 147

1 Fragestellungen und Methoden 147

2 Ausgangslage 147

3 Dendrochronologische Datierung 147

4 Baubefunde 148

5 Bauholznutzung 150

6 Fazit und Ausblick 151

X MIKROMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DER SCHICHTABFOLGEN *(Christine Pümpin, Philipp Wiemann, Phillippe Rentzel)* 152

1 Einleitung 152

2 Methoden 152

3 Untersuchte Profile 155

4 Resultate 155
4.1 Sedimentfazies 155
4.1.1 Limnische Fazies (Seesedimente) 155
4.1.2 Mineralisch-organische Fazies 157
4.1.3 Organische Fazies (Kulturschichten) 160
4.1.4 Mineralische Fazies (Lehmlagen) 161
4.2 Analyse ausgewählter Profilkolonnen 165
4.2.1 Profil 500.89/160 – Probe ZHOP-408.1 165
4.2.2 Profil 489.68/136 – Proben ZHOP-1405 und ZHOP-1406 170
4.2.3 Profil 495/134 – Probe ZHOP-3631 179
4.2.4 Profil 508/147 – Probe ZHOP-5866 181
4.2.5 Profil 475/142.9 – Probe ZHOP-12695 184
4.3 Kartierung von gelifiziertem organischem Material 187
4.4 Kartierung des detritischen organischen Mikrits (DOM) 189
4.5 Kartierung von kanalartigen Strukturen 191

5 Bildungsmilieu der Kulturschichten und Beobachtungen zur Taphonomie 191
5.1 Bioturbation 191
5.2 Chemische Prozesse 191
5.3 Erhaltung von Stärke in den Fruchtkörpern von Characeen 194
5.4 Organisches Material und seine Erhaltung 195
5.5 Erhaltung von Knochen 195
5.6 Beobachtungen an Lehmen 196
5.6.1 Genese der Tonbrocken 196

6 Bilanz und Perspektiven: Das Potenzial der Fundstelle 196

XI THEORIEN UND INTERPRETATIONEN ZU TOPOGRAPHIE UND ARCHITEKTUR *(Niels Bleicher)* 198

1 Theorien zur Topographie 198

2 Theorien zur Architektur der Horgener Zeit 198

3 Gedanken zum Hausbau in der Schnurkeramik 202

XII ZUSAMMENFASSUNG – RÉSUMÉ – RIASSUNTO – SUMMARY 203

XIII ANHANG 209

1 Anmerkungen 209

2 Bibliographie 212

3 Abkürzungen 216
3.1 Allgemeine Abkürzungen 216
3.2 Verwendete Sigel 217

4 Abbildungsnachweis 217

5 Tabellen 217

6 Tafeln 231
Tafelsignaturen 231
Taf. 1–2 Lehmstellen Schicht 12 232
Taf. 3–16 Lehmstellen Schicht 13 234
Taf. 17–19 Lehmstellen Schicht 14 248
Taf. 19–21 Lehmstellen Schicht 15 250
Taf. 22 Lehmstellen Schicht 16 253
Taf. 23 Lehmstellen Schicht 17 254
Taf. 24–35 Dendrogruppen 255
Taf. 36 ^{14}C-Daten 267

Publikationen der Kantonsarchäologie Zürich 269

Zum Inhaltsverzeichnis

Zum Geleit

Es schien eine lange und mühsame Geschichte zu sein. Und sie schien sich zuerst nur um Raum- und Verkehrsplanung zu drehen. 1996 hatte der Gemeinderat nach langer Debatte beschlossen, die Zürcher Innenstadt von allzu starker Belastung durch parkende Autos zu befreien. Die Parkplätze sollten in den Untergrund verlegt werden. Doch wie sich herausstellte, war die Geschichte noch viel länger und brachte noch deutlich mehr Mühen, als irgendjemand ahnte.

Seit Langem war bekannt, dass im Zürcher Seefeld die Reste einer grossen urgeschichtlichen Siedlungskammer erhalten sind. Entsprechend liess man durch Bohrungen abklären, ob dies auch auf dem Theaterplatz der Fall ist. Nach elf Kernbohrungen schien klar: Dem Bauvorhaben für eine grosse Unterniveau-Garage vor dem Opernhaus stand aus archäologischer Sicht nichts im Weg. Es blieb nur ein geringes Restrisiko, das man glaubte baubegleitend handhaben zu können. Und so konnte mit den Arbeiten für eine Umwandlung von oberirdischen in unterirdische Parkplätze begonnen werden.

So zuverlässig diese Abklärungen in der Regel auch sind – in diesem Fall lag man falsch: Während der Bauarbeiten mehrten sich die Anzeichen, dass an diesem Platz sehr wohl Reste von jungsteinzeitlichen Uferdörfern – von Pfahlbauten – vorhanden waren. Zur selben Zeit waren diese auch Thema in Paris. Dort liefen gerade Abklärungen zur Aufnahme einer Auswahl von Pfahlbaufundstellen in die Liste der UNESCO-Welterbestätten.

Das Dilemma war offensichtlich. Das begonnene Bauwerk war ein wesentliches Element für die Aufwertung der Innenstadt. Und es war ein unverzichtbarer Meilenstein in der Umsetzung des Parkplatzkompromisses. Eine rechtskräftige Baubewilligung lag vor, die Bauherrschaft besass damit die volle Investitions-, Planungs- und natürlich Realisierungssicherheit.

Unvermutete Umstände erfordern flexibles Handeln: Innert weniger Wochen schufen die künftigen Betreiber, ihre Ingenieure, Vertreter der Stadt und des Kantons die Möglichkeit für eine Rettungsgrabung. Ein dringlicher Zusatzkredit seitens des Stadtrats sicherte die benötigten Gelder sowohl für die archäologische Untersuchung wie für die entstehenden Mehrkosten. Allen Beteiligten war klar, dass die Bevölkerung noch ein wenig länger auf ihren öffentlichen Platz und die unterirdischen Parkplätze würde warten müssen.

Das Amt für Städtebau schuf innert sechs Wochen alle Voraussetzungen für eine Grossgrabung. Zwischen April 2010 und März 2011 standen durchschnittlich fast 60 Personen gleichzeitig im Einsatz. Ende 2011 lag wie vereinbart ein Bericht vor, der so detaillierte wie realistische Vorschläge für ein Auswertungskonzept beinhaltete. Auf dieser soliden Basis konnte der Regierungsrat ein halbes Jahr später seine Kredite sprechen. Diese werden für die auf sechs Jahre angelegte wissenschaftliche Auswertung und Analyse der Funde verwendet.

Lagen der Lead und die Kostenübernahme für die Ausgrabung bei der Stadt, so ist es nun der Kanton, der hoheitlich für die Nachbereitung verantwortlich zeichnet. Beide Projektphasen wurden unter grösstmöglichem Einbezug des jeweiligen Partners abgewickelt. Die so entstandene Zusammenarbeit hat sich im Projektverlauf bestens entwickelt.

Die Durchführung solcher komplexer, interdisziplinärer Projekte mit riesigen Daten- und insbesondere auch Fundmengen (hier: 20000 Fundkomplexe, 25000 Hölzer) stellt eine grosse Herausforderung für alle Beteiligten dar. Dank klarer Rahmenbedingungen und der umsichtigen Projektführung beider Partner kann dem positiven Abschluss dieses Grossprojekts aber gelassen entgegengesehen werden. Der Steuerungsausschuss nimmt gewissenhaft seine Coaching- und Lenkungsfunktion wahr. Der wissenschaftliche Beirat fungiert als Qualitätscontroller.

Fünf Jahre und viel Mühe später stellen wir fest, dass die Geschichte eigentlich nicht in den 1990ern, sondern schon ein paar Jahrtausende früher begonnen hat. Aber ein gutes Ende ist nahe. Man ist auf allen Positionen im Budget und im Fahrplan. Mehr noch: Die Vorlage dieses ersten Bandes erfolgt sogar früher als geplant. Wenn man gemeinsam an einem Strang zieht und aus der Geschichte lernt, kann eigentlich nichts schiefgehen.

Markus Kägi
Regierungsrat

André Odermatt
Stadtrat

Dank

Von Anfang an war es erklärtes Ziel, die Auswertung direkt an die Grabung an- und möglichst zeitnah abzuschliessen. Ohne die gute Zusammenarbeit aller Beteiligten, insbesondere auch der beteiligten Institutionen von Stadt und Kanton Zürich, wäre dies nicht möglich gewesen. Dafür danken wir an erster Stelle dem paritätisch zusammengesetzten Steuerungsausschuss, auf dessen Unterstützung wir jederzeit zählen konnten: Wilhelm Natrup (Amt für Raumentwicklung), Beat Eberschweiler (Kantonsarchäologie Zürich), Patrick Gmür (Amt für Städtebau), Andreas Mäder (Unterwasserarchäologie/Labor für Dendrochronologie). Für die konstruktiven Diskussionen während der Auswertung danken wir dem wissenschaftlichen Beirat (Philippe Della Casa, Eda Gross, Renata Huber, Urs Leuzinger, Wolfgang Ostendorp), den Fachlektoren Martin Mainberger und André Billamboz sowie Renate Ebersbach für ihre wertvollen Rückmeldungen. Tim Wehrle arbeitete die GIS-Daten und -Vorlagen immer zuverlässig auf und half beim Digitalisieren des generellen Schichtverlaufs.

Ohne die Unterstützung durch die Parkhaus Opéra AG und die Hardturm AG sowie die sehr gute Zusammenarbeit mit dem Bauteam der Implenia AG hätte die Grabung nicht fristgerecht beendet werden können.

Schon während der Grabung liessen zahlreiche Expertinnen und Experten ihr Wissen einfliessen. Wir danken Josef Gisler, Susanne Holzinger, Elisabeth Langenegger, Renate Leu und Kathrin Trüllinger von der Kantonsarchäologie Zürich, Katharina Schmidt-Ott vom Schweizerischen Nationalmuseum, Stefanie Jacomet, Jörg Schibler und Philippe Rentzel von der Universität Basel, Willy Tinner und Flavio Anselmetti von der Universität Bern sowie Guido Morri und Pirmin Mader vom Geologiebüro Gysi Leoni Mader. Besonders hervorzuheben ist das Römisch-Germanische Zentralmuseum Mainz: Dank der Unterstützung von Markus Egg nahm sich das Museum unter der sachkundigen Leitung von Markus Wittköpper der Bergung und Konservierung der neolithischen Holztür an.

Natürlich wäre die Auswertung ohne die im Zuge der Grabung erarbeitete Dokumentation nicht möglich gewesen. Ein ganz grosser Dank geht deshalb an das erweiterte Grabungsteam, das die Arbeiten auch unter erschwerten Bedingungen zuverlässig und termingerecht durchführte: Christina Achour, Hansruedi Benninger, Miriam Bertschi, Thomas Bochet, Jenny Bodenmann, Matthias Bolliger, Edi Böni, Philipp Bosshard, Saskia Brandt, Julia Bucher, Reto Bucher, Maria Burger, Flavio Cardellicchio, Daniel Debrunner, Johanna Diggelmann, Christina Egli, Raphael Ehrensperger, Walter Fasnacht, Simon Felber, Susan Feldmann, Alejandro Flores, Natascha Fuhrer, Martin Glaus, Markus Graf, Urs Gut, Johannes Häusermann, Aurélie Häusermann-Gottraux, Dieter Holstein, Raphael Jecker, Fredy Jetzer, Emanuela Jochum, Robert Dave Kaufmann, Steffen Knöpke, Maria Kolp-Godoy, Nicolo Kreis, Adrian Kurt, Elisabeth Langenegger, Andrea Lanzicher, Levente Liptay, Andy Mäder, Marc Maire, Yann Mamin, Erik Martin, Christine Michel, Aleksandra Mistireki, Patrick Moser, Jonas Nyffeler, Jakob Obrecht, Thomas Oertle, Franziska Pfenninger, Astrid Riethmann, Claudia Riethmann, Peter Riethmann, Beatrice Ruckstuhl, Thomas Scherer, André Schindler, Barbara Schmid, Michael Schneider, Julian Schneider, Peter Schwörer, Yven Seiler, Roland Sojka, Claudia Stabile, Sonja Streit, Janko Stunf, Stephanie Tremp, Thomas Utiger, Maja Viazzoli, Felix Walder, Kevin Waser, Manuela Weber, Irene Wehrli, Robert Weibel, Anna Barbara Widmer, Medea Willimann, Johannes Wimmer, Jürg Winterberg, Helga Zapf, Jasmin Zellweger, Manuela Zendralli, Dino Zimmermann, Manuel Zürcher und Ursina Zweifel.

Zürich und Dübendorf, im Dezember 2014
Niels Bleicher und Christian Harb (Projektleitung)

Zum Inhaltsverzeichnis

I DIE GRABUNG

(Niels Bleicher)

Die Grabung Parkhaus Opéra ist in mancher Hinsicht ein Sonderfall. Sie war die grösste Feuchtbodenausgrabung im Kanton Zürich und darüber hinaus seit der Grabung Zürich-Mozartstrasse 30 Jahre zuvor. Sie fand zudem im Herzen von Zürich und unter grosser Anteilnahme der Bevölkerung statt. Sie war grabungstechnisch gesehen ungewöhnlich, weil sie unterirdisch stattfand. Und sie ist bislang die einzige Grossgrabung aus der mit Fundstellen dicht besetzten Siedlungskammer am unteren Zürichseebecken, deren Funde und Befunde direkt nach Ende der Ausgrabung ausgewertet und vorgelegt werden. Sie ist damit auch die erste Grossgrabung im Raum Zürich, bei der die dendroarchäologischen Resultate und die Ergebnisse der Befundvorlage den Kollegen der Fundbearbeitung und der naturwissenschaftlichen Disziplinen bereits während deren Auswertungsarbeiten zur Verfügung gestellt werden konnten.

Für die Vorlage der Grabungs- und Auswertungsergebnisse sind drei Bände geplant. Der vorliegende erste Band ist dem geologischen und sedimentologischen Rahmen, den Befunden sowie der Dendroarchäologie gewidmet. Er stellt zunächst die Geschichte und Methodik der Ausgrabung dar (Kap. I) und erläutert Ziele, Rahmen, Auftrag und Struktur der Auswertung (Kap. II). Darauf folgt ein Überblick über die Schichten (Kap. III), bevor der geologisch-sedimentologische und paläotopographische Rahmen der Siedlungen vorgestellt wird (Kap. IV–VI). Für die Rekonstruktion der Paläotopographie (Kap. V) wurde ein noch selten verfolgter geotechnischer Ansatz gewählt. Kapitel VII stellt die archäologischen Befunde vor. Die Kapitel VIII und IX wenden sich der Dendroarchäologie der Fundstelle Parkhaus Opéra und der benachbarten Grabung von Zürich-Sechseläutenplatz/Wasserspiel zu. Kapitel X stellt erste Daten der Mikromorphologie vor. Kapitel XI ist einigen Gedanken und Theorien zur Bau- und Siedlungsweise gewidmet, die sich aus den neu gewonnenen Daten ergeben. Kapitel XII schliesslich enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse dieses Bandes in deutscher, englischer, französischer und italienischer Sprache.

Der zweite Band ist den Funden gewidmet. Der dritte Band schliesslich wird die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Analysen unterschiedlicher Fachrichtungen enthalten und eine erste Synthese der Resultate aller beteiligten Disziplinen versuchen.

Die drei Bände verstehen sich nicht als Endpunkt in der Bearbeitung der Fundstelle Parkhaus Opéra. Ihr Ziel ist vielmehr, den umfangreichen Datensatz der Forschung zur Verfügung zu stellen. Die Autoren hoffen, dass die Vorlage den Beginn reger und diverser Forschungstätigkeit an dieser und den benachbarten Fundstellen markiert.

1 VORGESCHICHTE

Bereits bei der Projektierung der Neugestaltung des Theater- und Sechseläutenplatzes im Zentrum von Zürich (Abb. 1) hat das Amt für Städtebau mit der Kantonsarchäologie und den für die Bodenuntersuchung beauftragten Geologen Vorabklärungen unternommen, um das Ausmass eventueller archäologischer Schichten zu bestimmen. Die Sondierbohrungen mit Trockeneissonden wiesen in der Schillerstrasse auf ausgeprägte Kulturschichten hin. Im Perimeter des geplanten Parkhauses dagegen fanden sich nur geringe Hinweise auf Schichterhaltung. Die sinkenden und ausdünnenden Schichten der 1981/82 in unmittelbarer Nachbarschaft unternommenen Grabung Mozartstrasse legten zudem nahe, dass auf der Fläche des Parkhauses keine Befunde wahrscheinlich waren. So lautete das Fazit im Juni 2004, dass die zu erwartenden prähistorischen und historischen Befunde bei guter Planung baubegleitend und ohne Verzögerung des Bauablaufs dokumentiert und geborgen werden könnten.

Ab September 2009 begleitete die Unterwasserarchäologie der Stadt Zürich den Bau. Im Lauf der Bauarbeiten mehrten sich rasch Hinweise auf grössere archäologische Vorkommen im Boden des Parkhausareals. Deshalb wurden weitere Tro-

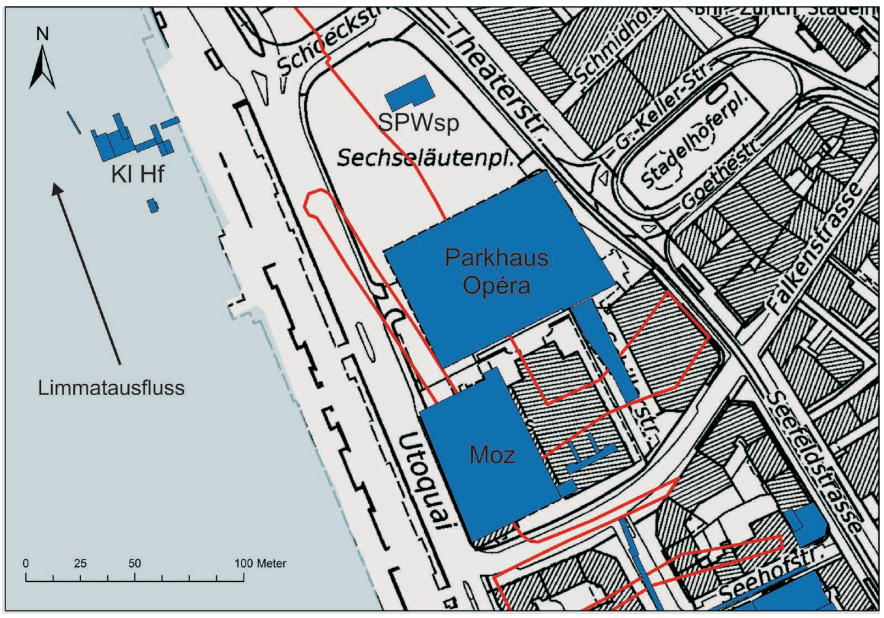


Abb. 1. Situationsplan der Grabung. Blau unterlegt sind Ausgrabungsflächen anderer Stationen. Moz = Mozartstrasse, Kl Hf = Kleiner Hafner, SPWsp = Sechseläutenplatz/Wasserspiel. Rote Linien zeigen den Verlauf neuzeitlicher Hafenanlagen im Untergrund.

Zum Inhaltsverzeichnis

ckeneissondagen durchgeführt. Ihre Auswertung ergab, dass auf einer Fläche von mehr als 3500 m² die Reste mehrerer Siedlungen existierten, die in einer Rettungsgrabung vor ihrer Zerstörung dokumentiert werden mussten. Warum die Bohrungen im Jahr 2004 negativ ausgefallen waren, ist unklar. Das wahrscheinlichste Szenario ist wohl, dass die wenigen Kernbohrungen zufällig im Bereich neuzeitlicher Störungen lagen – ein Szenario, wie es sich später noch einmal ergab: Bei manuellen Bohrungen, die während der Ausgrabung in einem noch nicht untersuchten Bereich zur Planung des weiteren Vorgehens durchgeführt wurden, war in einem Fall im Bohrstock keine Kulturschicht vorhanden. Dennoch ergab die spätere Ausgrabung, dass auch in diesem Bereich eine 30 cm mächtige organische Schichterhaltung vorlag – punktuell von Störungen unterbrochen. Dies zeigt eindrücklich, wie extrem punktuell die Aussage von Bohrungen ist und dass nur eine grössere Anzahl zu verlässlichen Aussagen führt.

2 VON DER RETTUNGSGRABUNG ZUR AUSWERTUNG *(Niels Bleicher, Saskia Brandt)*

Die Entscheidung, eine Rettungsgrabung durchzuführen, stellte die Unterwasserarchäologie des Amts für Städtebau Zürich Ende 2009 vor die Aufgabe, in kurzer Zeit Team, Infrastruktur und Prozessdefinitionen bereitzustellen. Die Gesamtprojektleitung ging an Peter Riethmann, der zu diesem Zeitpunkt das Kompetenzzentrum Unterwasserarchäologie und Labor für Dendrochronologie im Amt für Städtebau als Stellvertreter leitete, weil die Leitung vakant war. Die technische Leitung wurde Jakob Obrecht übertragen, die wissenschaftliche Grabungsleitung Niels Bleicher. Die Grabung begann am 26. 4. 2010 und lief bis zum 31. 1. 2011.

3 TECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN

Anfänglich war der Parkhausbau in offener Grube geplant. Die mit dem Bau beauftragte Arbeitsgemeinschaft entschied sich später aber für die sogenannte Deckelbauweise. Als der Entscheid für eine Rettungsgrabung fiel, waren die Arbeiten am Deckel bereits im Gang. Die Grabung musste unter diesem Deckel erfolgen. Drei Öffnungen im Parkhausdach ermöglichten den Zugang (Abb. 2). Der Einsatz grosser Maschinen war dadurch stark eingeschränkt, was v.a. das Entfernen der Deckschichten zwischen dem Betondeckel und den Kulturschichten erschwerte. Die grossen Kubaturen der Deckschichten mussten mit einem Kleinbagger entfernt werden – manuell wäre es ganz unmöglich gewesen. Danach erfolgte das Ausgraben der Kulturschichten von Hand. Da die Kulturschichten Richtung Stadelhoferplatz anstiegen, reduzierte sich hier die Mächtigkeit der Deckschichten und damit auch der Raum für den Baggereinsatz. Der Bagger konnte sich in vielen Bereichen nicht über den Fundschichten bewegen, sondern musste davor positioniert werden. Weil ein Grabungsfeld aus Sicherheitsgründen immer mindestens einen Meter Abstand zur Böschung der Deckschichten haben muss, konnte der Bagger mit seiner Reichweite von 3 m pro Einsatz nur die Deckschichten über zwei Meterstreifen entfernen (Abb. 3).



Abb. 2. Luftbild der Baustelle vor Grabungsbeginn. Die drei Einstiegsöffnungen sind noch verschlossen.



Abb. 3. Oben links: Darstellung der zweigeschossigen Parkhauskonstruktion mit Pfählen und Zufahrt. Oben rechts: Abtransport des Aushubs durch Deckenöffnung mittels Kran. Unten links: Durchstichsituation der Ausbaggerungsfläche unter dem westlichen Zugang zur Grabungsfläche weiter landwärts, im Vordergrund Feingrabungssituation. Unten rechts: Abtrag des Decksediments unter der frisch gegossenen Betondecke mit Kleinbagger.

Solange in den ersten Wochen unter den Einstiegsöffnungen erst wenig Raum zur Verfügung stand, konnten nur wenige Ausgräber gleichzeitig arbeiten. Das Team wuchs kontinuierlich mit der Fläche und den zugänglichen Kulturschichtbereichen. Dass anfänglich nur wenig Personal eingesetzt werden konnte, sorgte für zusätzlichen Druck bei der Rettungsgrabung und dem insgesamt schon ehrgeizigen Zeitplan von neun Monaten.

Aus baustatischen Gründen durfte das Grabungsteam die fixe Höhenkote von 403 m ü.M. nicht unterschreiten und wurde darin von den Ingenieuren strikt überwacht. Die gegen den See hin unter diese Fixhöhe abfallenden Kulturschichten konnten deshalb während der regulären Grabung nicht grossflächig untersucht werden. Die für das Verständnis des Siedlungsareals wichtigen Informationen zum Schichtverlauf konnten aus drei unter Aufsicht der Ingenieure gezogenen Sondiergräben gewonnen werden. Weitere Beobachtungen und Dokumentationen in diesem tiefer liegenden Bereich konnten im Anschluss an die Grabung baubegleitend ausgeführt werden.

4 ZIELE UND STRATEGIEN

Die Strategie der Grabung Parkhaus Opéra wurde als konzeptioneller Vergleich zur Grabung Zürich-Mozartstrasse von 1981 angelegt[1]. Während dort eine zentrale zusammenhängende Fläche fein gegraben und ein grösserer Randbereich nur grob dokumentiert wurde, war das Ziel bei der Grabung Parkhaus Opéra, über fein gegrabene Bereiche und Schichtproben vom gesamten Grabungsareal zu verfügen. Auch sollte das Pfahlfeld durchgehend dokumentiert und beprobt werden. Dazu wurde die gesamte Grabungsfläche mit einem Raster aus Feingrabungs- und Grobgrabungsflächen überzogen (Abb. 4; vgl. Kap. II.4). Feingrabung (FG) und Grobgrabung (GG) unterschieden sich in der Grabungsweise und im Detaillierungsgrad der Dokumentation (Kap. II.4). Der Modus der Pfahlfeldverprobung war bei beiden derselbe. Unterschiede gab es allerdings bei jenen Flächen, in denen aus baustatischen Gründen nicht normal gearbeitet werden konnte. Hier fand nur eine partielle Verprobung statt (Abb. 4 unten).

Grosser Wert wurde darauf gelegt, von den sogenannten Hauptachsen möglichst durchgehende Profile zu dokumentieren. Die Profile entlang der Meter Y = 123, 140, 160 und 178 im Grabungskoordinatennetz wurden zu den Hauptachsen in Ost-West-Richtung deklariert. In Nord-Süd-Richtung wurden die Achsen entlang der Meter X = 487, 495 und 510 als Hauptachsen gewählt (Abb. 4). Zusätzlich zu den Profilen der Hauptachsen wurde auf ein möglichst enges Netz an Zwischenprofilen geachtet, sodass die Schichtenfolge heute für fast jeden beliebigen Punkt der Grabung im Detail rekonstruiert werden kann. Alle Profile wurden fotografiert, die Aufnahmen danach entzerrt. Eine Auswahl an Profilen wurde zusätzlich verifiziert, d.h. auf Zeichenfolien über Ausdrucken

Zum Inhaltsverzeichnis

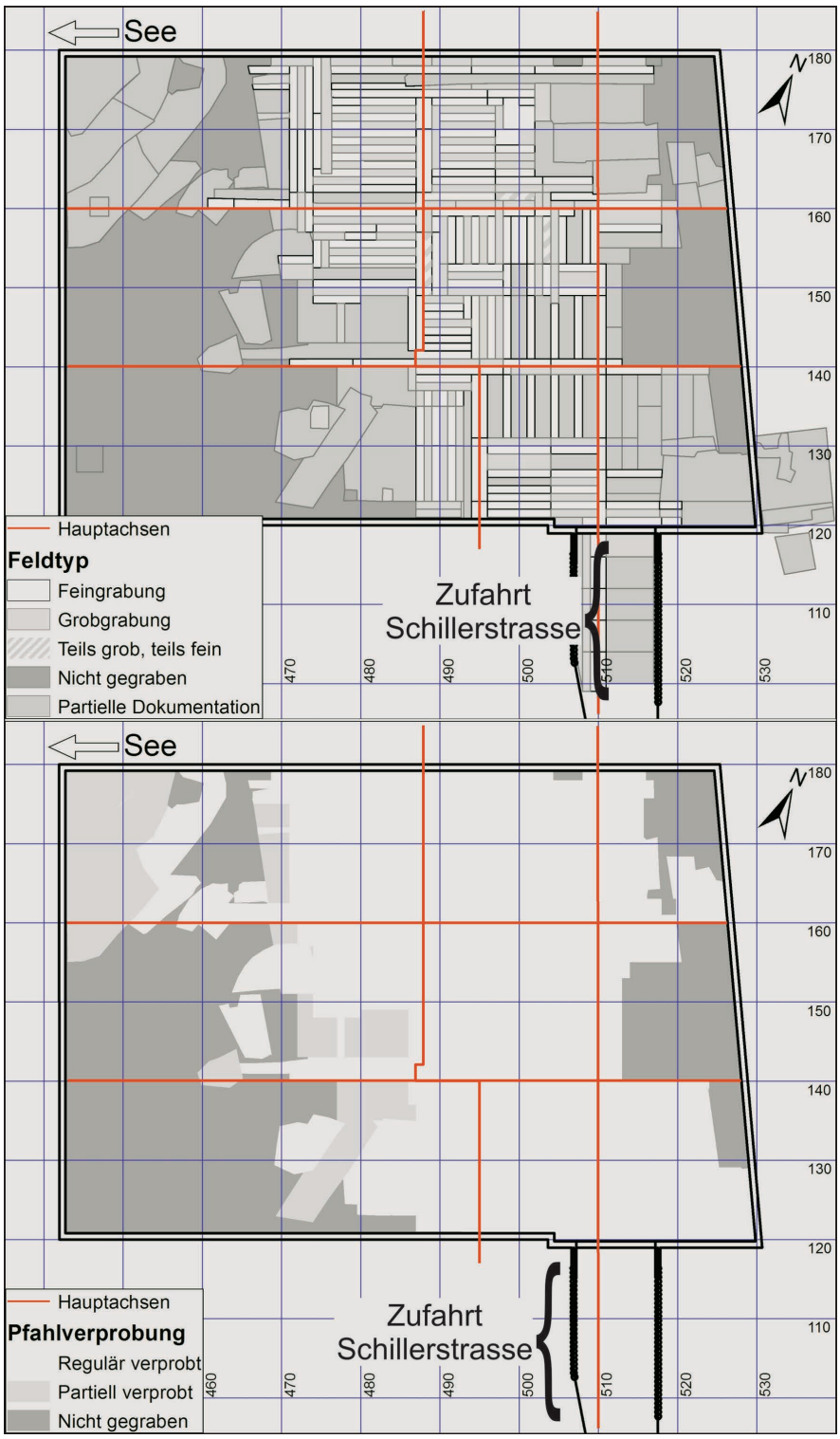


Abb. 4. Gesamtpläne der Grabung: Der obere Plan wird für alle Abbildungen zum Ausgrabungsmodus verwendet, der untere zur Darstellung der Pfahlfeldverprobung.

entzerrter Aufnahmen mitsamt Schichtgrenzen und Kommentaren gezeichnet.

Im Gegensatz zu den Profilen wurden die Flächen im FG zwar gezeichnet, doch nur in Ausnahmefällen fotografiert. Durchgängiges Fotografieren bei mehreren Abträgen pro Schicht hätte zum einen den Ausgrabungsprozess massiv behindert. Zum anderen zeigt die Erfahrung, dass Flächenfotos nicht annähernd genug diagnostischen Wert besitzen, um diesen Aufwand zu rechtfertigen (Kap. III.3).

Im landwärtigen Bereich liegen grössere Flächen GG. Dies hängt sowohl mit den technischen Problemen durch die beschränkte Arbeitshöhe über den Kulturschichten als auch mit der Prioritätensetzung aufgrund der Schichterhaltung zusammen. Landwärts nehmen die neuzeitlichen Störungen zu, die vermutlich mit den Schanzen- und Hafenanlagen des 17. Jh. in Zusammenhang stehen. Zusätzlich läuft im Nordosten auch die organische Schicht aus. Aufgrund der seewärts absinkenden Schichten sind dagegen die oberen prähistorischen

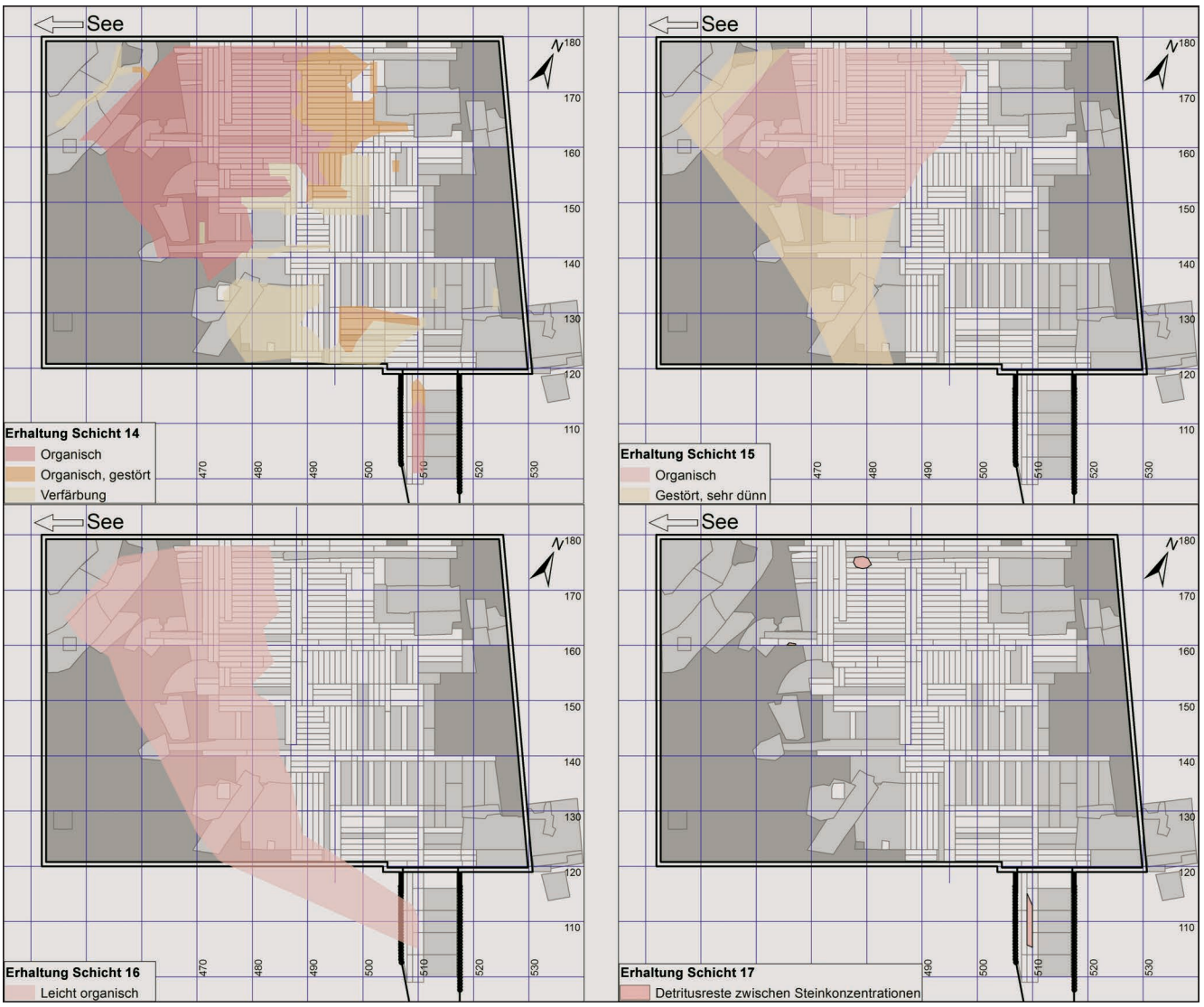


Abb. 5. Die Ausdehnung der einzelnen Schichten in Parkhaus Opéra und in der Zufahrt Schillerstrasse.

Kulturschichten hauptsächlich im Bereich X < 505 noch erhalten (vgl. Kap. III.1). Daher wurde angesichts der knappen Zeit beschlossen, dort vermehrt fein zu dokumentieren und den Osten vermehrt grob zu graben.

Insgesamt konnten dank dieses Vorgehens die technisch erreichbaren Schichten sämtlicher Epochen auf über 3000 m² der Parkhausfläche untersucht werden. Dies ermöglichte, detaillierte Informationen zu Schichtgenese, Schichtausbreitung und Schichtinhalt aus allen Teilen zu erhalten. Abb. 5 gibt einen Überblick über die untersuchte Fläche und die Ausdehnung der Schichten 14–17.

Eine integrale Zielsetzung der Grabung war, die Verprobung so umfassend zu gestalten, dass in Zukunft alle heute denkbaren Fragestellungen bearbeitet und alle interessierten Disziplinen mit aussagekräftigem Material versorgt werden können. Daher wurden im Vorfeld und während der Grabung Vertreter[2] vieler Disziplinen eingeladen, ihre spezifischen Ratschläge zur Verprobung zu erteilen. Die Ziele, Strategien und Vorgehensweise der Ausgrabung wurden mehrfach in einem wissenschaftlichen Beirat diskutiert und überprüft[3].

5 ORGANISATION UND NUMMERNVERGABE

Die Ausgrabungsequipe wuchs seit dem Beginn im April 2010 von Woche zu Woche. Die Tauchequipe der Fachstelle Unterwasserarchäologie des zürcherischen Amts für Städtebau vermittelte den Grabungsneulingen die Methoden der Feuchtbodengrabung. Von Juni bis Ende Januar 2011 waren zwischen 52 und 62 Beschäftigte der Archäologie auf der Grabung tätig. Insgesamt wurden in den neun Monaten der Rettungsgrabung 66220 Arbeitsstunden geleistet.

Die Ausgrabungsequipe setzte sich aus vier Grabungsteams, zwei Fotografen und den Mitarbeitenden des Dokumentationszentrums, des Fundlabors und des Holzlabors zusammen. Auf kurze Wege zwischen Grabungsteam und Backoffice wurde grosser Wert gelegt, physisch wie kommunikativ. Jedes Grabungsteam bestand aus Teamleiter, Zeichner und dem grabenden Personal. Jedes Team erhielt ein Grabungsfeld von meist 1 × 8 m Fläche zugewiesen. Die Grabungsleitung definierte die Felder und den geforderten Dokumentationsstandard. Die Teams waren zuständig für das Einmessen mit der Totalstation, das Einrichten des Feldes samt Randbewehrung gemäss Sicherheitsvorschriften, den schichtweisen Abtrag,

Zum Inhaltsverzeichnis

die zeichnerische und schriftliche Dokumentation sowie die Probenentnahme im vordefinierten Raster. Sämtliche Vorgaben wurden in einem periodisch aktualisierten Grabungshandbuch festgehalten und konnten von den Ausgrabungsteams jederzeit eingesehen werden.

Die zentrale Verwaltung von Fund-, Holz- und Schichtnummern im Fundlabor garantierte, dass keine Doppelnummerierungen auftraten. Die Funde wurden pro Schicht und pro Flächeneinheit geborgen und mit je einer Fundkomplexnummer versehen. Die Schichten wurden in verschiedenen Dokumentationsgraden ausgegraben, wie in Kap. II.4 dargelegt wird. Nach Abtrag aller Schichten wurden die Pfähle auf Bodenhöhe verprobt und mit der Totalstation eingemessen. Nach Abschluss eines Feldes wurde die Dokumentation im Dokumentationszentrum abgeliefert und dort kontrolliert. Funde gingen jeden Abend an das Fundlabor. Holzproben wurden nach Abschluss eines Feldes im Holzlabor abgegeben. Das weitere Vorgehen dort wird in Kap. VIII.1.2 beschrieben. Dokumentationszentrum, Fund- und Holzlabor überprüften die eingehenden Datensätze soweit möglich noch während der Grabung und konnten Fehler und Unklarheiten bei Bedarf umgehend mit den Teamleitern besprechen.

Die Schichten wurden mit zwei Arten von Nummern versehen: regulären und übergeordneten Schichtnummern. Dies half, vorschnelle Interpretationen zu vermeiden. Die regulären Schichtnummern bezeichnen lokale Befunde. Diese wurden durch die Teamleiter nummeriert und beschrieben, oft in Absprache mit der Grabungsleitung. Für die Vergabe von Schichtnummern gab es im Grabungshandbuch klare Vorgaben (Abb. 6). Auch die Sedimentansprache von Sand, Silt, Ton, Lehm und Seekreide war Sache der Teamleiter. Sie erfolgte visuell und haptisch und wo nötig auch mittels Salzsäuretest, der die im Einzelnen schwierige Unterscheidung von Seekreide und Baulehm unterstützte. Die Teamleiter wurden am Anfang der Grabung noch einmal in der korrekten Sedimentansprache durch Philippe Rentzel geschult. Die Beschreibungen wurden so deskriptiv wie möglich gehalten und liefern nur Informationen zum Schichtinhalt und zum direkten stratigraphischen Bezug zu den umgebenden Schichten. Die reguläre Nummernvergabe in allen Teams führte zu einer Vielzahl von Schichtnummern, die zum selben Siedlungsereignis gehören, wie z.B. sämtliche organischen Schichten und Lehmbefunde, die zur Horgener Besiedlungsphase Opéra 3 um −3165 zählen. Um diese Gesamtheit als solche ansprechen zu können, wurden von Beginn an übergeordnete Schichtnummern (1–20) definiert, die für die gesamte Ausgrabung gelten. Die Zuweisung von lokalen, regulär nummerierten Schichten zu übergeordneten wurde ausschliesslich durch die Grabungsleitung vorgenommen, und auch nur, sofern die Zuweisung sich belegen liess. Durch dieses Vorgehen wurde sichergestellt, dass die Datenvorlage von der Interpretation getrennt erfolgen kann – im Gegensatz etwa zum Vorgehen in Twann-Bahnhof BE, wo Interpretationen zur Schichtgenese die Sedimentansprache definierten[4].

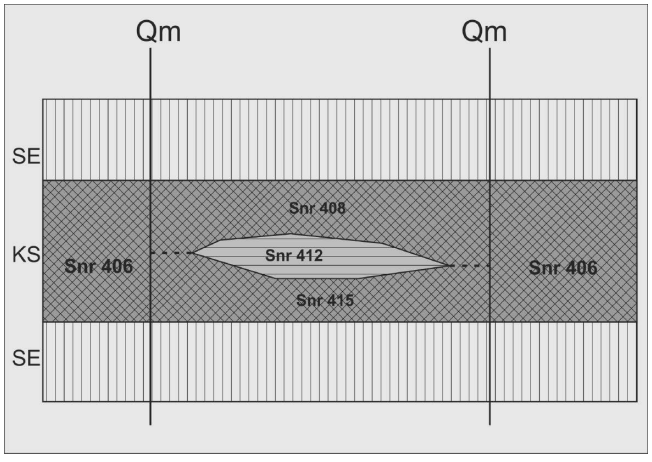


Abb. 6. Konzept zur Definition von Schichtnummern (Snr) innerhalb der Kulturschicht.

6 DOKUMENTATION

6.1 Schichtdokumentation

Anfänglich wurde nur zwischen Feingrabung (FG) und Grobgrabung (GG) unterschieden. In Feingrabungsbereichen wurden Flächenzeichnungen angefertigt und Funde viertelquadratmetergetreu getrennt. Weiter wurden in jedem zweiten Quadratmeter Schichtproben entnommen. In Grobgrabungsfeldern dagegen wurden standardmässig keine Flächen gezeichnet, keine Schichtproben entnommen und Funde nur pro Quadratmeter geborgen. Zudem wurden die Schichten zwar manuell, aber gröber abgetragen. In den meisten Fällen geschah der Abtrag dennoch mit der Kelle. In Fällen ohne weitere Befunde und bei subjektiv wahrgenommener Fundarmut kamen Spaten zum Einsatz (Abb. 7). Lehmbefunde oder grosse Hölzer wurden auf Formblättern skizziert. Sterile Seekreideschichten wurden generell mit dem Spaten abgetragen.

Im Verlauf der Grabung zeigte sich, dass im südöstlichen Teil der Fläche in grösseren Bereichen nur noch zwei der fünf Schichten (vgl. Kap. III.1) vorhanden waren (vgl. Abb. 5) und die untere der beiden (Schicht 12) nicht organisch erhalten war. Die organisch erhaltene Schicht (Schicht 13) wies in diesem Bereich nur wenig Innenstruktur wie etwa Lehmbefunde auf. In diesen Flächen wurden die Schichten 12 und 13 separat entweder sehr grob manuell oder mit dem Bagger abgebaut (Abb. 7). Der Aushub wurde kontrolliert und die Ausdehnung allfälliger Lehmbefunde in der Fläche skizziert. Die Funde aus diesen Feldern lassen sich nicht mehr bestimmten Quadratmetern zuweisen. Damit war eine weitere Kategorie von Grobgrabungsfeldern mit tatsächlich sehr grober Arbeitsweise entstanden, für die sich schnell der Begriff «extreme Grobgrabung» (EGG) etablierte.

Neben den Fein- und Grobgrabungsbereichen gab es auch Flächen, in denen Kulturschicht unter der Höhenkote lag, bis zu der die Baustatik Ausgrabungen erlaubte. Dennoch liessen sich mittels grösserer Bohrserien (teilweise auf jedem zweiten Quadratmeter) recht detaillierte Informationen über den Schichtverlauf erheben. In manchen Gebieten konnten mit einem Kammerbohrer sogar systematisch Schichtproben von einem halben Liter Probenvolumen pro Quadratmeter entnommen werden. Zusätzlich wurden nach der Rettungsgrabung baubegleitend mehrfach Profile aufgenommen. Stellenweise wurde das Pfahlfeld eingemessen und beprobt. Allerdings konnte die Pfahlfeldaufnahme in diesen Bereichen nur die Pfähle erreichen, deren Köpfe auf den gegebenen Koten sichtbar waren. Bei der Auswertung des Pfahlfelds ist die Unvollständigkeit dieser Daten dringend zu berücksichtigen.



Abb. 7. Oben rechts: Schichtabtrag im Feingrabungsverfahren. Oben links: Abtrag der Seekreide unter der Schicht zur Vorbereitung der Pfahlfeldaufnahme. Unten: Schichtabtrag im rustikalen Grobgrabungsmodus.

Die in diesem und den folgenden Bänden gezeigten Pläne verzichten zur besseren Übersicht oft auf Details des Dokumentationsstandards. Für die transparente Darstellung von Verbreitungskarten ist hauptsächlich wichtig, ob Funde mindestens quadratmetergenau erfasst wurden. Dies war sowohl bei FG als auch GG der Fall. In vielen Verteilungsplänen werden sie deshalb beide als Felder mit quadratmetergenauer Dokumentation erfasst. Flächen, auf denen die Dokumentation baubegleitend oder mittels Bohrungen erfolgte, figurieren in den Abbildungen als Felder mit «partieller Dokumentation». Ausserdem gab es Flächen, auf denen nicht gegraben und nichts dokumentiert werden konnte.

6.2 Fundverwaltung

Grundlage für die Funderhebung war das erwähnte Grabungshandbuch. Die Nummernvergabe verlief folgendermassen: Die Fundkomplexe (FK) wurden pro Schichtnummer (Snr) und Quadratmeter (bei GG) bzw. Viertelquadratmeter (bei FG) oder pro Feld (bei EGG) geborgen, mit einer Fundkomplexnummer (FKnr) versehen und nach Abschluss der Schicht ohne Sortierung an das Fundlabor übergeben. Besondere Befunde und besondere Einzelfunde wie z.B. sensible Holzfunde oder Blockbergungen wurden einzeln mit einer FKnr versehen, damit sie möglichst unverzüglich ans Fundlabor

Zum Inhaltsverzeichnis

übergeben und dort fachgerecht versorgt werden konnten. Schichtproben, Profilkolonnen und Kompositfunde (Funde aus verschiedenen Materialien wie z.B. hölzernem Beilschaft und Steinklinge) wurden wie die besonderen Befunde und Funde ebenfalls einzeln mit FKnr versehen und umgehend dem Fundlabor übergeben.

Der Grabungsequipe standen mit FKnr bedruckte Originaletiketten zur Verfügung. Jedes Grabungsteam erhielt 100 bis 200 solche, fortlaufend nummerierte Originaletiketten. Zusätzlich erhielten sie Etiketten ohne Aufdruck, um grosse Fundmengen eines Komplexes aufteilen und dem gleichen Fundkomplex zuweisen zu können. Die Übergabe ans Fundlabor erfolgte in Kartonboxen. Organische Artefakte wurden in wiederverschliessbaren Säckchen beigelegt, um ein Austrocknen zu vermeiden. Grössere Holzartefakte wurden in Folie eingeschlagen und so vor dem Austrocknen geschützt.

Im Fundlabor wurden die Funde (mit Ausnahme von Blockbergungen, Keramik und Hüttenlehm) in einem ersten Schritt möglichst schonend gewaschen und nach Materialgruppen sortiert. Danach wurde der Fundkomplex in Laufnummern unterteilt. Die Untergliederung geschah nach Materialgruppe und je nach Gruppe nach einzelnen Artefakten. Die Laufnummern waren dabei nicht materialspezifisch festgelegt (in dem Sinn, dass etwa Laufnummer 1 immer Keramik zugewiesen würde), sondern orientierten sich an einer Prioritätenliste, die auf die zügige Verarbeitung sensibler Feuchtfunde ausgelegt war. Den mit einer Laufnummer versehenen Funden wurden handgeschriebene Etiketten mit FKnr beigelegt. Dies gewährleistete die Zuordnung zum Fundkomplex. Andere Angaben des Originaletiketts, wie Snr oder Quadratmeter, wurden nicht repliziert, um Schreibfehler zu vermeiden. Alle Keramikscherben, Hüttenlehmstücke und Knochengeweihabfälle eines Fundkomplexes wurden jeweils gesamthaft als eine Laufnummer erhoben und verpackt.

Dann folgte die Erhebung der Fundkomplexdaten. Die gereinigten, vorsortierten und mit Laufnummern versehenen Fundkomplexe wurden nun handschriftlich in Listen erfasst. In der Fundkomplexliste wurden alle auf dem Originaletikett notierten Daten eingetragen. In einer zweiten Liste wurden die zum Fundkomplex gehörenden Laufnummern mit einfachen Angaben zu den Materialien festgehalten. Bei Keramik, Hüttenlehm und Knochengeweihabfällen wurde zudem die Stückzahl notiert. Im Anschluss erfolgte die Eingabe in eine einfache Accessdatenbank.

Alle Funde wurden im Anschluss an die Erfassung nach Material getrennt in Kartonschachteln versorgt und in nummerierten Kisten vor Ort gelagert. Da notiert wurde, welcher Fund in welcher Kiste lag, waren Einzelfunde jederzeit auffindbar.

Die fertig nummerierten und erfassten Funde mussten im Folgenden weiter gereinigt, zwischengelagert und je nachdem stabilisiert, getrocknet oder feucht gehalten werden. In einem Baucontainer mit transportablem Heiz- und Lüftungsaggregat wurde die Mehrheit der täglichen Fundeingänge versorgt. Hier fand auch ein erstes «Grobtrocknen» von Funden wie Keramik oder Steingeräten statt. Grosse Blockbergungen und Feuchtfunde hingegen wurden auf einer stabilen Unterlage aus Holz oder Styropor gelagert, mit Folie fixiert und gegen Austrocknung geschützt. Kleinste Artefakte wurden in gelochten Tüten in einem wassergefüllten Sammelgefäss aufbewahrt. Grosse Steine, Schichtproben und Profilkolonnen konnten im Aussenbereich zwischen den Containern gelagert werden.

Besondere Funde wie z.B. Holzartefakte gingen sofort zur ersten Begutachtung ans Holzlabor (vgl. Kap. VIII.1.2), wo teilweise auch das fachgerechte Freilegen und Reinigen erfolgten. Im Anschluss erstellten die Fotografen einfache Übersichts- bzw. Detailfotos, die in einer Fotoliste der Datenbank aufgelistet wurden.

Keramik und Hüttenlehmfunde wurden nach dem Grobtrocknen in einen weiteren beheizbaren Bürocontainer überführt und mit Pinsel, Bürsten oder Skalpellen vom angetrockneten Bodenmaterial gereinigt. Dabei war es wegen der grossen Mengen nicht immer möglich, die Keramik im optimalen Feuchtezustand zu bearbeiten. Hier fand auch nach der Reinigung die Beschriftung der Funde statt.

Bei Wintereinbruch drohte der Frost feuchte Funde wie Keramik zu sprengen. Deshalb mussten periodisch Funde in die Kantonsarchäologie und andere auswärtige Lager transportiert werden. Vor solchen Transporten fand eine allgemeine Überprüfung der digital erfassten Daten statt. Für die Zwischenlagerung organischer Funde wurde der Kantonsarchäologie ein gesonderter Kühlwagen zur Verfügung gestellt.

Insgesamt wurden etwa 13400 Fundkomplexe geborgen. Aufgegliedert in Laufnummern ergaben sich bis zum Ende der Grabung knapp 24200 Einzelfunde, was nicht mit der Anzahl von Einzelobjekten zu verwechseln ist. Diese liegt noch höher, denn ein Fund mit eindeutiger Kombination einer FKnr und einer Laufnr kann beispielsweise mehrere Keramikscherben enthalten. Im Lauf der zunehmend interdisziplinären Auswertung hatten sich bis Oktober 2014 über 28000 Detaildatensätze zu Einzelfunden angesammelt, Tendenz steigend. Die schwankenden, aber meist hohen Fundmengen erforderten ein stetiges Anpassen der Teamgrösse, der Aufgaben im Fundlabor und der täglichen Arbeitszeiten. Nur so war der kontinuierliche Workflow in allen Bereichen von der Funderhebung über die Datenkontrolle und Beschriftung bis zum Transport zu gewährleisten. Ohne ein hohes Mass an Flexibilität und Teamgeist jedes Einzelnen wäre das alles nicht möglich gewesen.

7 MEDIEN UND KOMMUNIKATION

Die Nachricht, dass eine Rettungsgrabung notwendig sei, löste in Internetforen zuerst vorwiegend kritische Reaktionen aus. Manchen Kommentatoren schienen – wohl wegen der Finanzkrise, die die Berichterstattung und das öffentliche Interesse damals dominierte – die Gelder in der Archäologie falsch investiert. Die Kommentare zeigten aber auch, dass der Nutzen archäologischer Forschung bisher nicht hinreichend vermittelt worden war. Grösseren Teilen der Zürcher Bevölkerung schien unklar, worin der Wert einer Fundstelle – und einer Feuchtbodenfundstelle im Besonderen – eigentlich besteht. Selbst aus der Fachwelt meldeten sich kritische Stimmen mit dem Hinweis, dass aus der Horgener Kultur «alles bekannt» und keine neuen Erkenntnisse zu erwarten seien. Intensive Projektkommunikation war demnach dringend nötig. In Zusammenarbeit mit der Kommunikationsabteilung des Amts für Städtebau der Stadt Zürich entwarf die Grabungsleitung daher ein mehrgleisiges Konzept, das auf verschiedene Kommunikationskanäle zielte.

Die breitere lokale und regionale Öffentlichkeit wurde zum einen über die Tagespresse angesprochen. Mit dem Zürcher Tages-Anzeiger wurde vereinbart, dass unter dem Titel «Grabungstagebuch» jeden Montag eine kleine Kolumne erscheinen sollte. Unberührt von journalistischen Eingriffen konnten hier wöchentlich archäologische Hintergründe und Grabungsalltag thematisiert werden. Sinn und Ziele von Keramiktypologie, das Potenzial interdisziplinärer Forschung wie Archäozoologie und Archäobotanik und besondere Funde waren ebenso Gegenstand der Kolumne wie Charakterköpfe



aus dem Team, besondere Episoden oder das Arbeiten bei –12 °C. Damit der Tages-Anzeiger die Texte nicht verändert, musste eine gewisse textliche Qualität gewährleistet sein. Die professionelle Texterin Mirja Stöcker entwarf kostenlos einen Textstil, der dem Medium und der Kürze angepasst, aber dennoch geeignet war, fachliche Inhalte ebenso zu transportieren wie menschliche Aspekte. In diesem Stil wurden die einzelnen Kolumnen grossteils von Niels Bleicher oder Walter Fasnacht geschrieben. Teammitglieder konnten Themen vorschlagen und in vielen Fällen Texte mitentwickeln. Da letztlich nur wenige Personen mit dem Ausformulieren betraut waren, konnte der Stil konzeptionell bei allen Kolumnen durchgehalten werden. Das Ergebnis wurde stets von der Kommunikationsabteilung der Stadt kontrolliert. So erschienen über 30 Kolumnen. Die Texte wurden schnell sehr populär und deshalb auch im Internet auf der Seite der Ausgrabung bzw. der Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie der Stadt Zürich veröffentlicht. Bald gab es positive Rückmeldungen – auch aus dem benachbarten Ausland.

Die Wände der Baustellenumzäunung wurden als zweiter Kommunikationskanal zur Bevölkerung genutzt. Sie dienten als Informationsfläche für Plakate zu den Hintergründen der Feuchtbodenarchäologie, der Fundstelle selbst und der historischen Entwicklung des Fundorts (Abb. 8 oben).

Der dritte Weg lief über die klassischen Medien Presse, Radio und Fernsehen, welche die städtische Kommunikationsabteilung mit Mitteilungen und zwei Pressekonferenzen bediente. Diese Abteilung koordinierte auch den Umgang mit der zunehmenden Zahl von Anfragen, mit denen die Medien auf die Öffentlichkeitsarbeit reagierten. Die Grabungsleitung gab Interviews und prüfte die Texte auf fachliche Korrektheit. Die Freigabe erfolgte wiederum durch die städtische Kommunikationsabteilung. Die Zusammenarbeit mit den Journalisten war sehr konstruktiv, auch wenn durchaus kritische Stimmen vorhanden waren. Der überwiegende Teil der Berichterstattung war ausgesprochen wohlwollend.

Der vierte und vielleicht wichtigste Kommunikationskanal waren regelmässige öffentliche Führungen. Mit Blick auf Werktätige wurden diese wöchentlichen Anlässe auf den frühen Abend gelegt. Ein Ausgrabungsteam blieb dann jeweils länger vor Ort. Alle Mitglieder der Grabungsleitung hielten Führungen ab, am häufigsten aber Walter Fasnacht. Als Archäologe und Lehrer zeichnete er auch für den fünften Kommunikationskanal verantwortlich: Mit Mitteln des Schul- und Sportdepartements der Stadt Zürich organisierte er das «Schulprojekt». Vorwiegend aus dem Kanton Zürich, aber auch aus anderen Kantonen unternahmen Schulklassen verschiedener Stufen Ausflüge zur Grabung. Dort erhielten sie in Containern altersgerecht vermittelte Einblicke in die Arbeitsweise der Archäologie. Etwa 4000 Schüler nahmen im Lauf der neun Monate daran teil.

Zweimal gab es während der Grabung einen «Tag der offenen Tür». Der erste Tag im Spätsommer 2010 fiel enttäuschend aus, weil für den geplanten Termin das «letzte Wochenende mit gutem Wetter in diesem Jahr» angekündigt worden war und die Leute entsprechend in die Berge oder die Freibäder strömten. Ganz anders der zweite Tag im Januar 2011, der als «letzte Gelegenheit» beworben wurde: Er war ein voller Erfolg (Abb. 8). Von morgens bis spätabends zogen pausenlos Besucher aller Altersklassen in separaten Gruppen

Abb. 8. Öffentlichkeitsarbeit während der Grabung, mit Infowänden, Informationstischen und öffentlichen Führungen.

Zum Inhaltsverzeichnis

durch die Grabung. Auf abgesteckten Wegen konnten sie verschiedene Stationen der Grabung und die Container mit Holzlabor, Fundlabor etc. besuchen. Vor dem Grabungsgelände bildeten sich lange Besucherschlangen.

Mehrfach bekundeten Architekturbüros und andere Firmen Interesse, die Grabung als Firmenanlass zu besuchen. Wenn immer möglich wurden solche Besuche realisiert. Auch aus der Wissenschaft wurden Besucher empfangen. Sowohl Kritiker als auch interessierte Kollegen aus dem In- und Ausland kamen einzeln oder in Gruppen und diskutierten Ziele, Methoden und Interpretationen. Tatsächlich ergab sich aus solchen Besuchen eine Reihe wichtiger Anregungen, auf welche Details und Aspekte bei einem Befund besonders Wert zu legen sei.

Bei sämtlichen Führungen erfuhr die Sicherheit der Besucher höchste Beachtung. Das erforderte angesichts mobiler Treppen, rutschiger Wege und der üblichen Gefahren einer Baustelle einige Planung und führte dazu, dass Kindern nur selten Zutritt gestattet wurde. Dennoch konnten während der neun Monate insgesamt 14000 Besucher über die Grabung geführt werden. Diesen Andrang zu bewältigen band zwar einige Ressourcen, doch lässt sich im Nachhinein sagen, dass das enorme Interesse und Wohlwollen der Bevölkerung ihren Teil dazu beigetragen haben, die Motivation im Team aufrechtzuerhalten. Das öffentliche Interesse war somit ein Faktor für das Gelingen des Projekts. Kritische Stimmen, die Sinn und Zweck des ganzen Unterfangens anzweifelten, verstummten im Verlauf der Grabung.

Zum Inhaltsverzeichnis

II DIE AUSWERTUNG

(Niels Bleicher, Saskia Brandt)

Noch während der Grabung beschlossen Stadt- und Kantonsverwaltung, dass die Auswertung zeitnah erfolgen solle. Auch sollten so viele Grabungsteilnehmer wie möglich beteiligt sein, damit ihre Kenntnis der Grabungsprozesse und der Dokumentationsweise darin einfliesst.

1 AUFTRAG UND FINANZIERUNG

Auf der Grundlage von Beispielrechnungen der beteiligten Disziplinen liess sich schon während der Ausgrabung eine erste Konzeption und Kostenkalkulation für die Auswertung erstellen. Wie sich später zeigte, war dieser erste Entwurf sehr realistisch, lag er doch nah an den tatsächlichen Kosten für die gesamte Auswertung inklusive Publikation in drei Monographien. Im Jahr 2011 beschlossen Stadt- und Kantonsverwaltung, die Auswertung als gemeinsames Projekt durchzuführen, wobei der Kanton den weit grösseren Teil der Lasten und die Federführung übernahm. Die Mittel dazu stellte zu einem grossen Teil der Natur- und Heimatschutzfonds des Kantons Zürich bereit. Auch das Bundesamt für Kultur unterstützte das Projekt.

Die Finanzierung erfolgte also hauptsächlich mit Mitteln der Landschafts- und Denkmalpflege und nicht mit Forschungsgeldern. Das Ziel der Auswertung und ihrer Publikation ist deshalb eine deskriptive Vorlage. Grundlagenforschung und erweiterte Fragestellungen, die sich aus der Beschreibung ergeben, waren nicht Gegenstand des Projekts. Entsprechend bieten dieser und die beiden Folgebände keine erschöpfende Abhandlung, sondern stellen die Datensätze der Funde, Befunde und Hölzer sowie ihr Zustandekommen vor und dienen so als Grundlage, auf der die Forschung aufbauen kann. Eine Ausnahme bildet die Schichtgenese: Diese wurde ausgiebig analysiert, ausgewertet und dargestellt. Die Fundbearbeitung wäre ohne Klarheit darüber, wie die Funde an ihren Auffindungsort gekommen waren, stark eingeschränkt gewesen. Vor allem die Interpretation der Verbreitungskarten und stratigraphischen Positionen von Funden beruht auf Grundannahmen der Schichtgenese und bildet für die weitere Forschung eine unabdingbare Grundlage.

2 ORGANISATION

Das Projekt wurde auf allen organisatorischen Ebenen von Stadt und Kanton gemeinsam betreut. Die Auftraggeber waren der Regierungsrat bzw. der Stadtrat. Die Direktoren des Amts für Raumentwicklung (Wilhelm Natrup) und des Amts für Städtebau (Patrick Gmür) bildeten zusammen mit dem Kantonsarchäologen Beat Eberschweiler und Andreas Mäder, dem Leiter des städtischen Kompetenzzentrums für Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie, den Steuerungsausschuss. Diesem direkt unterstellt waren die Co-Projektleiter von Kanton (Christian Harb) und Stadt (Niels Bleicher), die für die thematisch strukturierten Blöcke «Funde» bzw. «Befunde und Naturwissenschaften» zuständig waren. Das Projekt wurde von einem wissenschaftlichen Beirat begleitet, der sich aus Eda Gross (freischaffend), Renata Huber (Kantonsarchäologie Zug), Wolfgang Ostendorp (Universität Konstanz), Urs Leuzinger (Amt für Archäologie Thurgau) und dem Vorsitzenden Philippe Della Casa (Universität Zürich) zusammensetzte. Der Steuerungsausschuss prüfte das Projekt regelmässig in finanzieller und administrativer Hinsicht, der wissenschaftliche Beirat regelmässig aus Sicht der Forschung. So wurde der angemessene und zielgerichtete Ablauf sichergestellt.

3 INTERDISZIPLINÄRE STRUKTUR

Wegen der grossen Bandbreite beteiligter wissenschaftlicher Disziplinen musste der interdisziplinäre Austausch strukturiert werden. Das geschah in der Absicht, die unkoordinierte Kommunikation und verfrühte Vermischung von Zwischenergebnissen zu verhindern. Es wurde versucht, die deskriptive Vorlage und die offensichtlichsten Ergebnisse zunächst innerhalb der verschiedenen Disziplinen zu halten. In einem zweiten Schritt wurden die disziplinären Ergebnisse zusammengetragen, daraus spezifische Fragestellungen abgeleitet und auf Konsens oder Widersprüche geprüft. Falls sich Widersprüche ergaben, bildeten sie den Ausgangspunkt für die weitere Diskussion. Dieses Vorgehen sorgte für Transparenz und ermöglichte, disziplinäre Ergebnisse und Interpretationsschemata zu hinterfragen. Zu diesem Zweck wurden in Themengruppen und gelegentlich auch im Plenum interdisziplinäre Workshops abgehalten. Die Protokolle dieser Workshops waren stets allen Projektteilnehmenden zugänglich.

4 DATENBANK

Die Grabung Parkhaus Opéra war die erste Feuchtboden-Grossgrabung im Kanton Zürich, seit in der Archäologie elektronische Datenbanken breitere Anwendung gefunden haben. In der kurzen Vorbereitungszeit bis zum Beginn der Grabung wurde für die Funderfassung und -verwaltung eine Datenbank erstellt. Dazu stand das leicht angepasste, bei früheren Grossgrabungen verwendete und bewährte analoge Zürcher Dokumentationssystem für Feuchtbodengrabungen Modell.

Ein Fehler aufseiten der Grabungsleitung war, dass aufgrund fehlender eigener Datenbankkenntnisse niemand auf die Idee kam, die Kompatibilität eines traditionellen analogen Systems mit einer Datenbank-basierten Auswertung zu prüfen. Ein Versäumnis mit problematischen Folgen, wie beispielsweise die unterschiedliche Auswertbarkeit von Zahlencodes und Textfeldern oder die vielfältigen, im Detail unterschiedlichen Informationsgehalte von Koordinatenangaben erahnen lassen. Traditionellerweise wurden bei dokumentierten Profilen zur Lokalisierung die Aussenkanten erfasst. Andere Dokumentationseinheiten wurden mittels Quadratmeterangaben erhoben, für die grundsätzlich die linke untere bzw. die südwestliche Ecke angegeben wurden. Eine Liste konnte im Feld «Koordinaten» also sehr unterschiedlich zu lesende Informationen enthalten.

Während das Erfassen auf der Grabung mit der bestehenden Datenbank relativ reibungslos verlief, bereitete das Datenmodell während der Auswertung zunehmend Probleme. Wie konnten die zusätzlichen Datensätze, die bei einzelnen Fundeinträgen im Zuge der Auswertung hinzukamen, beispielsweise multidisziplinäre Untersuchungen an Schichtpro-

ben, systematisch erfasst werden? Die Beziehungen zwischen Datensätzen entwickelten sich häufig im n:m-Verhältnis, etwa bei Fundfotos, bei denen ein Fund auf mehreren Fotos abgebildet sein konnte, manchmal ein einziges Bild aber auch mehrere Funde zeigte. Wenn einem Steinbeil mit Holzgriff Informationsdatensätze aus der Holzuntersuchung und der Steinauswertung zugewiesen wurden oder eine Korrektur aufgrund eines Tippfehlers angebracht werden musste, wurde leicht unklar, wie viele Informationen zu einem bestimmten Objekt vorlagen. Was war während der Grabung tatsächlich dokumentiert, was korrigiert und was weiterentwickelt worden? Ein weiteres Problem bestand darin, für Korrekturen und Aktualisierungen Vererbbarkeit an alle abhängigen Datensätze herzustellen und die Redundanz niedrig zu halten.

Schliesslich wurde die Datenbank in Zusammenarbeit mit der Minos Consulting AG komplett neu konzipiert. Das neue Datenmodell ist streng hierarchisch aufgebaut, bietet für sämtliche Datensätze referenzielle Integrität und Vererbbarkeit bei Aktualisierungen. Die Datenbank wurde konzeptionell auf mehrere Ebenen aufgeteilt, von denen die A-Ebene logische Einheiten definiert (Fundkomplexe, Quadratmeter, Schichtnummern etc.), die B-Ebene Beziehungsmengen zwischen Elementen der A-Ebene enthält sowie Spezifizierungen, die nur für einzelne Fundkategorien von Bedeutung sind und daher nicht für sämtliche Funde erhoben werden müssen. Die C-Ebene stellt die verschiedenen Auswertungsdatensätze dar. Die D-Ebene schliesslich enthält sämtliche Definitionen, Codes und Nachschlagetabellen, die das Funktionieren und die Lesbarkeit der anderen Tabellen gewährleisten.

Die nach dem neuen Modell angelegte Auswertungsdatenbank enthält über 50 Tabellen mit über 100 Beziehungen. Die stetig wachsende Zahl an Auswertungsdatensätzen ist grossteils in einer separaten Datenbank organisiert, die alle C- und D-Tabellen enthält und mit den A- und B-Tabellen der ersten Datenbank verlinkt ist. Das Datenmodell ist nun technisch sauber, und es herrscht überall referenzielle Integrität – aber leider sind damit nicht alle Probleme behoben. Ein Problem besteht beispielsweise in den unterschiedlichen Zählweisen. So kann für einen Fundkomplex auf der Grabung die Information «4 Knochen» hinterlegt worden sein. Die Untersuchung der Knochen zeigte dann vielleicht später, dass zwei zusammengesetzt werden können. Die dortige Zählweise führt also zum Ergebnis «3 Knochen», von denen ein Objekt überschliffen und daher ein Artefakt ist. Entsprechend erhält der Fundkomplex auch eine weitere Laufnummer für «Artefakt» (Anzahl «1»). Dennoch bleibt der Datensatz über die Tierart unverändert bestehen. Mithin gibt es das überschliffene Stück in der Datenbank zweimal – mit verschiedenen Laufnummern als Knochenabfall und Artefakt – sowie mit verschiedenen Mengenangaben. Die Mengenangaben der verschiedenen Disziplinen stimmen deshalb selten mit der ursprünglichen Zahl in der Ausgrabungsdatenbank überein. Für künftige Grabungen wird deshalb dringend empfohlen, vor Beginn der Grabung und wenn möglich mit entsprechenden Fachleuten ein leistungsfähiges Datenmodell zu entwickeln.

Zum Inhaltsverzeichnis

III ALLGEMEINER SCHICHTVERLAUF, DATIERUNGEN UND GRUNDGEDANKEN DER BEFUNDVORLAGE

(Niels Bleicher)

1 ALLGEMEINER SCHICHTVERLAUF UND SCHICHTERHALTUNG

Die unterste Schicht der Grabungsfläche zum heutigen Parkhaus bestand aus heller, gebänderter Seekreide auf schräg gelagerten und scharf gekappten, spätglazialen Sanden (das Idealprofil ist in Abb. 9 dargestellt). Auf der Sandschicht im Kontaktbereich zur Seekreide fanden sich einige Föhrenzapfen, die erlaubten, den Beginn der Seekreidebildung zu datieren (Kap. III.2). Die Seekreide mass im äussersten Osten der Grabungsfläche nur wenige Dezimeter (Abb. 10), wurde in Richtung See aber rasch sehr mächtig (vgl. Kap. V).

Inmitten dieser Seekreide lag eine graue Schicht sandiger Seekreide, die aufgrund von Sandgehalt, Farbe und fehlender Bänderung von der umgebenden Seekreide gut abgrenzbar war. Ihre Unterkante verlief nicht linear, sondern unruhig mit diversen Ausstülpungen, was auf eine geschichtete Deposition sehr plastischer Sedimente hindeutet. Aufgrund des Fehlens jeglicher terrestrischer Reste könnte es sich um das Resultat einer Rutschung unter Wasser handeln. In dieser Schicht 11 wurden nur sehr wenige Funde geborgen, darunter ein menschliches Skelett, dessen Überreste über mehrere Meter verstreut lagen und dessen Schädel fehlt[5]. Der Befund legt nahe, dass es sich um eine Wasserleiche handelt. Allerdings lag zwischen den Skelettteilen auch eine einzelne unspezifische Wandscherbe, was auch einen Zusammenhang mit der Rutschung möglich erscheinen lässt. Mangels anderer Indizien kann dieser Befund nicht weiter interpretiert werden.

Im Hinblick auf die auf Sand und Seekreide gelagerten Kulturschichten standen die Arbeiten während der Grabung und noch bis weit in die Auswertungszeit hinein im Zeichen eines Irrtums: Was auf der Fläche des heutigen Parkhauses ausgegraben wurde, sah zunächst nach sechs übereinanderliegenden Kulturschichten aus und wurde mit den Schichtnummern 12 (älteste) bis 17 (jüngste) bezeichnet (s. Kap. II.3). Im Lauf der Auswertung stellte sich jedoch heraus, dass es sich bei Schicht 12 um drei getrennte Phänomene handelt, wie weiter unten ausgeführt wird.

Die vollständige Serie der Schichten war nur im Nordwesten erhalten. Nach Süden und Osten liefen die Schichten teilweise aus oder wurden durch den Reduktionshorizont gekappt. Hier waren sie manchmal nur noch in Form von Verfärbungen in der Seekreide in den baubegleitenden Profilen nach der regulären Grabung zu dokumentieren. Die zuerst festgestellten sechs Kulturschichten waren sehr unterschiedlich erhalten, erwiesen sich aber aufgrund erhaltener Baulehme alle als Siedlungsreste. Die darunter liegende Schicht 11 war sicher keine Siedlungsschicht. Über den sechs Kulturschichten lag ein Reduktionshorizont mit Funden unterschiedlichen Alters, aber ohne eindeutige Baubefunde.

In der Parkhauszufahrt Schillerstrasse zeigte sich ein weitgehend identisches Bild. Hier lag dieselbe Anzahl Schichten vor, von denen manche zweifelsfrei mit solchen innerhalb der Aussenwand des Parkhauses korreliert werden konnten. Das führte zur Annahme, dass in der Parkhauszufahrt dieselben Schichten in derselben Reihenfolge erhalten seien wie im Parkhaus.

Bei den Auswertungen zeigten sich zwischen dem Fundgut der Schichten 12, 14 und 15 in der Parkhauszufahrt Schillerstrasse und dem entsprechenden Fundgut des Parkhauses aber Differenzen. Auch die Keramiktypologie sprach gegen

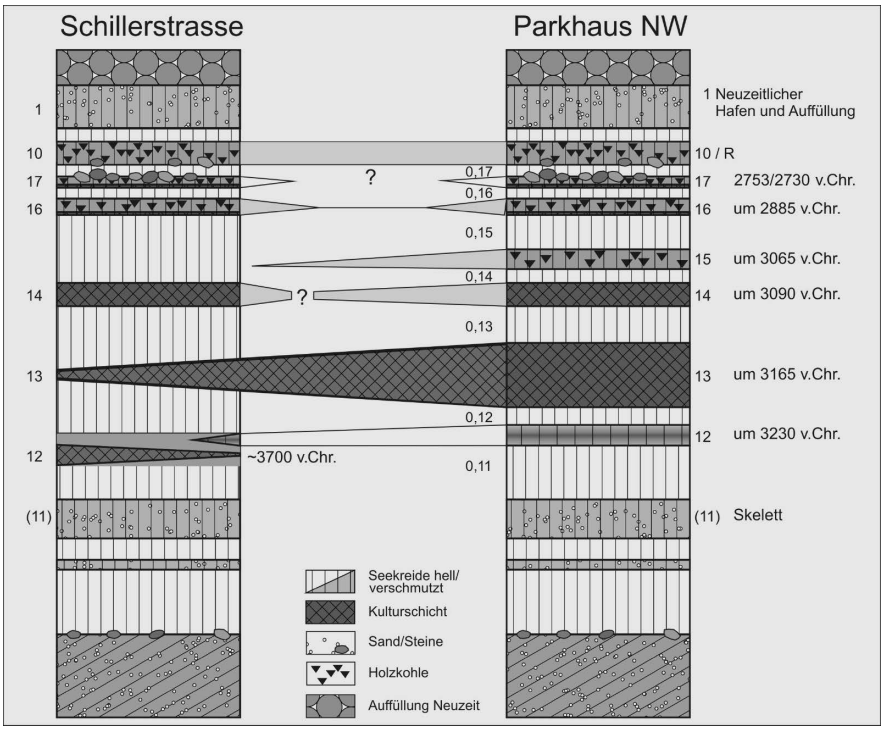


Abb. 9. Idealprofil der Stratigraphien in Parkhaus Opéra und in der Parkhauszufahrt Schillerstrasse.



Abb. 10. Schnitt auf Achse Y = 160 durch die barocke Schanzenanlage mit Verblendungsmauer, Mörtelkern, Erdfüllung und darunterliegendem Holzrahmen. Links im Bild die Betonwand in Richtung Stadelhoferplatz (Blickrichtung Südosten). Unter der Mauer liegen 50 cm Seekreide, in der die landwärtigen Ausläufer von Schicht 12 und 13 zu erkennen sind. Der Mauerbau hat in den Schichten scharfkantige Störungen hinterlassen. Unter der Seekreide folgen eine erosive Diskordanzschicht und, darunter, schräg gelagerte, gekappte Sande.

die anfänglichen Schichtansprachen. Beides stellte die Gleichsetzung der Stratigraphien von Parkhaus und Zufahrt infrage. Die kritische Prüfung ergab schliesslich mit Gewissheit, dass sich die als einheitlich wahrgenommene und dokumentierte Schicht 12 an der Grenze zwischen Parkhaus und Zufahrt Schillerstrasse in zwei sehr diffuse und nah übereinander liegende Schichten aufteilt (Abb. 11). Im Folgenden wird daher – wo nötig – zwischen «Schicht 12 Parkhaus» (12 PH) und «Schicht 12 Schillerstrasse» (12 S) unterschieden.

Die anfängliche Ansprache der nur noch als Verfärbungen der Seekreide erhaltenen Schichten 14 und 15 im südwestlichen Teil innerhalb des Parkhauses erschien später ebenfalls fragwürdig. Die Seekreide zwischen den beiden Schichten wurde dort sehr dünn und verschwand lokal ganz. Zudem war hier durch die Lehmbefunde in Schicht 13 ein bewegtes Relief entstanden, in dessen Senken sich die jüngeren Schichten anders ablagerten als auf den Kuppen, wo sie zumeist komplett fehlten. Daher wurde im Verlauf der Auswertungen die Hypothese aufgestellt, dass Schicht 15 in diesem Bereich direkt auf Schicht 14 liegt und schliesslich ausläuft und dass stellenweise auch Schicht 16 Teil der unentwirrbaren Gemengelage ist. Diese Hypothese wurde mit einer Reihe von Radiokarbondaten geprüft und bestätigt. Die Prüfung ergab, dass in der Zufahrt Schillerstrasse Schicht 16 auf Schicht 14 lag und dass «Schicht 12 Parkhaus» stratigraphisch jünger ist als «Schicht 12 Schillerstrasse» (s. Kap. VII.1.1). Die grosse Ähnlichkeit ihrer stratigraphischen Situation und Ausprägung bei geringer Distanz von nur etwa 2 m legt den Schluss nahe, dass

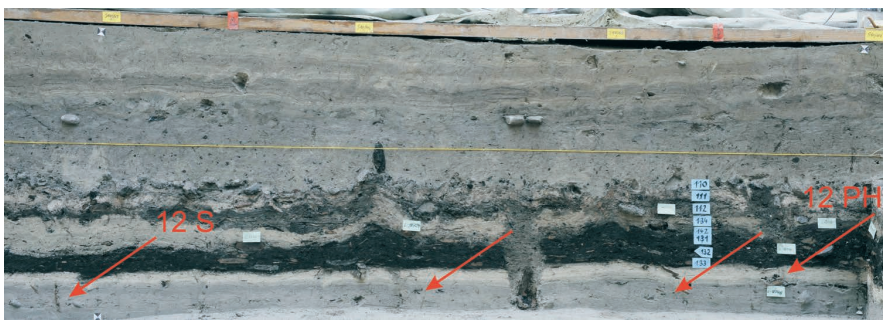


Abb. 11. Der Übergang von Schicht 12 Parkhaus (rechts) zu Schicht 12 Schillerstrasse ist fliessend.

es sich bei Schicht 14 im Parkhaus und Schicht 14 in der Schillerstrasse um ein- und dieselbe Schicht handelt; die Ansprache ist aber aufgrund der komplizierten Verhältnisse nicht restlos gesichert.

Während die unterste Siedlungsschicht (12) auf fast der gesamten Fläche als graue Verfärbung in gelblich-heller Seekreide ausgeprägt war und nur in der Zufahrt Schillerstrasse lokal organische Erhaltung aufwies, lag die darüber liegende Schicht 13 in organischer Erhaltung vor. Schicht 14 war in der Zufahrt Schillerstrasse und im Norden und Nordwesten des Parkhauses ebenfalls organisch erhalten, dazwischen allerdings von Erosion und jüngeren Störungen weitestgehend zerstört (Kap. VII.3). Die Schichten 15 und 16 waren nur als holzkohlereiche, grau oder leicht humose braun verfärbte Bänder ausgeprägt, in denen nur selten kleine Nester organisch erhaltenen Detritus zu finden waren.

Über allen Siedlungsschichten wurde ein Horizont dokumentiert, in dem Fundmaterial von der Horgener Zeit bis in die Spätbronzezeit vermischt war und in dem keine Baulehme vorgefunden wurden. An vielen Stellen und verstärkt landwärts dünnten die einzelnen Schichten unter dem obersten Horizont sukzessive aus und gingen im weiteren Verlauf in ihm auf. Der oberste Horizont kann daher als späteres Erosionsereignis interpretiert werden, das alle Schichten bis zu einer bestimmten Höhenkote zerstört hat. Im Folgenden

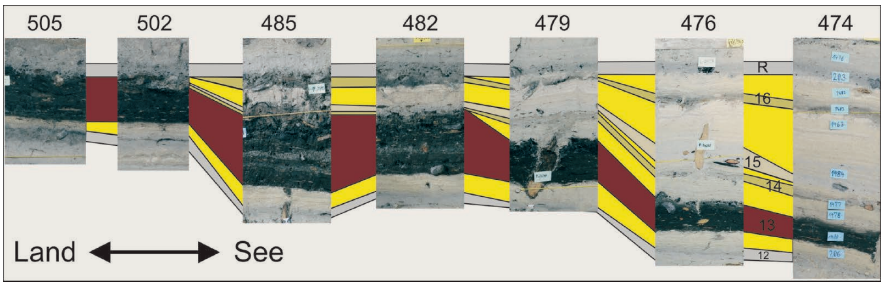


Abb. 12. Das Ausdünnen der Schichten landwärts und ihr Aufgehen im Reduktionshorizont auf Achse Y = 140.

wird er als Reduktionshorizont bezeichnet (Schicht 10). In Abb. 12 ist ein Beispiel aus Achse Y = 140 gegeben, in dem sowohl das Ausdünnen der Schichten landwärts als auch das Aufgehen von Schicht 16 im Reduktionshorizont dargestellt sind.

Im Hangenden des Reduktionshorizonts sind die Seekreidelagen nur im seewärtigen Westbereich noch gebändert. Im landwärtigen Bereich folgen darüber nur ungebänderte graue Seekreiden und sehr bald auch die neuzeitlichen Ablagerungen. Diese greifen in die vorgeschichtlichen Schichten teilweise in Form von Gruben ein, die möglicherweise mit dem Bau der Schanzenanlagen im 17. Jh. in Zusammenhang stehen. Teilweise wurden ganze Stücke aus der Schichtenserie herausgerissen und invers wieder eingelagert.

Auf die Datierung der Schichten wird in den jeweiligen Kapiteln sowie in Kap. VIII weiter eingegangen.

2 GRUNDGEDANKEN DER BEFUNDVORLAGE

Die heutige Gestalt der Kulturschichten ist das Ergebnis von Konditionen wie Wasserstand, Bodenfeuchte, (Mikro-) Relief einerseits und Prozessen wie Akkumulation, Erosion, Kompression, Reduktion etc. andererseits. Weder die Konditionen noch die Prozesse sind stabil. Sie können mehrfach wechseln und haben das wahrscheinlich auch getan. Die Gesamtheit von Konditionen und Prozessen, die auf eine Schicht eingewirkt haben, nennt sich Schichtgenese. Fundverteilungen, Baubefunde wie auch botanische Reste etc. sind in Bezug auf ihre archäologische Aussagekraft von der Schichtgenese abhängig. Das Verständnis der Schichtgenese ist daher eine Vorbedingung für das Verständnis der Fundverteilungen, der Befunde und letztlich der gesamten Siedlung.

In der vorliegenden Darstellung der Befunde soll versucht werden, die Beschreibung so frei von Interpretationen zu halten wie irgend möglich – wohl wissend, dass unweigerlich schon viele Interpretationen bei der Freilegung und Dokumentation der Befunde erfolgen. Für die Beschreibung wird eine Reihe neuer Begriffe eingeführt und definiert. Damit sollen die durch manche etablierte Fachbegriffe vorauseilenden Interpretationen vermieden werden. Die Interpretation von Befunden, Schichtgenese, Verteilungen und Baustrukturen erfolgt separat. So lässt sich einerseits die Reflexion von Grundannahmen in einem frühen Kapitel konzentrieren. Andererseits können die anschliessenden Argumentationen auf der Basis aller zuvor diskutierten Grundannahmen und Beobachtungen aufbauen. Die transparente Diskussion der Grundannahmen ist nötig, weil die meisten Interpretationen aus dem Vergleich der Daten mit den modellhaften Erwartungen der Interpretierenden erfolgen (vgl. Kap. VII.2.4.4).

3 ZUR METHODE DER BEFUNDVORLAGE

Schon während der Grabung zeigte sich, dass die Schichtgrenzen und -verläufe oft graduell sind (z.B. Grenzen von Lehmschichten im Detritus). Die Ausgräber und Zeichner, denen nur zweidimensionale Mittel zur Verfügung standen, konnten dieser Eigenschaft komplexer dreidimensionaler Objekte mit graduellen Verläufen in der Dokumentation nicht hinreichend Rechnung tragen. Dieses Problem ist in der Dokumentation komplexer Feuchtbodenbefunde generell ungelöst und hat bei verschiedenen Ausgrabungen dazu geführt, dass Schichten nicht über Feldergrenzen und Teamzuständigkeitsbereiche hinweg nachverfolgt werden können[6]. Was die Zeichnungen angeht, trifft dies auch auf die Grabung Zürich-Parkhaus Opéra zu und wirkt sich auf die Befundvorlage aus: Formen und Ausdehnungen von Schichten und Befunden können mit Planzeichnungen nicht adäquat präsentiert oder gar interpretiert werden. Beispielsweise kann ein in seinem Zentrum 15 cm mächtiger kompakter Lehm in seinen Randbereichen nur noch 3 mm stark und von organischem Detritus durchsetzt sein. Die Erscheinungsformen im Zentrum und an den Rändern haben sehr unterschiedliche Eigenschaften und Entstehungsgeschichten. In der Planzeichnung sind solche Unterschiede aber nicht ersichtlich. Sie zeigt den Lehm lediglich als einen Schichtkörper. Selbst wenn man die Lehmmächtigkeit über einen Zahlen- oder Farbcode erhoben hätte (was angesichts des Zeitdrucks auf der Rettungsgrabung

nicht möglich war), wären damit die vielen unterschiedlichen Lehmarten und Zusammensetzungen nicht umfassend beschrieben.

Bei der Auswertung erwiesen sich die zahlreichen Profilfotos als deutlich verlässlicher als die Zeichnungen. Die Vorlage der Schichten stützt sich daher vor allem auf diese. Dabei wurde die Ausdehnung von Schichtkörpern (meistens Lehme) durch einfache Verbindungslinien zwischen den Punkten festgelegt, an denen sie im Profil eindeutig erkennbar waren. Unterschiedliche Farbsignaturen zeigen die Mächtigkeit an und unterscheiden zwischen kompakter Ausprägung von mindestens 5 cm und dünnerer Ausprägung. Auf kosmetische Glättungen und Rekonstruktionen wurde verzichtet. Flächenpläne wurden hinzugezogen, wo sie die Profilfotos widerspruchsfrei ergänzten. Die verschiedenen Ausprägungen von Lehm- und Kulturschichtbefunden wurden mit der Nomenklatur beschrieben, die bei der Befundvorlage der Mozartstrasse zur Anwendung kam[7]. Im vorliegenden Band wird nur eine repräsentative Auswahl detailliert besprochen. Die Beschreibungen aller Lehmstellen stehen elektronisch in einem Katalog mit Text, Plan und Profilfoto zur Verfügung. Die Eigenschaften aller Lehme werden tabellarisch vorgelegt (Tabelle 1 im Anhang)[8]. Die Verwendung des Begriffs *in situ* sowie der verschiedenen Prozessebenen folgt der Terminologie nach Bleicher[9].

Zwischen den einzelnen Lehmbefunden waren nur sehr selten stratigraphische Verbindungen festzumachen (s. Kap. VII.2.1.4). Die stratigraphische Phasengliederung erfolgt daher in einem ersten Schritt nur innerhalb jeder Lehmstelle. Eine Lehmstelle ist definiert als eine Gruppe zusammenhängender Quadratmeter, auf denen stratigraphisch gegliederte Lehmbefunde angetroffen wurden. Die Phasen wurden in der Reihenfolge der Ablagerung nummeriert: Der unterste Schichtkörper (unabhängig davon, ob organisch oder Lehm) ist «Phase 1». Entsprechend bleibt primär offen, ob die Phasen 2 von Lehmstelle X und Lehmstelle Y synchron sind. Normalerweise sind die einzelnen Lehmkörper einer Lehmstelle stratigraphisch vertikal gegliedert. Ein enges horizontales Nebeneinander kleinerer Befunde auf wenigen Quadratmetern kann aber ebenfalls als Lehmstelle gelten.

Zum Inhaltsverzeichnis

IV DAS GEOLOGISCHE UMFELD

(Marina Wurst, Beat Rick)

Die heutige Verteilung des Sees und der Siedlungsgebiete im Raum Zürich ist ein Produkt langer Zeiträume und geologischer Prozesse. Besonders grossen Einfluss auf die Bildung der heutigen Landschaft hatten die letzten Eiszeiten. Diese haben die Felsoberfläche modelliert und mit lokal sehr unterschiedlich mächtigen Lockergesteinen überlagert. Abgesehen von menschlichen Eingriffen wie Geländeabtrag oder künstliche Landgewinnung durch Seeuferaufschüttungen sind es besonders die spät- und nacheiszeitlichen Ablagerungen, welche die heutige Geländeform rund um das Seebecken prägen (Abb. 13).

Der Felsuntergrund unter der Stadt Zürich bildet ein lang gestrecktes, U-förmiges Tal, dessen Achse von SSE nach NNW zeigt und eine wesentlich grössere Ausdehnung aufweist als der heutige Zürichsee. Der grösste Teil der heutigen Oberfläche der Stadt Zürich besteht aus den Ablagerungen der letzten Eiszeit und des Spätglazials. Es handelt sich dabei meist um Sedimente, die im direkten Umfeld des Gletschers im Lauf mehrerer Vorstösse und Rückzüge abgelagert wurden. Diese gewaltige Anhäufung von Lockergesteinen staute den Zürichsee auf.

Die Flanken dieses Felstrogs bestehen aus Gestein der Oberen Süsswassermolasse, sichtbar z.B. am Uetliberg oder im Bachtobel des Hornbachs. Auf Stadtgebiet wird der Molassefels grossflächig von Ablagerungen der Eiszeiten überdeckt und tritt nur noch an wenigen Stellen nah an die Oberfläche (z.B. beim Central oder im Universitätsviertel, vgl. Abb. 13 und 14). Seewärts fällt die Felsoberfläche steil ab. Der Sechseläutenplatz liegt an der nordwestlichen Flanke des Felstrogs relativ nah bei der Talmitte. Wegen des starken Gefälles wird der Fels hier erst bei ca. Kote 275 m ü.M. erwartet, also rund 130 m unter Terrain[10].

Weitere markante Spuren, die der Gletscher am unteren Seebecken hinterlassen hat, sind Moränenwälle (Abb. 13). Noch heute können sie im Gelände verfolgt werden. Deutlich sichtbar sind sie in der rekonstruierten Situation im 1. Jh. n.Chr. ohne Bebauung (Abb. 14). Ein besonders markanter Wall zieht sich von Riesbach bzw. Burgwies über die Hohe Promenade zum Lindenhof und dem Alten Botanischen Garten. Auf der westlichen Seeseite lassen sich die Moränenwälle über den Esp bis Wollishofen verfolgen. Un-

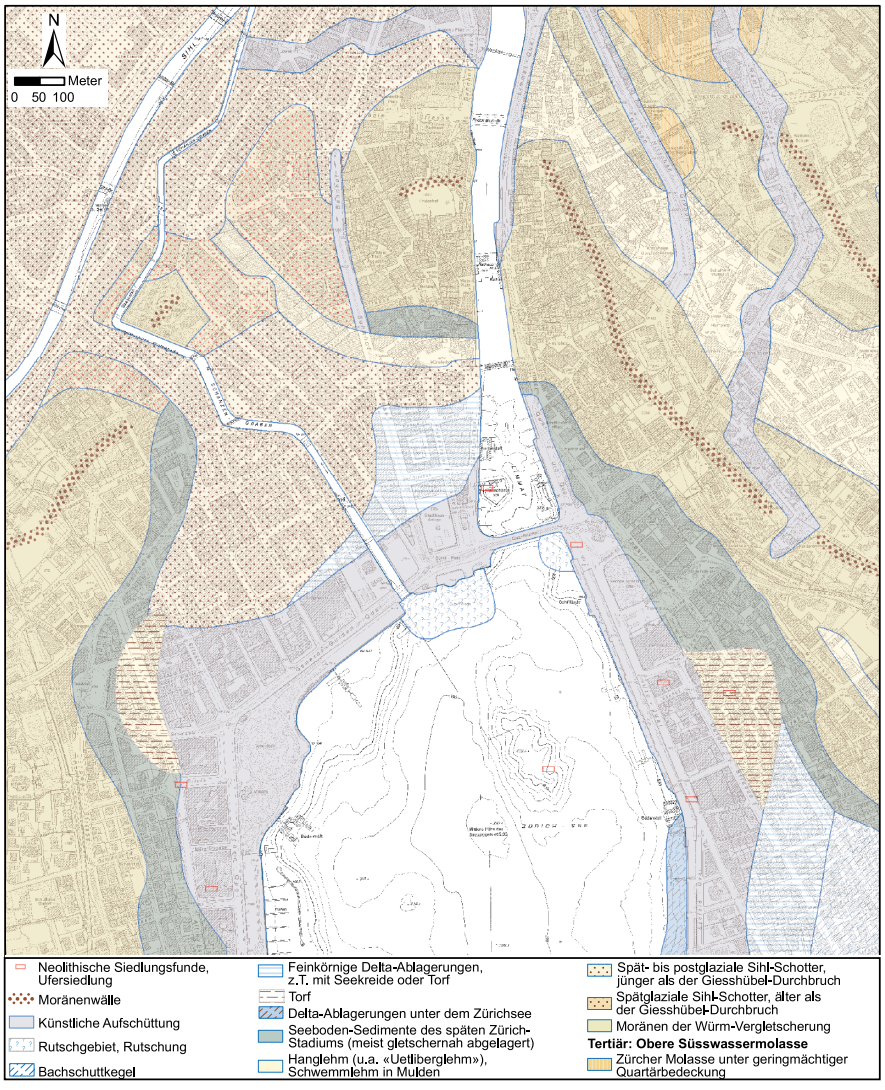


Abb. 13. Kartierung der spät- und nacheiszeitlichen Ablagerungen im heutigen Stadtgebiet Zürich.

Zum Inhaltsverzeichnis

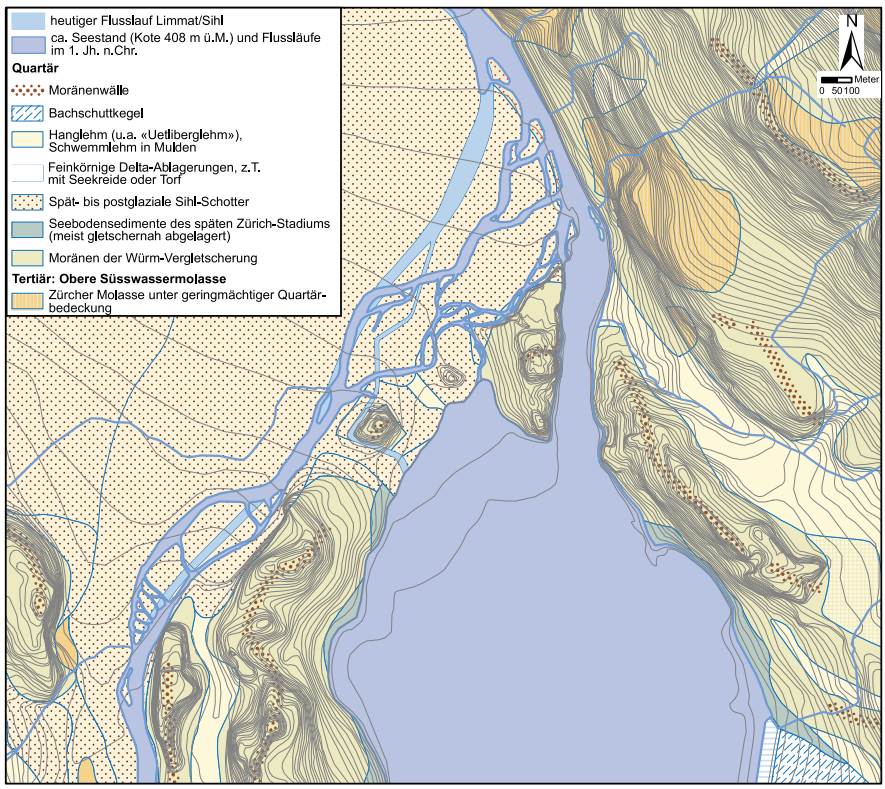


Abb. 14. Vereinfachte geologische Situation im 1. Jh. n.Chr. (topographisches Modell nach D. Wild).

tersuchungen zeigen, dass die Moränenwälle während starker Pendelbewegungen des Gletschers aufgebaut wurden und dass dabei Moränenmaterial, Schotter und feinkörnige Seeablagerungen ineinander verschachtelt und meist sehr hart vorbelastet wurden[11].

Wie der Felsuntergrund fällt auch die Moräne in Richtung See steil ab. Wie auf Abb. 13[12] zu sehen ist, schliessen an den Moränenwall seeseitig eiszeitliche Seeablagerungen an und bilden das geologische Umfeld der Fundstelle Zürich-Parkhaus Opéra. Entstanden sind diese limnischen Schichten beim Rückzug der Gletscher, als das Schmelzwasser in den ehemaligen Gletscherzungenbecken zu Seen gestaut wurde. In diesen randglazialen Seen lagerte sich das von Schmelzwässern und von abschmelzenden Eisbergen gelieferte Gesteinsmaterial ab. Dabei kam es zur Ansammlung von recht locker gelagertem Material, das mit zunehmender Entfernung des Gletschers feinkörniger wurde. Es ist anzunehmen, dass das Gletscherende während des Abschmelzens im See aufschwamm und von der frontalen, hohen Eiswand häufig Eisberge abbrachen. Vom Gletscher selber mündeten Schmelzwasserbäche durch Eiskanäle direkt in den See und lagerten in der Nähe Kies und Sand ab. Die feineren Sedimente wurden dabei aufgewirbelt und im Wasser verteilt[13]. Die Sedimentation erfolgte also gleichzeitig aus drei Quellen: grobe Ablagerungen aus Schmelzwasserbächen, absinkende Schwebstoffe im Wasser sowie ausgeschmolzene Moränenpakete und sogenannte Dropstones. Letzteres sind Steine oder auch grössere Blöcke, die im schwimmenden Eisberg transportiert wurden und mit dem Schmelzen des Eisbergs nach und nach auf den Seeboden «regneten», weshalb man sie in unterschiedlichen Schichten findet. Die Anwesenheit solcher Gesteine zeigt, dass die entsprechenden Sedimente zwar zur Eiszeit abgelagert wurden, aber nicht mehr vom Gletscher bedeckt waren.

1 DER UNTERGRUND DES THEATER- UND SECHSELÄUTENPLATZES

Der Untergrund des Theater- und Sechseläutenplatzes ist über die Jahrzehnte mehrfach geologisch untersucht worden[14]. Mit Bohrungen wurde eine mächtige Schicht glazial vorbelasteter Lockergesteine nachgewiesen, die zum grössten Teil aus verschleppten und vom Gletscher überfahrenen Seeablagerungen besteht. Dabei handelt es sich um ein buntes Gemisch aus Lockergesteinen mit meist siltig-sandiger Grundmasse und stark schwankendem Anteil an Ton oder Grobkomponenten. Auffällig ist die unruhige und im Detail sehr heterogene Zusammensetzung in Hinsicht auf Kornverteilung und Lage, die sich jedoch durch die oben beschriebene Genese erklären lassen. Ein generelles geologisches Profil im Gebiet des Theaterplatzes zeigt Abb. 15.

Überdeckt werden die vorbelasteten Lockergesteine von einer mächtigen Schicht nicht vorbelasteter, eiszeitlicher Seeablagerungen. In der Zusammensetzung sind beide Schichten sehr ähnlich. Sie unterscheiden sich hauptsächlich in der Lagerungsdichte. Die Oberfläche dieser jüngeren eiszeitlichen Seeablagerungen ist erfahrungsgemäss sehr unruhig. Das Relief ist gekennzeichnet durch Buckel und Senken und wird von weichem Seebodenlehm bedeckt. Mit der Klimaerwärmung am Ende der letzten Eiszeit (ca. 12000 BP) und dem Aufkommen einer geschlossenen Vegetationsdecke nehmen die Ablagerungen stark ab. Am Übergang der eiszeitlichen zu den nacheiszeitlichen Seeablagerungen liegt basaler Faulschlamm. Dieser wird als markanter Leithorizont geschätzt, aber gleichzeitig als Rutschhorizont im Seebereich gefürchtet. Damit sich Faulschlamm bilden kann, sind zumindest periodisch anaerobe Verhältnisse (z.B. durch Zufrieren des Sees) und ein deutlicher Gehalt an organischem Material nötig.

Der Moränenwall der Hohen Promenade wirkte sich auf die Entwässerung aus. Am Aussenrand stellte sich bereits zur

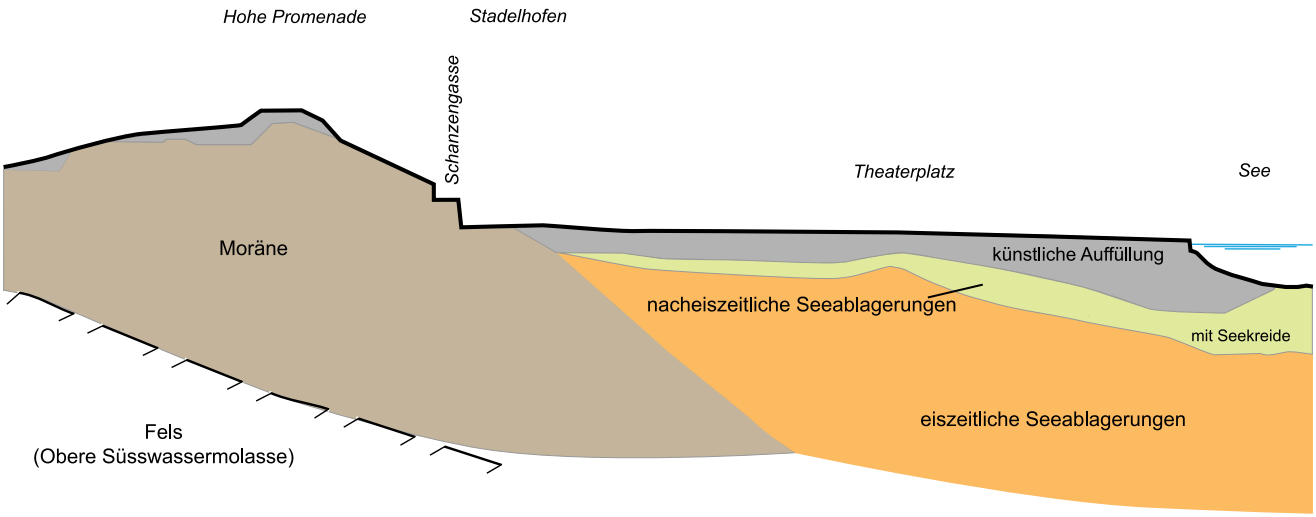


Abb. 15. Generalisiertes geologisches Profil im Gebiet des Theaterplatzes.

letzten Eiszeit eine randglaziale Schmelzwasserrinne ein. Entsprechend liegt heute zwischen Kreuzplatz und Pfauen unter dem Zeltweg eine kiesreiche Anhäufung glazialer Schotter, die Grundwasser führen. Ob auch zeitweise Schmelzwasser entlang des Innenrands der Moräne floss, ist unsicher; sicher war die Entwässerung hier weniger lang aktiv und vermutlich weniger dynamisch. Jedenfalls ist davon auszugehen, dass Meteorwasser über die Schulter der Hohen Promenade dem Vorfluter Zürichsee auch durch das Gebiet Stadelhofen zufloss. Entsprechend dürfte sich im Bereich Stadelhofen bis zum Seeufer ein periodisch aktives, häufig die Läufe wechselndes System von kleinen Bächen gebildet haben. Indizien von solchen sandig-kiesigen Bachablagerungen finden sich in verschiedenen Sondierungen – auch im Bereich des Theaterplatzes.

Diese Bachablagerungen verzahnen sich mit nacheiszeitlichen Seeablagerungen, die zum Grossteil aus Seekreide und seekreideartigen Sedimenten, d.h. einem Gemisch aus Sand, Silt und Seekreide, bestehen. Im Bereich der alten Seespiegelschwankungen finden sich auch Lagen von Torf[15]. Gegen den See hin überwiegt der Anteil an Seekreide, die im reinen Zustand weisslich ist. Ihre Ablagerung verweist auf eine Erwärmung des Klimas, da es sich hierbei um den charakteristischen Absatz im seichten, relativ warmen Süsswasserbecken handelt. Durch die saisonale Assimilation der Bodenpflanzen wird CO_2 abgebaut und Kalzit ausgeschieden. Der Kalzit fällt in Form poröser, kleiner Partikel auf den Seeboden und sammelt sich in einem nur wenig verdichteten Gefüge an. Die leichten, kleinen Plättchen lassen sich leicht aufwirbeln und umlagern[16]. Die Seekreide wird deshalb im relativ frischen Zustand durch Wellenschlag mobilisiert, auf Plateaus und im Uferbereich abgetragen und an Hängen angereichert. Ein Föhrenzapfen, der in Parkhaus Opéra auf der Sandoberfläche an der Basis der Seekreide gefunden und radiokarbondatiert wurde, ergab ein kalibriertes Alter im 2-Sigma-Bereich von −8551 bis −8311 (Tabelle 3 im Anhang). Die Seekreidebildung setzte hier also nachweislich – und wie angenommen – in der Mitte des 9. Jt. v.Chr. ein.

Die natürliche Abfolge der Schichten wird im Bereich des Sechseläutenplatzes überdeckt von teils mehrere Meter mächtigen künstlichen Auffüllungen (vgl. Abb. 13 und 15), wie sie zum Beispiel Stadtingenieur Arnold Bürkli 1882–1887 vornehmen liess. Das aufgeschüttete Material ist in die Seekreide eingesunken und hat sich mit ihr vermischt. Teilweise wurde Seekreide auch direkt als Füllmaterial verwendet (z.B. belegt in Bohrungen und Laboruntersuchungen für den Um- und Erweiterungsbau Opernhaus Zürich)[17]. Da die Seekreide leicht auf Kriechbewegungen und Belastungen reagiert, führten diese Eingriffe zu einem unregelmässigen, keine Spuren hinterlassenden und manchmal nur schwer einzuschätzenden Verrutschen der natürlichen Schichten. Ein Vergleich der Topographie vor der Bürkli-Schüttung mit der heutigen Oberfläche zeigt, dass die einstige Oberfläche nahe des Ufers teils stark absank, während sie im See grossräumig leicht aufstieg (Abb. 15), was zu einer «Aufwölbung» der nacheiszeitlichen Seeablagerungen im Uferbereich führte[18].

2 DER BAUGRUND IM NEOLITHIKUM

Für eine Rekonstruktion der Siedlungsbedingungen in der Steinzeit, insbesondere der Baugrundverhältnisse, wurden verschiedene Quellen ausgewertet: über 300 Bohrungen aus dem Bereich des Zürcher Seeufers, die zwischen 1925 und 2012 im Rahmen von Baugrunduntersuchungen durchgeführt wurden[19], sowie die Ergebnisse der archäologischen Grabung Opéra. Aus der Auswertung resultierte eine Karte des nacheiszeitlichen Untergrunds (Abb. 16).

Für die Interpretation der Bohrprofile waren die recht heterogenen Grundlagen problematisch, da die Genauigkeit und Technik insbesondere älterer Bohrungen nicht mit dem heutigen Stand vergleichbar sind. Ausserdem führten unterschiedliche Fragestellungen bei der Ausführung zu unterschiedlichem Fokus bei der Kernbeschreibung, was die Interpretation unterschiedlich detaillierter Bohrprofile erschwert. Des Weiteren ist die Aufnahme einer Bohrung – gerade im Bereich von Auffüllungen oder mit Kulturschichten durchsetzten Ablagerungen – auch stark von der Erfahrung und dem Wissen des aufnehmenden Geologen abhängig, sodass auch hier die Datensätze vorsichtig reinterpretiert werden mussten.

Eine weitere Schwierigkeit ergab sich bei der Abgrenzung von glazial vorbelasteten und nacheiszeitlichen Ablagerungen. Der Hauptunterschied besteht weniger in der Zusammensetzung als in der Lagerungsdichte, die in Bohrungen jedoch meist nur in Relation zum restlichen Bohrkern feststellbar ist. Absolute

Zum Inhaltsverzeichnis

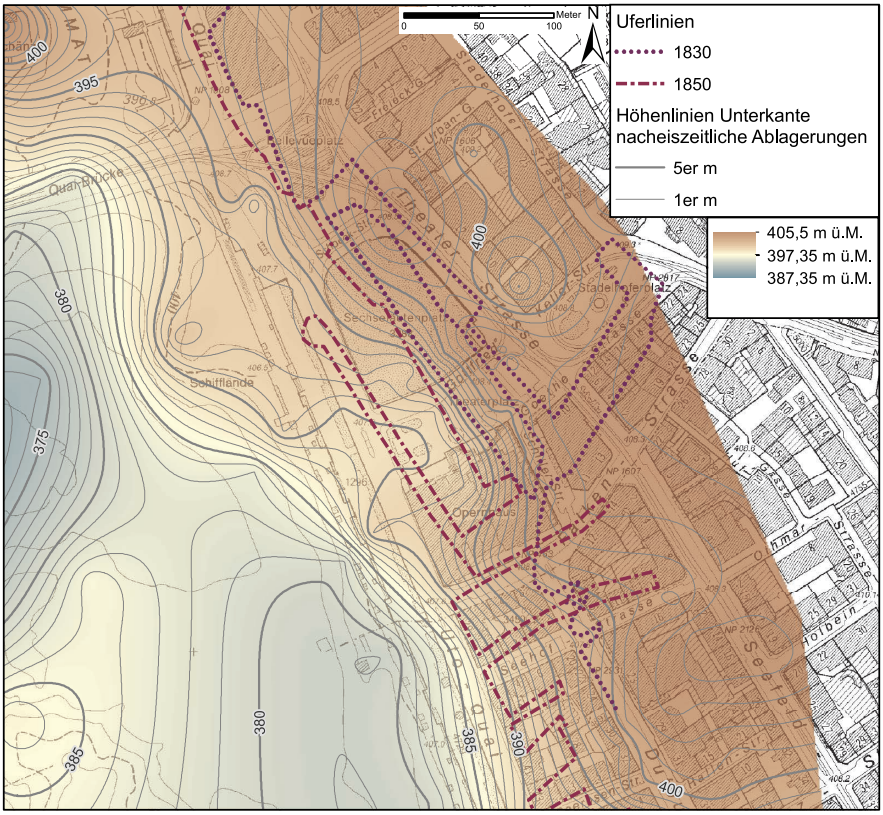


Abb. 16. Topographie der Unterkante der nacheiszeitlichen Seeablagerungen mit dem Verlauf des Seeufers um 1830 und 1850.

Angaben sind schwierig. Tests zur Lagerungsdichte, wie Standard Penetration Tests (SPT) oder Rammsondierungen, wurden nur in wenigen Fällen durchgeführt, sodass subjektive Bemerkungen und Kommentare zu den Bohrprofilen für die Auswertung hinzugezogen wurden.

Die Seekreide ist sehr strukturempfindlich und setzt sich bei Erstbelastung stark: Bei frischen Ablagerungen sind 24–30% Volumenverringerung möglich[20]. Bei Erschütterungen durch Seeuferschüttungen oder Auflast kann das im Gefüge enthaltene Wasser schlagartig entweichen. Dadurch kann das Material instabil werden und ausgedehnte Rutschungen verursachen, wie es z.B. am 22.9.1875 am Bahnhof Horgen geschah[21]. In Gegensatz zum Rammen von Pfählen in Lehm oder Kies ist Rammen in Seekreide einfach. Lässt man dem Porenwasser in der Seekreide Zeit zum Abfliessen, ist sie anschliessend recht stabil. Zurück zum Thema der steinzeitlichen Siedlungsbedingungen: Die Bewohner der Pfahlbauten scheinen diese Eigenschaften der Seekreide gekannt und geschätzt zu haben, bauten sie ihre Siedlungen doch genau auf diesen Baugrund.

Zum Inhaltsverzeichnis

V PALÄOTOPOGRAPHIE UND UNTERSUCHUNGEN AN SEEKREIDE

(Hansruedi Schneider, Benedikt Braun, Niels Bleicher)

Organische Schichterhaltung kann nur unter eng begrenzten und klar definierten Bedingungen auftreten[22]. Entscheidend ist neben dem Grundwasser auch die siedlungszeitliche Topographie. Ohne deren Kenntnis bleiben verschiedene Phänomene organischer Schichten unverständlich, wie z.B. der Verlauf von Spülsäumen oder Unterschiede in der Ausprägung und Erhaltung. Die damalige Topographie prägte auch sämtliche Bauaktivitäten und liefert deshalb Schlüsselinformationen über das Verhältnis der Siedlung zu See und Umland. Des Weiteren beeinflusste die Topographie die Fundverteilung und ist deshalb bei der Interpretation von Fundverteilungsplänen zu berücksichtigen. Allerdings sagen die heutigen Schichtverläufe nur wenig über die siedlungszeitliche Topographie aus, weil sich Sedimente im Allgemeinen und Seekreide im Besonderen im Verlauf der Zeit konsolidieren und dabei beträchtliche Schichtsetzungen bewirken[23]. Dieses Phänomen wurde in der Feuchtbodenarchäologie schon früh thematisiert[24], und die Auswirkungen auf urgeschichtliche Schichten und Pfähle wurden oft beschrieben[25]. Von der geotechnischen Möglichkeit, diese Setzungen zurückzurechnen und so die siedlungszeitlichen Höhenkoten zu rekonstruieren, wurde aber erst selten Gebrauch gemacht: Der Zuger Kantonsarchäologe Stefan Hochuli liess die Sedimentsetzungen von Zug-Sumpf[26] und Cham-Alpenblick berechnen[27]. Leider wurden die Ergebnisse nicht publiziert. Dass weder die Archäologie noch andere Paläowissenschaften diese Möglichkeit bisher genutzt haben, ist insofern erstaunlich, als die Setzung der Schichten auch die an Sedimentkernen gewonnenen Erkenntnisse anderer Disziplinen betrifft, wie z.B. Aussagen zur Höhenkote von Seepegelschwankungen. Für die Pfahlbauarchäologie und den jahrzehntelang schwelenden Pfahlbaustreit haben solche Ergebnisse grosses argumentatives Gewicht. Viele Baureste liegen heute unter dem Seepegel und im Fall der Grabung Parkhaus Opéra stellenweise sogar deutlich unter der absoluten Ausflussschwelle des Zürichsees, die bei 402,5 m ü.M. veranschlagt wird[28]. Sollte ebenerdige Bauweise vorgeherrscht haben, so müssen beträchtliche Setzungen stattgefunden haben, was sich geotechnisch prüfen lässt. Für die Schichten der Grabung Parkhaus Opéra wurde daher versucht, die originalen Höhenkoten und ihren zeitlichen Verlauf mittels geotechnischer Messungen der Sedimenteigenschaften und des aktuellen Schichtverlaufs zu rekonstruieren.

1 HEUTIGER SCHICHTVERLAUF

Für die Darstellung des heutigen Schichtverlaufs eignet sich am besten die Höhenkote der Unterkante von Schicht 13: Sie ist aufgrund des scharfen Wandels in Material und Farbe klarer definierbar als die Grenzen von Schicht 12. Zudem ist sie an vielen Punkten der Grabungsfläche gut dokumentiert und noch unbeeinflusst von anthropogenen Störungen. Abb. 17 zeigt die Höhenkote der Unterkante von Schicht 13, wie sie 2010 dokumentiert wurde. Es ist klar ersichtlich, dass die Schichten nach Westen graduell und nach Südwesten relativ abrupt absinken. Gleichzeitig nimmt die Mächtigkeit der Seekreideschichten über, unter und zwischen den Kulturschichten stark zu. Vergleicht man den Verlauf der Höhenlinien der Kulturschicht mit jenen des glazialen Untergrunds (Abb. 16, 17), findet man weitgehende Übereinstimmung. Dies ist zu erwarten, weil der Seekreidekorpus auf dem Untergrund liegt und ihn mit zunehmender Schichtstärke auch zunehmend nivelliert. Die aufliegenden Sedimente konsolidieren aber in einem proportionalen Verhältnis zur Sediment-

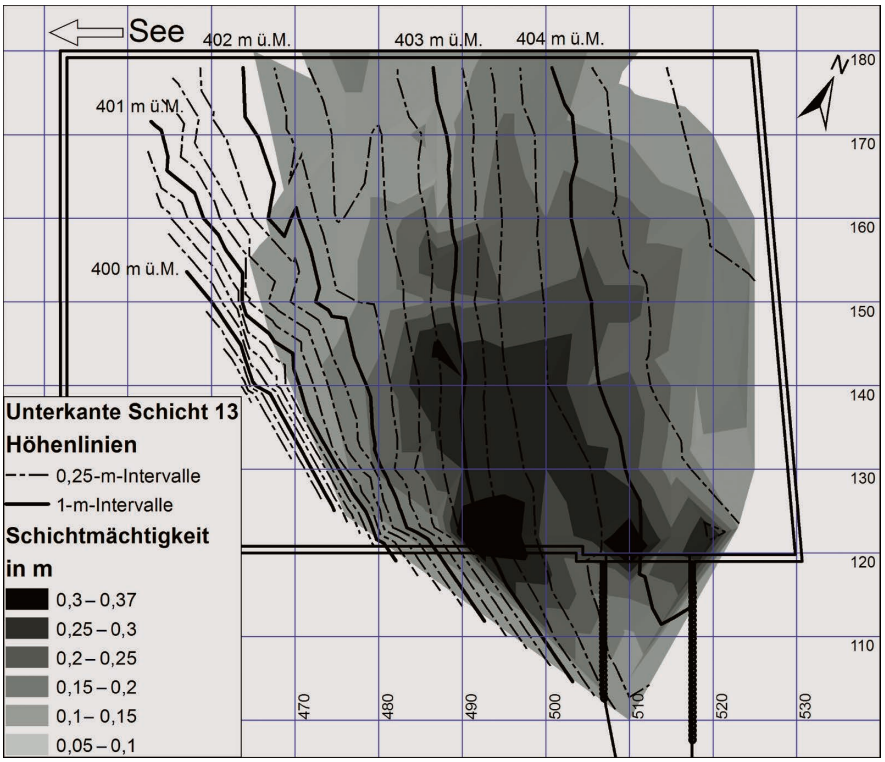


Abb. 17. Höhenkote der Unterkante und Mächtigkeit von Schicht 13 zum Zeitpunkt der Grabung.

Zum Inhaltsverzeichnis

säule – hohe Sedimentsäulen also stärker als niedrige. Folglich gleicht sich der Verlauf der Kulturschichthöhenkote tendenziell dem Verlauf des Untergrunds an. Die heutige Kulturschichthöhenkote ist abhängig von der Seekreidemächtigkeit darunter und sagt wenig aus über die Höhenkote zur Zeit der Deposition. Insgesamt ist die Kulturschichterhaltung also abhängig vom glazialen Untergrund, von der Höhenkote zum Zeitpunkt der Ablagerung, vom Weg, den die Schicht während der Konsolidierung des kompletten Sedimentkörpers genommen hat, und von der Tiefe, bis zu der destruktive Prozesse während dieser Zeit in den Boden eingegriffen haben.

Bei der Grabung Parkhaus Opéra ist organische Kulturschicht auf Höhenkoten (Unterkante) zwischen 399,2 und 404,54 m ü.M. dokumentiert worden, wobei sich der tiefste Punkt im Südwesten unterhalb der Aushubkote befindet und deutlich tiefer liegen muss.

2 SETZUNGSBERECHNUNGEN

2.1 Sedimentäre Geschichte des Grabungsareals

Zur Berechnung der Setzungen musste neben dem heutigen Schichtverlauf die Geschichte der Auflasten an den zu berechnenden Punkten rekonstruiert werden. Dazu mussten die Schichten vom Spätglazial bis ins 20. Jh. datiert und das Gewicht der einzelnen Schichtkörper geschätzt werden. Dies gestaltete sich schwierig, da sich die Grabungsfläche mitten in Zürich befand und deshalb viele neuzeitliche Bauphasen und Umgestaltungen zu berücksichtigen waren. Wegen des grossen Aufwands erfolgten die Berechnungen nur für die Hauptachsen. Am Beispiel von Achse 160 wird das Vorgehen verdeutlicht.

Die heutigen Höhenverläufe der Ober- und Unterkanten der archäologischen Schichten und der natürlichen Sedimente konnten den entzerrten Profilfotos entnommen werden. Für die Profile, in denen neuzeitliche Bodeneingriffe den Schichtverlauf gestört hatten, liessen sich in geringer Distanz eine Reihe von Ausweichprofilen finden, die einen robusten Schätzwert erlaubten.

Das Ablagerungsszenario der Schichten 15 und 16 ist unklar. Die Tatsache, dass sich selbst im tiefstgelegenen Bereich keine oder nur marginale organische Erhaltung fand, liess anorganische Akkumulation vermuten. Eine sehr schnelle Mineralisierung nach oder während der Besiedlung könnte dazu geführt haben. Erosions- oder Diskordanzschichten wurden zwischen den Schichten 14 bis 17 nicht gefunden. Das bedeutete, dass für die Setzung keine ehemalige Auflast organischer Schichten angenommen werden musste, die zwischenzeitlich erodiert oder mineralisiert worden wären.

Die Mächtigkeit der Schichten 15 und 16 variierte kaum. Das erlaubte (bei Vernachlässigung des Raumgewichts von Holzkohle) die Hypothese, dass die beiden Schichten mit konstanter Stärke und der Dichte von Seekreide abgelagert wurden. Die Modellierung unterschied nicht zwischen der Auflast von Seekreide und Kulturschicht. Dies verhinderte, dass sich mögliche Fehler bei der Rekonstruktion der früheren Schichtausdehnung auf das Modellierungsergebnis auswirken.

Viele Schichten und dazwischen liegende Seekreidelagen wurden nachträglich erodiert, wie am Reduktionshorizont ersichtlich ist. Das bedeutet, dass nach der Ablagerung zeitweilig Sedimentlast auf den darunter liegenden Sedimenten lag, die mit der Erosion entfernt wurde. Es galt also, Schätzwerte für die Auflast vor der Erosion zu finden. Während man für die Schichten 15 und 16, wie oben beschrieben, das Fehlen einer erodierten Auflast annehmen und gut begründen konnte, musste für Schicht 14 und die Seekreidelagen zwischen den Schichten eine erodierte Auflast geschätzt werden. Dazu wurde die Stärke der Seekreidelagen entsprechend der vom See zum Land hin abnehmenden Schichtstärke fortgeschrieben. Die Abnahme der Seekreidestärke wurde dort beobachtet, wo sie noch nicht vom Reduktionshorizont gekappt worden war. Es zeigte sich deutlich, dass die oberen Schichten (z.B. 0.15) stärker abnehmen als die unteren. Dies entsprach den Erwartungen, weil die Seekreideakkumulation mindestens teilweise eine Funktion von Wellenfeld und Wassertiefe ist, die bei der Erosion von noch nicht verfestigter Seekreide zusammenspielen. Mit zunehmender Akkumulation steigt die Seekreide in Richtung des Seepegels und gerät dadurch zunehmend in den Erosionsbereich (v.a. bei Sturmereignissen). Je höher Sedimente und Straten liegen, desto stärker sind sie von Erosion betroffen. Dies könnte auch ein Grund für die mangelnde organische Erhaltung in einigen der Kulturschichten sein.

Der geglättete Höhenverlauf der Oberkante von Schicht 13 diente als Basis für die Schätzung des Schichtverlaufs der jüngeren und erodierten Schichten. Auf dieser Basis wurden die Seekreideschichten in der kalkulierten und die Kulturschichten in einheitlicher Stärke modelliert. Die Schichtdicke der Seekreiden 0.13, 0.14 und 0.15 wurden anhand der Trendgeraden in den Bereich ohne Erhaltung fortgeschrieben. Die aus dem beobachteten Verlauf gewonnenen Trends ergaben im Fall der Seekreide über Schicht 15 einen Verlust von 10 cm auf 10 m, bei der Seekreide über Schicht 14 einen Verlust von 3 cm auf 25 m und bei der Seekreide über Schicht 13 einen Verlust von 3 cm auf 30 m. Mangels Daten für die Seekreiden über Schicht 16 und 17 wurde bei beiden der Trend der Seekreide über Schicht 15 verwendet. Daraus ergab sich ein Schichtmodell, das den Schichtverlauf vor der Erosion zeigt, die sich im Reduktionshorizont niedergeschlagen hat.

Den einzelnen Körpern wurden danach spezifische Gewichte und eine Dauer der Auflast zugewiesen. Zwei bronzezeitliche Nadeln, die im Reduktionshorizont gefunden wurden, zeigen an, dass die Erosion frühestens in der Spätbronzezeit stattgefunden hat. Falls frühere Ereignisse bereits Teile erodiert haben, können sie nicht tiefer in die Schichten eingegriffen haben. Die Datierung des Reduktionshorizonts ist problematisch: Schindler[29] fand eine Torfschicht unter einer Kalkknollenlage, die eine Überschwemmung anzeigt. Die Torfschicht ist also in einer Phase relativ niedrigen Seepegels entstanden und datiert auf −1430 ± 100 BC cal. Brönnimann konnte die Onkoidschicht auf etwa −400 datieren[30]. Man kann also davon ausgehen, dass der Seepegel vor −400 auf einem relativ niedrigen Niveau lag und dann anstieg. Die bronzezeitlichen Schichten von Zürich-Alpenquai auf einer Kote über 404,5 m ü.M.[31] belegen, dass bis etwa −800 Verhältnisse herrschten, die zu ähnlichen Ablagerungen führen konnten wie während des Neolithikums. Bis zu einer vertieften Analyse gilt hier deshalb die Annahme, dass die Erosion, die sich im Reduktionshorizont manifestiert, zwischen −800 und −400 stattgefunden hat. Theoretisch ist auch möglich, dass die Erosion erst viel später erfolgte – z.B. in römischer Zeit. Dagegen spricht aber, dass im Reduktionshorizont, der alle schweren Funde einer dickeren Schicht und damit einer längeren Zeit in einem engen Schichtkörper konzentriert, keinerlei jüngere Funde gemacht wurden. Ein vermutlich römischer Dachziegel wurde erst in einer deutlich höheren stratigraphischen Position gefunden. Tatsächlich fanden sich in der gesamten Schichtsequenz von Parkhaus Opéra keine Hinweise auf Bauaktivitäten zwischen Neolithikum und früher Neuzeit.

Die zwischen Reduktionshorizont und den neuzeitlichen Hafensedimenten gefundenen Sedimente mussten dem Zeitraum nach der Erosion zugewiesen werden. Die Seekreide dieser Sedimente war auf einem Grossteil der Grabungsfläche nicht gebändert; die Bänderung trat erst weit seewärts auf. Vermutlich wurden diese Seekreiden in für Bänderung zu flachem Wasser abgelagert. Der Verlauf der natürlichen Sedimente bis in die frühe Neuzeit liess sich anhand der Trockeneissondagen und der Profilfotos der Mauern gut nachvollziehen. Aus ihnen ergab sich ein homogenes Bild ohne augenfällige Widersprüche. Die Höhenkoten der neuzeitlichen hölzernen Mauerfundamente wurden mittels Tachymeter an der Oberkante der Balken aufgenommen und waren teilweise auf den entzerrten CAD-Profilen, teilweise auf Fotos (anhand der Deckenhöhe des Parkhauses) überprüfbar.

Die Geschichte der frühneuzeitlichen Bauwerke am Ort wurde von Grunder zusammenfassend dargestellt[32]. Das erste neuzeitliche Bauwerk war die massive barocke Schanzenmauer, die auf das Jahr 1642 datiert ist (Abb. 11, 18 a). Sie liegt am landwärtigen Rand der Grabungsfläche, wo kaum noch Seekreide auf den glazialen Sanden zu finden ist.

Auf dem Werdmüller-Plan von 1690 ist ein der Schanze vorgelagerter Erdwall zu erkennen. Dieser Wall hat im archäologischen Befund keinerlei Spuren hinterlassen, weil er von jüngeren Bauwerken überprägt wurde. Seine Höhe musste deshalb geschätzt werden. Er zeigte einen grob dreieckigen Querschnitt und reichte nur wenig über den Seepegel hinaus (Abb. 18 a, c). Der Wasserpegel lag im 18. Jh. im Mittel bei 406,5 m ü.M.[33] Anhand der geringen Höhe über dem Seepegel wurde die Oberkante des Erdwalls auf ca. 407 m ü.M. veranschlagt. Zur Be-

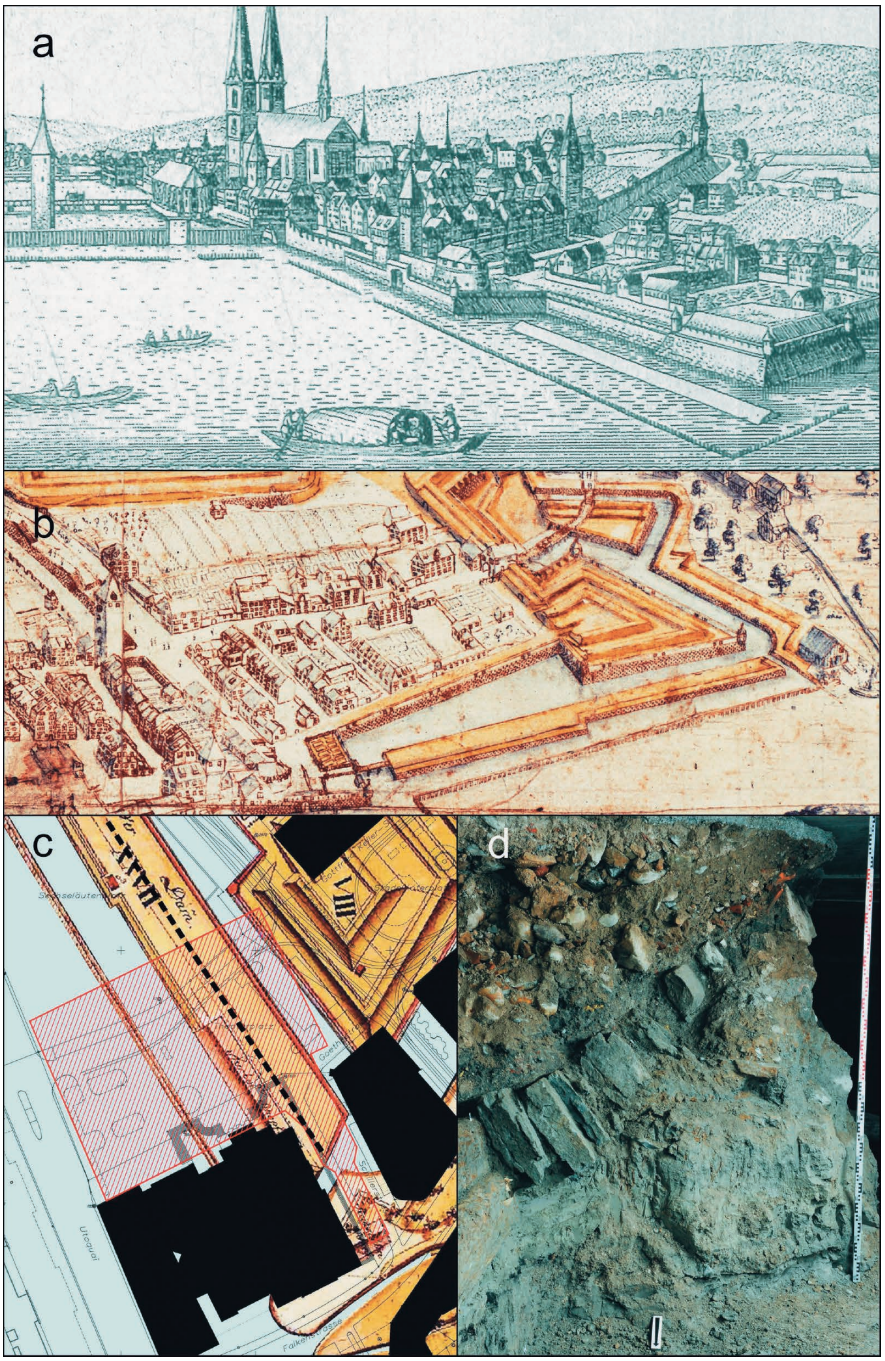


Abb. 18. Neuzeitliche Bauten auf dem Grabungsgelände. a) Ausschnitt aus dem Werdmüller-Plan von 1690. b) Ausschnitt aus der Stadtansicht Uhlinger von 1738. c) Lage der Grabungsfläche und der historischen Gebäude. d) Die Steine der ehemaligen Walloberfläche sind in der Verfüllung zu erkennen und zeichnen die Hangneigung der Wallschüttung nach.

Zum Inhaltsverzeichnis

rechnung seiner heutigen Höhe (nach Setzungen) mussten Bezüge zu jüngeren Bauwerken hergestellt werden.

Die natürlichen neuzeitlichen Sedimente steigen auf Achse Y = 160 zwischen X = 480 und X = 495 von etwa 404,5 auf 405 m ü.M. an, wie Trockeneissondagen und Profile der Grabung zeigen. Damit ist die Unterkante der neuzeitlichen Bauten auf etwa 404,75 m ü.M. festgelegt. Im Jahr 1738 wurde der Erdwall mit einer massiven Konstruktion überbaut (Abb. 18 b). Sie bestand aus einem Balkenfundament auf einem Grund aus Schutt. Der Rand des Balkenfundaments wurde mit grossen Kalksteinquadern aufgemauert, das Innere mit Erde und Schutt aufgefüllt[34]. Auffällig ist, dass der Unterbau der seeseitigen Mauer auf derselben Höhe liegt wie die landseitige Mauer, lokal sogar etwas höher. Angesichts der darunter liegenden höheren Seekreidesäule und der entsprechend grösseren Komprimierbarkeit überraschte dies zunächst. Es dürfte bedeuten, dass der Damm ehemals am Hang einer Untiefe stand, die parallel zum Ufer verlief. Die annähernd unveränderte heutige Höhenkote wäre dann das Ergebnis davon, dass sich die seewärtige Mauer stärker gesetzt hat, ursprünglich aber auch höher stand.

Die Höhe dieses Walls liess sich anhand der Neigung und Distanz des seitlichen Anbaus von 1780, die beide im Befund erhoben werden konnten, gut annähern (Abb. 18 d). Die Schätzung ergab eine heutige Höhe der Walloberkante bei 407 m ü.M. Aufgrund der deutlich massiveren Bauweise und der historischen Abbildungen wurde für die Modellierung davon ausgegangen, dass der neue Wall den alten Erdwall um etwa einen Meter überragte. Für diesen ergab sich folglich die theoretische heutige Höhe von 406 m ü.M. Allerdings galt auch zu beachten, dass auf den historischen Abbildungen die Jahreszeiten nicht vermerkt sind. Abhängig vom saisonal schwankenden Seepegel könnte der vorgelagerte Erdwall an seinem Gipfel auch 406,75 m ü.M. erreicht haben. Diese Differenz fiel bei der Auflastberechnung aber nicht ins Gewicht: Aufgrund seines dreieckigen Querschnitts wäre die Zusatzlast nicht proportional grösser, und die Auswirkung auf die Gesamtsetzungen wäre gering.

1835 wurde mit dem ehemaligen Hafenbecken erstmals ein grösseres Gebiet mit Erde aufgefüllt und damit das Ufer in den See hinein vorgeschoben. Auf diese ersten Aufschüttungen folgten in immer kürzeren Abständen weitere. 1862 wurden die alten Schanzanlagen überschüttet und das Ufer vorgeschoben bis zu einer neuen hölzernen Uferverbauung, die während der Ausgrabung hervorragend konserviert wiedergefunden wurde (Abb. 19 a, b). Die technischen Zeichnungen dieser Aufschüttungen sind erhalten, sodass sich Höhenkoten ablesen liessen. 1880 wurde das Ufer noch einmal um viele Meter in den See hinein vorgeschoben – bis ans heutige Ufer jenseits der Grabungsfläche (Abb. 19 c). Für diesen Bereich liessen sich zur Bestimmung der Auflastkörper weitgehend heutige Höhenkoten verwenden.

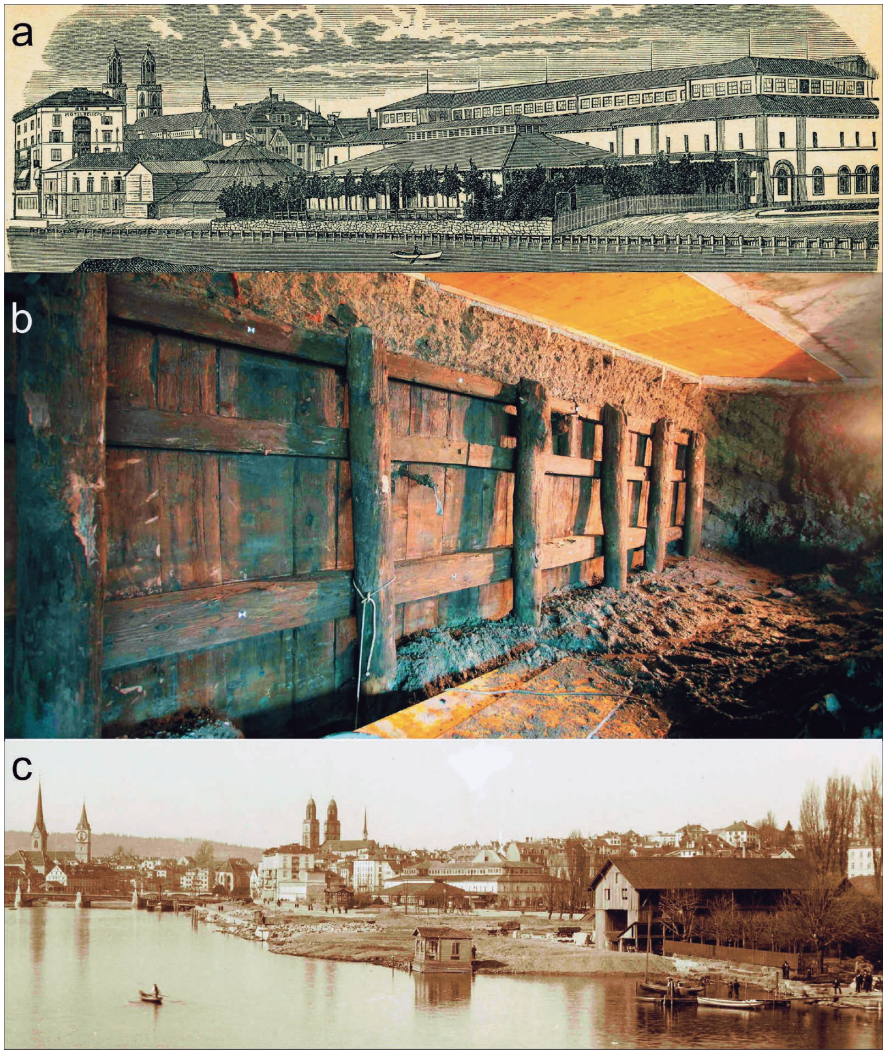


Abb. 19. a) Historische Darstellung der hölzernen Uferverbauung. b) Die Uferverbauung im archäologischen Befund. c) Während der Aufschüttungsarbeiten im Jahr 1880.

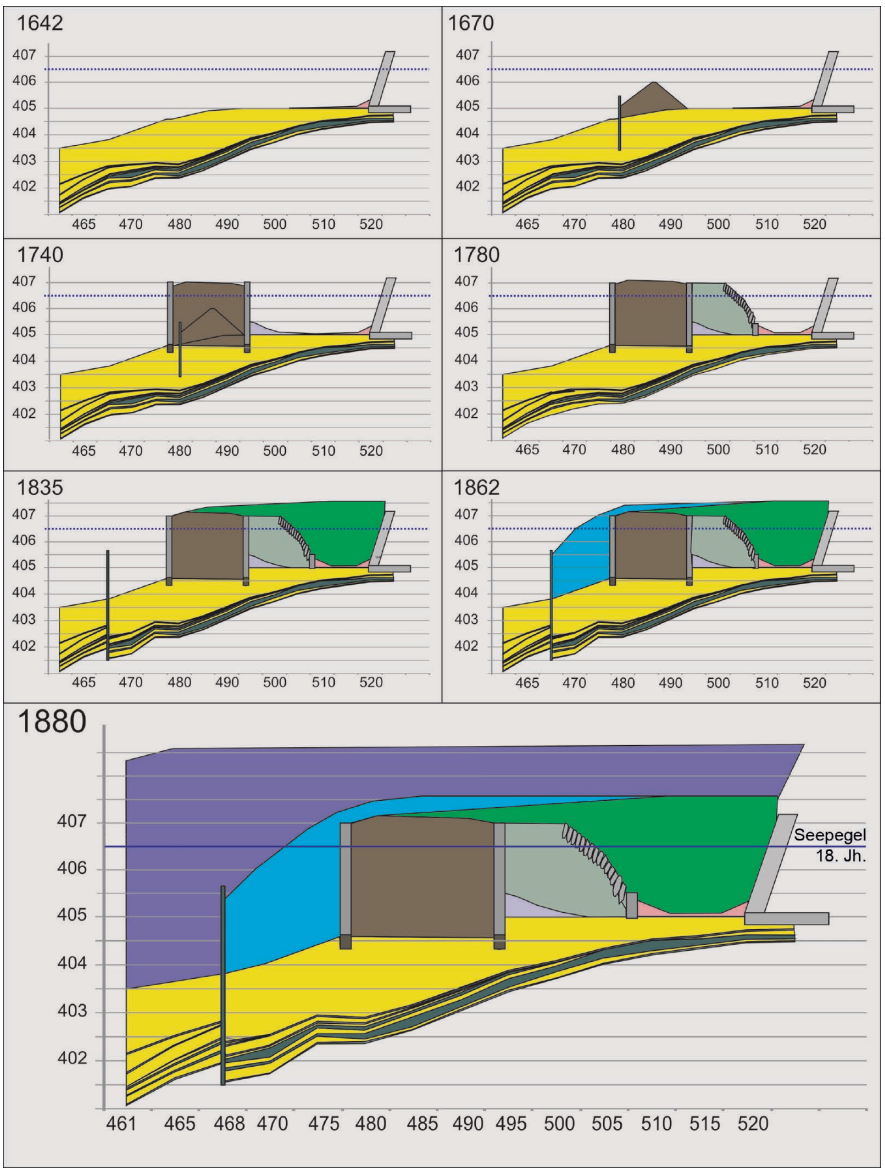


Abb. 20. Die neuzeitlichen Bauereignisse im generalisierten Profil auf Achse Y = 160 der Grabungsfläche. Zusätzlich zu den im Text erklärten Bauphasen sind hier in Grau und Pink Hafensedimente aus der Zeit zwischen 1740 und 1780 dargestellt.

Die Gesamtabfolge von neuzeitlichen Schichtkörpern – samt Hafensedimenten aus der Zeit zwischen 1740 und 1780 – ist in Abb. 20 zusammengefasst. Als Prüfstein für die Modellierungen bot sich ein Schichtabriss an, der sich entlang der Hafenverbauung von 1862 gebildet hatte (vgl. Kap. V.2.3). Hier liegt der seewärtige Bereich um etwa 30 cm höher als der landwärtige Bereich, was auf die Setzungen zwischen 1862 und 1880 zurückzuführen ist. Spätere Setzungen haben jeweils beide Bereiche betroffen. Das Ergebnis der Modellierungen konnte folglich nur dann korrekt sein, wenn es diesen Schichtabriss reproduzierte.

2.2 Numerische Modellierung der Setzungsgeschichte

In den letzten 5000 Jahren sind neue Bodenschichten durch Sedimentation entstanden, andere sind teilweise wegerodiert worden. Der Wasserspiegel des Zürichsees schwankte und führte dazu, dass die Bodenschichten durch die veränderte Auftriebskraft manchmal weniger, manchmal stärker belastet wurden. Zudem wurden neue Bodenschichten von Menschenhand aufgeschüttet, und in anderen Bereichen wurde Boden abgetragen (Kap. V.2.1). Diese und weitere Prozesse führten über die Jahrtausende zu Setzungen und Hebungen der Bodenschichten im Perimeter der Grabung Parkhaus Opéra. Die Berechnung von Bodensetzungen ist in der Geotechnik ein etabliertes Standardverfahren[35]. Es wird häufig angewendet, um bei Bauvorhaben das Bodenverhalten vorherzusagen und gegebenenfalls baustatische Massnahmen zu treffen. Die Tatsache, dass Tausende von Häusern, Brücken und anderen Gebäuden auf Böden stehen, die zu Setzungen neigen und trotzdem keinen Schaden nehmen, belegt, dass die Ergebnisse der Modellierungen hinreichend präzise sind. Heute wird meist ein aufwändiges numerisches Verfahren, die sogenannte Finite-Elemente-(FE)-Analyse, angewendet. In der Regel werden diese Modelle zur Vorhersage von Setzungen genutzt. Die Verwendung zur Rekonstruktion von Setzungen und einer vormaligen Topographie – wie hier die Topographie zur Zeit der Pfahlbauer – ist unüblich. Für diese geotechnische Inversanalyse dienten die Profile der heutigen Bodenschichten, ihre mechanischen Kenngrössen und die historisch belegten bzw. rekonstruierten Einwirkungen auf die Bodenschichten als Berechnungsgrössen.

Zum Inhaltsverzeichnis

Die Grundidee besteht darin, verschiedene Bodenkennwerte und ursprüngliche Höhenkoten anzunehmen und von diesen ausgehend Vorhersagen zu modellieren. Die Ergebnisse wurden dann mit dem auf der Grabung vorgefundenen Schichtverlauf verglichen. Wenn eine falsche ursprüngliche Höhenkote angenommen wurde, führt dies zu einer Abweichung vom heutigen Schichtverlauf im Modellergebnis. Dasselbe gilt für falsche Bodenkennwerte. Entsprechend wurden die Kennwerte und Höhenkoten variiert, bis eine gute Übereinstimmung des Modellergebnisses mit den realen Schichtverläufen erreicht war. Bodenkennwerte und ursprüngliche Höhenkoten können jedoch nicht beliebig kombiniert werden. Es gibt einen grossen Satz von Erfahrungswerten, innerhalb dessen sich die Kennwerte verschiedener Bodenarten bewegen können. Zudem wirken sich unterschiedliche Bodenkennwerte auf den ganzen Schichtkörper aus; Höhenkoten hingegen können innerhalb einer Schicht stark variieren. Das Gesamtsystem von lokal unterschiedlichen Lasten auf homogenen Schichten ist in Parkhaus Opéra so diversifiziert, dass falsche Kombinationen von Höhenkoten und Bodenkennwerten im Ausgangsmodell zu Verkrümmungen und Sprüngen im Schichtverlauf geführt hätten. Theoretisch führte also nur eine grosse Annäherung an die Realität zu guten Entsprechungen zwischen Modell und Grabungsbefund. Methodisch gab es jedoch eine Reihe von Unsicherheiten und simplifizierenden Annahmen, die im Folgenden ausgeführt werden.

2.2.1 Baugrundmodell

Die Bodeneigenschaften weisen Heterogenität auf, d.h. sie können lokal innerhalb einer Schicht unterschiedlich sein. Im Modell wurden sie aber für die ganze Schicht idealisiert als homogen angenommen. Zusätzliche Ungenauigkeiten entstanden beim Verlauf der Bodenschichten, der zwischen den gemessenen Punkten linear interpoliert wurde. Da für die Baugrundkennwerte Feld- und Laborversuche fehlten, mussten auch hier auf der Basis von Literatur- und Erfahrungswerten sowie von Laborversuchen an ähnlichen Böden Schätzungen vorgenommen werden. So wurden die Molasse und die Moräne idealisiert mit einer hohen Steifigkeit modelliert, was zur Folge hat, dass in Molasse und Moräne rechnerisch nur minimale Setzungen erzeugt werden. Geologisch gesehen ist unsicher, ob und auf welcher Höhe die Moräne in tieferen, nicht untersuchten Bodenschichten vorhanden ist. Im Modell wurde die Moräne in einer Tiefe von ca. 35 m unterhalb der Oberfläche angenommen. Diese Annahme basierte auf vorhandenen Bohrprofilen[36], die bis in eine Tiefe von maximal 32 m unter die Oberfläche reichen und an keiner Stelle moränenartiges Material anzeigen. Variantenstudien haben ergeben, dass die Tiefe von 35 m als gute Annahme gerechtfertigt werden kann.

Von der glazialen Seeablagerung unterhalb der Seekreideschicht sind keine Kennwerte vorhanden. Da sie eine grosse Mächtigkeit aufweist und deshalb das Modell stark beeinflussen kann, mussten Kennwerte aus der Literatur[37] beigezogen werden. Der Verlauf der Oberfläche, also der Übergang von glazialer Seeablagerung zu Seekreide, wurde einer Karte des Geologiebüros Dr. von Moos AG entnommen (Abb. 16).

Die Kulturschichten weisen einen höheren Anteil an organischen Bestandteilen auf als die Seekreideschicht. Trotzdem wurden für die Modellierung dieselben Reibungswinkel verwendet wie für die Seekreide. Die Kohäsion hingegen wurde gegenüber der Seekreide erhöht, da die filzartigen organischen Fasern in den Kulturschichten wie eine natürliche Bewehrung wirken und Zugkräfte aufnehmen können. Die Parameter der Seekreide stammten vorwiegend aus Laborversuchen der Hochschule Rapperswil. Das Probenmaterial stammte aus dem Zürichsee und wurde von den archäologischen Tauchern der Stadt Zürich in unmittelbarer Nähe zu Parkhaus Opéra entnommen.

Die wichtigsten Parameter der Dammbauten und Aufschüttungen sind die Raumgewichte, da diese die Setzungen der darunterliegenden Schichten massgebend beeinflussen. Zum Raumgewicht sind zwar keine detaillierten Angaben vorhanden, es lässt sich aber aus Erfahrungswerten relativ zuverlässig schätzen.

2.2.2 Geologische und numerische Modellrandbedingungen

Aus den Grabungsergebnissen liessen sich die Verläufe der Kulturschichten, der künstlichen Schüttungen, der Dammbauten und abschnittsweise auch der Übergang von glazialer Seeablagerung zu Seekreide festlegen. Dünne Kulturschichten wurden aus numerischen Gründen im Modell lokal 2–3 cm dicker modelliert, als sie vorgefunden worden waren. Ohne diese Massnahme hätte das FE-Netz, das für die Computerberechnungen benötigt wurde, nicht mit der erforderlichen numerischen Stabilität generiert werden können. Für die dünnen und schlecht erhaltenen Kulturschichten, die hauptsächlich aus Seekreide bestanden, worden waren dieselben Eigenschaften angenommen wie für Seekreide. Diese Vereinfachung hat jedoch nur einen vernachlässigbar geringen Einfluss auf die Ergebnisse der Setzungsberechnungen.

Angaben zur Seepegeländerung des Zürichsees wurden soweit möglich der Literatur entnommen[38]. Es handelt sich dabei grösstenteils um Vermutungen anhand geologischer

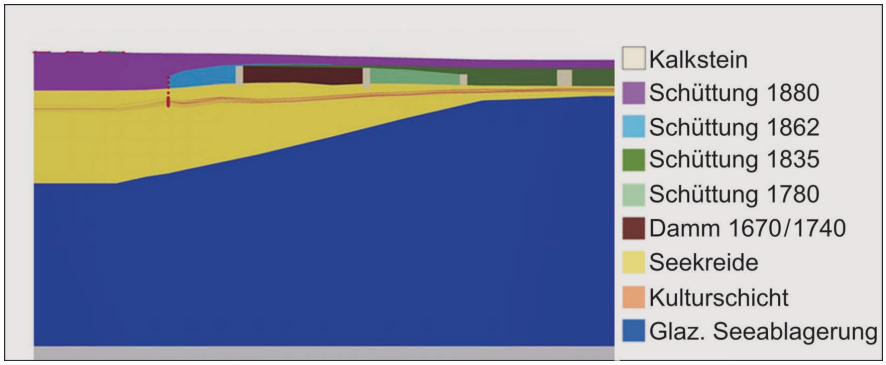


Abb. 21. Achse Y = 160 zum Zeitpunkt 1880 wie eingegeben ins Finite-Elemente-Programm Plaxis.

Gegebenheiten. Während der Besiedlungsphasen dürfte der Pegel im Bereich von 403,5 bis 404,65 m ü.M. gelegen haben. Die Setzungsberechnung basierte auf den tiefsten Wasserständen, die historisch möglich waren, da diese für die maximalen Setzungen massgebend sind. Damit fielen die Setzungen im Modell eher zu gross als zu niedrig aus. Sollte der historisch tiefste reale Seepegel höher gewesen sein als der im Modell angenommene minimale von 403,05 m ü.M., so müsste die ursprüngliche Topographie ein paar Zentimeter niedriger rekonstruiert werden. Auch wenn der Wasserspiegel saisonal etwas angestiegen wäre und der Boden dadurch eine Entlastung erfahren hätte, hätte er sich nur unbedeutend gehoben. Die Kote der Molasse stammte aus einer Felsisohypsenkarte aus dem Gebiet Zürich der Dr. von Moos AG. Die Isohypsen sind wahrscheinlich aus Bohrungen interpoliert worden oder beruhen auf Schätzungen. Das war nicht weiter relevant, da oberhalb der Molasse ohnehin eine Moränenschicht modelliert wurde, in der keine Setzungen erzeugt werden.

Um den Einfluss des Modellrands auf die Setzungen zu minimieren, wurden die Berechnungsquerschnitte beidseitig um je 5–10 m erweitert. Abb. 21 zeigt das erstellte Modell im FE-Programm vor Berechnung der Setzungen.

2.2.3 Vorgehen im FE-Modell

Der Schichtverlauf im Boden von Parkhaus Opéra wurde in vier Achsen erfasst (Abb. 22). Im FE-Modell wurden diese Achsen nachgebildet. Achse Y = 160 weist die genausten Grundlagendaten auf und wurde deswegen als erste numerisch modelliert. Die Bodenparameter der anderen Achsen wurden mangels genauerer Kenntnisse wie diejenigen von Achse Y = 160 angenommen.

Zur Modellüberprüfung boten sich zwei Möglichkeiten. Die numerische Berechnung der zu erwartenden Setzungen erfolgte anfänglich mit geschätzten Bodenkennwerten für Seekreide und glaziale Seeablagerung. Die berechneten Setzungen wurden dann mit den Messdaten des Jahres 2010 verglichen, bei Abweichung variiert und der Vorgang wiederholt. So wurden die Bodenparameter in einem iterativen Vorgang sukzessive angepasst, bis grösstmögliche Übereinstimmung mit den während der Grabung dokumentierten realen Werten erreicht war. Eine weitere Möglichkeit der Modellüberprüfung bot ein Bruch in den Kulturschichten, der sich durch die neuzeitlichen Dammbauten gebildet hatte. So konnte das numerische Modell schrittweise verfeinert werden. Während der Bearbeitungsphase flossen laufend weitere und genauere Erkenntnisse aus der Archäologie und Geologie ins Modell ein. Nach mehreren Iterationsschritten wurde eine hinreichend präzise Übereinstimmung der Modellresultate im Vergleich zum heutigen Schichtprofil erreicht.

2.3 Auswertung und Interpretation der Resultate

Das Resultat der Modellierung war sehr zufriedenstellend, wie das Diagramm zweier Schichtverläufe in Abb. 23 zeigt. Der obere Verlauf bildet die Oberkante der Seekreide und den Übergang zu den Aufschüttungen in der Neuzeit (OK NZ) ab. Der untere Verlauf folgt dem Reduktionshorizont (vgl. Kap. III.1). Die errechneten Verläufe des Modells (rot) folgen sehr genau den effektiven Schichtverläufen (grün), die bei den Grabungen vorgefunden wurden. Die Ähnlichkeit der Verläufe sagt aus, dass der reale Untergrund mit hoher Wahrscheinlichkeit gut mit dem Modell übereinstimmt und dass das geschätzte Raumgewicht der Aufschüttung in etwa korrekt ist. Dies gilt nicht nur für die Achse 160, sondern auch für die anderen drei Achsen, deren Schichten dieselben Materialeigenschaften aufwiesen. Die maximalen Abweichungen zwischen den modellierten und gemessenen Schichtverläufen betrugen für alle Achsen ca. ± 30 cm, im Durchschnitt lagen sie aber nahe bei ± 10 cm.

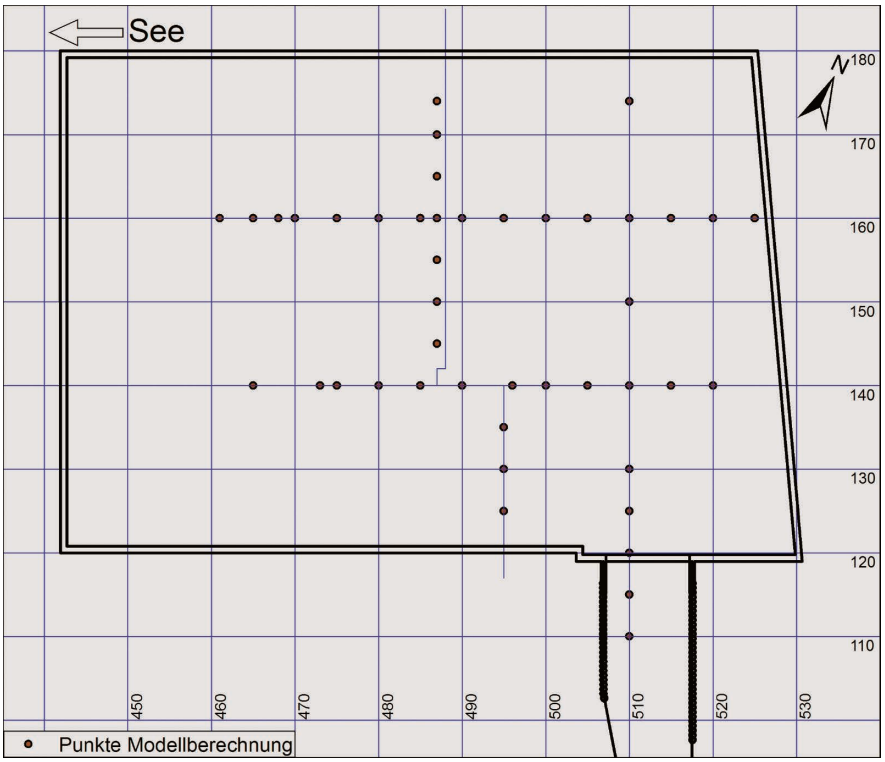


Abb. 22. Grundrissplan Parkhaus Opéra mit den modellierten Achsen.

Zum Inhaltsverzeichnis

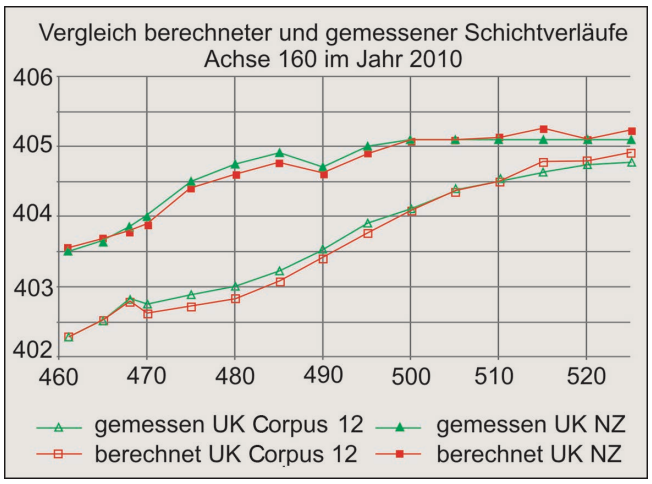


Abb. 23. Die Verläufe zweier Bodenschichten im Vergleich der Messung im Jahr 2010 und ihrer Modellierung für Achse Y = 160. Corpus 12 ist der Schichtkörper oberhalb des Reduktionshorizonts und unterhalb der neuzeitlichen Schichten.

Auch der zweite Test, ob die modellierten Baugrundwerte eine gute Annäherung an die realen Gegebenheiten darstellten, verlief zufriedenstellend: Der oben erwähnte Schichtbruch zwischen den Punkten 468/160 und 470/160 wurde durch das konstant zum See hin ab, der damals einen geschätzten Pegel von 403,5 bis 404,65 m ü.M. aufwies.

2.4 Überlegungen zur Modellgenauigkeit

Für die Eingabe der Bodenparameter ins Computermodell wurden wie oben erwähnt mehrere Werte angenommen und jeweils einer als homogen betrachteten Schicht zugewiesen. In der Realität sind Bodenschichten jedoch selten homogen. Abweichungen der Bodeneigenschaften von den Eingabewerten werden im Vergleich «Berechnung – Beobachtung» manifest. Um den Streubereich der Setzungen bestimmen zu können, wurden die setzungsrelevanten Bodenparameter im Modell deshalb vom Mittelwert aus um eine Standardabweichung variiert. Die Tabelle in Abb. 26 zeigt die gewählten Parameter mit den Mittelwerten und Standardabweichungen. Zu beachten ist, dass die Standardabweichungen bei den glazialen Seeablagerungen sehr konservativ angenommen wurden, da von diesem Boden keine Messdaten vorhanden waren.

Die Auswertung der Modellgenauigkeit folgte der Methodik nach Duncan[39]. Diese ergab für die Normalverteilung der Setzungen eine Standardabweichung σ von 0,49 m. Der Mittelwert der Setzungen von 1,04 m stammt aus der Berechnung, in der die Mittelwerte der Parameter eingegangen sind. Hätte man die Parameter der glazialen Seeablagerungen an lokalen Bodenproben bestimmen können, so wären die Standardabweichungen sehr wahrscheinlich kleiner ausgefallen.

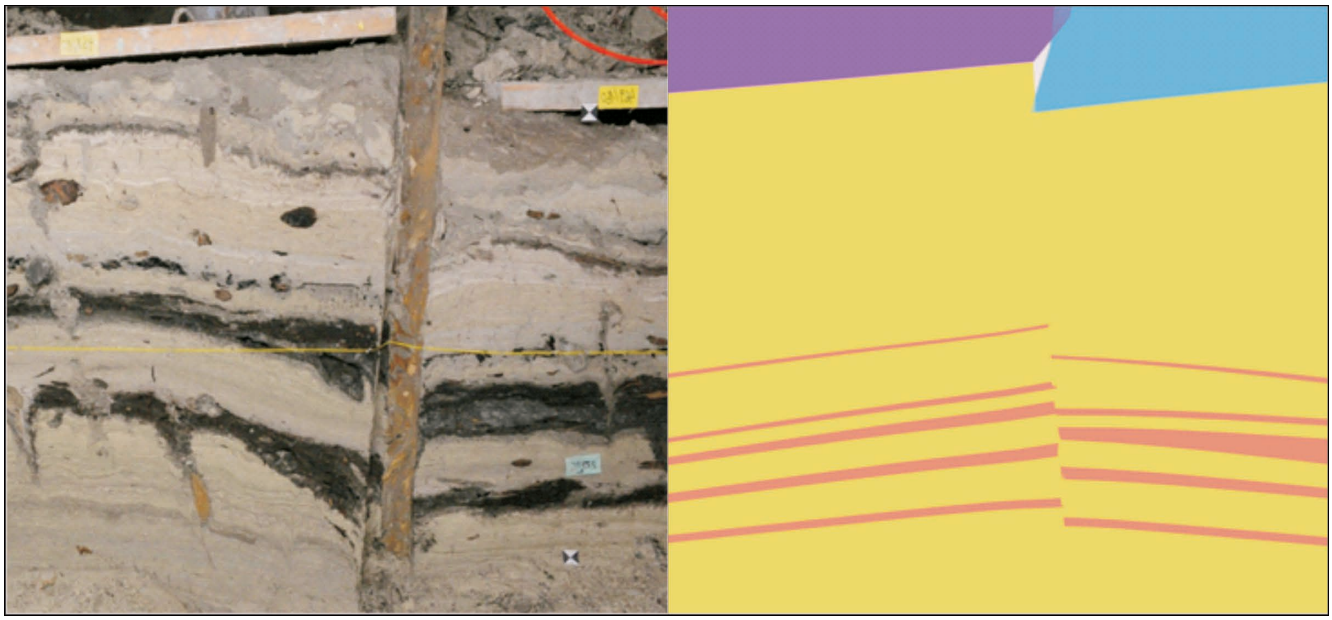


Abb. 24. Fotografie des Schichtabrisses auf Achse Y = 160 entlang der Holzwand von 1862 und Plaxis-Output für das Jahr 2010 (See jeweils links).

Modell gut nachgebildet (Abb. 24). Dieser entstand, da auf einer Seite der 1862 erstellten Holzwand die Auflasten durch den Dammbau zu höheren Setzungen geführt haben.

Extrapoliert man zwischen den Punkten des Modells, so erhält man eine gute Annäherung an die Topographie zur Zeit der Besiedlung um −3230 (Abb. 25). Das dargestellte 3-D-Geländemodell zeigt keine Besonderheiten wie etwa ausgeprägte Senken oder Inseln, sondern fällt mehr oder weniger

Da Setzungen nicht negativ sein können, wurde für die probabilistischen Auswertungen die Lognormalverteilung verwendet (siehe Abb. 27). Dazu waren der Mittelwert und die Standardabweichung der Normalverteilung entsprechend umzurechnen. Die Auswertung zeigt, dass die tatsächlichen Setzungen (gemäss Abb. 27) mit einer Wahrscheinlichkeit von 66% zwischen 0,6 m und 1,45 m liegen. Die höchste Wahrscheinlichkeit liegt bei einem Setzungswert von etwa 75 cm.

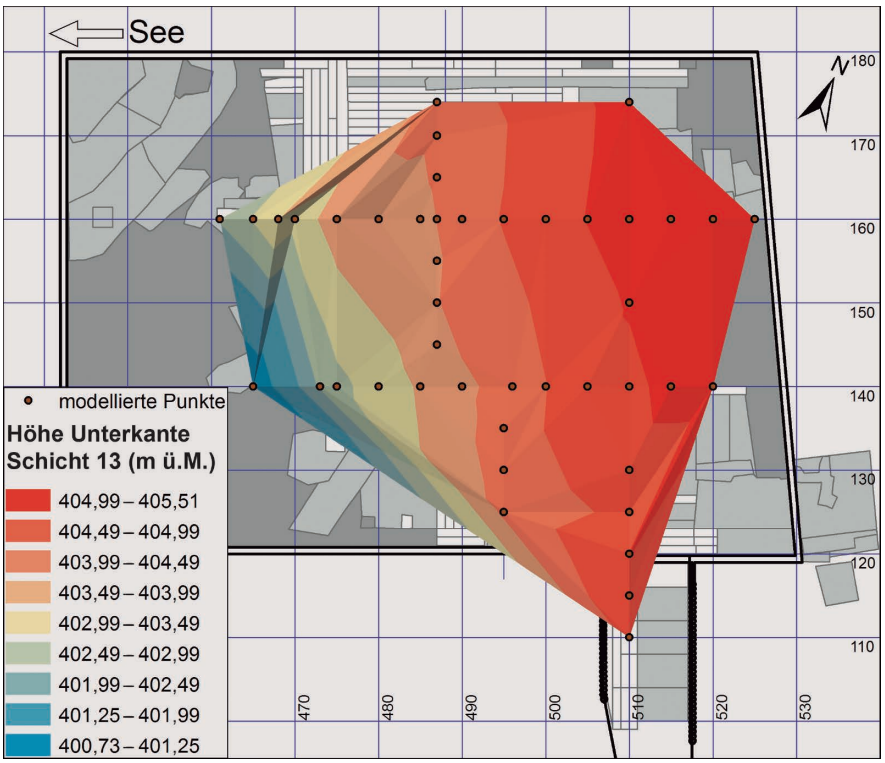


Abb. 25. Modellierter Verlauf der Oberfläche zur Besiedlungszeit.

	Mittelwert x_m		Standardabweichung σ	
	Seekreide	glaziale See-ablagerung	Seekreide	glaziale See-ablagerung
Cc	0,63	0,177	±0,18	±0,172
H (im Punkt 490/160)	6,88 m	28,11 m	±1 m	±3 m
C_α	0,01	–	±0,005	–
e_0	2,47	0,35	±0,4	±0,22

Abb. 26. Veränderte Setzungsparameter und zugehörige Werte.

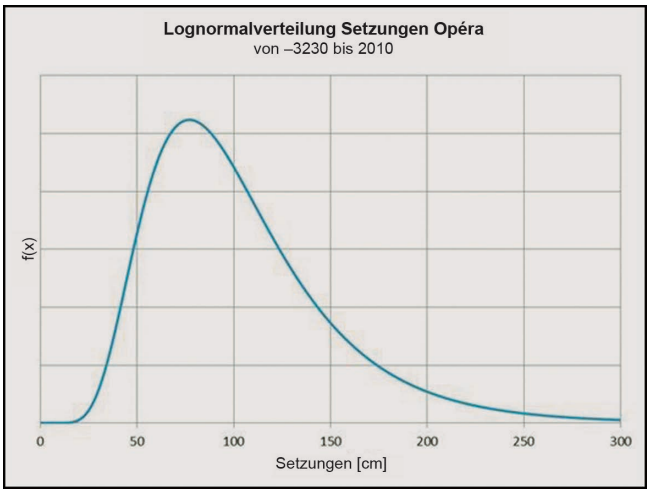


Abb. 27. Lognormalverteilung der Setzungen im Schnittpunkt X = 490/Y = 160.

2.5 Schlussfolgerung, Ausblick und Empfehlungen

Der Vergleich der berechneten Setzungen mit den geologischen und archäologischen Gegebenheiten zeigt, dass die Ergebnisse der numerischen Modellierung plausibel sind. Die modellierten Schichtverläufe zeigen aus geotechnischer Sicht sehr gute Übereinstimmung mit den bekannten Schichtgrenzen.

Das mittels FE-Analysen erstellte Geländemodell für den Bereich Parkhaus Opéra zeigt ein Terrain, das ohne auffällige Geländeerhebungen in Richtung See flach abfällt. Die Besiedlung ist in einem Bereich zwischen den Höhenkoten von maximal 405,6 ± 0,1 m und minimal 400,7 ± 0,7 m nachgewiesen. Der Höhenunterschied zwischen landwärtigem und seewärtigem Siedlungsbereich beträgt 4,9 ± 0,7 m. Bei einer Distanz von etwa 55 m ergibt sich daraus eine Geländeneigung von 7,6%–10%. Aufgrund der dargestellten Unsicherheiten sei noch einmal darauf hingewiesen, dass diese Ergebnisse aus technischer Sicht sauber sind und ein schlüssiges Gesamtbild der Sedimentations- und Setzungsvorgänge am Ort ergeben, aber sicher nur als Annäherung an die realen Werte zu verstehen sind.

Zur Verfeinerung des Berechnungsmodells wären zusätzliche Informationen notwendig. Von besonderem Interesse wären die genauen Schichtverläufe in grösseren Tiefen, die geotechnischen Zusammendrückungsmodule der glazialen Seeablagerung und genauere Angaben zur Raumlast des Bodens, der in der Neuzeit aufgetragen wurde.

Zum Inhaltsverzeichnis

3 AUSWERTUNGSMÖGLICHKEITEN VON SEEKREIDEMÄCHTIGKEITEN

Bei Seekreide handelt es sich um ein Sediment biogenen Kalks, das meist in der Korngrössenklasse von Silt vorliegt und für seine Strukturempfindlichkeit bekannt ist[40]. Die Sedimentationsrate ist sehr unterschiedlich und reicht nach Joos von 0,1 mm bis mehrere Millimeter pro Jahr, mit einer gewissen Häufung von Raten um 1 mm[41]. Bedingung für die Ablagerung von Seekreide ist eine nicht näher quantifizierte minimale Wasserüberdeckung – Brochier geht von mindestens einem halben Meter aus[42]. Joos geht für Feldmeilen auch auf Grundlage von Berichten aus Auvernier davon aus, dass sich Akkumulation und Erosion bei einer Wasserüberdeckung von 2–3 m die Waage halten[43]. Landwärts auskeilende Schichten, die zuerst in turbulente und schliesslich sandige Seekreide übergehen, wurden an verschiedenen Fundstellen nachgewiesen. Für diese schliesst Joos eine ruhige Ablagerung aus. Er nimmt an, dass sie rasch aufgeworfen und episodisch wieder erodiert wurden. Rösch beobachtete am Bodensee, dass es Unterschiede im Depositionszeitraum entlang eines Transekts gibt, und schloss auf komplexere und heterogene Ablagerungsmuster[44]. Schon seit den 1930er-Jahren ist zudem bekannt, dass Eutrophierung die Sedimentationsrate verändern kann, was auch für Schwankungen von Sedimentationsraten im Flachwasserbereich diskutiert worden ist[45]. Der Prozess der Seekreidedeposition scheint also zumeist diskontinuierlich zu verlaufen. Zur Frage, ab welcher Wassertiefe die Deposition beginnt, herrscht Uneinigkeit. Auch über die exakten Bedingungen für die Ausprägung von Bänderung gibt es keine gesicherten Kenntnisse. Joos' Hypothese spezifischer Ablagerungsbedingungen stützt sich auf eine Vermutung mit wenig empirischer Grundlage und nur wenige Vergleichsstudien. Joos erwähnt zudem strukturelle Unterschiede innerhalb der Seekreiden und «glaubt», «turbulent» abgelagerte Horizonte ohne Bänderung «auf Differenzen in der Sedimentationsgeschwindigkeit und damit auch im Seeniveau» zurückführen zu können[46]. Im Folgenden wird kurz diskutiert, wie diese Aussagen heute einzuschätzen sind und was für Schlüsse sich daraus ziehen lassen.

3.1 Mechanismen der Erosion

Erosion findet statt, wenn die Reibung eines Wasserstroms am Sediment dessen Scherfestigkeit übersteigt[47]. Die Reibung ist abhängig von der Fliessgeschwindigkeit[48]. Die dafür relevante bodennahe Strömung ist umso grösser, je flacher das Wasser ist, denn hier wirken zunehmend auch Wellen ein. Wellen äussern sich im Wasser in Orbitalbewegungen, die sich bis in eine Tiefe erstrecken, die der halben Wellenlänge entspricht, die sogenannte Wellenbasis. Wird die Wassertiefe geringer als diese halbe Wellenlänge, so werden die kreisförmigen Bewegungen in der Welle zunehmend zu elliptischen bis flachen Hin- und Herbewegungen, wobei die Geschwindigkeit der Welle zunimmt[49]. Das bedeutet, dass die bodennahe, potenziell erosive Strömung mit abnehmender Wassertiefe grösser wird. Die Erosionsrate steht daher in engem Zusammenhang mit Veränderungen der Wassertiefe, wie sie sich unter anderem aus Seepegelveränderungen ergeben kann.

Wellen breiten sich ausserdem nach bestimmten Gesetzmässigkeiten aus, und die Ausbreitung wird durch Hindernisse verändert[50]. Daher werden Wellen und das Wellenfeld auch von der Ufertopographie sowie möglicherweise dort vorhandenen Bauten und dem Verhältnis von Strömungen zum Uferverlauf bestimmt[51]. Mittelbar beeinflussen diese Grössen daher auch die Wellenbasis und bodennahe Strömung. Aus diesen Sachverhalten ergibt sich, dass Seekreide umso eher erodiert wird, je flacher das Wasser ist, denn in flacherem Wasser ist übers Jahr betrachtet die Wahrscheinlichkeit grösser, dass Wellen auftreten, die Strömungen auslösen, welche die kritischen Schwellwerte zur Erosion überschreiten. Entsprechend haben saisonale und säkulare Seepegelschwankungen grössere und räumlich unterschiedliche Auswirkungen auf die Erosion. In sehr geringen Wassertiefen können Bedingungen herrschen, welche die Ablagerung von Seekreide verhindern.

Der Zusammenhang von Topographie, Wellenausbreitung und Erosion kann die unterschiedlichen Werte für Wassertiefen erklären, ab denen Seekreidesedimentation beobachtet wurde. Abhängig vom lokalen Wellenfeld ergeben sich bei gleicher Wassertiefe an verschiedenen Orten unterschiedliche bodennahe Strömungen und somit auch verschiedene Erosionsraten. Dies erklärt vermutlich die grossen Unterschiede, die Joos und Brochier für die Sedimentation von Seekreide beobachtet haben, und dürfte auch für einen grösseren Teil der Schwankungen in der beobachteten Sedimentationsrate verantwortlich sein. Für sie wäre der Begriff «Nettosedimentationsrate» hilfreich, denn das, was in den von Joos zitierten Studien gemessen wurde, waren nicht die sedimentierten Mengen, sondern das, was davon nach späterer Erosion noch vorhanden war.

3.2 Ufersedimente und Seepegelschwankungen

Rösch hat bereits darauf hingewiesen, dass die Deposition zusätzlicher Sedimente mit anwachsender Sedimentsäule auch ohne Veränderung des Seepegels aufhören kann, weil das Wasser zu flach und die Erosion entsprechend zu gross wird[52]. Bedenkt man Effekte wie Eutrophierungen, den Transport erodierten Materials in Richtung Seemitte und den sich langsam einstellenden Aufbau von Halden im Sublitoral, so lässt sich entlang eines Ufertransekts eine Abfolge von Sedimentationsraten erwarten, die jedoch nicht in der vorhergesagten Form vorgefunden wurde. Abweichungen davon sind für Rösch Hinweise auf Umweltveränderungen wie Seepegelveränderungen, deren Effekt jedoch im Detail schwer festzustellen ist[53]. Röschs Daten zeigen, dass ufernahe Sedimente im untersuchten Bereich erwartungsgemäss deutlich älter sind als weiter in Richtung Seemitte. Dort wurde entweder schon vor langer Zeit eine Sedimenthöhe erreicht, die keine weitere Akkumulation erlaubte, oder das Sediment wurde zu einem späteren Zeitpunkt anlässlich einer Seepegelschwankung erodiert[54].

3.3 Konsolidierung

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass Seekreide nicht direkt in fester Form sedimentiert wird. Bei Seekreide handelt es sich zu einem grossen Teil um Kalziumkarbonat, das von submersen Makrophyten, allen voran Chara, aber auch Diatomeen, Cyanobakterien, Plankton und Kleintieren, gebildet wird[55]. Die Kristalle bilden Flocken, sinken ab und bilden zuerst einen extrem wasserreichen Kalkschlamm. Kalkkrusten auf Makrophyten wie Chara werden sehr schnell aufgebrochen und Teil dieses Kalkschlamms[56]. Dieser konsolidiert unter seinem Eigengewicht zunehmend. Das bedeutet, dass Wasser ausgepresst wird und aus dem Kalkschlamm mit

der Zeit zuerst eine weiche Seekreide wird, die sich mit der Zeit und mit dem wachsenden Gewicht des sich darüber ansammelnden jüngeren Sediments zunehmend verfestigt[57]. Dabei wird das Sediment zusammengepresst[58], und folglich steigt auch die Sedimentdichte. Dadurch nimmt die Scherfestigkeit zu[59], die wiederum die Erodierbarkeit bestimmt. Ältere und stärker konsolidierte Seekreide kann daher grösseren bodennahen Strömungen widerstehen als frische, wie am Bodensee experimentell nachvollzogen wurde[60].

3.4 Seekreidetexturen

Wendet man diese Erkenntnisse auf die Frage der zum Land hin auskeilenden Seekreiden an, so ergibt sich, dass Seekreide in geringeren Wassertiefen häufigerer Umlagerung und grösserer Erosion ausgesetzt ist als in grösseren Tiefen. Entsprechend steigen die Erosionsraten, und weniger Sediment bleibt am Ort, je flacher das Wasser wird. Damit lässt sich das Phänomen der zum Land hin auskeilenden Seekreiden verstehen.

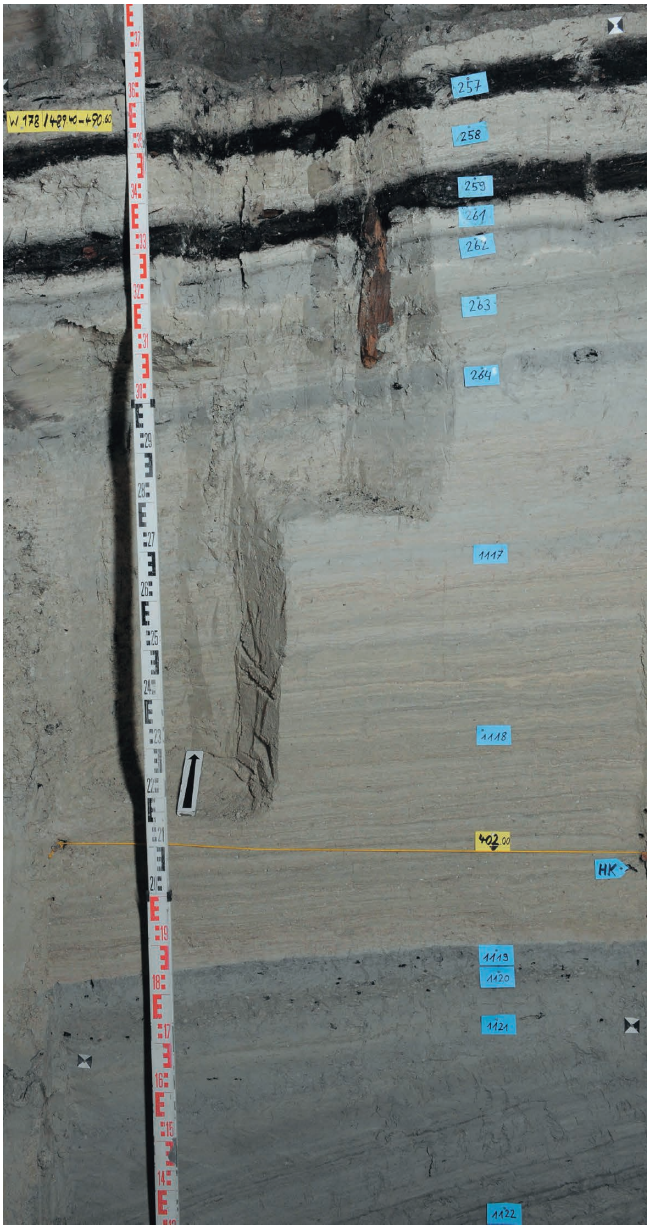


Abb. 28. Tiefenprofil der Schichten in Parkhaus Opéra mit Entnahmestellen von Profilkolonnen. Die gelbe Seekreide unter den Siedlungsschichten ist gebändert. Die Seekreide darunter wechselt farblich zu Grau, ist auf über 10 cm ungebändert und sandiger und enthält einen diffusen Holzkohleschleier. Darunter liegen erosiv gekappte sandige, graue Seekreideschichten.

Die gelegentliche Umlagerung im Litoral dürfte neben der Bioturbation[61] teilweise erklären, wieso hier im Gegensatz zu Sedimenten aus tiefen Bereichen des Sees keine jährliche Schichtung auftreten kann. Den anderen Teil der Erklärung liefert der Sauerstoffgehalt. Das Tiefenwasser grosser Seen wie des Zürichsees ist meist saisonal sauerstoffarm. Im Gegensatz dazu ist das Flachwasser sauerstoffreich und bietet im oberen Sediment Lebensraum für diverse Kleintiere, deren Aktivitäten ebenfalls zu einer gewissen Umlagerung führen[62]. Die Bänderung der Seekreide ist höchstwahrscheinlich Ausdruck von lokaler Sedimentation und der Umlagerung von nur geringen Seekreidemengen leicht unterschiedlicher Dichte und Zusammensetzung – etwa im organischen Anteil. Bei Erosion und Umlagerung geht das Material zuerst in Suspension im Wasser und sinkt erneut ab, wenn die kritische Wassergeschwindigkeit unterschritten wird[63]. Erosion und Resedimentation haben einen stark homogenisierenden Effekt, weil Material verschiedener Herkunft vermischt und bei der Resedimentation allenfalls nach seiner Dichte und Korngrösse sortiert wieder abgelagert wird. Unter Umständen werden leichter erodierbare Korngrössen ausgeschwemmt und andere angereichert, was die von Joos beobachtete häufig gröbere Körnung turbulent abgelagerter Seekreiden erklären könnte. Solche turbulent abgelagerten Seekreiden sind nicht mehr gebändert.

Aus diesen Beobachtungen ergeben sich für das Folgende wichtige Aussagen: Gebänderte Seekreide ist nur episodisch oder selten umgelagert worden, während homogen graue und manchmal sandige Seekreide entweder häufigerer oder einmaliger, aber sehr dynamischer Umlagerung ausgesetzt war. Aufgrund des Zusammenhangs der Umlagerungswahrscheinlichkeit mit der Wassertiefe können turbulent abgelagerte Seekreiden auf sehr geringe Wassertiefen schliessen lassen. Allerdings sind auch andere Ursachen möglich, wie Rutschungen unter Wasser, wenn die sich seewärts aufbauende Halde einen kritischen Winkel erreicht, oder Strömungen durch Zuflüsse. Ausgeprägte Erosionsereignisse sind an Diskordanzflächen erkennbar, wie z.B. die gekappten, schräg gelagerten Sande in Parkhaus Opéra, die im Spätglazial bzw. frühen Holozän abgelagert wurden (Abb. 11). Abb. 28 zeigt ein Beispiel für Erosion und damit verbundene turbulente Ablagerung von Seekreide während des früheren Holozäns.

Weiter zu beachten ist, dass grosse Seepegelabsenkungen im gesamten Seebecken ausgedehnte Seekreidebereiche höheren bodennahen Strömungen aussetzen und damit Erosion und Umlagerung auslösen. Dabei können gebänderte Seekreiden zu ungebänderten transformiert und reduziert werden.

3.5 Archäologische Nutzung der Kartierung von Seekreidemächtigkeiten

Die dargestellten Mechanismen bieten für die archäologische Auswertung eine weitere Möglichkeit. Da die Seekreidemächtigkeit eine Funktion der Wassertiefe ist, kann sie theoretisch als Näherungswert für die Wassertiefe genutzt werden. Da der per Definition überall identische Seepegel

Zum Inhaltsverzeichnis

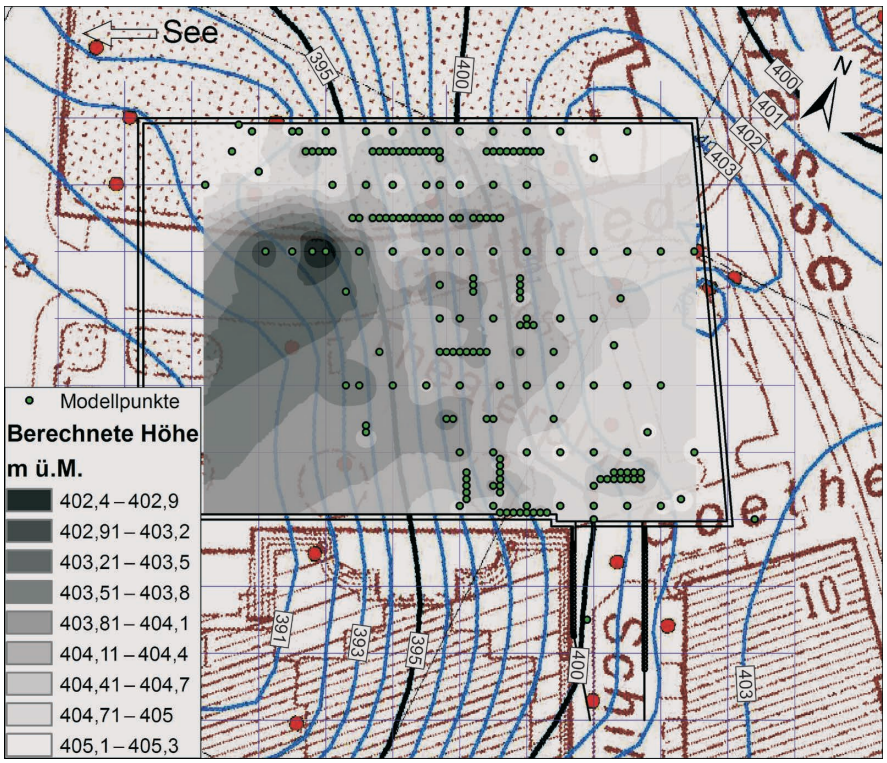


Abb. 29. Die im Regressionsmodell errechnete Paläotopographie im Vergleich zu den Höhenlinien des glazialen Untergrunds (blaue Linien).

eine obere Bezugsebene setzt, scheint die Seekreidemächtigkeit ein Proxy für das Relief bzw. für die Paläotopographie zu sein. Um diese Hypothese zu testen, benötigt man einen definierten Seekreidekörper, dessen Mächtigkeit sich erheben lässt und mit den Ergebnissen der geotechnischen Modellierung verglichen werden kann. In Parkhaus Opéra erfüllte die Seekreide zwischen Schicht 12 und Schicht 13 diese Kriterien am ehesten. Der Ausschluss des Bereichs Schillerstrasse und der nordwestlichen Parkhausecke sowie die diffuse Oberkante von Schicht 12 führten zwar zu geringen Messfehlern, doch ist Schicht 12 ansonsten auf der gesamten Fläche vorhanden und gut dokumentiert.

Entlang der geotechnisch modellierten Achsen konnte die rekonstruierte Geländehöhe an 41 Punkten mit der dokumentierten Seekreidemächtigkeit verglichen werden. Der Korrelationskoeffizient zwischen den beiden Grössen beträgt $r = -0{,}79$, und die Korrelation ist statistisch signifikant auf dem 99%-Level.

Wendet man die so gewonnenen Regressionskoeffizienten auf den Rest von Parkhaus Opéra an, so ergibt sich, dass das Terrain in den Randbereichen ausserhalb des geotechnischen Modells leicht anstieg und es sich beim Grabungsareal mutmasslich um eine Art kesselförmige Bucht gehandelt hat (Abb. 29). Vergleicht man das Ergebnis dieses Regressionsmodells mit dem Verlauf der Oberkante des glazialen Untergrunds im Umfeld der Grabungsfläche, zeigt sich, dass das Gelände tatsächlich zu beiden Seiten weiter in Richtung See vorspringt als im Grabungsareal. Das Gebiet Parkhaus Opéra lag also zur Siedlungszeit höchstwahrscheinlich in einer geschützten, flachen Bucht zwischen dem Sechseläutenplatz und dem Geländerücken von Mozartstrasse und Opernhaus.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Betrachtung von Seekreide und ihrer Mächtigkeit ein grosses Potenzial für die Auswertung von Seeufersiedlungen hat. Die vorgestellten ersten Versuche deuten an, dass sich anhand der Seekreide sogar die Paläotopographie rekonstruieren lässt.

Zum Inhaltsverzeichnis

VI 15000 JAHRE UMWELTGESCHICHTE, BASIEREND AUF DEN SEDIMENTEN EINER 13,6 M TIEFEN BOHRUNG

(Lukas Glur, Hendrik Vogel, Flavio S. Anselmetti)

1 EINFÜHRUNG

Die Grabung Zürich-Parkhaus Opéra liegt in einem aufgeschütteten, randlichen und seichten Becken im unteren Teil des Zürichsees. Diese Seerandlage zeichnet sich durch lokal sehr variable Sedimentation aus. Ihr Untergrund verspricht ein geologisches Archiv, das vergangene Umweltveränderungen sensitiv aufgezeichnet hat. Der im Lauf der Zeit schwankende Seespiegel[64] führte zu variablen Wassertiefen, was sich direkt auf die Art und die Zusammensetzung der abgelagerten Sedimente auswirkte. Während in den flachen Seeuferbereichen Expositionshorizonte auftreten, waren die seewärts gelegenen Bereiche im tieferen Wasser immer geflutet. Die Seesedimente konservierten in den tiefen Bereichen eine kontinuierliche Abfolge und bieten somit ein möglicherweise lückenloses Klima- und Umweltarchiv. Die randlichen Bereiche des Zürichsees sind seit dem Ende der letzten Eiszeit und der damit zusammenhängenden Erwärmung durch die Bildung von biochemischer Seekreide gekennzeichnet. Davor wurden vor allem anorganische Sedimente abgelagert, die durch Bäche aus den Einzugsgebieten in den See gespült wurden. Durch das Datieren, Analysieren und Interpretieren der Sedimente ist es möglich, die Umweltbedingungen des Zürichseebeckens im Lauf der Zeit zu rekonstruieren und mit der Entwicklung der Siedlungsphasen aus der Grabung zu vergleichen. So können z.B. die Schwankungen des Klimas und des Seespiegels oder die Entwicklung der Vegetation mit der anthropogenen Entwicklung verglichen und die Zusammenhänge Mensch–Klima–Umwelt evaluiert werden.

Bisherige Arbeiten zu Sedimenten aus dem Zürichsee beschränkten sich meist auf die tiefen Seebereiche, die nicht so sehr von Wasserspiegelschwankungen, sondern von der biologischen Produktion und dem damit zusammenhängenden Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers beeinflusst wurden. Eine erste Studie im frühen 20. Jh. dokumentierte die jährlich geschichteten biochemischen Jahreslagen (Warven), die seit 1893 durch die Eutrophierung des Sees im tiefen Becken abgelagert und erhalten wurden[65]. In den 1960er- und 1970er-Jahren untersuchten verschiedene Gruppen der ETH Zürich die Oberflächensedimente[66] und die oberen Meter der Sedimentfüllung[67]. 1980 wurde an der tiefsten Stelle des Sees eine Tiefbohrung abgeteuft, die in etwa 140 m Sedimenttiefe auf den Molassefelsen traf[68]. Verschiedene Analysen an diesen Bohrkernen führten zu neuen Erkenntnissen in Bezug u.a. auf die glaziale und paläoklimatische Geschichte[69], die laminierten Sedimente[70] und die pollenbasierte Vegetationsgeschichte[71]. Weitere Studien untersuchten die Seespiegelgeschichte und dokumentierten, dass im Holozän Seespiegelschwankungen mit 2–3 m Amplituden auftraten. Diese standen möglicherweise in Zusammenhang mit variablen Niederschlagsmengen, wie sie die Klimaschwankungen begleiteten. Sicher aber wurden die Pegelschwankungen von den Sihlabflussmengen bestimmt, welche die Ausflusshydrologie der Limmat beeinflussten[72]. Jüngere Forschungen zeigten anhand seismischer und sedimentärer Analysen von Uferrutschungen, dass vor ~13800 Jahren ein Erdbeben der Magnitude 6,2–6,7 zu zahlreichen subaquatischen Hanginstabilitäten und Tsunamiwellen sowie einem Durchbruch des Endmoränenstaudamms im Bereich der heutigen Stadt Zürich geführt hatte[73]. Damals wurde der mit dem Walensee zusammenhängende Zürichsee um 12 m abgesenkt, was eine katastrophale Flut im Limmattal verursacht haben muss. Keine dieser Studien untersuchte jedoch ausführlich die seekreidedominierten Flachwasserablagerungen des Zürichsees. Diese fanden lediglich in geotechnischen Studien im Zusammenhang mit zahlreichen anthropogen verursachten Uferrutschungen Beachtung[74].



Abb. 30. Entnahme des Sedimentkerns und Position in der Grabungsfläche.

Zum Inhaltsverzeichnis

Aus diesen Gründen wurden im Zusammenhang mit der Grabung Parkhaus Opéra eine Bohrung in den Flachwasserablagerungen des Zürichsees durchgeführt, um seeseitig der Siedlung eine kontinuierliche Abfolge dieser Sedimente zu erhalten[75]. Der zusätzliche Erkenntniswert der Bohrung und ihrer Auswertung lag darin, dass sie neben den Siedlungsphasen auch die gesamte Entwicklung des unteren Zürichseebeckens seit dem letzten Glazial in der Flachwasserfazies abdeckte. Die erhöhte Sensibilität dieses Ablagerungsbereichs für Umweltschwankungen und seine – im Gegensatz zu den Tiefwassersedimenten – relative Unempfindlichkeit gegenüber Eutrophierungseinflüssen erlaubten es, in direkter Nähe zum besiedelten Ufer die Umweltgeschichte kontinuierlich und hoch aufgelöst zu rekonstruieren.

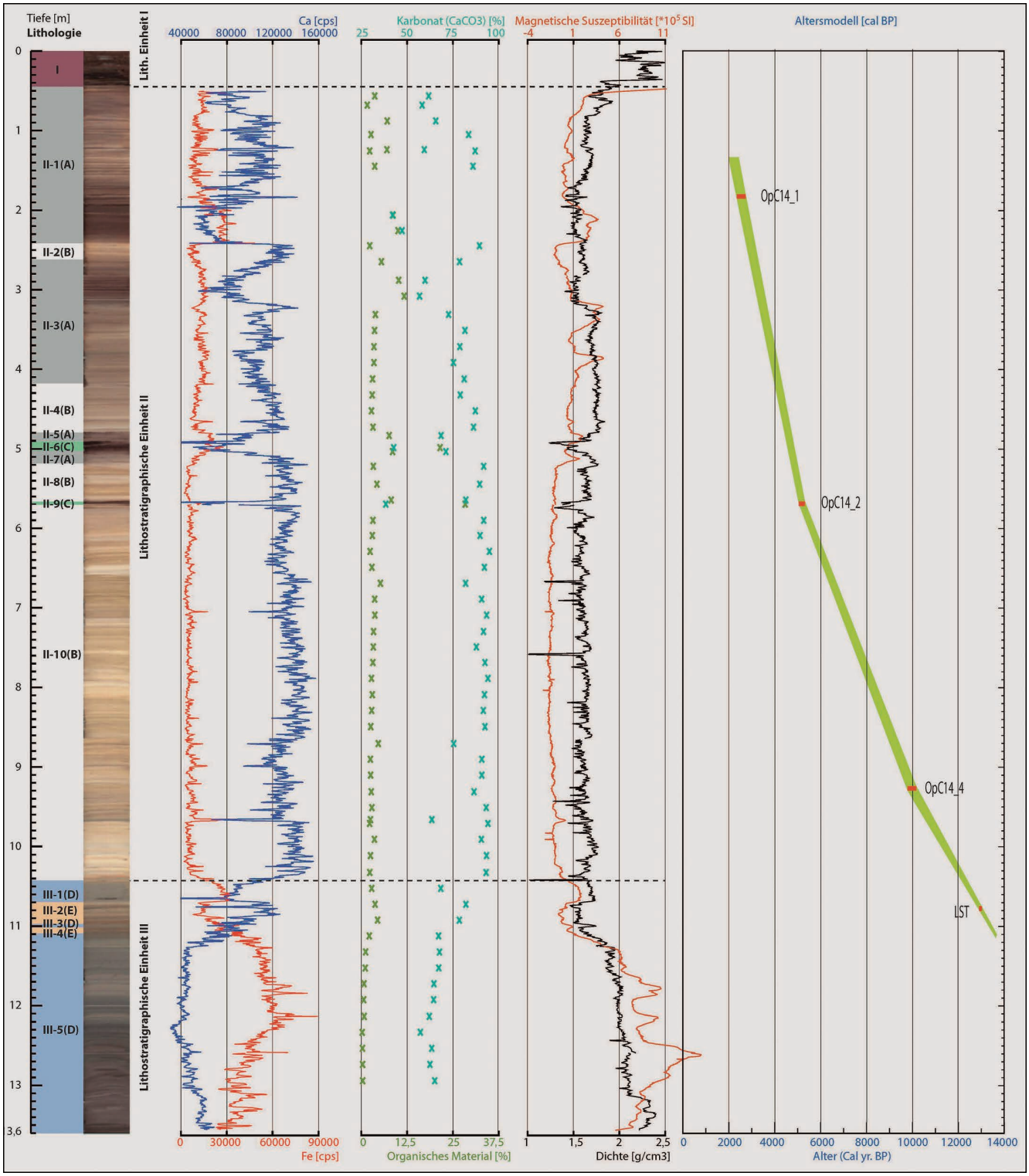


Abb. 31. Lithologische Zusammenfassung der Sedimentsequenz mit den wichtigsten geophysikalischen und geochemischen Parametern. Die drei ^{14}C-Alter und das Alter der Laacher-See-Tephra sind rechts eingetragen. Die grüne Fläche beschreibt das Altersmodell linear interpoliert zwischen den 2-Sigma-Bereichen.

Am 13.1.2011 wurde in Parkhaus Opéra mithilfe eines Geoprobebohrgeräts der Eawag Dübendorf am Punkt 456/146, bzw. 683653/246653 (CH1903 Referenzsystem), ein Sedimentkern entnommen (Abb. 30). Die 13,6 m lange Sedimentsequenz wird im Folgenden im Hinblick auf ihre lithologische Zusammensetzung sowie ihre geochemischen und petrophysikalischen Eigenschaften beschrieben.

2 METHODEN

Die Feuchtdichte und magnetische Suszeptibilität der Sedimentabfolge wurden an den verschlossenen Kernsektionen mit einem GEOTEK Multi-Sensor Core Logger (MSCL) kontinuierlich in einem Abstand von 5 mm bestimmt. Dann wurden die einzelnen Sektionen geöffnet und fotografiert. Als weitere Untersuchungen folgten Röntgenfluoreszenzanalysen (X-ray fluorescence, XRF) mit einem Itrax XRF Core Scanner; Auflösung 5 bzw. 0,2 mm), der auch radiographische Röntgenaufnahmen erlaubte (Auflösung 200 µm). Zusätzlich wurden punktuelle Bestimmungen des organischen Kohlenstoffgehalts (TOC) und des anorganischen Kohlenstoffgehalts (TIC) durchgeführt. Wird der TOC mit 2,0 multipliziert, erhält man den Gehalt an organischem Material; wird der TIC mit 8,3 multipliziert, erhält man den Karbonatgehalt. Zusätzlich wurden punktuell Smear-Slide-Analysen durchgeführt, diese erlauben die mikroskopische Bestimmung der Sedimentkomponenten. Weiter wurden makroskopische Pflanzenreste entnommen und mittels Radiokarbondatierung zur Altersbestimmung der Sedimentabfolge benutzt (Tabelle 2 im Anhang).

Es wurden zwei parallele Kerne mit 11 bzw. 10 jeweils 1,2 m langen Kernsektionen erbohrt (OP11–1, OP11–2). Die beiden Bohrstellen lagen horizontal ca. 1 m voneinander entfernt. Die Sedimentkerne wurden in PVC-Kernröhren von 4 cm Durchmesser erhalten. Die Bohrung erfolgte so, dass der vertikale Versatz zwischen den Sektionen der beiden Bohrlöcher jeweils 60 cm betrug. Die Lücken, die beim Bohren zwischen den aufeinanderfolgenden Sektionen entstanden, wurden durch eine Kern-zu-Kern-Korrelation mittels den oben beschriebenen Analysen überbrückt, um eine kontinuierliche Sedimentabfolge (Mastersektion) zu definieren (Tabelle 3 im Anhang).

3 SEDIMENTOLOGISCHE KERNBESCHREIBUNG UND MESSDATEN

Aufgrund der Auswertung der vorgenommen Analysen wurde der 13,6 m lange Sedimentkern in drei lithostratigraphische Einheiten (I bis III) unterteilt (Abb. 31, Taf. A1–A6 im elektronischen Supplementmaterial, im Folgenden «eTaf»[76]. Die Prozentangaben beziehen sich auf Gewichtsprozent der Trockenmasse). Die Ergebnisse der punktuellen Messungen von Karbonatgehalt und organischem Anteil sind in Tabelle 4 im Anhang verzeichnet. Detaillierte lithologische, petrophysikalische und geochemische Beschreibungen der Sedimentsequenzen liegen in digitaler Form vor.

3.1 Lithostratigraphische Einheit I

(Mastersektionstiefe: 0–45 cm; violett in Abb. 31, eTaf A1–A2)

Diese dunkelbraune bis dunkelgraue, chaotische Sedimentabfolge besteht primär aus siltigen bis tonigen minerogenen Komponenten mit einigen kiesigen Bestandteilen und enthält einen beträchtlichen Anteil an organischen Makroresten (Pflanzenreste, Holz). Die Feuchtdichte liegt zwischen 2 und 2,5 g/cm^3. Die Sedimente sind durch hohe Werte in der magnetischen Suszeptibilität (zwischen 10 und 230 * 10^5 SI) gekennzeichnet.

3.2 Lithostratigraphische Einheit II

(Mastersektionstiefe: 45–1042 cm, Abb. 31, eTaf A1–A5)

Diese Einheit wird von siltig-tonigen minerogenen Komponenten dominiert und weist meist einen Karbonatanteil von > 50% sowie teilweise hohe Anteile an pennaten und zentrischen Kieselalgen (Diatomeen) auf. Die Sequenz enthält zudem zwei mehrere Zentimeter mächtige, stark organisch-reiche Lagen mit tieferem Karbonatgehalt (37–47%) und grossen Anteilen an pflanzlichen Makroresten. Die lithostratigraphische Einheit wird im Folgenden in die drei Lithotypen A, B und C unterteilt.

Lithotyp A (grau in Abb. 31, eTaf A1–A3)
Dunkelbraune bis hellbeige, teilweise gebänderte Lithologien mit stark variierenden Karbonatanteilen zwischen 43 und 88% (Karbonatanteile < 50% in dunkler Sequenz in II-1(A); eTaf. A1 und A2). Der Anteil an organischem Material liegt zwischen 2 und 12%. Der hohe Karbonatanteil zeigt sich im kontinuierlichen XRF-Element-Scanning in hohen Ca-Werten (ca. 60000–120000 cts) sowie tieferen Fe- (ca. 5000–20000 cts) und Ti-Werten (ca. 200 bis maximal 900 cts). Charakteristisch für Lithotyp A sind teilweise hohe Anteile an Makroresten von Holzkohle (Abb. 32). Die Feuchtdichte bewegt sich zwischen 1,5 und 1,75 g/cm^3. Die magnetische Suszeptibilität liegt zwischen 0 und 4 * 10^5 SI.

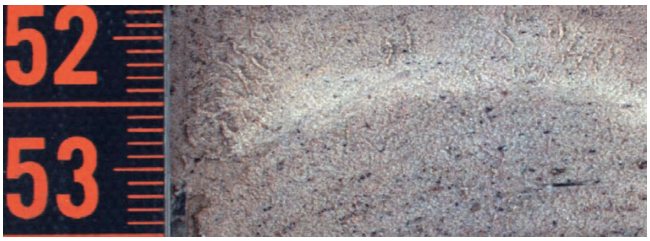


Abb. 32. Makroskopische Reste von Holzkohle (schwarze Bestandteile in Sediment) aus Lithotyp A in einer Tiefe von 90–92 cm.

Lithotyp B (weiss in Abb. 31, eTaf A1–A5)
Hellbeige bis gelbliche, gebänderte Lithologien mit Karbonatanteilen von 76–95% (generell höher als in Lithotyp A) und einem Anteil an organischen Komponenten von 2,5–5,2% (leicht tiefer als in Lithotyp A). XRF-Daten zeigen generell höhere Ca- (110000 bis 155000 cts) und tiefere Fe- und Ti-Werte als im Lithotyp A. Der Anstieg von Ca und Ti sowie die Abnahme von Fe zwischen den Lithotypen A und B verlaufen teilweise sehr abrupt und sind gut ersichtlich, z.B. in einer Tiefe von 242 cm (Abb. 31 und eTaf A1; Übergang zwischen II-3(A) und II-4(B)), in 480 cm (Abb. 31 und eTaf A1; Übergang zwischen II-4(B) und II-5(A)) oder 518 cm (Abb. 31 und eTaf A1; II-7(A) und II-8(B)). Der Anteil an Diatomeen im Sediment schwankt in diesem Lithotyp stark. Lagen mit

Zum Inhaltsverzeichnis

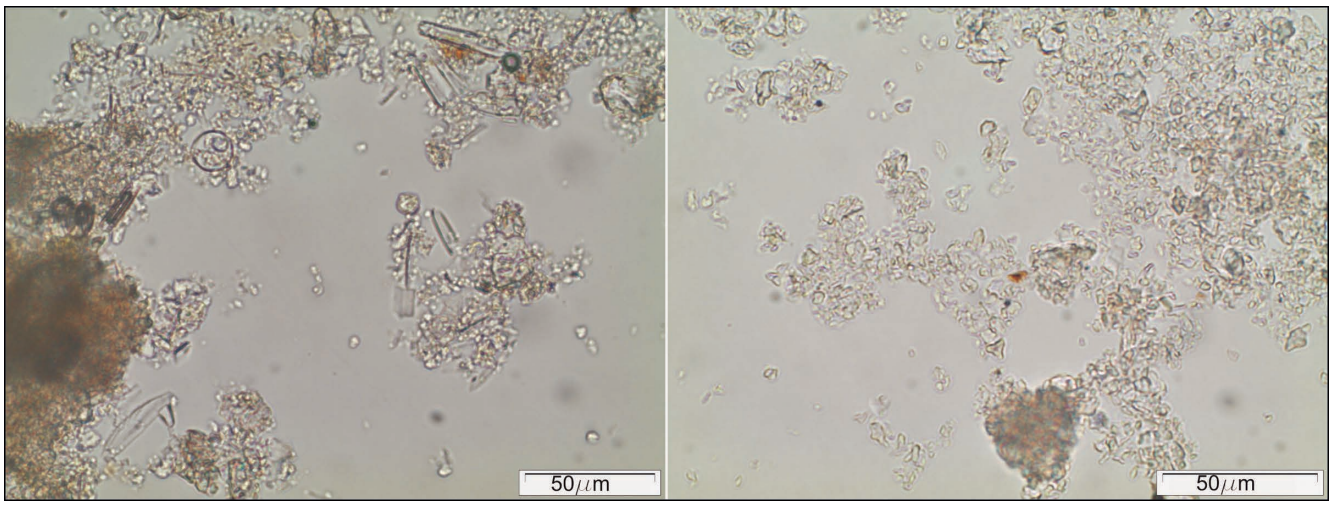


Abb. 33. Smear Slides des Lithotyps B. Links: Feinstkörnige Karbonate mit zahlreichen pennaten und zentrischen Diatomeen. Rechts: Feinstkörnige Karbonate, Diatomeen nur vereinzelt erkennbar.

sehr hohen Konzentrationen an Diatomeen (Abb. 33 links) können schnell in Zonen mit sehr geringem Diatomeenanteil übergehen (Abb. 33 rechts). Die mineralogische Zusammensetzung und der Anteil an organischem Material scheinen in diesem Lithotyp nahezu konstant zu verlaufen. Einzige Ausnahme bilden einige, wenige Zentimeter mächtige, dunkelbraune Lagen, die in diesem Lithotyp zwischengeschaltet sind und sich durch tiefere Karbonatanteile (63–78%) und leicht erhöhte Anteile an organischem Material (3,8–4,7%) auszeichnen. Zudem zeigen sie erhöhte Fe- und Ti- sowie erniedrigte Ca-Werte.

Holzkohlereste werden im Gegensatz zum Lithotyp A hier nur sehr selten gefunden, jedoch sind zahlreiche Schalenreste von Wasserschnecken (Gastropoden) im Sediment enthalten und teilweise sogar im radiographischen Bild erkennbar (z.B. in einer Tiefe zwischen 242 und 262 cm in eTaf A2). Die Feuchtdichte variiert innerhalb dieses Lithotyps nur sehr wenig und bewegt sich zwischen 1,5 und 1,75 g/cm^3. Die magnetische Suszeptibilität weist die tiefsten Werte der gesamten Sedimentsequenz aus und bewegt sich zwischen 1 und –2 * 10^5 SI.

Lithotyp C (grün in Abb. 31, eTaf A1, A3)
Diese Lithologie ist gekennzeichnet durch dunkelbraune Abfolgen mit Karbonatanteilen zwischen 37 und 47%, einigen Diatomeen und einem hohem Anteil an organischen Makroresten (zwischen 21 und 28%; deutlich höher als in organisch reichen Lagen vom Lithotyp A – z.B. II-1(A; Abb. 34). Im Vergleich zu den Verhältnissen in Lithotyp A und B ergaben die XRF-Analysen einen deutlichen Abfall der Ca- gegenüber den Ti- und Fe-Werten. Die Feuchtdichte beträgt rund 1,5 g/cm^3. Die magnetische Suszeptibilität variiert zwischen 0 und 4 * 10^5 SI.

3.3 Lithostratigraphische Einheit III

(Mastersektionstiefe: 1042–1360 cm, Abb. 31, eTaf A1, A5–A6)

Diese Einheit wird generell durch hell- bis dunkelgraue, anorganische und dichte Abfolgen gekennzeichnet, die im obersten Teil durch gebänderte, gelblich-beige und karbonatreiche Abfolgen unterbrochen werden. Die lithostratigraphische Einheit wird im Folgenden in die beiden Lithotypen D und E unterteilt.

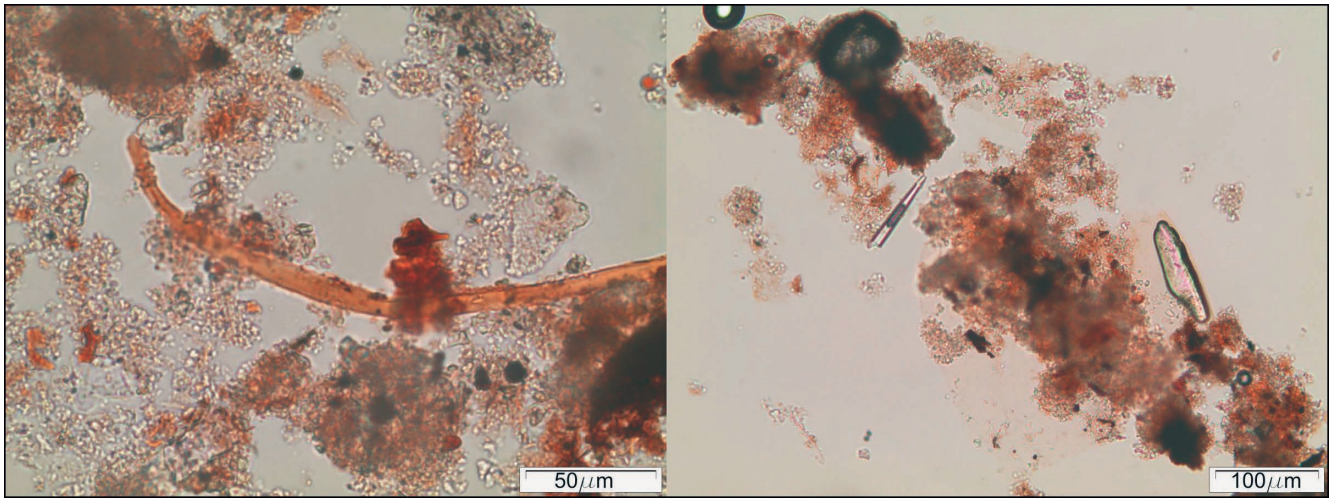


Abb. 34. Smear Slides des Lithotyps C. Links: Feinstkörnige Karbonate mit hohem organischem Anteil und vereinzelt zentrischen Diatomeen. Rechts: Feinstkörnige Karbonate mit hohem organischem Anteil und vereinzelt pennaten Diatomeen.

Lithotyp D (blau in Abb. 31, eTaf A1, A5, A6)
Hell- bis dunkelgraue Abfolgen, die durch die Kernentnahme teilweise stark deformiert wurden. Dieser Lithotyp zeichnet sich durch tiefe Karbonatanteile zwischen 37 und 68% aus. Der Anteil von organischen Materialien liegt zwischen 0 und 3% und ist ebenfalls sehr niedrig im Vergleich zum Gehalt in den Einheiten I und II. Die Feuchtdichte und die magnetische Suszeptibilität sind im Vergleich zu den Einheiten I und II stark erhöht und bewegen sich zwischen 2 und 2,3 g/cm^3 bzw. 6 und 15 * 10^5 SI.

Lithotyp E (gelb in Abb. 31, eTaf A1, A5)
Karbonatreiche (78–85%), gebänderte Sedimente mit höherem organischem Anteil als Lithotyp D. In einer Tiefe von 1075 cm ist in diesen Lithotyp eine ca. 1,5 cm mächtige, schwarze Lage eingebettet (siehe III-2(E) in Abb. 31, eTaf A1 und A5). Diese Lage enthält einige Diatomeen und zahlreiche vulkanische Glasfragmente (Abb. 35) und weist erhöhte Ti-, K- und Fe-Werte sowie niedrige Ca-Werte auf.

4 DISKUSSION

Die lithostratigraphische Einheit I mit ihrer chaotischen Abfolge von mittel- bis grobkörnigen Sedimenten wird aufgrund ihres geringen Alters und des drastischen Unterschieds zu den restlichen holozänen Sedimenten als subrezentes anthropogenes Sediment interpretiert.

Die darunter liegenden karbonatreichen Lithotypen A und B der lithostratigraphischen Einheit II entsprechen dem typischen Bild limnischer Flachwasserablagerungen im Uferbereich des Zürichsees. Variationen in der Elementverteilung und somit der mineralogischen Zusammensetzung sowie unterschiedliche Konzentrationen von Gastropodenresten (Schneckenschalen) und Diatomeen können verschiedene klimatische Bedingungen oder auch Seespiegelschwankungen wiederspiegeln.

Die zwei stark organischen Lagen des Lithotyps C in der lithostratigraphischen Einheit II stellen angesichts ihrer Datierung um 5000 cal. BP und der Ähnlichkeit des organi-

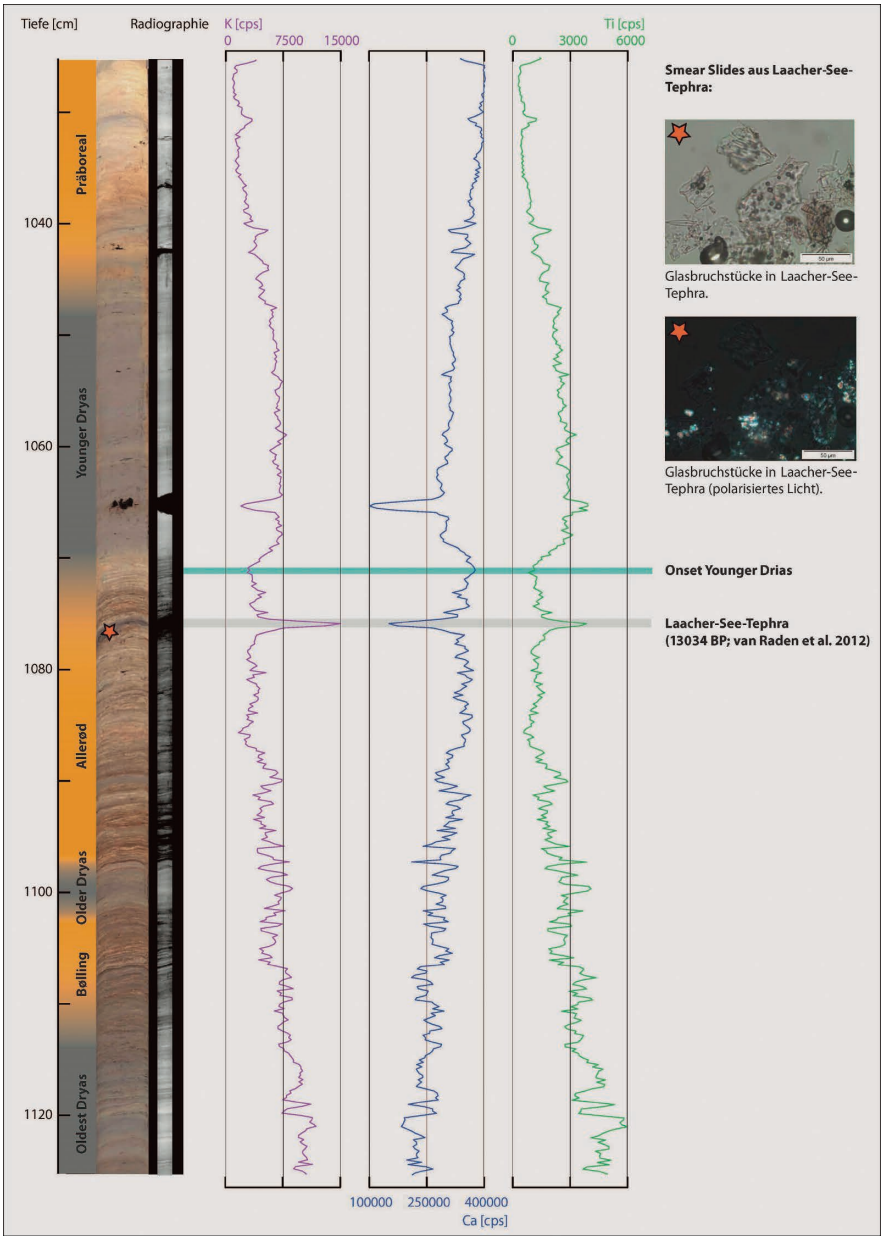


Abb. 35. Hoch aufgelöste XRF-Analyse (step size 200 µm) des Pleistozän-Holozän-Übergangs an der Sektion Op11–2 (10.2–11.4).

Zum Inhaltsverzeichnis

schen Materials mit den Kulturschichten vermutlich distale Ablagerungen von prähistorischen Ufersiedlungen dar. Die Ablagerungen zeigen einen abrupten Übergang zur Seekreide. Aufgrund dieser stratigraphischen Lage dürfte sich der Standort der Bohrung während der Besiedlung im Flachwasserbereich des Zürichsees befunden haben, wo organisches Material eingespült worden sein und diese Ablagerungen gebildet haben kann. Die eindeutige Zuordnung dieser Ablagerungen zu den dendrochronologisch definierten Siedlungsphasen (Kap. VIII) oder den Kulturschichten in Parkhaus Opéra ist jedoch momentan nicht möglich.

Aufgrund der erhöhten Elementkonzentration von Ti und K sowie des Auftretens von Glasbruchstücken in der schwarzen, ca. 2 cm mächtigen Lage in einer Tiefe von 1075 cm (Lithotyp D) kann diese in Übereinstimmung mit anderen Studien[77] als Laacher-See-Tephra interpretiert werden (Alter: 13034 BP[78]). Der Wechsel innerhalb dieser Sedimentsektion zwischen dem Lithotyp D (mehr siliklastische Komponenten und sehr wenige organische Komponenten) und dem Lithotyp E (karbonatreicher) könnte zudem wechselnde klimatische Bedingungen am Übergang vom Pleistozän zum frühen Holozän widerspiegeln. Die karbonatreichen Lagen des Lithotyp E entsprächen dann den wärmeren Phasen des Bølling, Allerød und des Präboreals und die des Lithotyp D den kälteren Phasen der Ältesten Dryas, Älteren Dryas und Jüngeren Dryas. Die Deutung dieser Warm-Kalt-Sukzession wird durch die stratigraphische Position der Laacher-See-Tephra gegen Ende des Allerød unterstützt (Abb. 35).

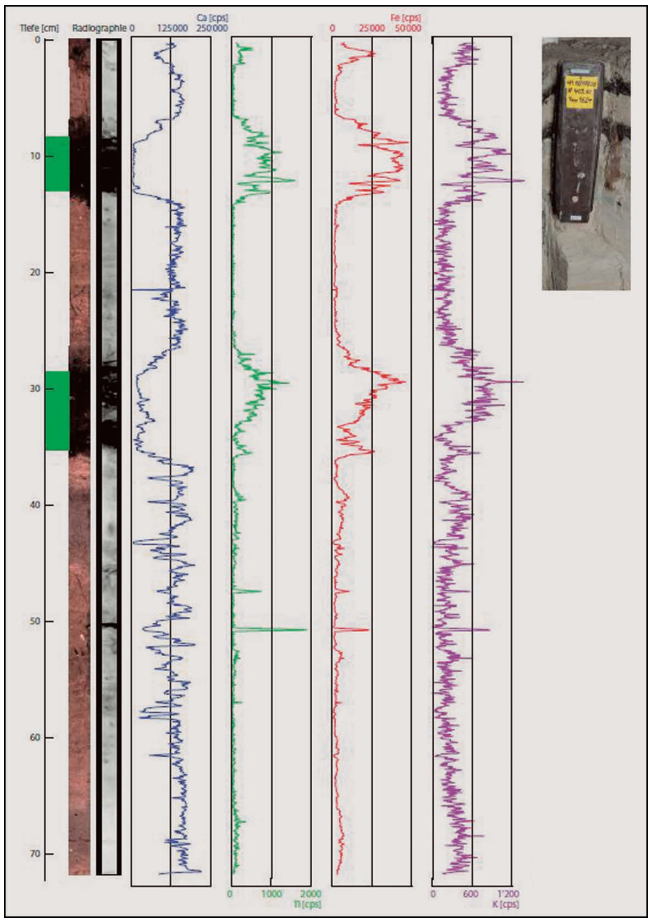


Abb. 36. XRF-Analyse des U-Channels der Profilkolonne 9624.

5 XRF-MESSUNG DER PROFILKOLONNE 9624

Zusätzlich zum oben beschriebenem Bohrkern wurde der Profilkolonne 9624 im September 2013 eine x cm lange Sedimentprobe in einem quadratischen (2 × 2 cm) PVC-Kabelschacht entnommen und mit dem Itrax XRF Core Scanner (Auflösung 200 µm) gemessen (Abb. 36). Aufgrund der XRF-Messungen und der Radiographie dieser Probe können zwei prominente organische Lagen (grün gekennzeichnet in Abb. 36) mit erhöhten Konzentrationen von Ti, Fe und K (was einem erhöhtem Input von siliklastischen Mineralien entsprechen könnte) und sehr niedrigen Ca-Werten abgegrenzt werden. Dieses charakteristische Elementverhältnis, der makroskopisch erkennbare, hohe Anteil an organischem Material und die tiefe Dichte (Radiographie) legen nahe, dass die zwei Lagen dem Lithotyp C der stratigraphischen Einheit II entsprechen. Die restliche Sedimentsequenz, die ein hohes Verhältnis von Ca zu Ti, Fe und K aufweist, würde demzufolge Lithotyp A und/oder B der stratigraphischen Einheit II entsprechen. Erste Analysen der XRF-Messung an der Probe im Kabelschacht und deren Korrelation zu den Lithotypen A und/oder B der stratigraphischen Einheit II führten zu keinem eindeutigen Ergebnis.

6 FAZIT UND AUSBLICK

Dieser Bericht beschreibt die ersten lithologischen Analysen, die im Rahmen der Grabung Zürich-Parkhaus Opéra an einem 13,6 m langen Bohrkern aus dem Flachwasserbereich des unteren Zürichseebeckens durchgeführt wurden. Der Kern deckt die letzten 15000 Jahre ab und ist somit das erste kontinuierliche spätglazial-holozäne sedimentäre Archiv aus dem Flachwasserbereich des Zürichsees, das je untersucht wurde.

Die Analysen ergaben einen ersten Eindruck, wie sich der Flachwasserbereich in dieser Zeitspanne durch klimatische, hydrologische und anthropogene Ereignisse verändert hat. Die dichten und anorganischen Sedimente an der Basis der Bohrung reflektieren deutlich das kältere Klima am Ende der letzten Eiszeit. Die Erwärmung im Bølling/Allerød und die darauffolgende Jüngere-Dryas-Kaltphase konnten in den verschiedenen sedimentologischen und geochemischen Parametern deutlich erkannt und dank der prominenten Laacher-See-Tephra eindeutig datiert werden. Dies zeigt, dass die Seekreideproduktion ein sensibler Indikator zur Erkennung von Klimaschwankungen ist. Die auf der Seekreide liegende Sedimentfolge eines produktiven warmen Sees enthält Spuren der Siedlungsaktivitäten, die sich an erhöhtem organischem Gehalt und einer Braunfärbung an zwei prominenten Lagen erkennen lassen. Das Sedimentarchiv speichert auch nach der neolithischen Siedlungsphase die Umweltzustände des unteren Zürichseebeckens bis zur Auffüllung des Ufers zwecks Landgewinnung im 19. Jh.

Eines der wichtigsten Ergebnisse dieser Studie ist, dass verhältnismässig nah am Ufer eine augenscheinlich vollständige holozäne Sequenz gewonnen werden konnte. Damit liegt nun ein Archiv vor, das ähnlich vollständig ist wie Bohrungen aus dem Tiefwasser in der Seemitte und das ebenso hoch aufgelöst untersucht werden kann. Da die Sequenz chemisch und limnologisch einem anderen Milieu entstammt, stellt sie eine einzigartige Ergänzung zu den Untersuchungen an Sedimenten aus dem tiefen Zürichseebecken dar.

Verschiedene Folgeuntersuchungen an den Sedimentkernen können weitere Erkenntnisse liefern:

- Pollenanalysen sind im Rahmen des dritten Bandes von «Zürich-Parkhaus Opéra» in Vorbereitung und werden eine detaillierte Rekonstruktion der Vegetationsentwicklung und des Eintrags von Nutzpflanzen erlauben.
- Mehr ^{14}C-Proben ermöglichen ein genaueres Altersmodell der Sedimentabfolge.
- Mittels Korngrössenanalyse kann unter Umständen eine quantitative Seespiegelkurve konstruiert werden, da flaches Wasser generell zu gröberen Sedimenten führt.
- Die stabilen O- und C-Isotope an Karbonatpartikeln der Seekreide (Bulk oder an spezifischen Kalkschalen) oder Si-Isotope an den Diatomeen erlauben detaillierte Klima- und Umweltrekonstruktionen. Da die Seekreide zahlreiche verschiedene Schalentypen enthält, müsste zuerst eine detaillierte Analyse der Faunenvergesellschaftungen erstellt werden.
- Die beiden organisch reichen Lagen des Lithotyps C in der lithostratigraphischen Einheit II stehen wohl in direktem Zusammenhang mit den neolithischen Siedlungsphasen. Die genaue Korrelation ist noch unsicher. Zur Klärung sind Untersuchungen der organischen Partikel nötig.
- Die plötzliche Zunahme des organischen Gehalts oberhalb 11,1 m Tiefe (Übergang Einheit III-4 zu III-3) könnte mit der durch Strasser et al. postulierten katastrophalen Seespiegelabsenkung um 12 m zusammenhängen[79]. Damit würde sich die Bohrstelle unversehens in der photischen Zone befunden haben, was die Sedimentationsprozesse dramatisch verändert hätte. Alternativ könnte es sich auch um den Beginn der Bølling/Allerød-Warmphase handeln. Nur ein detaillierteres Altersmodell in Kombination mit genaueren Seespiegel-Proxy-Analysen kann dazu schlüssig Auskunft geben.

VII DIE ARCHÄOLOGISCHEN BEFUNDE

(Niels Bleicher, Beatrice Ruckstuhl)

Die folgende Darstellung verwendet die Nomenklatur, die bereits bei der Befundvorlage der Mozartstrasse angewendet wurde[80].

1 SCHICHT 12

1.1 Allgemeine Erscheinung

Mit dem Begriff «Schicht 12» wurde zunächst eine hellgraue, ungebänderte Seekreide auf dem Grossteil der Parkhausfläche bezeichnet, in der wenige Funde – einige verkohlte organische Reste, Lehmbefunde, liegende Hölzer und sehr wenige Rinden – vorgefunden wurden. Diese bildeten im Profil und in der Fläche einen diffusen Schleier. An vielen Stellen erschien Schicht 12 dreigliedrig, mit einem zentralen dünnen, dunkelgrauen Streifen zwischen zwei hellgrauen Bändern. Das obere Band mass im Querschnitt häufig nur etwa 2 cm, das untere 5–10 cm. Die meisten Funde und liegenden Hölzer in Schicht 12 lagen im zentralen dunkleren Bereich. Die hellen Seekreidebänder darüber und darunter gingen in einer deutlich sichtbaren, aber im Detail doch unscharfen Grenze in gebänderte Seekreide über, weshalb die Schichtgrenzen nicht präzise angegeben werden können.

Die Mächtigkeit der Seekreide zwischen Schicht 11 und Schicht 12 nahm vom Land in Richtung See zu. So lagen auf einem Grossteil der Ausgrabungsfläche die beiden Schichten bei X = 503 stratigraphisch direkt aufeinander, während sie bei X = 495 an vielen Stellen durch über 15 cm mächtige Seekreide getrennt waren.

Das Erscheinungsbild von Schicht 12 änderte sich kaum in der Fläche. Auf den Achsen Y = 150 und Y = 160 reichte sie bis an den Rand der im Rahmen der Pfahlfeldanalyse ermittelten Bebauungsgrenze heran (vgl. Kap. VIII.7.2) und verlor sich danach schnell. Auf Achse Y = 170 war sie mindestens 10 m darüber hinaus erkennbar. Im südwestlichen Bereich der Grabungsfläche war Schicht 12 in den Profilen bei Y = 135 bis Y = 145 bis mindestens X = 471 erkennbar und reichte damit fast 20 m über die Bebauungsgrenze von Phase 1 hinaus.

Im Areal Zufahrt Schillerstrasse war die trennende Seekreide zwischen Schicht 11 und 12 nicht mehr erhalten. Stattdessen traten zwischen Y = 115 und Y = 117 in einem breiteren Band von über 10 cm Mächtigkeit liegende Hölzer auf. Tatsächlich endete hier die Schicht 12 aus dem Parkhausareal, und die ältere Schicht 12 der Zufahrt Schillerstrasse begann. Die Pfahlfeldanalyse ergab, dass in diesem Streifen tatsächlich eine Palisade die Bebauung von Phase 1 nach Süden begrenzte (vgl. Abb. 128). Während die Schicht 12 aus dem Parkhausareal aufgrund der Funde und liegenden Hölzer klar in die Zeit um –3230 datiert werden kann, liegen von Schicht 12 der Zufahrt Schillerstrasse Pfyner Scherben und ein entsprechendes ^{14}C-Datum vor (Abb. 36). Hier lagen also eine Horgener und eine Pfyner Kulturschicht stratigraphisch direkt aufeinander. Mangels scharfer Grenzen lassen sich die zwei Schichten nicht exakt voneinander trennen. Der Übergang wurde erst später bei der Auswertung der stratigraphischen Lage weniger organischer Reste erkannt. Zur Unterscheidung wurden in der Folge die Begriffe «Schicht 12 Parkhaus» (12 PH) und «Schicht 12 Schillerstrasse» (12 S) eingeführt.

Eine ähnliche Situation fand sich im Nordwesten der Fläche: Das graue Band von Schicht 12 war im äussersten Nordosten der regulären Grabung in Qm 466/178 noch klar zu erkennen. Doch nur sechs Meter entfernt wurde in baubegleitenden Profilen in identischer stratigraphischer Position eine dünne Schicht ohne organische Erhaltung und mit Lehmbefunden dokumentiert, die der Schicht 12 im Osten glichen. Im Verlauf der Auswertung zeigten sich aber im Detail deutliche Unterschiede zur restlichen Schicht 12 PH. Der wichtigste Unterschied war, dass im Nordwesten die diffuse Dreigliedrigkeit fehlte. Stattdessen handelte es sich dort um gelblich gebänderte Seekreide mit einem dünnen Schleier von Holzkohle, liegenden Hölzern und Rinden. Der direkte Zusammenhang mit dem grauen Band von Schicht 12 weiter östlich bleibt ungeklärt, da im Kontaktbereich nicht ausgegraben werden durfte.

1.2 Lehmbefunde

Die Lehmbefunde in Schicht 12 waren – mit Ausnahme von Lehmstelle 1212 – sehr gleichartig und können anhand weniger Beispiele dargestellt werden. Die Abgrenzung von Lehm und Seekreide erfolgte hier wie in allen Schichten u.a. anhand der Farbe und des Tongehalts, wie er mittels Fingerprobe angenähert festgestellt werden konnte. Gelegentlich wurde mit Salzsäure nachgeprüft, ob ein graues und in Teilen sandiges Sediment reine Seekreide war. Die Ansprache von grauem Lehm innerhalb grauer Seekreide war während der ersten Grabungstage noch unsicher.

1.2.1 Lehmstellen im Osten innerhalb des Parkhauses

Die Lehmstellen 1201, 1202 und 1204 bis 1211 glichen sich insofern, als sie aus grauem Lehm mit einigen Steinen und wenigen organischen Resten bestanden und direkt auf der grauen, ungebänderten Seekreide lagen (Taf. 1, 2). Die Lehmlagen waren im Zentrum 5–10 cm mächtig. Die Grundform war eine flache Linse, die seitlich schnell ausdünnte und damit in der Profilansicht stark gezipfelt erscheint. Die Grenze zwischen Lehm und Seekreide war im Allgemeinen scharf, aber punktuell bisweilen auch unruhig.

Bei Lehmstelle 1203 handelte es sich um eine eng umgrenzte Sand- und Kieslinse. Dennoch wurde sie in die Befundgruppe der Lehmstellen eingeordnet, weil die Korngrössen jener des Kiesanteils der anderen Lehmstellen entsprachen und sie sich auf gleicher stratigraphischer Höhe befand wie die Lehmstellen in Schicht 12 PH.

Auffällig ist, dass unter keinem der Lehme liegendes Holz oder Rindenlagen gefunden wurden. In den Lehmstellen 1207, 1208 und 1211 fanden sich vereinzelt kleine Brocken verziegelten Lehms.

1.2.2 Lehmstellen im Westen innerhalb des Parkhauses

Diese Lehmstellen 1213 bis 1215 ähnelten einander stark und teilten viele Eigenschaften mit Lehmstellen im östlichen Areal.

Ein knapp 10 cm mächtiger, grauer Lehm lag bei diesen drei Lehmstellen direkt auf gebänderter Seekreide. Er wurde zur Peripherie schnell dünner und lief ohne eine scharfe Kante aus. Im Lehm lagen sehr vereinzelt einige kleine Holzkohlestücke. Ausser seltenen liegenden Hölzern in ungeordneter Lage waren keine organisch erhaltenen Reste zu erkennen.

Lehmstelle 1213 (Taf. 1) lag direkt unter Lehmstelle 1353 von Schicht 13. Ein Holz lag am Rand mit einem Ende auf der Lehmstelle und reichte mit seiner Oberkante in Schicht 13 hinein. Das andere Ende lag in der Seekreide im Hangenden.

Das Zentrum von Lehmstelle 1214 wies im Profil eine etwa 20 cm lange Ausbauchung auf. Diese scheint in die liegende Seekreide eingedrückt worden zu sein, da die Bänderung der Kreide den Umrissen des Lehms folgte.

Lehmstelle 1215 enthielt im oberen Drittel in einem deutlich abgesetzten Band mehr organisches Material als im unteren Teil, was darauf hindeutet, dass es sich möglicherweise um zwei Lehmablagerungen handelt.

1.2.3 Lehmstelle 1212 (Taf. 2)

Im Bereich der Parkhauszufahrt Schillerstrasse wurde ein von den zuvor beschriebenen Befunden stark abweichender Lehm ausgegraben. Auf einer organischen Schicht mit unverkohlten Textilfunden (Snr 130, Phase 1) lag braungrauer Lehm (Snr 127, Phase 2) mit vielen grösseren Steinen bis 20 cm Durchmesser. Er enthielt zudem einige Hüttenlehmbrocken und viele Tierknochen. Der Lehm lag stellenweise direkt auf der Seekreide. Das Südostende lag ausserhalb der Grabungsfläche. In Richtung Parkhaus dünnte er aus und endete graduell. Er war teilweise nur lückig vorhanden. Die Unterkante der Kulturschicht variierte: Während sie im Bereich X = 509–510 sehr uneben war, teilweise zertreten wirkte und einen teils unscharfen Übergang zur Seekreide aufwies (vgl. Kap. VII.2.1.3), fanden sich im Bereich X = 511 sowohl Unebenheiten als auch scharfe Kulturschichtunterkanten. Insgesamt war die scharfe Basis selten.

Mit mindestens 5 × 4 m Flächenausdehnung war dies der grösste Lehm aus Schicht 12 und der einzige, der organisch erhaltene Reste und Funde wie Textilien enthielt.

1.3 Liegende Hölzer

Die liegenden Hölzer in Schicht 12 lagen auf den ersten Blick scheinbar regellos (Abb. 37) und ohne dominante Ausrichtung. Sie lagen sowohl innerhalb als auch neben den dendrochronologisch erschlossenen Gebäudegrundrissen von Phase Opéra 1 (Kap. VIII.7.2). Bei näherer Betrachtung fiel auf, dass sich die seewärtigen Hölzer klar entlang der seewärtigen Erlenpalisade von Phase 1 anordneten. Auf der dem Land zugewandten Seite gab es zwei nennenswerte Konzentrationen. Beide lagen im Bereich des aufgrund der Pfahlfeldanalyse postulierten Wegs resp. dort, wo dieser an die Gebäude von Schicht 12 stiess.

1.4 Ein möglicher Steigbaum

Zwischen Qm 496/167 und 501/169 wurde ein runder Erlenstamm von etwa 14 cm Durchmesser mit in regelmässigen Abständen eingeschlagenen Kerben ausgegraben (Abb. 38). Er ist auf etwa 5,25 m Länge erhalten und gleicht den als Steigbäume interpretierten Hölzern aus Arbon-Bleiche 3[81] und Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld[82]. Er lag komplett in Schicht 12 und ist im Gegensatz zum Exemplar aus Arbon weder verwittert noch angefault. Interpretiert man die in scharfem Winkel, fast quer zur Faser verlaufende Fase der Kerben als Trittebene, ergibt sich für die unterste Stufe eine Distanz von 128 cm zum unteren, angespitzten Ende. Die nächsten Kerben folgen in deutlich engeren Abständen, sodass sich vier Stufen über eine Länge von 110 cm verteilten.

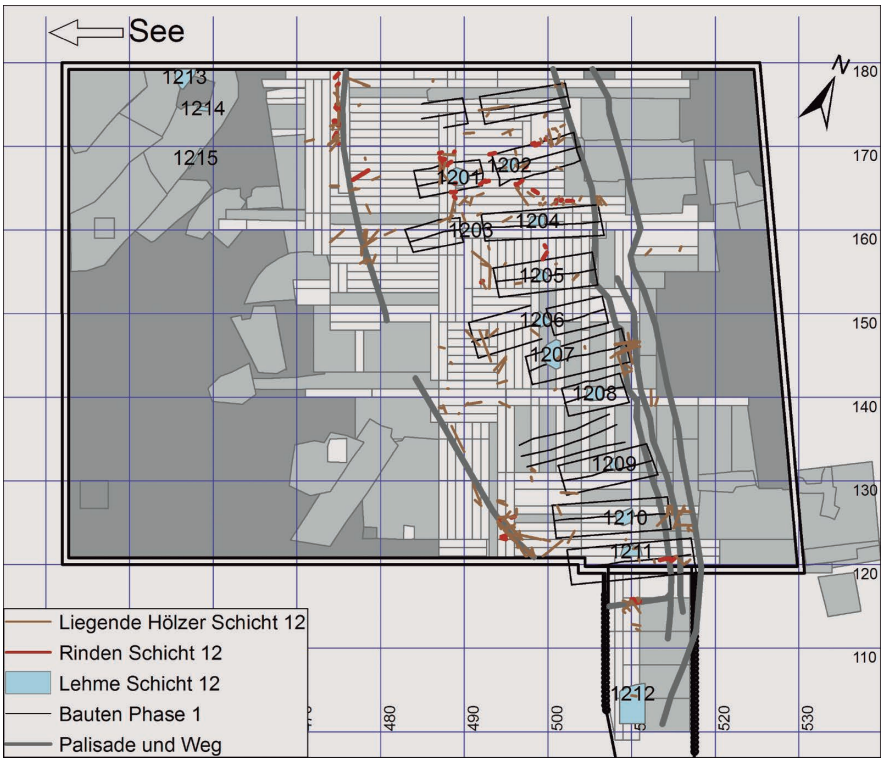


Abb. 37. Vergleich der Verbreitung liegender Hölzer in Schicht 12 mit den dendrochronologisch ermittelten Baustrukturen von Phase 1.

Zum Inhaltsverzeichnis

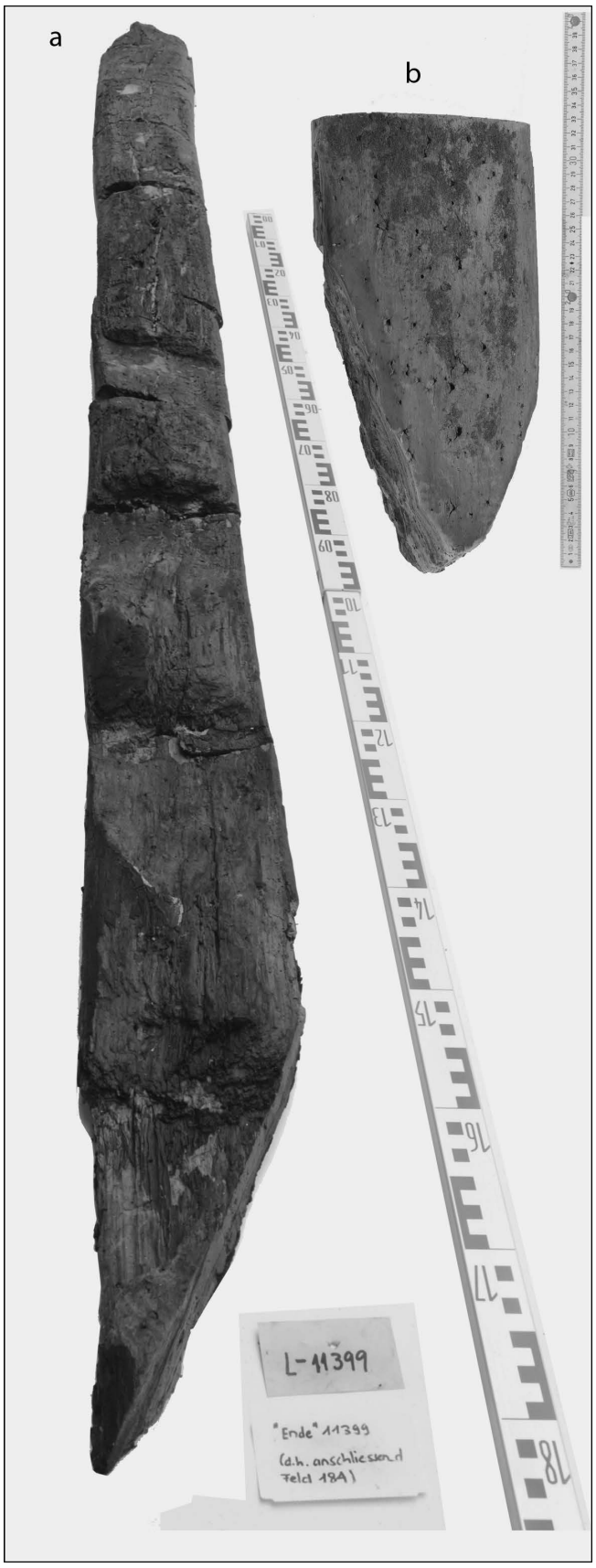


Abb. 38. a) Längsansicht des «Steigbaums». b) Detail des bearbeiteten Endes.

Die oft erstaunlich hoch gelegenen untersten Stufen führten zur Vermutung, dass die Steigbäume ursprünglich eingegraben wurden, sodass nur der obere Abschnitt mit den Stufen herausschaute[83]. Dagegen spricht, dass zwar inzwischen mindestens fünf solche Steigbäume gefunden, aber bisher kein aufrechter Pfahl mit Kerbe dokumentiert wurde. Leuzinger stellt zudem die Stabilität eines schräg stehenden Steigbaums aus einem nur etwa 12 cm dicken gekerbten Stamm infrage[84]. Die Tauglichkeit eines solchen Steigbaums müsste man allerdings auch diskutieren, wenn er völlig aufrecht stünde. Fest steht, dass alle Objekte dieser Art erst ab einer gewissen Höhe Stufen aufweisen und kein Fund die Verankerung im Boden nahelegt. Folglich könnte man schliessen, dass die Funktion als Leiter erst ab der entsprechenden Höhe geplant war.

Was gegen eine Verwendung als Steigbaum sprechen kann, ist das untere Ende des Lindenobjekts aus Arbon-Bleiche 3: Hier findet sich eine einzelne Stufe in grossem Abstand von etwa 2 m zur nächsten. Als Alternative zur Deutung als Steigbaum kann daher auch eine Funktion im Bauverband in Betracht gezogen werden. Die «Stufen» könnten Ausnehmungen im Bereich von Überblattungen sein, in denen runde Pfähle zu liegen kamen. Aus Blockbaukonstruktionen sind solche Hölzer im Dachbereich bekannt. Die Kerben verhindern, dass der im Winkel der Dachschräge auf den Wandbalken aufliegende Dachträger von den runden Wandbalken abgleitet (Abb. 39).

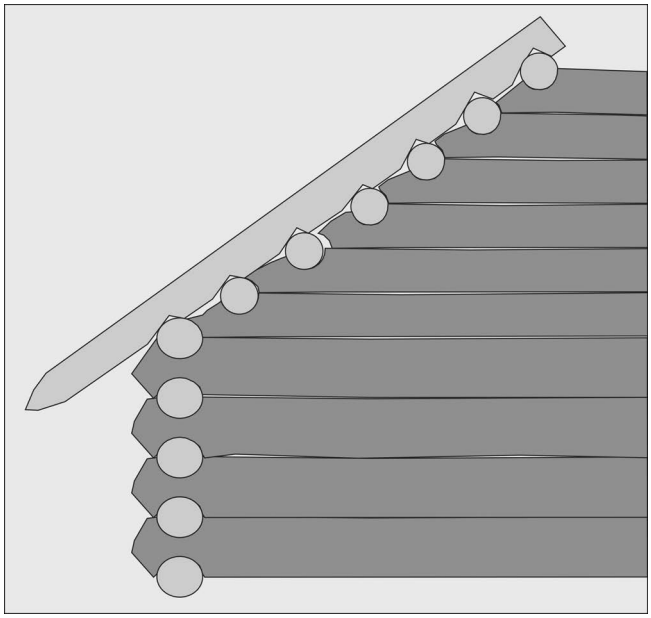


Abb. 39. Alternative Funktion des Holzobjekts «Steigbaum» in einem Blockbau.

1.5 Zusammenfassung und Diskussion

Der Vergleich von Befunden und Pfählen wird zeigen, dass zwei verschiedene Siedlungsphasen mit den Befunden aus Schicht 12 in Verbindung zu bringen sind (vgl. Kap. VIII.7.2). Einen deutlichen Hinweis auf eine dritte Siedlungsphase gaben bereits die Radiokarbondaten von Schicht 12 (Abb. 36). Was auf der Grabung als eine einzige Schicht wahrgenommen und daher auch als eine einzige stratigraphische Einheit dokumentiert worden war, beinhaltete also drei unterschiedliche Siedlungsereignisse im Abstand von mindestens 400 Jahren. Im südöstlichen Teil der Parkhauszufahrt ist ein Rest einer

Pfyner Siedlung erfasst, die womöglich Teil einer Siedlungsschicht von Zürich-Mozartstrasse ist. Infrage kommen dafür die Phasen Mozartstrasse Pfyn A oder Pfyn B[85]. Allerdings würde Lehmstelle 1212 auch im Kontext dieser Pfyner Lehme als ungewöhnlich gross aus dem Rahmen fallen[86]. Auf der Fläche der regulären Grabung innerhalb des Parkhausperimeters sowie auf den nächstgelegenen Metern der Zufahrt ist eine Horgener Siedlungsschicht angeschnitten worden, deren elf Lehmbefunde in einer uferparallelen Zeile in der landwärtigen Hälfte des Parkhauses lagen. Die Lehmbefunde im Nordwesten entsprachen morphologisch jenen der Horgener Siedlung in der landwärtigen Parkhaushälfte, doch unterschied sich die Matrix ihrer Kulturschicht. Ausserdem waren sie auf gebänderter Seekreide abgelagert, was zeigt, dass sie einem lokal verschiedenartigen Milieu ausgesetzt waren. Organische Erhaltung hat sich jedoch auch hier nicht eingestellt, wofür verschiedene Ursachen infrage kommen. Auffällig ist, dass die Lehme beider Areale sehr vergleichbar ausgeprägt waren, keine Substruktionen aufwiesen und randlich stetig ausliefen und dass mehrfach verziegelte Brocken ohne Zusammenhang dokumentiert wurden.

Dass diese drei separaten Ereignisse während der Grabung nicht als voneinander getrennte Phänomene erkannt wurden, liegt an der diffusen Ausprägung von Schicht 12 mit unscharfen Unter- und Oberkanten. Wenn zwei Schichten ohne klare Begrenzung aufeinander liegen, kann es sein, dass die Differenz durch einen Höhenunterschied der Schichtbestandteile im Profil wahrgenommen wird. Sind es aber nur noch die als verfärbte Seekreide ausgeprägten Ausläufer solcher Schichten, die aufeinander liegen, so ist der Unterschied stratigraphisch nicht mehr zu erkennen. Erst mit dem Wissen um die Differenz der ^{14}C-Daten und im Fundspektrum[87] liessen sich auch im Profil Indizien dafür erkennen, dass die Horgener Schicht in der Parkhauszufahrt endete und eine Pfyner Schicht begann, deren Materialien tendenziell etwas tiefer lagen.

2 SCHICHT 13

2.1 Allgemeine Erscheinung

2.1.1 Schichtinhalt

Schicht 13 bestand zum grössten Teil aus organischem Detritus, also organischen Resten, die nach der Einsedimentierung einen gewissen mechanischen und/oder chemischen Abbau ihrer weniger widerstandsfähigen Teile sowie Diagenese durchgemacht haben. Detritus bildet damit eine Vorstufe zum Humus, ohne dass eine feste Grenze benannt werden könnte. In Erscheinung, Geruch und Abbaugrad entsprach Schicht 13 vollständig dem subfossilen Torf eines mutmasslichen Verlandungsmoors, das 2011 in einer Baugrube in der Zürcher Seefeldstrasse angeschnitten wurde. Nur über fehlende Baubefunde, Pfähle und Funde konnte hier klargestellt werden, dass es sich in der Baugrube nicht auch um eine Kulturschicht handelte. Der sehr ähnliche Abbaugrad wurde auch durch eine HPSEC-Analyse der Torfkundler der Universität Görlitz unter Leitung von Martin Hofrichter bestätigt[88]. Gleichzeitig wurde durch diese Untersuchungen auch klar, dass es eine grosse Bandbreite von organischem Abbau und Erhaltungsgrad zwischen Kulturschichten gibt. Der organische Teil der Kulturschicht unterscheidet sich von natürlichen Ablagerungen also primär durch den anthropogenen Ursprung, der anhand von Funden und Bauresten nachgewiesen werden kann.

Innerhalb der Detritusablagerungen fanden sich in stark wechselnden Anteilen mineralische Komponenten:

- Sand oder Seekreide, die entweder dispers oder in Bändern auftraten,
- lokale weissliche, mineralische Bänder oder Flecken, die aufgrund ihrer Erscheinung als «Asche» angesprochen wurden, ohne dass während der Ausgrabung ein empirischer Beleg für diese Interpretation erbracht werden konnte,
- Lehm, der regelhaft sowohl in kompakter Form als eigentlicher Lehmbefund vorkam, aber auch in allen Stadien der Vermischung mit Detritus bis hin zum graduellen Auslaufen,
- Grobsand und Kies, die in Bändern und Nestern auftraten.

Neben den mineralischen Anteilen im Detritus fanden sich viele organische Objekte wie liegende Hölzer, Rinden, Insekten- und Molluskenreste sowie Holzkohle und unmittelbar als solche erkennbare archäologische Funde (Keramik, Knochen, Silices etc.).

Die Kulturschicht war nicht überall gleich mächtig, sondern wurde tendenziell zur Peripherie hin dünner (Abb. 17). Das Zentrum mit der mächtigsten Kulturschichtakkumulation lag dabei nicht im geographischen Zentrum der Grabungsfläche oder der Schichtausdehnung, sondern nach Süden hin verschoben. Schicht 13 lief im Bereich der Parkhauszufahrt aus, was als südliches Ende der Besiedlung interpretiert wird (vgl. Kap. VII).

2.1.2 Unterschiedliche Ausprägungen der Kulturschicht

Die Grabungsteams bemerkten unterschiedliche Brucheigenschaften des unter der Auflast verdichteten Detritus. Andere Beobachtungen zeigten, dass mancherorts die organischen Fasern im frischen Anschnitt länger oder heller waren und weniger Funde auftraten, während an anderer Stelle nur kurze organische Fasern oder gar keine angetroffen wurden und der Detritus eine «gallertige» Konsistenz angenommen hatte. Im Grabungsjargon etablierten sich schnell bildhafte Namen für diese Typen («Puddingschicht», «Faserplattenschicht» etc.). Da sich mit wachsender Erfahrung die Terminologie erweiterte, waren die Notizen früherer Monate bald nicht mehr zufriedenstellend. Die speziellen Gegebenheiten der Rettungsgrabung führten dazu, dass nicht alle Mitarbeitenden im Gebrauch dieser Typologie und Terminologie geschult werden konnten und diese daher nicht in die Dokumentation eingingen. Die genaue Unterscheidung blieb den begleitenden naturwissenschaftlichen Untersuchungen vorbehalten. Künftige Grabungen sollten diesen unterschiedlichen Kulturschichtausprägungen aber Beachtung schenken.

Die Schichtbeschreibung wurde durch häufige Salzsäuretests auf sichtbaren oder unsichtbaren Karbonatgehalt erweitert. Damit wurde geprüft, ob Farbunterschiede oder gelegentliche Funde von Mollusken auf disperse Seekreide in der Kulturschicht zurückzuführen sind. Im Nachhinein betrachtet wären systematische Salzsäuretests auf sämtlichen Quadratmetern sinnvoll und mit vertretbarem Aufwand ohne Weiteres möglich gewesen.

Beobachtungen zur Kulturschichtbasis

Die Kulturschichtbasis kann unterschiedliche Formen annehmen. Emil Vogt war z.B. bei Egolzwil 3 der Meinung, Spuren von Bewuchs festgestellt zu haben[89]. Vergleichbare

Zum Inhaltsverzeichnis

Spuren wurden auch in Parkhaus Opéra beobachtet (s.u.). In der Seekreide, die bei Feuchtigkeit weich wird, waren auch Fussabdrücke der Bewohner zu erwarten. Mehrere Hundert Quadratmeter Seekreideoberfläche wurden nach Abtrag der Kulturschicht daraufhin untersucht. Eindeutige Fussabdrücke wurden nirgends gefunden – weder von Tier noch von Mensch. Dabei zeigte sich in der hellen Seekreide aber ein anderes, erstaunliches Phänomen: mit grauer Seekreide verfüllte, an Mausgänge erinnernde horizontale Strukturen, die verblüffende Ähnlichkeit mit den Gängen von Schilfrhizomen aufwiesen (Abb. 40). Die Abwesenheit von sichtbarem pflanzlichem Material in den grauen Strukturen – sowohl bei den mutmasslichen Bewuchsspuren als auch im Fall der vermuteten Schilfrhizome – erstaunt auf den ersten Blick: Angesichts der guten Erhaltung pflanzlichen Materials in der Kulturschicht darüber hätte man Wurzelreste oder sogar komplette Rhizome erwarten können. Allerdings gibt es Mechanismen, die dieses Fehlen plausibel erklären lassen: Pflanzen im Flachwasserbereich verfügen zumeist über luftleitende Gewebe, sogenannte Aerenchyme. Durch diese wird die Wurzel durch den Stängel auch in sauerstoffarmem Milieu mit Luft versorgt. Die Aerenchyme liefern aber auch den nötigen Sauerstoff für den späteren Abbau. In Torfkunde und Ökologie der Feuchtbiotope ist dieses Phänomen des punktuellen Abbaus in sauerstoffarmem Torf bekannt[90]. Dieser Abbau wird durch das weitgehende Fehlen verholzter Zellen in stärkereichen Rhizomen erleichtert. Im weitaus grössten Teil der Fläche fanden sich im Übergangsbereich vom Detritus zur darunter liegenden Seekreide zudem graue fadenförmige Strukturen. In der Aufsicht erscheinen sie zumeist punktförmig, im Profil dagegen als verworrene Gänge von gleichbleibend etwa 3–4 mm Durchmesser. Sie reichen von der Kulturschichtbasis meist etwa 2 cm in die Seekreide hinein (Abb. 41). Es handelt sich dabei um dasselbe Phänomen, das Vogt[91] unter Berufung auf Troels-Smith als Bewuchsspuren interpretierte. Welche empirische Grundlage damals zu dieser Interpretation führte, ist nicht bekannt. Da die einzelnen Gänge ihren Durchmesser beibehalten – was bei sich verjüngenden Wurzeln nicht unbedingt zu erwarten ist –, könnte es sich ebenso um Spuren von Bioturbation wie z.B. Wurmgänge handeln. Der Vergleich der scheinbaren Mausgänge mit rezenten Schilfrhizomen hat allerdings gezeigt, dass neben den grossen Rhizomstrukturen in der Seekreide auch viele kleine Wurzellöcher in der Seekreide am Seegrund gefunden werden, deren gleichmässige Verteilung über einen grösseren Zeitraum hinweg zu ähnlich dichten Strukturen führen könnte, wie sie an der Basis der Kulturschicht beobachtet wurden. Die Erfahrung der Taucher im Kompetenzzentrum für Unterwasserarchäologie der Stadt Zürich besagt, dass Schilfwurzeln bevorzugt in Kulturschichten hineinwachsen, was vermutlich auf das höhere Nährstoffangebot zurückzuführen ist. Da Schilf nährstoffreiche Ufer liebt und daher im Neolithikum vermutlich noch selten war[92], liegt die Annahme nahe, dass sich die grösseren Rhizomgänge später bildeten. Es ist daher nicht nur unsicher, welcher Organismus die feineren Gänge an der Schichtbasis hervorrief, sondern auch, wann sie entstanden.

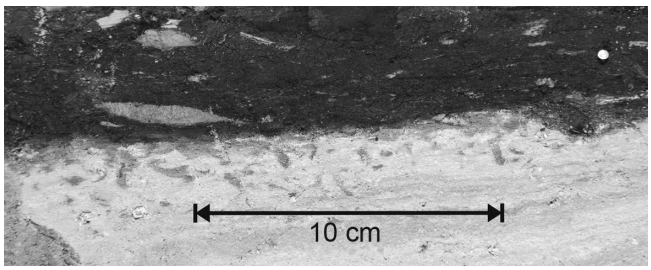


Abb. 41. Fadenförmige Strukturen an der Unterkante der Kulturschicht im Detailprofil.

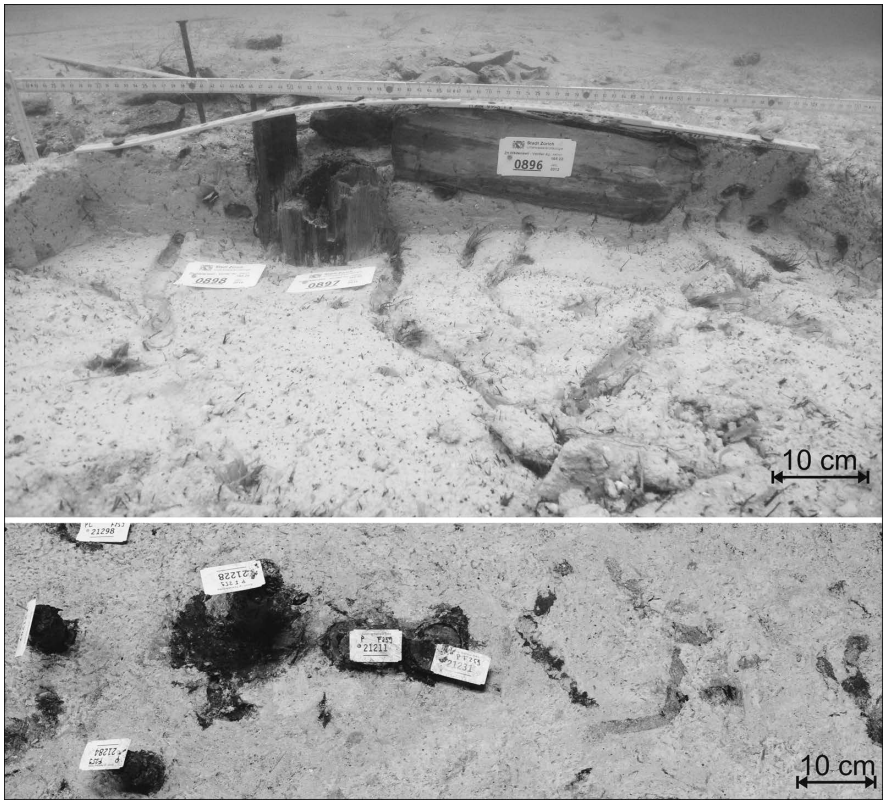


Abb. 40. Oben: Ausgrabungssituation unter Wasser mit rezenten Schilfrhizomen. Unten: Unterkante von Schicht 13 in der Aufsicht mit Gängen dunklerer Seekreide, die vermutlich auf abgebaute Rhizome zurückzuführen sind.

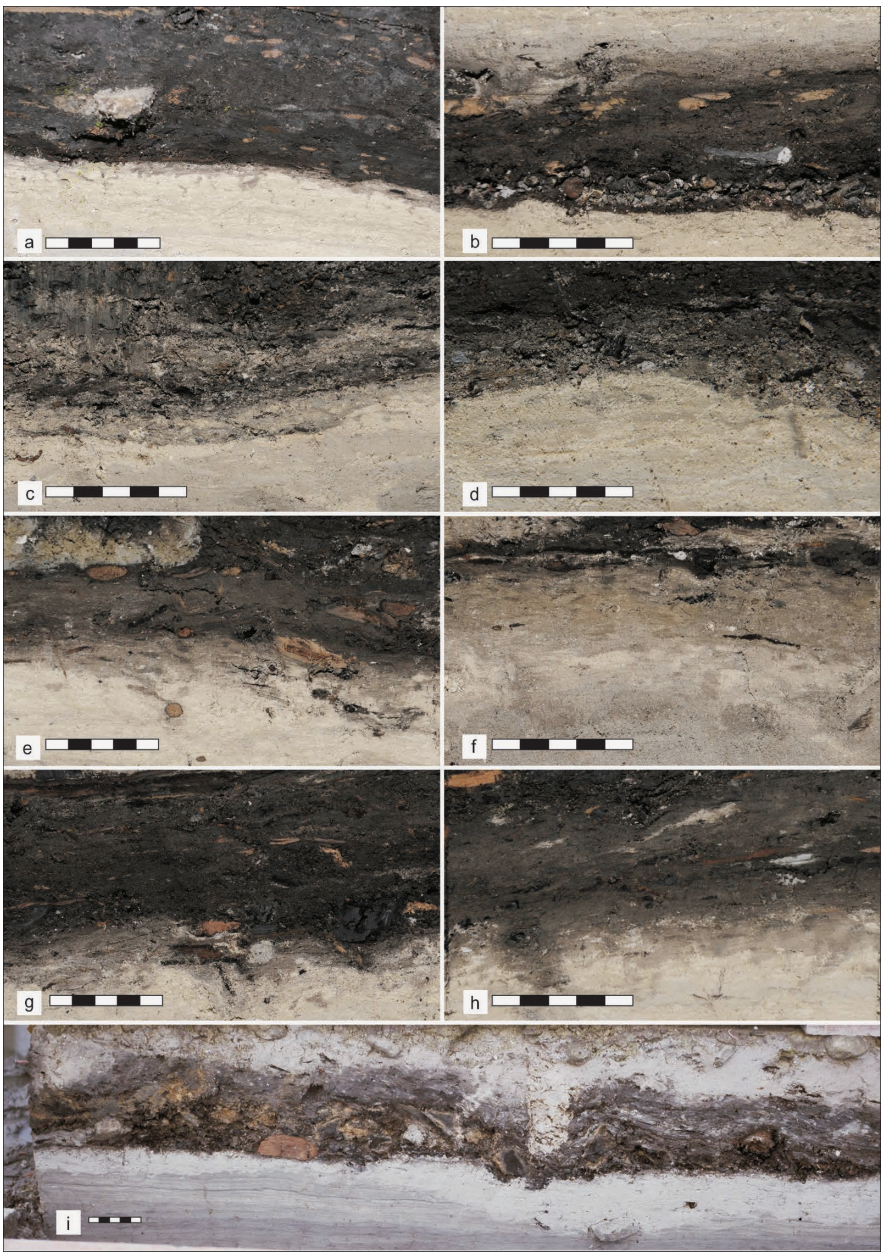


Abb. 42. Verschiedene Ausprägungen der Kulturschichtbasis. a) Die häufigste Variante mit scharfem Übergang und dünner Bioturbationszone. b) Scharfer Übergang ohne Bioturbation, hier mit Kies im Detritus. c) Mögliche mechanische Störung der Unterkante. d) Erhöhte mineralische Anteile an der Basis der Kulturschicht mit undeutlicher Bioturbationszone. e–h) Breitere Bioturbationszone und deutliche Seekreideeinlagerungen im Detritus der Kulturschicht («Breite Basis»). f) Mehrere Zentimeter breite Mischzone von organischem Detritus und Seekreide. i) Hornstaad-Hörnle IA, punktuelle Disruption der Seekreidebänderung unter der Kulturschicht.

In den meisten Bereichen war der Übergang von der Kulturschicht zur Seekreide sehr scharf (Abb. 42 a, b). Es gab allerdings auch andere Ausformungen: Oft war die Basis in begrenzten Bereichen krümelig mit einem höheren mineralischen Anteil (Abb. 42 d). Dieser konnte auch noch von etwas Seekreide überlagert werden, bevor der eigentliche Detritus begann (Abb. 42 c). Diese Typen waren nie über mehrere Quadratmeter hinweg gleichartig verteilt.

Häufiger war die Ausformung als «unscharfe Basis»: ein mehrere Zentimeter mächtiger, von organischen Substanzen braun gefärbter Streifen Seekreide unter der Kulturschicht (Abb. 42 e, f, g). Es gab auch fliessende Übergänge mit seekreidereicher Kulturschicht über unscharfer Basis (Abb. 42 h). Weil diese Beobachtungen erst im Verlauf der Ausgrabung gemacht wurden, konnten sie nicht systematisch dokumentiert werden. Die Profilfotos zeigen aber, dass eine unscharfe Basis vor allem im Bereich der auslaufenden Schichten landwärts und selten auch seewärts vorkam (Abb. 43). Im östlichen, landwärtigen Bereich lässt sich eine zusammenhängende Fläche definieren, in der die Kulturschichtbasis als mehrere Zentimeter mächtige Mixtur aus organischen und mineralischen Bestandteilen ausgeprägt war. Im seewärtigen Teil war dies weniger klar der Fall. Mächtigere Mischbasen lagen nur im Nordwesten vor, könnten dort aber auch auf einen anderen schichtgenetischen Prozess mit ähnlicher Wirkung zurückzuführen sein.

Am Beispiel von Hornstaad-Hörnle IA (D) kann die Wirkung von der Begehung weicher Seekreide dargestellt werden: Während die Bänderung der Seekreide an vielen Stellen bis direkt an die Unterkante der Kulturschicht reicht, ist sie punktuell scharf durchschnitten (Abb. 42 i). Zwar hat sich die Seekreide nach der mechanischen Disruption wieder angelagert, doch blieb die Bänderung dabei zerstört, was im Profilfoto klar ersichtlich ist. Die punktuell stark schwankende Höhe dieser Disruption mit manchmal fast eckigen Konturen lässt einzelne Tritte erkennen und schliesst fliessende Ursachen wie Erosion aus. Dass dieses Phänomen nur an der Kulturschichtbasis beobachtet wurde, spricht stark dafür, dass es anthropogen ist. Entsprechende Hinweise auf mechanische Eingriffe wurden anhand von

Zum Inhaltsverzeichnis

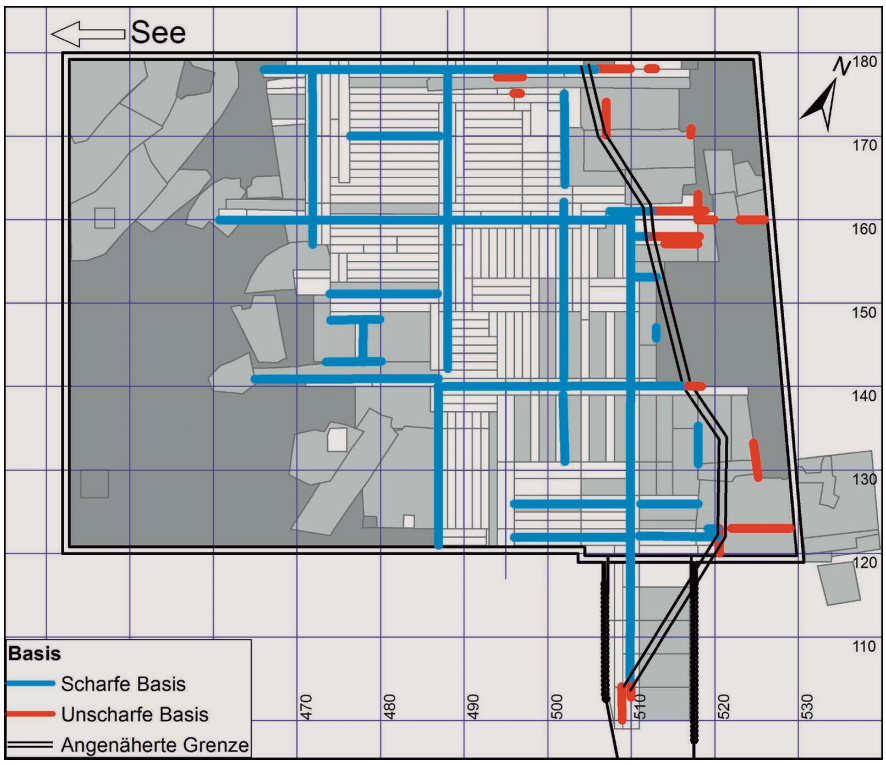


Abb. 43. Verbreitung der unscharfen Basen in der Fläche.

Profilfotos auch für Parkhaus Opéra gesucht. Dabei wurde eine repräsentative Zahl von fast 1000 m² semiquantitativ erfasst. Ungeachtet möglicher Ursachen wurde jede sichtbare mechanische Störung der Seekreideoberfläche gezählt. Dabei ist festzuhalten, dass selbst bei einer vergleichsweise hohen Zahl von Störungen, wie z.B. dem seltenen Fall von sechs Impressionen in einem Quadratmeter, noch immer der grösste Teil der Seekreideoberfläche intakt war, da die meisten Eingriffe sich nur über wenige Zentimeter bzw. Quadratzentimeter erstreckten. Zur Erfassung wurde eine breite Basis mit «9» codiert und das auf 3 m² beobachtete völlige Fehlen der Seekreide mit «10». Beispiele für mechanische Eingriffe aus der Kulturschicht in die Seekreide sind in Abb. 44 dargestellt und bei Lehmstelle 1317 (Taf. 7) im Detailfoto b dokumentiert. Die Ergebnisse der Zählung wurden in Abb. 45 kartiert. Zwar gab es mehrfach Bereiche von zusammenhängenden Quadratmetern, in denen entweder gehäuft mechanische Beeinträchtigungen der Seekreideoberfläche stattgefunden haben oder aber keinerlei solche Phänomene dokumentiert wurden. Eindeutige Muster liessen sich jedoch kaum identifizieren. In manchen Bereichen liegen solche Impressionen in die Seekreide häufiger zwischen Lehmstellen als unter ihnen, wie z.B. zwischen den Lehmstellen 1315 und 1317 sowie zwischen 1314 und 1316. Generell lässt sich aber konstatieren, dass sie auch unter Lehmlagen auftreten. Es stellt sich die Frage, wie diese Häufung zu interpretieren ist. Dass Lehmlagen eine versiegelnde Wirkung haben konnten, ist nicht erstaunlich. Die Anzahl der Ereignisse unter den Lehmen könnte daher mit der Dauer bis zur ersten Lehmablagerung erklärt werden. Phänomene mit einer klar begrenzten Disruption der Seekrei-

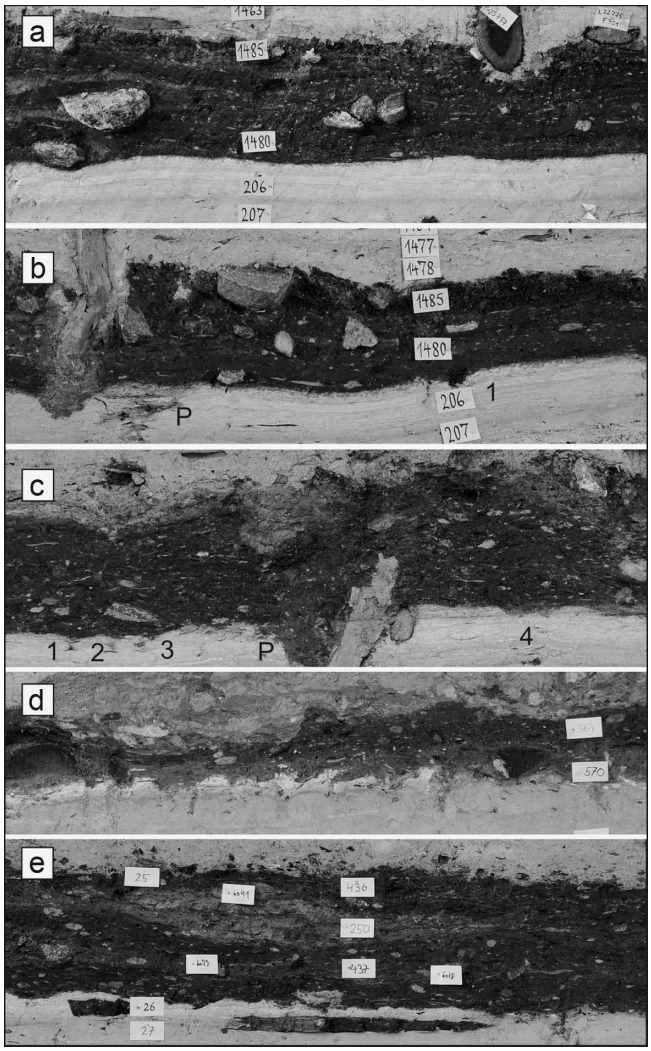


Abb. 44. Beispiele für die semiquantitative Erfassung mechanischer Eingriffe aus der Kulturschicht in die Seekreide. a = 0, b = 1, c = 4, d) codiert als «9». e) codiert als «10» (Seekreide entfernt). «P» = Pfahlverzug.

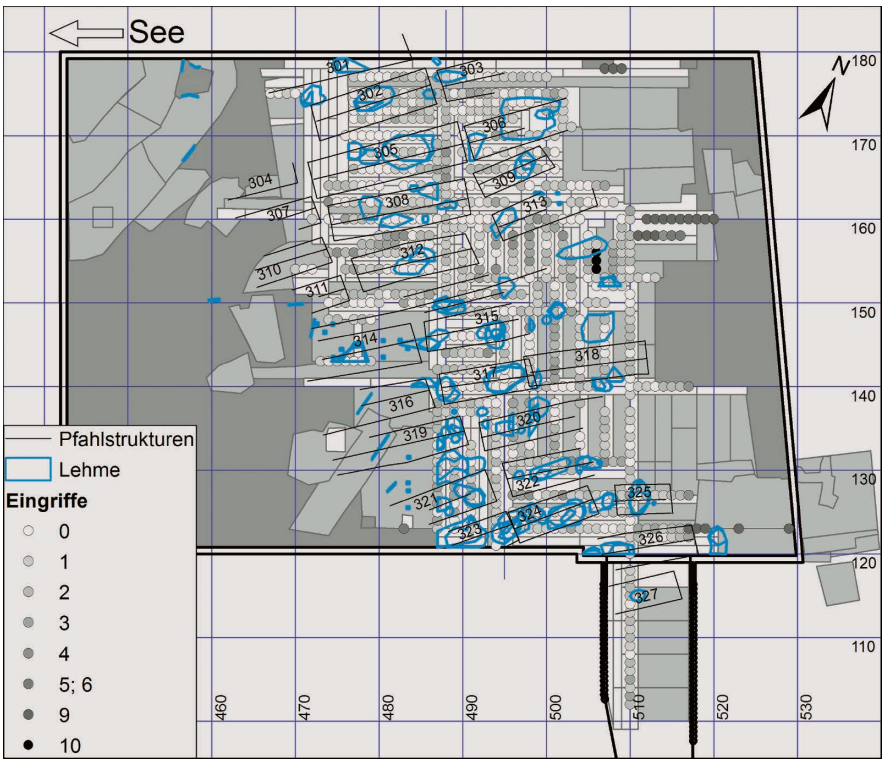


Abb. 45. Kartierung der semiquantitativen Erfassung mechanischer Eingriffe in die Seekreide.

debänderung, die jenen aus Hornstaad-Hörnle IA ähneln, wurden letztlich nur auf 3 m² angetroffen (Abb. 45). Das Ergebnis zeigt also, dass die mechanischen Einwirkungen auf den Siedlungsuntergrund auf der weit überwiegenden Fläche sehr schwach waren.

2.1.3 Zur Frage der Existenz von lehmstellenübergreifenden Horizonten

Verschiedentlich wurde während der Grabung versucht, lehmstellenübergreifende Horizonte herauszuarbeiten. Dies geschah in der Hoffnung, eine über grosse Flächen hinweg nachgewiesene Strate könnte als Referenz für die Synchronisierung verschiedener Lehmstellen dienen. Im Fall von relativ scharf definierten Detritusschichten (z.B. «unterste organische Schicht, direkt auf Seekreide»), die in sich nicht unterteilt werden können, führt dies unweigerlich zu logischen Problemen: Wenn eine solche Schicht über einige oder sogar Dutzende Meter hinweg definiert wird, kommt es im Bereich komplexer Stratigraphien mit seitlich verschobener Ausdehnung von Lehmbefunden dazu, dass dieselbe Schichtnummer sowohl in einem vierphasigen als auch in einem sechsphasigen Kontext jeweils das unterste Stratum markiert. Das unterste Stratum des vierphasigen Systems (Phase 1) ist aber mit den Phasen 1–3 der sechsphasigen Lehmstelle zu korrelieren, wobei dieselbe Schichtnummer Phase 1 des sechsphasigen wie des vierphasigen Systems bezeichnet. Die Schicht enthält sich damit selbst als Untermenge. Ein Beispiel wird bei Lehmstelle 1333 dargestellt (Kap. VII.2.2.8). Es sollte deshalb besser jede Schichtnummer konsequent nur innerhalb einer Lehmstelle verwendet werden. In Lehmstelle 1333 hätten separate Schichtnummern für das vier- und sechsphasige System definiert werden müssen. Die Detritusschichten sind wegen ihrer Homogenität nicht individualisierbar und daher keine geeignete Basis für eine Horizontdefinition.

In einem anderen Beispiel wurde eine Rindenkonzentration beobachtet, auf der immer wieder etwa handtellergrosse Lehmflecken lagen. Da die Vermutung bestand, dass hier Reste einer Konstruktion vorliegen, wurde eine Schichtnummer vergeben. Ein ähnliches Phänomen von Rinden und Tonflecken wurde später punktuell in ein paar Metern Distanz angetroffen und trotz fehlenden physischen Kontakts mit derselben Schichtnummer versehen. Schnell ergab sich Uneinigkeit zwischen verschiedenen Teamleitern. Der eine vermutete darin einen Horizont, der sich in diesem Bereich durch die gesamte Horgener Kulturschicht zieht. Der andere hielt entgegen, dass Lehmflecken vergleichbarer Grösse auch in anderen Höhen derselben Kulturschicht regelmässig auftraten und daher kein geeignetes Kriterium für eine Horizontdefinition bildeten. Die genauere Prüfung im weiteren Verlauf der Grabung zeigte, dass die Lehmflecken nicht nur regelmässig in verschiedenen Höhen, sondern auch ohne Rinden auftraten. Es handelt sich daher um einen Prozess, der an vielen Orten in der Siedlungsfläche wiederholt stattgefunden hat, der aber keinen durchgehenden Horizont darstellt, der auf ein einmaliges Ereignis schliessen liesse.

2.2 Ausgewählte Lehmbefunde

Da auf der Grabung Parkhaus Opéra keine Wandbefunde oder Hausböden im konstruktiven Verband angetroffen wurden, sind die Pfähle und Lehme die einzigen direkten Reste der Architektur. Dabei soll aber nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Lehme auch eine Funktion gehabt haben können, die nicht mit architektonischen Elementen in Zusammenhang stand. In Schicht 13 wurden insgesamt 60 Lehmstellen dokumentiert (Abb. 46), von denen 50 im regulär ausgegrabenen Teil lagen. Wie in Kap. III.4 ausgeführt, wurde auf freihändige Rekonstruktionen und Glättungen der Schichtgrenzen verzichtet. Wenn also aufgrund

Zum Inhaltsverzeichnis

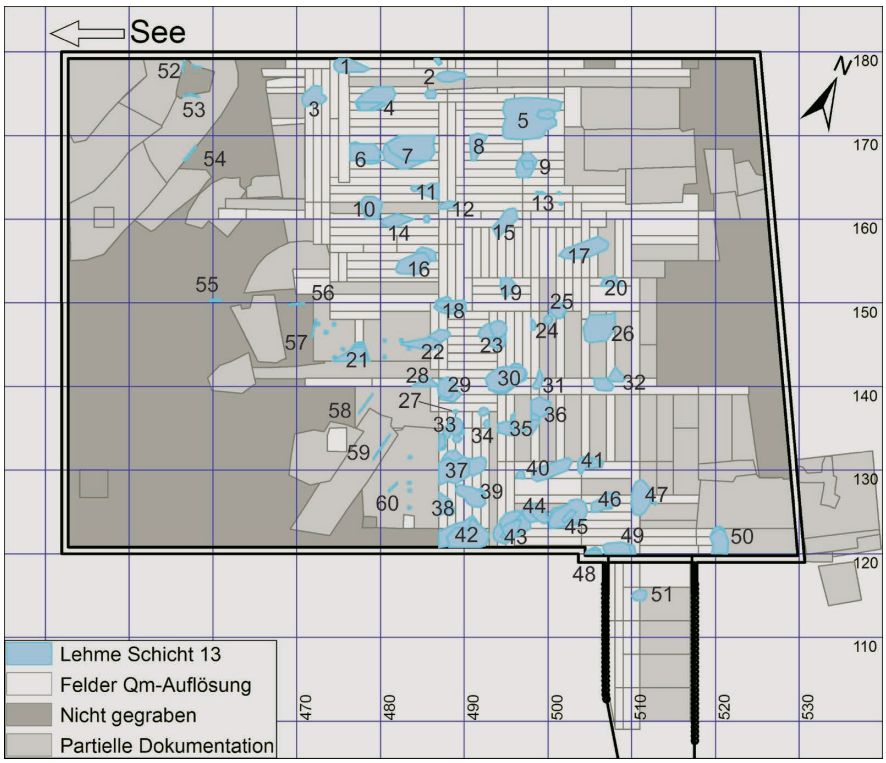


Abb. 46. Verbreitung der Lehmstellen und ihre Nummerierung (zur besseren Übersicht wurden die ersten Ziffern der Lehmstellennummer auf dem Plan weggelassen: 1 = 1301, 60 = 1360).

der Streifenstruktur der Grabungsfelder eine Lehmstelle durch Grobgrabungen zerschnitten wurde und der Verlauf der Schichtgrenzen nicht im Detail rekonstruierbar war, wurde eine gerade Linie zwischen den Punkten gezogen, wo der Lehm im Profil sichtbar ist. Das erklärt die zum Teil grob umrissenen oder gar antiintuitiven Formen der Lehmbefunde. Generell ist bei den Lehmstellen zu beobachten, dass sie meist mehrphasig sind. Der ihrer Ablagerung zugrunde liegende Prozess fand also mindestens zweimal am selben Ort statt. Die Gesamtzahl dokumentierter Lehmbefunde liegt weit höher als die der Lehmstellen, weil mehrere Lehmbefunde in einer Lehmstelle lagen. Von den 50 gut dokumentierten Lehmstellen bestanden nur 11 aus einer einzigen Lehmablagerung; 27 wiesen zwei erkennbare Phasen auf. In 9 Fällen fanden sich 3 Lehmbefunde. In 2 Fällen liessen sich 4 Lehmbefunde übereinander mit zumeist eingeschalteten Detritusschichten erkennen. In 14 Fällen waren streifige Befunde in die Lehmstellen eingeschaltet, die in Kap. VII.2.4 als mögliche Abfallhaufen diskutiert werden.

Im Folgenden wird nur eine Auswahl an Lehmstellen im Detail vorgestellt. Sie repräsentieren das ganze Spektrum an Erscheinungsformen und die gesamte Fläche, sodass sich anhand dieser Lehmstellen für das archäologische Verständnis wichtige Befunde besprechen lassen. Angaben zu allen Lehmstellen sind in Tabelle 1 im Anhang zusammengefasst[93] und in elektronischer Form erhältlich[94].

2.2.1 Lehmstelle 1303 (Taf. 3)

Die Deposition begann eher untypisch für Schicht 13 mit einem kleinen Hügel von Fragmenten meist verziegelten Lehms (Snr 1093, Phase 1), der direkt auf der Seekreide lag. Unterliegende Rinden oder Hölzer wurden nicht angetroffen. Trotz des Lehmgewichts war die Basis flach. Im Lehm waren unregelmässig organische Einschlüsse zu finden. Auf ihn folgte eine Schicht von lehmig durchsetztem Detritus (Snr 1094, Phase 2), der mit wachsender Distanz zum Lehmkörper (Snr 1092, Phase 2) schnell deutlich organischer wurde. Darauf lag ein hellgrauer Brockenlehm (Snr 1090, Phase 3), der sich deutlich über dem älteren Lehm aufwölbte. An seinen abfallenden Seiten wurde er von Detritus überlagert (Snr 1091, Phase 4), seine Kuppe dagegen lag in der Seekreide darüber und fiel im Vergleich zur sonstigen sehr rauen Silhouette durch eine sehr glatte Oberfläche auf. Auffällig ist, dass mehrere Zentimeter oberhalb des Depositionsniveaus von Lehm 1090 gleichartige Brocken im Detritus 1091 eingelagert waren.

2.2.2 Lehmstelle 1304 (Taf. 3)

Auf dem grössten Teil der Fläche lag an der Basis der Kulturschicht organischer Detritus (Snr 330, 259, Phase 1). In Profil 480/175 aber fand sich von der Basis der Kulturschicht bis stellenweise zur überdeckenden Seekreide hinauf ein haufenförmiger Mischbefund aus Lehm, Hüttenlehmfragmenten, Sand, Knochen, Knochenartefakten, Silices und Kies. Er war eng und im Detail untrennbar mit einem grossflächig ausgegrabenen und vielfach ca. 15 cm mächtigen Lehm (Snr 314, Phase 2) verzahnt, dessen randlicher Ausläufer in den oben genannten Mischbefund hineinreichte. Snr 314 enthielt neben kompaktem grauem Lehm einige bis faustgrosse Steine und viele verkippte rot gebrannte Lehmfragmente, die teilweise in Nestern zusammenlagen, aber mangels erhaltener Originaloberflächen oder Rötungsgradienten keinen Zusammenhang erkennen liessen. Der Lehm dünnte zu den Rändern hin stark aus und zeigte dabei teilweise Brockenstruktur. Auf diesem Lehm lag ein schwer zu definierendes dunkles Band, das mutmasslich aus lehmdurchmischtem Detritus bestand (Snr 340, Phase 3). Zuoberst fand sich ein kleinerer Flacher

Lehm, der in Schlieren auslief und teilweise eine geschichtete Struktur aufwies (Snr 337, 339, Phase 4). Er enthielt hellgraue unverziegelte und rötliche verziegelte Lehmbrocken.

2.2.3 Lehmstelle 1305 (Taf. 4, 5)

Von Norden nach Süden grabend wurde im Oktober 2010 in Qm 498/173 der erste, unversehrte Teil einer Holzkonstruktion aufgedeckt, die sich noch am selben Tag anhand der erhaltenen Scharnierzapfen als klar erkennbares Türblatt herausstellte (Kap. VII.2.8.5). Entsprechend wurde in den umgebenden Quadratmetern noch vorsichtiger vorgegangen als sonst. In den Quadratmetern rings um Qm 499/172 liessen linear angeordnete Steine und ungewöhnliche Ausprägungen des Lehms komplexere Baubefunde vermuten. Daher wurde eine Fläche von 14 m² ausgeschieden, unter der Leitung von Peter Schwörer besonders vorsichtig ausgegraben und gründlich dokumentiert. Der Abtrag der Kulturschicht erfolgte schichtweise mit Verprobung im Viertelquadratmeter-Raster und Flächenfotos. Im Bereich des Türblatts wurde der Abtrag grossteils mit einem feinen Wasserstrahl und einem Industriesauger vorgenommen. Dabei wurden viele Details wie Schlehenkerne, diverse Pflanzensamen und feine Sandbänder beobachtet, die bei konventioneller Grabungstechnik unbeachtet geblieben wären. Selbst Funde von Nagerzähnen mit einem Durchmesser von etwa 1 mm wurden hier separat aufgenommen.

Es zeigte sich, dass der vermeintliche Baubefund durch neuzeitliche Störungen entstanden war. Eine west-östlich verlaufende Rinne, die alle über Schicht 13 liegenden Befunde zerstört hatte, hatte auch die Oberkante von Schicht 13 touchiert. Dabei wurden Steine aus der Schicht und aus darüber liegenden Befunden verlagert und entlang der Rinne ausgerichtet. Brocken von Kulturschicht und Lehm wurden teils wie mit einer Pflugschar gewendet und ergaben auf kleinstem Raum inverse Stratigraphien. Der Querschnitt der Rinne liess an einen flachen Schiffsrumpf denken. Möglicherweise steht die Rinne im Zusammenhang mit dem Transport von Kalksteinquadern für den Bau der Schanze von 1645. Diese Störung griff glücklicherweise nicht tief genug in die Schicht ein, um die Tür und ihr Umfeld zu zerstören. Obwohl klar war, dass keine Bausonderbefunde zu erwarten waren, wurde die Feinstgrabung fortgesetzt, um den Ablagerungskontext der Tür genauer zu beschreiben und um zu evaluieren, welche Informationen bei der Standardvariante der Feingrabung verloren gehen.

Die Feinstgrabung resultierte in der Definition unzähliger kleinräumiger Einzelschichtkörper. Ihre flächige und stratigraphische Verzahnung war ausgesprochen komplex, konnte aber ohne unzulässige Simplifizierung zusammengefasst werden. Demnach lag an der Basis ein Kulturschichtbefund von meist etwa 2–5 cm Mächtigkeit, dessen organischer Anteil sehr feinkörnig war und der neben disperser Seekreide (Nachweis durch Salzsäuretest) vor allem viele übereinander liegende Sand- und Feinkiesbänder bzw. -nester enthielt (Snr 1036, 1230–1236, Phase 1). Molluskenbruch wurde nur in manchen dieser Kieskörper beobachtet, in einigen anderen lagen weiche, krümelige Kalkkonkretionen. Der Kies erreichte Korngrössen bis 1,5 cm. Dieser Befund (Taf. 4, Details a, b) lag 3 m von einem grossen Kiesriegelbefund (Snr 594, vgl. Kap. VII.2.7.1) entfernt. Darüber lag ein Detritus mit kleinen Holzspänen, Zweigen, Rinden und Rindenfetzen sowie Holzkohle und Steinen (Snr 1227, 1228). An und unter liegenden Hölzern und Steinen wurden vermehrt Sandbänder beobachtet. Bei den liegenden Hölzern wurden sowohl unversehrte als auch raue, erodierte Oberflächen vorgefunden. In diesen Detritus eingebettet lag das Türblatt (Taf. 5). Auf gleicher stratigraphischer Höhe konnte daneben ein Schichtteil definiert werden, der sich zusätzlich durch einen deutlich sichtbaren weisslich-grauen Schichtanteil sowie Holzkohle und vereinzelte Moose auszeichnete (Snr 1229, Taf. 4, Detail a). Er schäumte bei Applikation von Salzsäure verhalten, aber eindeutig. Aufgrund der Konsistenz und Farbe gingen die Ausgräber davon aus, dass es sich um Asche handelt, was grabungstechnisch nicht nachgewiesen werden konnte. Nach Süden verlief dieser Befund zwischen zwei Störungen weiter und ging in Snr 1034 auf, die als mutmasslicher Abfallhaufen zu Lehmstelle 1309 gehört (vgl. Kap. VII.2.4).

Über diesen Detritusschichten lag ein über eine Fläche von knapp 40 m² streuender Brockenlehm mit stark schwankenden Anteilen von Lehm und Detritus (Snr 1040, 1225, Phase 2). Einzig im Bereich von Qm 496/171 erreichten punktuelle Anhäufungen eine Mächtigkeit von 10 cm, ansonsten handelte es sich um eine sehr lockere Streuung von oft unverbundenen Einzelstücken in Detritus mit einer Mächtigkeit von oft nur 1–3 cm (Snr 1040, 1218, 1225, 1209, Phase 3). Darin tauchten neben sehr kleinen kalzinierten Knochen Fragmente mit dunklen bis schwarzen Oberflächen auf und solche mit rundlichen Abdrücken, von denen unklar ist, ob es sich um Abdrücke von Steinen oder Holz handelt. Dazwischen wurden auch Sandlinsen und Kiesel dokumentiert. Ausserhalb der Feinstgrabung wurden im nördlich anschliessenden Bereich zwar Lehmflecken in der Kulturschicht wahrgenommen, aber nicht als Ausläufer einer Brockenstreuung erkannt, weswegen die exakte nördliche Grenze nicht dokumentiert ist. Ein aufschlussreiches Detail wurde in Profil 495/170 dokumentiert (Taf. 4, Detail c). Hier wurde ein Pfahl angeschnitten, der in einem Winkel von fast 45° geneigt war. Da die Pfähle ringsum weitgehend aufrecht standen, kann diese Schrägstellung nicht mit Kriechbewegungen des Sediments erklärt werden – sie hätten alle Pfähle betroffen, die zum Zeitpunkt der Bewegungen bereits eingerammt waren (vgl. Kap. VII.2.8.2). Interessanterweise waren die Brocken des Lehms auf diesem Pfahl abgelagert, was impliziert, dass er zum Zeitpunkt der Ablagerung bereits in diesem Winkel stand.

Über diesem Brockenlehm folgte ein weiterer Detritus, der oft lehmig durchsetzt war und neben Haselnüssen auch grössere Mengen mutmasslicher Asche sowie verbrannter und unverbrannter Knochen enthielt (Snr 1213, 1214, 1216, 1217, Phase 4). Im Bereich 498/170 bis 501/170 fand sich an der Oberkante eine 1–4 cm mächtige Lage Holzkohle (Snr 1208, Phase 4). Der obere Abschluss der Kulturschicht konnte aufgrund der oben genannten Störung nicht dokumentiert werden, doch wurden oberhalb der Holzkohle noch Reste eines zweiten, deutlich kleineren Lehms angetroffen, der verziegelte und unverziegelte Brocken enthielt (Snr 1205, 1206, Phase 5).

2.2.4 Lehmstelle 1307 (Taf. 6)

Die Deposition begann mit gut erhaltenem organischem Detritus (Snr 356, 1446, Phase 1). Er erreichte im westlichen Bereich ein Sandband (Snr 1068), das in der benachbarten Lehmstelle 1306 teils auf eine mineralische Anhäufung mit wenigen Funden (z.B. einem Beilholm) folgte. Über Snr 356/1446 lag ein grossflächiger, in seinem Zentrum bis

20 cm mächtiger Lehm, dessen Erscheinungsbild in der Fläche stark wechselte (Snr 350, 1445, 351, Phase 2). In seinem flächenmässigen Zentrum bestand er fast ausschliesslich aus verziegeltem Lehm mit nur sehr wenig unverziegeltem Lehm an der Basis. Gradienten der Rötung (Hitzeeinwirkung) waren keine zu erkennen. An der Peripherie dagegen war er wechselnd grau oder braun, lief ohne scharfe Grenzen aus und zeigte zunehmend organische Einschlüsse. In Profil W169 war er teils brockig und nur schwer vom darüber liegenden Lehm zu trennen (Taf. 6, Detail a). Flächige Rindenlagen wurden nicht beobachtet. In manchen Bereichen seiner Ausdehnung wurde dieser Lehm von einem organischen Band überlagert (Snr 359, 1444, 1073, 1074, Phase 3). Im grössten Teil der Fläche aber folgte auf den Lehm von Phase 2 direkt ein zweiter Lehm, der auf seiner gesamten Fläche als extreme Form des Brockenlehms ausgeprägt war (Snr 349, 360, Phase 4, Taf. 6, Detail b). Hier fanden sich hauptsächlich scharfkantige, hellgraue Bruchstücke in dunklem, organischem Detritus. Daneben kamen auch verziegelte Fragmente vor, wenn auch in viel geringerem Mass als im darunter liegenden Lehm. In seinem Zentrum bildete dieser Lehm die Oberkante der Kulturschicht und hatte direkten Kontakt zur Seekreide darüber. An seinen Flanken lag auf dem oberen Lehm ein organischer Detritus auf (Snr 362, Phase 5). Das zeitliche Verhältnis vom oberen Lehm zum obersten Detritus war nicht eindeutig, weil es auch Bereiche gab, wo Lehmteile über dem Detritus auftauchten. Dies könnte gut auf eine ehemalige hügelartige Anordnung der Lehmfragmente zurückgehen, die nach Bildung des Detritus hangabwärts auf diesen verlagert wurden. Die hier vorgestellte Phasengliederung basiert auf dieser Annahme.

2.2.5 Lehmstelle 1317 (Taf. 7)

Die Dokumentation dieser Lehmstelle ist wegen auf der Grabung irrtümlich vertauschter Schichtnummern mangelhaft und im Detail schwer zu rekonstruieren. Sie ist dennoch interessant: Es handelte sich dabei um drei übereinander liegende Lehme sehr unterschiedlicher Grösse und Ausprägung mit einer ungewöhnlichen Kulturschichtbasis. Die Unterkante der Kulturschicht fiel dadurch auf, dass die helle Seekreide und Schicht 12 PH hier innerhalb weniger Dezimeter ausdünnten und schliesslich gänzlich fehlten (Taf. 7, Detail b, rote Ausdehnungsmarken). Punktuell waren die Seekreidebänderungen von mechanischen Eingriffen aus Schicht 13 durchrissen (Taf. 7, Detail b, rote Pfeile). Dieser Befund ist einzigartig in Parkhaus Opéra. Auf dieser ungewohnt turbulenten Basis begann die Deposition der Kulturschicht mit organischem Detritus, in dem eine Vielzahl von Stängeln auffielen (Snr 437, Phase 1, Taf. 7, Detail a). In diesem Detritus lagen drei halbierte dünne Stämme eng beieinander mit den Bruchflächen nach oben und darauf – ebenfalls der Länge nach – ein Spältling. Konstruktive Details oder Zusammenhänge mit weiteren Objekten wurden nicht beobachtet. Darauf lag eine nur etwa 1 m² umfassende und bis 2 cm mächtige Lehmlage (Snr 251, Phase 2). Über einem weiteren Detritus (Snr 252, Phase 3) folgte ein stark mit Detritus durchsetzter heterogener Lehm bis 10 cm Stärke, dessen Ränder sehr dünn ausliefen (Snr 250, Phase 4). Er wurde von gebändertem Detritus mit mineralischen Anteilen und vielen Funden überlagert (Snr 436, Phase 5). Darauf folgte ein nur auf etwa einem halben Quadratmeter fassbarer Lehm, der auf einer Reihe grosser Gefässscherben aus dem Abfallhaufen auflag (Snr 249, Phase 6). An der Oberkante der Lehmstelle lag direkt der Reduktionshorizont. Aufgrund mehrerer Fehler in der Schichtbenennung während der Grabung kann die Ausdehnung der drei Lehme nicht mit Sicherheit angegeben werden. Für die Kartierung der Lehmstellen wird das wahrscheinlichste Szenario verwendet, demzufolge die dünnen Lehmnachweise in den Profilen der Wände 505, 503 und in Fläche 501 zu Phase 2 gehören.

2.2.6 Lehmstelle 1321 (Taf. 8)

Während der letzten regulären Grabungstage wurde im nördlichen Profil in einem nach Westen ausgerichteten Suchschnitt, der nur unter Beaufsichtigung der Statiker angelegt werden durfte, eine mehrlagige grosse Lehmstelle angeschnitten.

Die Deposition begann mit einem dünnen Band eines Gemischs aus Detritus und Seekreide, das im Detail sichtbar in horizontale Bänder gegliedert war (Snr 1824, Phase 1). Es wurde seewärts dünner und lief etwa in Qm 475/142 aus. Darüber folgte ein grauer, grob homogener und an Brocken und Fragmenten sehr reicher Lehm, der in Qm 478/143 knapp 15 cm mächtig war. Seewärts wurde er schnell sehr dünn und lief – ebenfalls im Profil sichtbar – in Qm 475/142 aus (Snr 1823, Phase 2, Taf. 8, Detail a). Im dicksten Bereich konzentrierten sich oben brandgerötete Fragmente, doch wurden keinerlei zusammenhängende Oberflächen und kein intakter Rötungsgradient beobachtet (Taf. 8, Detail b). Über dem Lehm lag ein weiterer Detritus, der einen geringen, aber eindeutigen Seekreideanteil aufwies. Darüber folgte ein bis 15 cm mächtiger, recht kompakter Brockenlehm voller Hüttenlehmfragmente mit gut erhaltenen Oberflächen, die ebenfalls keinen Bezug zueinander aufwiesen (Snr 1821, Phase 4, Taf. 8, Detail b). Zu seinen Rändern hin dünnte er schnell aus. Der darauf folgende Detritus hatte im westlicheren Teil zwischen den dicker ausgebildeten Lehmbefunden einen eher geringen Seekreideanteil, der zum See hin zunahm (Snr 1820, 1827, Phase 5). Dort war die organische Fraktion ausgesprochen feinkörnig, sodass diese Schicht einen hellbraun-cremigen Charakter erhielt (Detail a). Bei allen Schichten war der Salzsäuretest positiv. Es folgte ein letzter Lehmbefund, der einen deutlich kompakteren Eindruck machte und in seiner Struktur weniger Brocken erkennen liess. Beim Ausgraben zeigte sich jedoch, dass auch er viele unzusammenhängende Hüttenlehmbrocken mit Oberflächen enthielt (Snr 1819, 1826, Phase 6). Gegen Westen hin dünnte er zunehmend aus und enthielt grössere Anteile organischer Beimischungen, dann lief er graduell aus. Er wurde von einem Detritus überlagert, der wenig oder keine Seekreide enthielt. Im östlichen Bereich lag über ihm eine Holzkohleschicht (vgl. Kap. VII.2.3).

2.2.7 Lehmstelle 1323 (Taf. 9)

Die Deposition begann mit organischem Detritus (Phase 1). Darauf fand sich ein dünner Lehm aus kleinen Stücken in organischer Matrix (Snr 52, Phase 2). Er erwies sich als nirgends flächendeckend, war aber als Lehmbrockenstreuung auf 4 m² fassbar. Über einem weiteren Detritusband folgte ein bis zu 20 cm mächtiger Lehmbefund (Snr 228, Phase 4), der in grossen uneinheitlichen Klumpen abgelagert und von organischen Bändern durchzogen war. Er wurde von einem kleinen Lehm gleicher Ausprägung überlagert (Snr 227, Phase 5), dessen Abgrenzung zu Phase 4 nicht immer klar war. Darüber lag ein 5–10 cm mächtiges Band aus Detritus

(Snr 231, Phase 7). Den Abschluss bildet ein heterogener Lehm, der auf mehreren Quadratmetern dokumentiert wurde. Er war auf einer Länge von ca. 1,5 m bis zu 15 cm mächtig, im restlichen Verlauf deutlich dünner. Er enthielt Holzkohle und war stellenweise mit der in der Umgebung vorkommenden Brandschicht verzahnt (vgl. Kap. VII.2.3). Keiner dieser Lehme bildete eine geschlossene Schicht mit einheitlicher Oberfläche.

2.2.8 Lehmstelle 1333 (Taf. 10)

Diese extrem kleinteilige Anordnung verschiedener Lehmkörper konnte nur in groben Zügen stratigraphisch untergliedert werden. Sie war ein anschauliches Beispiel dafür, welche Probleme sich ergeben können, wenn versucht wird, einzelne Schichten – besonders Detritusschichten – schon während der Ausgrabung über möglichst weite Strecken zu identifizieren und weiterzuführen. Die Definition für Snr 406 war ursprünglich «erster (unterster) Detritus». Auf Taf. 10, Detail c, ist ersichtlich, dass diese Definition sowohl rechts im Bild als auch links im Bild korrekt angewendet wurde. Versucht man allerdings, die beiden Bereiche zu verknüpfen, so ergibt sich, dass 406 (rechts) neben sämtlichen dünnen Detritusbändern links im Bild auch Snr 406 (links) in sich vereinigt. Damit ergibt sich das logische Paradox, dass 406 Untermenge von 406 wird.

Da in dieser hochkomplexen Stratigraphie folglich eine ganze Reihe inkompatibler Schichtnummern vergeben wurde, konnte der gesamte Befundkomplex nur in eine frühere und eine spätere Phase untergliedert werden. Es gibt jedoch keine Garantie dafür, dass die einzelnen Lehme jeweils innerhalb dieser Phasen synchron abgelagert wurden. Die zeitliche Abfolge der Ablagerung der einzelnen Lehmkörper kann im Einzelnen nicht nachvollzogen werden.

Es handelt sich im Ganzen um eine Vielzahl kleiner, ausgeprägt linsenförmiger Lehmkörper, die in ihrem jeweiligen Zentrum 10–12 cm Mächtigkeit erreichten, diese Dicke jedoch selten über mehr als einen halben oder ganzen Meter beibehielten. Zu den Rändern hin wurden sie oft sehr schnell sehr dünn, d.h. unter 3 cm mächtig. In einigen Fällen war der Rand nicht zu definieren, weil sich der Lehm in kleinen Brocken verlor und zunehmend verwaschen erschien. In anderen Fällen hatten einzelne Lehmkörper klare Ober- und Unterkanten. Manche von ihnen hatten nur die Grösse eines Tellers. Im Gegensatz zur nahe gelegenen Lehmstelle 1334 (Taf. 10) waren die Zentren der einzelnen Lehmkörper häufig leicht gegeneinander verschoben. In allen grösseren Lehmkörpern wurden Fragmente gebrannten Lehms angetroffen, die in keinem Raumbezug zueinander standen, sondern in alle Richtungen verkippt lagen. An der Basis fand sich rings um Punkt 490/129 ein Kiesfleck von etwa 1 m Durchmesser.

2.2.9 Lehmstelle 1335 (Taf. 11)

Die Befunde in den Quadratmetern des Rechtecks 492/133 bis 498/137 waren sehr unklar. In diesem Bereich musste ein grösserer Teil grob gegraben werden. Rings um den Punkt 495/135 fanden sich in mehreren Lagen heterogene Schichten, die unter anderem auch Lehm enthielten, sodass sie als Lehme ausgegraben und bezeichnet wurden. Die gesamten Schichtkörper sind mit dieser Klassifikation aber nicht hinreichend beschrieben. Die Deposition begann meistens mit organischem Detritus, der teils auch etwas Lehm enthielt (Snr 703, 704, Phase 1). Darauf folgte entweder Detritus (Snr 406), der oft sandig war, oder ein Befund, der Lehm, Feinkies, Steine, Detritus, Rindenstücke bis 10 cm Grösse und viele Knochenfragmente enthielt. Er bedeckte eine Fläche von etwa 1 m² und war haufenartig bis 15 cm hoch (Snr 695, Phase 2). In Profil 496 bestand er weitgehend aus sehr kleinen Lehmbröckchen in organischer Matrix. Er wurde von Detritus überlagert, in den neben vielen Funden auch Sand und kleine Seekreidebrocken eingelagert waren (Snr 700, 701, 702, Phase 3). Darüber lag eine Schicht, die in Profil 496 als sehr brockiger Lehmhaufen erschien, nach Westen aber schnell sehr heterogen wurde und in Profil 495 kaum noch als Lehm zu erkennen war. Stattdessen waren es hier kleine Flecken von Lehm und Ton, aber auch Seekreide, etliche Zonen organischen Detritus, schwach gebrannte Lehmfragmente, Sandlinsen, etwas Kies und Steine (Snr 699, Phase 4). Auch Keramikfunde stammen aus dieser Schicht. Den oberen Abschluss bildete ein deutlich lehmhaltigeres Gemisch, in dem wieder verbrannte einzelne Lehmfragmente, unverziegelter Lehm und organisches Feinmaterial eingebettet waren (Snr 498, Phase 5). Insgesamt war die Funddichte in diesen Quadratmetern hoch.

Auffällig waren die in Profil 496 gut sichtbaren hellen mineralischen Schleier, die sich von den Lehmbefunden ausgehend durch den Detritus zogen. Bei genauer Betrachtung konnte man auch mehrere kleine und kleinteilige Lehmanhäufungen erkennen, die unter dem eigentlichen Lehmkörper Snr 699 lagen, von dünnen Detritusbändern überlagert wurden und jeweils eigene kleine Schleier ausgebildet hatten. Diese dünnen Schleierbänder waren sämtlich ungestört.

Nur etwa 1 m entfernt wurde im Grobgrabungsbereich ein weiterer Lehmbefund ausgegraben und notdürftig dokumentiert. Hier lag ein bis zu 20 cm mächtiger, ungemagerter Lehm, der eine etwa 3 m² grosse rundliche Fläche bedeckte. Er hatte eine Reihe rötlich-brauner Lehmfragmente an der Oberfläche.

2.2.10 Lehmstelle 1344 (Taf. 12)

Auf dem grössten Teil dieser Lehmstelle begann die Stratigraphie mit organischem Detritus (Snr 406, Phase 1). Im östlichen Teil von Profil 125 war ein kleiner Hügel mit streifigem mineralischem Material erkennbar, analog den Mischbefunden in den Lehmstellen 1304 und 1317 (s.o.). Er wurde jedoch nicht separat ausgegraben. Der folgende Lehm (Snr 1617, Phase 2) war nur auf einer kleinen Fläche deutlich erkennbar und bis 10 cm mächtig. Er enthielt Gefässscherben, und die Ausgräber erwähnten in der Schichtbeschreibung «dunkle organische und beige, seekreidige Schlieren». Der darüber liegende Detritus (Snr 1616, Phase 3) war bis 3 cm mächtig. Ihm folgte Lehm 1615 (Phase 4), der bis 20 cm mächtig wurde und ebenfalls etliche Gefässscherben enthielt. Die Grenzen dieses Lehms waren derart unscharf, dass Planzeichnungen und Profilfotos bis zu 1 m voneinander abweichen, weil in der Fläche keine Grenze festzulegen war. Dies gilt auch für die Oberkante. So enthielt der darüber liegende organische Detritus (Snr 735, Phase 5) Fragmente gebrannten Lehms. Der oberste Lehm (Snr 1620, 1643, Phase 6) war ebenso unklar begrenzt und hatte zudem an verschiedenen Stellen Kontakt zur Kulturschicht-Oberkante, wo er Erosion ausgesetzt war. Seine Ausdehnung konnte nicht flächig verfolgt werden. In sämtlichen Lehmen lagen verstreute verziegelte Lehmbrocken. Da die auslaufenden Lehme nach Westen hin die Ausläufer von Lehm 43 berührten, konnten die Phasen dieser Lehmstellen aufeinander übertragen werden.

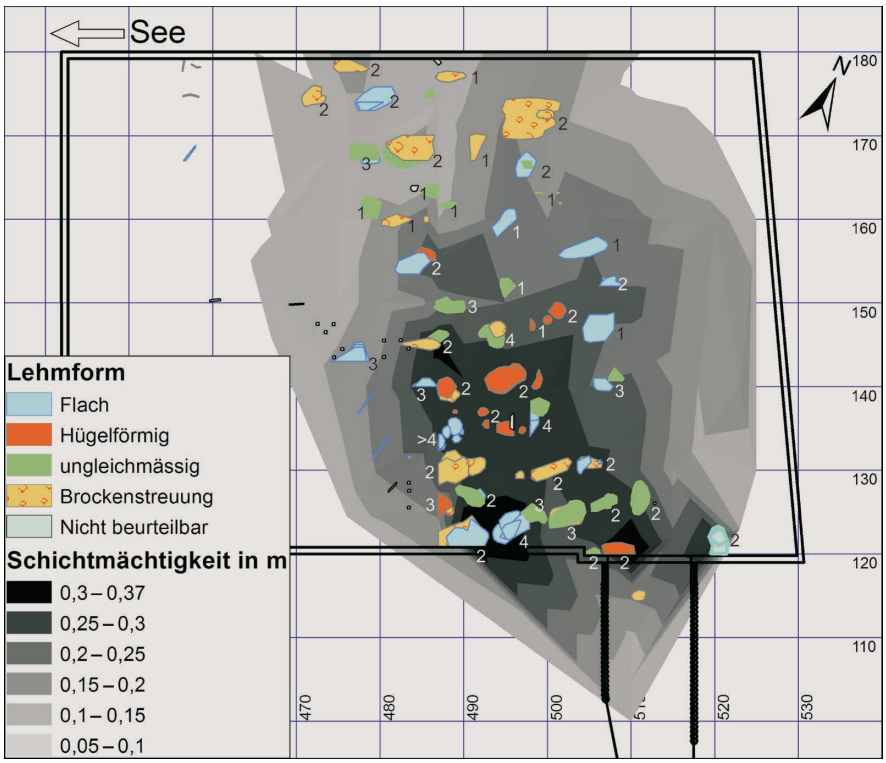


Abb. 47. Lehmstellentypen vor dem Hintergrund der Schichtmächtigkeiten. Die Zahlen geben die Anzahl der Lehmlagen an.

2.2.11 Die Lehmstellen im Überblick

Wenn man die stratifizierten Lehme innerhalb von Lehmstellen in der Fläche betrachtet, fällt auf, dass ab Y > 150 nur noch ein- und zweilagige Lehmstellen angetroffen wurden, wohingegen in der restlichen Fläche auch einige mit drei und vier Lagen vorkamen (Abb. 47). Die Anzahl der Lehmlagen und damit verbunden der Akkumulationsphasen ist also erwartungsgemäss dort am höchsten, wo die Kulturschicht am mächtigsten ist. Kartiert man die verschiedenen Lehmformen[95], so zeigt sich, dass die deutlich hügelförmigen Lehme überall auftreten, jedoch vermehrt im Zentrum der Grabungsfläche. Gerade dort waren die Brockenstreuungen dagegen seltener anzutreffen. Flache und ungleichmässig geformte Lehme waren überall gleichförmig verteilt. Im Verhältnis zur Schichtmächtigkeit fällt auf, dass die deutlich hügelförmigen Lehme hauptsächlich im Bereich der grössten Schichtmächtigkeit auftraten.

2.3 Brandschicht

Etwas südlich des Grabungszentrums und in der Nähe der grössten Schichtmächtigkeit wurde eine bis etwa 12 cm mächtige Holzkohleschicht ausgegraben. Analog dem Vorgehen bei Lehmen wurde sie in einen Kernbereich mit deutlicher Ausprägung und einen Randbereich mit nur noch dünner Ausprägung unterteilt und entsprechend kartiert (Abb. 48). Der mächtig ausgeprägte Kernbereich überdeckte eine Fläche von etwa 65 m². Auf einem Teil der Fläche wurde die Brandschicht von einer dünnen Schicht Detritus überlagert (Abb. 49), an anderen Stellen lag sie an der Oberkante der Kulturschicht. Es fanden sich keine Lehmbefunde in eindeutiger stratigraphischer Position über ihr. In den Lehmstellen 1322 und 1323 waren die jeweils oberen Lehmlagen in Form verziegelter und unverziegelter Bruchstücke in Gemengelage mit der Holzkohleschicht abgelagert worden.

Die Brandschicht weist mit der geringen räumlichen Verbreitung und der Überlagerung durch Detritus nicht auf ein Ende der Siedlung durch eine Brandkatastrophe hin. Denkbar ist, dass eines der benachbarten Gebäude im nicht oder nur teilweise ausgegrabenen Bereich gebrannt hatte, denn nur ein Teil der Brandschicht lag in der regulären Grabungsfläche. Für eine intentionale Deposition der Holzkohle in diesem Bereich gab es keine Indizien. Zwar könnten eine strömungsbedingte Fraktionierung und Konzentration von Material nach spezifischem Gewicht und Korngrösse zu einer Anreicherung von Holzkohle in einem bestimmten Bereich geführt haben, doch fand sich auch sekundär gebrannte Keramik[96], was deutlich dafür spricht, dass hier vermischter Hausrat vorliegt und damit ein Hausbrand stattgefunden hat, der nicht die gesamte Siedlung erfasste.

2.4 Hügelförmige Mischbefunde – Abfallhaufen?

Innerhalb einiger Lehmstellen, aber auch ausserhalb wurden Befunde dokumentiert, die einige Gemeinsamkeiten aufwiesen, sich aber von den üblichen Lehmen deutlich unterschieden. Es handelte sich dabei fast immer um haufenförmige Befunde mit deutlich erhöhtem mineralischem Anteil, die manchmal nur einen halben, in vielen Fällen mehrere Quadratmeter umfassten. Meistens wurden Sand, Silt und undefiniertes weissliches Material – vermutlich Asche – dokumentiert. Die Tonfraktion war nicht feststellbar. Häufig zeigten die Befunde eine streifige interne Struktur, die manchmal horizontal verlief, manchmal leicht schräg und dabei kleine Hügel nachzuzeichnen schien, was auf wiederholte Akkumulation kleinerer Mengen hindeutet. Eine Auswahl solcher Hügel ist in Abb. 50 dargestellt. In vielen Fällen wurden diese graduell auslaufenden Befunde in der Fläche nicht erkannt. Entsprechend erfolgte die Definition nachträglich anhand der Profilfotos. Da in manchen Befunden spontan erkennbar

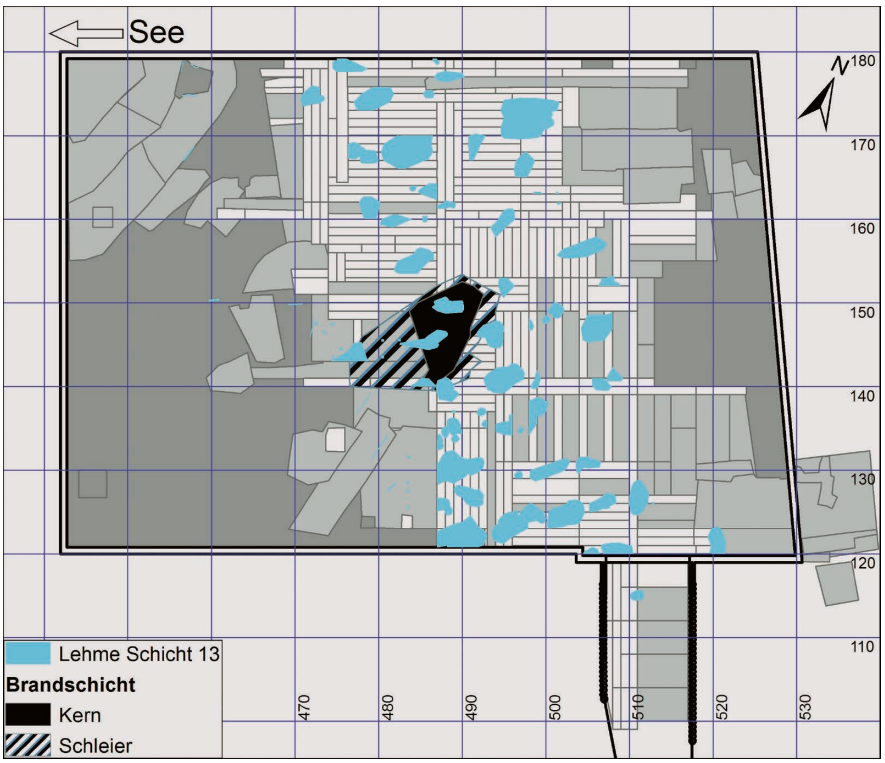


Abb. 48. Verbreitung der Brandschicht in Schicht 13.

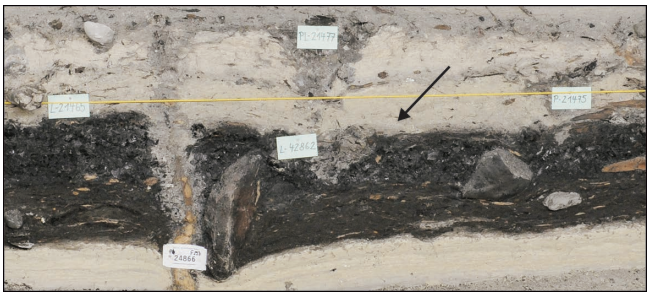


Abb. 49. Profil durch die Brandschicht. Der Pfeil weist auf ein dünnes Band von Detritus über der Holzkohle.

mehrere solche Funde lagen, wurde die Arbeitshypothese aufgestellt, dass es sich dabei um Abfallhaufen handle. Eine ähnliche Situation mit vergleichbar chaotisch angeordneten Schichtkeilen, mineralischen Anteilen und hohem Fundaufkommen wurde auch in Reute-Schorrenried (Baden-Württemberg) vorgefunden und als Abfallhaufen interpretiert[97]. Auffällig war, dass mehrere dieser mutmasslichen Abfallhaufen mit Lehmbefunden verzahnt waren. Zwei Beispiele können dies verdeutlichen:

2.4.1 Lehmstelle 1314 mit Sonderbefund (Taf. 13)

An der Basis von Lehmstelle 1314 gab es auffällig deutliche Hinweise auf Bioturbation. Die Seekreidebänderung war aber nirgends mechanisch durch Einwirkung aus Schicht 13 gestört. Ein heller, mineralisch durchsetzter Detritus mit streifi-

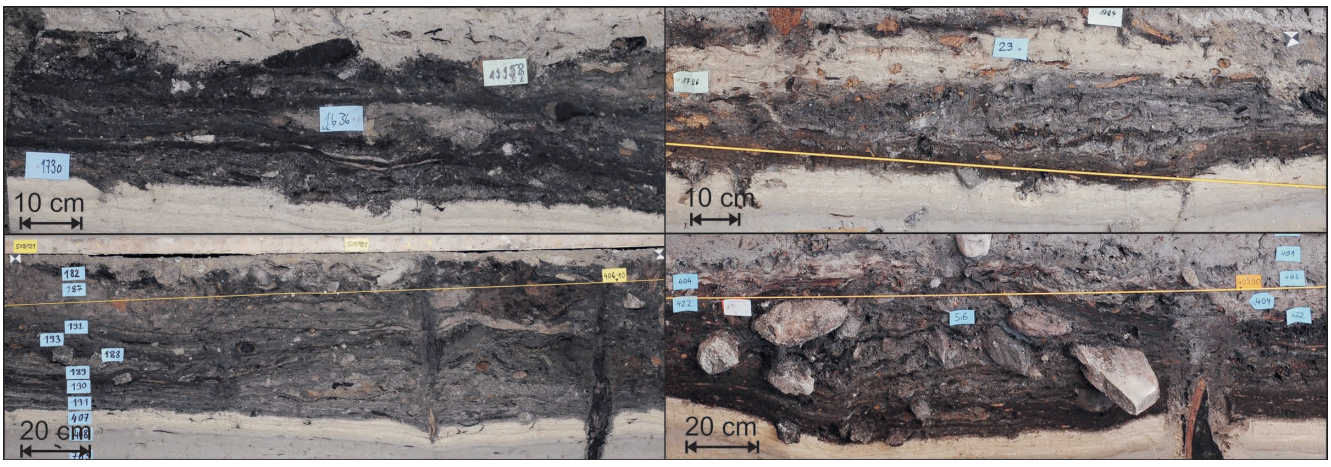


Abb. 50. Beispiele für visuell identifizierte Abfallhaufen.

ger Innenstruktur aus vielen Wechsellagen bildete den Beginn der Deposition (Snr 1403, Phase 1). In einem kleinen Bereich in Meter 485 waren weit unten Lehmbrocken zu erkennen, die aber keine zusammenhängende Struktur in der Fläche darstellten (Snr 1402, Phase 2). Der folgende Detritus unterschied sich nicht vom unteren (Snr 1401, Phase 3). Am Südhang des Haufens zog sich eine lockere Streuung heller Lehmbrocken über etwa 3 m hinweg (Snr 1405, Phase 4). Den oberen Abschluss bildete ein nur auf den abfallenden Seiten, nicht aber auf der Haufenkuppe vorhandener Detritus. In Profil Y = 160 war die Hügelform klar zu sehen. In den umliegenden Kulturschichtbereichen fiel ein heller Streifen auf, der etwa auf derselben stratigraphischen Höhe lag wie der Lehm von Phase 4 (vgl. Kap. VII.2.8.2).

2.4.2 Lehmstellen 1348 und 1349 mit Sonderbefund (Taf. 14)

Die sehr komplexen Lehmstellen 1348 und 1349 lagen im Bereich zwischen den Grobgrabungen und der Parkhausaussenwand, weshalb sie nicht optimal dokumentiert werden konnten. Dennoch liessen sich einige detaillierte Beobachtungen machen: Das Gesamterscheinungsbild war extrem heterogen. Sehr viele kleine Schichtkörper unterschiedlicher Zusammensetzung gingen fliessend ineinander über. An der Basis lagen einerseits eine mehrfach abwechselnde Gemengelage aus organischem Detritus, Holzkohlebändern und grösseren Rinden, andererseits Mischschichten, die stark auf Salzsäure reagierten und Sand, Seekreide, Holzkohle und kleinteiligen Molluskenbruch enthielten. Diese Wechsellagen fanden sich auf engem Raum in drei separaten Haufen. An der Basis dazwischen lag auffallend homogener und kompakter, an mitteldichte Faserplatten erinnernder organischer Detritus mit Zweigresten. Der Detritus zwischen den Mischschichten entsprach ebenfalls diesem Bild. Darüber folgten zwei direkt aufeinander liegende Lehme, die erst im Verlauf der Grabung als zwei separate Körper erkannt wurden. Ausser in den Randbereichen, wo zwischen ihnen ein stark mit Lehm vermischtes organisches Band auszumachen war, waren sie im Detail nicht immer klar voneinander zu trennen. Die Trennung in zwei Lehmstellen ist letztlich nicht gesichert. Diese Unsicherheit ist jedoch nicht der Grabungstechnik oder der Dokumentation geschuldet, sondern den graduell verlaufenden Übergängen zwischen den Schichtkörpern, die keine klare Grenzdefinition erlaubten. Diskussionen und Versuche zeigten, dass hier so viele Grenzdefinitionen möglich sind, wie sich Fachleute an der Aufgabe versuchen. Jede Trennung ist unweigerlich subjektiv. Deutlich hingegen ist, dass sich die Wechsellagen an der Basis massiv von den Lehmen darüber unterschieden. In einem dieser Befunde lag eine Getreidemühle. Auch diese Lehme bestanden aus diversen unzusammenhängenden, gebrannten Fragmenten in einer ungebrannten Lehmmatrix mit einer Reihe kleinerer Steine.

2.4.3 Vergleich der potenziellen Abfallhaufen mit der Fundmenge – methodische Bemerkungen

Zur Überprüfung der Hypothese, dass es sich bei diesen Befunden um Abfallhaufen handelt, wurden die Fundmengen innerhalb und ausserhalb der Befunde verglichen. Um Annahmen über die Fundkategorien im Vorfeld zu vermeiden, wurden sämtliche Funde erfasst. Die Kartierung wurde aber bald unübersichtlich, weshalb ein kategorienübergreifender Fundmengenindex entwickelt wurde. Da sich bei Keramik das Gewicht, bei anderen Funden aber die Anzahl verlässlicher zeigte, musste der Index dimensionslos sein. Dafür eignete sich eine z-Transformierung, mit der eine Angabe zu «viel oder wenig, bezogen auf die in dieser Grabung übliche Menge/m²» gewonnen werden kann. Dieser dimen-

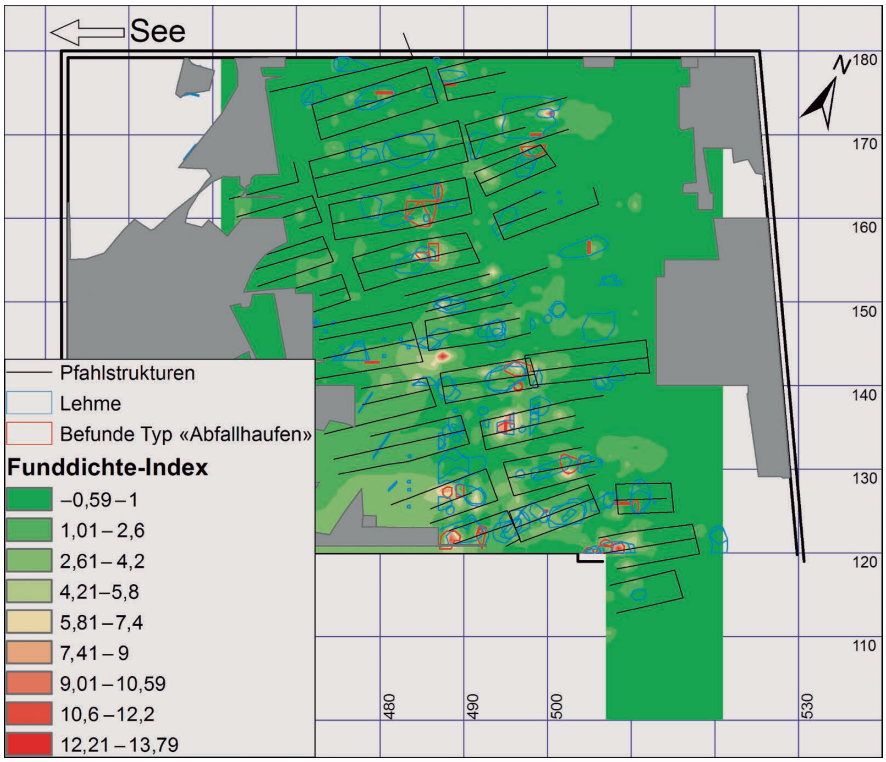


Abb. 51. Vergleich der visuell identifizierten Abfallhaufen mit einem Index der Funddichte und den dendroarchäologisch definierten Gebäudegrundrissen.

sionslose Index konnte für verschiedene Fundgattungen summiert werden.

Die z-Werte der Holzfunde konnten nicht auf Basis der rohen Fundtabellen berechnet werden, weil darin nicht alle Quadratmeter, sondern nur diejenigen mit Funden aufgeführt sind. Der daraus gewonnene Mittelwert läge viel zu hoch, beispielsweise bei ca. 1,3. Ein einzelner Fund ergäbe folglich einen negativen Wert. Daher musste der Mittelwert immer auf die Gesamtzahl der gegrabenen Quadratmeter bezogen werden. Die verschiedenen Dokumentationslevels waren dabei insofern unproblematisch, als nur Funde aus Feldern mit mindestens quadratmetergenauer Dokumentation in die Kartierung einflossen und die mögliche Verzerrung deshalb alle Fundkategorien gleichermassen betraf. Zudem wurden die Funde der Feingrabungen auf Quadratmeter skaliert und die Information über Viertelquadratmeter ignoriert. Bei der Berechnung der z-Werte musste die Standardabweichung korrigiert werden, indem für sämtliche Quadratmeter ohne Funde eine Null ergänzt wurde. Dadurch wurden allerdings seltene Funde wie Textilien stark überbetont, weil ihr Mittelwert sehr gering ist und ein einzelner Fund hohe z-Werte ergab. Ein einzelner Textilfund wird z.B. in Schicht 13 mit $z = 9{,}8$ bewertet, weil es nur 5 reine Textilfunde gibt (im Gegensatz zu einem textilen Element in einem Kompositfund wie z.B. einer Bastwicklung in einem Hechelkamm oder dergleichen).

Die seltenen Textil- und die Holzfunde wurden daher aussortiert und die Funde häufigerer Kategorien wie Keramik, Steinfunde, Silices, Knochen und Geweihartefakte in einer Tabelle zusammengefügt. Diese Kategorien hatten zudem den Vorteil, dass die betreffenden Funde nicht schwimmfähig und nicht oder nur wenig vergänglich sind. Sie sind daher taphonomisch resistent. Zuerst wurden die Fundzahlen der nach ihrer Anzahl quantifizierten Funde pro Quadratmeter summiert und die z-Werte berechnet. Dasselbe geschah danach mit dem Keramikgewicht. Anschliessend wurden beide z-Werte zu einem dimensionslosen Index der Funddichte pro Quadratmeter (nicht pro Liter Sediment) summiert. Um diesen Index mit der Ausdehnung von Flächenbefunden vergleichen zu können, wurde er im GIS einer IDW-Interpolation (inverse distance weighting) unterzogen, wodurch für Fundlücken (z.B. nicht gegrabene Felder) aufgrund der benachbarten Informationen ein Schätzwert berechnet und die so kalkulierte Funddichte in Farbcodes dargestellt wurde. Auf das Ergebnis wurden schliesslich die Umrisse der fraglichen Befunde (Abb. 51) sowie die mittels Dendroarchäologie ermittelten Gebäudegrundrisse projiziert.

Im Ergebnis zeigte sich, dass fast alle als potenzielle Abfallhaufen klassifizierten Schichtbefunde tatsächlich auch räumlich mit hohen Funddichten zusammenfielen. Nur in Qm 510/125 und 498/170 war dies nicht der Fall. Allerdings sind nur die anorganischen Funde in die Indexberechnung eingeflossen. Die Berücksichtigung organischer Schichtinhalte, die ebenso zur Dimension der Hausabfälle gehören, könnte das Bild ändern.

2.4.4 Fundmengen neben und in Lehmstellen sowie generelle Funddichten.

Peter Suter machte für die Fundstelle Zürich-Kleiner Hafner die Aussage, dass unter den Lehmen keine Funde gemacht worden seien[98], allerdings ohne diese Aussage anhand von Verbreitungskarten oder Zahlen zu belegen. Hier stellen sich verschiedene methodologische Probleme: Zum einen wurde bereits darauf hingewiesen, dass Lehme häufig mit Abfallhaufen assoziiert waren. Zum anderen gab es zwischen Lehmstellen grössere Unterschiede. Dabei stellt sich immer die Frage, was methodologisch erwartet werden kann und muss. Letztlich erfolgt jede Interpretation auf der Basis der Daten und der Erwartungen des Bearbeitenden, wie auch Suter sehr deutlich ausführt. Betrachtet man eine Lehmstelle, die in zwei Detritus- und zwei Lehmlagen gegliedert ist (der Normalfall in Zürich-Parkhaus Opéra) sowie einen ungegliederten Detritus in der Flächeneinheit nebenan, so kann man aufgrund der relativen Höhe von Lehmrändern und Detritus annehmen, dass der Detritus mutmasslich im selben Zeitraum abgelagert wurde. Im Unterschied zur Lehmstelle ist der umgebende Detritus aber nicht gegliedert, sodass das Auge ausser der vertikalen Position keine Fixpunkte hat, die es mit einer zeitlichen Abfolge in Verbindung bringen kann. Daraus folgt, dass die beiden Detrituslagen innerhalb der Lehmstelle jeweils deutlich weniger Zeit zur Fundeinlagerung hatten als der umgebende Detritus, denn nach Deposition der folgenden Lehmlage konnte kein Fund mehr dort abgelagert werden. Man darf also gar nicht erwarten, dieselben Fundmengen vorzufinden. Genauer gesagt kann man keine absoluten Fundmengen vergleichen, sondern höchstens die Funddichte bzw. die Fundmenge pro Liter Sediment. Während der Grabung wurde die Grösse «Liter Sediment» für die einzelnen Schichtnummern jedoch nicht erhoben, sodass sie nachträglich nur grob anhand der Profilfotos geschätzt werden konnte. Dies geschah in der Annahme, dass die Schichtmächtigkeit im restlichen Quadratmeter derjenigen entspricht, die im Profil dokumentiert wurde – obwohl sie innerhalb eines Quadratmeters oft beträchtlichen Schwankungen unterlag. Für eine verlässliche Aussage zu solchen Fragen wäre es ratsam, auf künftigen Grabungen das Volumen oder Gewicht der ausgegrabenen Schichtkörper pro Quadratmeter zu erheben. Nur dann liesse sich eine generelle Aussage dazu machen, ob im Bereich von Lehmen weniger Funde liegen. In Parkhaus Opéra zeigte sich aber, dass viele Fundkonzentrationen in Form mutmasslicher Abfallhaufen mit mehrlagigen Lehmbefunden verschmolzen. Zumindest in diesen Fällen kann Suters Annahme zur Fundmenge unter Lehmen verworfen werden (Abb. 51).

2.5 Steine

Vergleicht man die Verbreitung aller mehr als faustgrossen Steine mit den Lehmstellen und Abfallhaufen, lässt sich keine generelle Beziehung definieren (Abb. 52). Mehrfach traten Steinkonzentrationen auf Flächen von ca. 6 m² Grösse auf. Solche Befunde gab es sowohl innerhalb von Lehmstellen, wie z.B. in Lehmstelle 1305, aber auch isoliert und ausserhalb davon, wie rings um Qm 492/165. Ebenso gab es «Abfallhaufen» ohne grössere Steinansammlungen (z.B. in Qm 506/120 und 488/121) und solche, in denen Steine einen wichtigeren Teil des Befunds ausmachten (z.B. in Qm 508/120 und 494/135). Im Vergleich mit den dendrochronologisch erschlossenen Gebäudegrundrissen konnte kein systematisches Verteilungsmuster erkannt werden. Letztlich bleibt festzuhalten, dass es neben einer diffusen ubiquitären Streuung auch Konzentrationen gab, die mit den mutmasslichen «Abfallhaufen» in Zusammenhang standen. Steine scheinen demnach «verbraucht» und entsorgt worden zu sein.

Zum Inhaltsverzeichnis

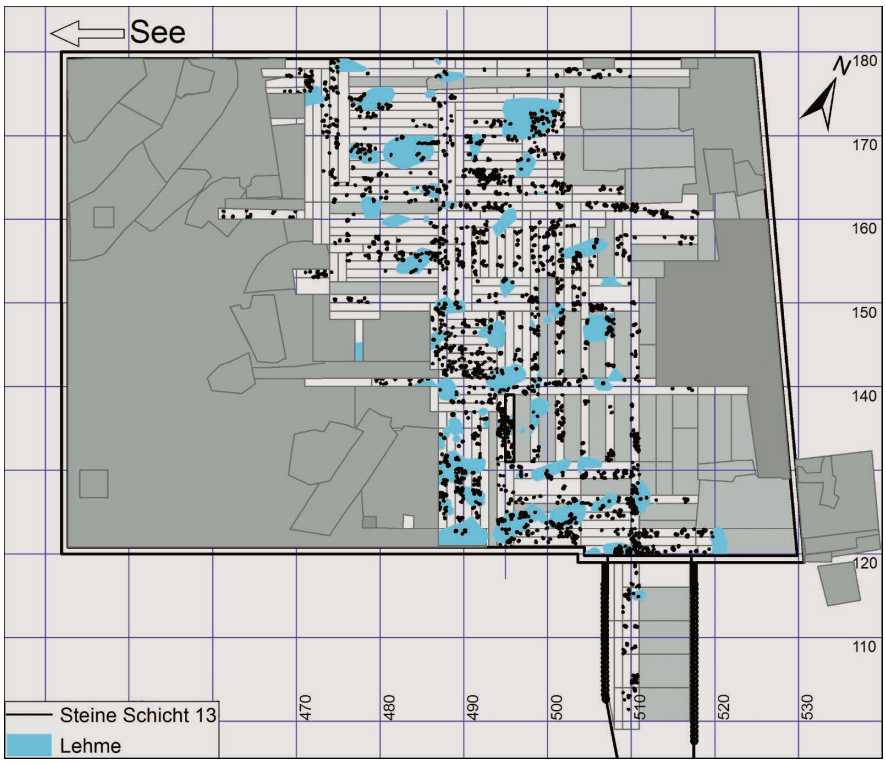


Abb. 52. Verbreitung der über faustgrossen Steine in Schicht 13 vor dem Hintergrund der Lehmstellen.

2.6 Rinden

In Schicht 13 gab es häufig und regelmässig in den Detritus eingelagerte einzelne Rindenbahnen bis zur Grösse von über einem halben Meter Länge. Sie lagen vereinzelt und bildeten nur in den seltensten Fällen zusammenhängende Flächen von einem halben Quadratmeter (Abb. 53). In der Fläche wurden Rinden und liegende Hölzer gezeichnet und stichprobenweise verprobt.

Mehrfach wurden Bahnen von Lindenrinde dokumentiert, deren Borkenschicht gut erhalten war, deren Bast jedoch fehlte. Die Borkenseite wirkte in manchen Fällen leicht angekohlt. Dieses Phänomen wurde nicht systematisch untersucht. Das Bauholz bestand zum weit überwiegenden Teil nicht aus Linde. Ob mit diesen Rinden die Reste einer vergessenen Bastgewinnungstechnik gefunden wurden, bleibt vorerst offen.

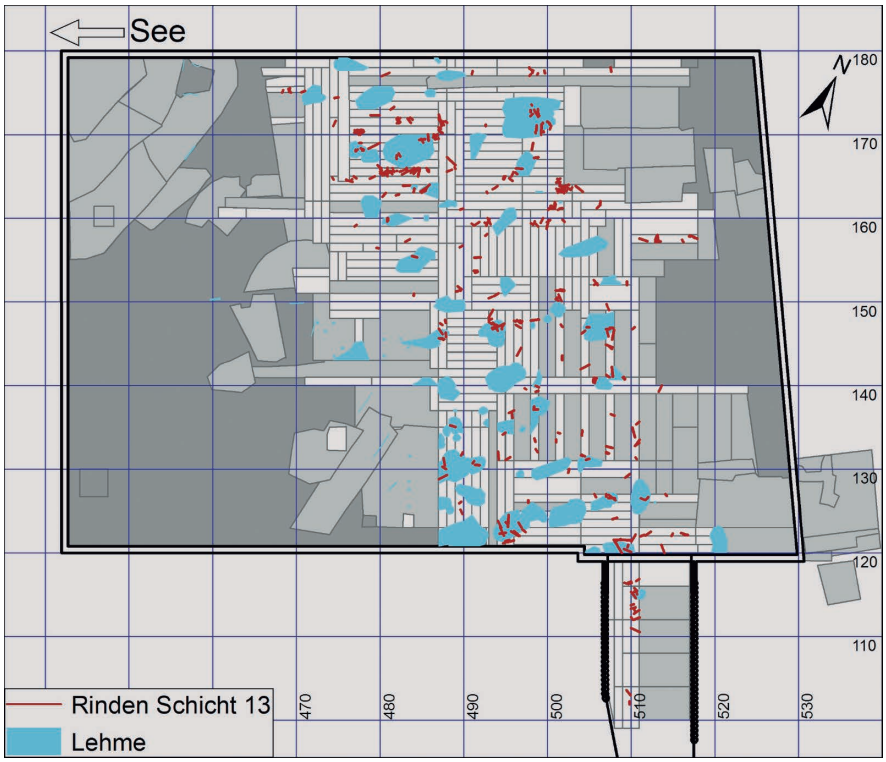


Abb. 53. Verbreitung der grösseren Rindenbahnen vor dem Hintergrund der Lehmstellen.

Aufgrund überall verstreuter kleiner und mittlerer Rindenfragmente war es nicht möglich, alle zu dokumentieren. Daher wurden nur grössere Rinden gezeichnet. Der Plan dieser Objekte zeigt mehrere lokale Konzentrationen: Rings um Qm 482/165, 487/170, 495/164, 510/113 sowie 501/161 lagen mehrere Rinden, die nicht durch Lehme überdeckt waren. Weitere Gruppen von Rinden fanden sich unter den Lehmen der Lehmstellen 1305, 1323, 1326, 1337, 1343 und 1346. Unter der Mehrheit der Lehme fanden sich also keine Rindenanhäufungen. Auch gab es mehrere grössere Flächen ohne grosse Rinden. Eine Systematik ist bislang nicht zu erkennen.

In einer Lehmstelle wurden kleinere Rinden in auffälliger Konstellation zu dünnen Lehmlagen und Kleinhölzern angetroffen. Die Details dieses Befunds werden im Folgenden genauer ausgeführt.

2.6.1 Rinden, Schindeln und Kleinhölzer in Lehmstelle 1313 (Taf. 15)

Lehmstelle 1313 fällt insofern aus der Reihe, als kaum eine klare Stratigraphie oder Lehmausdehnung definiert werden kann. Es handelt sich stattdessen um eine über mehrere Quadratmeter streuende Ansammlung von kleinräumigen Lehmflecken im Detritus. Der Lehm fand sich auch immer in dünnen Zwischenstraten zwischen ganzen Paketen von Rinden und als Schindeln interpretierten Spaltbrettern (vgl. Kap. VII.2.8.1). Zuunterst konnte stellenweise ein Übergangsbereich zwischen Seekreide und Kulturschicht dokumentiert werden, der teils sandig-lehmig war, aber auch Seekreide enthielt. Darauf fand sich ein dünnes Kies- und Sandband mit Korngrössen von oft 0,5 cm, aber auch bis 3 cm Durchmesser. Auch in Schicht 14 sind auf diesen Quadratmetern in der Nähe zum grossen Kiesbefund (Kap. VII.2.7.1) Kiesel beobachtet worden.

Auf den Quadratmetern 497/163 bis 502/164 wurde eine ungewöhnlich vielschichtige Ansammlung von Schindeln und Rinden angetroffen (Taf. 15 unten). Im Detail konnten bis zu fünf Lagen von Rinden mit zwischengeschalteten Feinstraten von Detritus, Lehm oder Gemischen von Detritus, Holzkohle und Lehm dokumentiert werden. Zwischen den Rinden lag eine unüberschaubare Menge von kleinen Hölzern in wirrer Lage. Einen Meter daneben fand sich eine ebenfalls mehrlagige Ansammlung von Schindeln (eine davon angekohlt) mit Ästen und gespaltenen Hölzern. Auch hier lagen dazwischen oft sandige Bereiche oder kleine Mengen Lehm mit Sand. Eine Reihe der grösseren Rinden und Hölzer lagen entweder nord-nordwestlich–süd-südöstlich orientiert oder rechtwinklig dazu. Diese Akkumulationen erhielten wegen dieser rechten Winkel während der Grabung relativ viel Aufmerksamkeit, weil das Grabungsteam einen konstruktiven Zusammenhang vermutete. Bei der weiteren Freilegung konnten aber keine Verbindungen oder eindeutige Konstruktionszusammenhänge festgestellt werden.

2.6.2 Exkurs: Rinden als Baumaterial

Aufgrund vieler ethnographischer Parallelen zur Verwendung von Rinde als Baumaterial (etwa als Dachdeckung) und aufgrund ihrer wasserabweisenden Eigenschaften liegt die Deutung von Rindenbahnen als Baumaterial nahe. In den Backofenbefunden von Ehrenstein bei Ulm sind Rinden sauber als Unterlagen verlegt worden[99]. Vogt war der Meinung, dass allein die Beobachtung, dass Rinde nicht eingerollt ist, bereits Beweis dafür sei, dass die Rinde intentionell verlegt worden sei, weil sich Rinde natürlicherweise immer einrolle. Aber schon ein einfacher Waldspaziergang reicht, um Gegenbeispiele zu finden. Zudem zeigen Beobachtungen in Freilichtmuseen, dass sich von den verbauten Stämmen im Lauf der Zeit die Rinde ablöst und in Streifen unterschiedlicher Breite am Boden ansammelt. Wenn man für ein zweischiffiges Haus mit fünf Jochen 15 Pfähle à 15 cm Durchmesser rechnet und von einer offenen Höhe von zwei Metern ausgeht, dann erhält man pro Pfahl eine Rindenfläche von etwa 0,94 m², also insgesamt etwa 14 m² Rindenbahnen, die sich im Lauf der Hausgeschichte ablösen und herunterfallen werden. Die Verwendung von berindetem Holz als Bau- und Werkholz (z.B. für die Pfähle) steht in Parkhaus Opéra mit über 17000 Belegen von Hölzern, an denen die Rinde noch haftete, ausser Frage. Hinzu kommen die Rinden für die deutlich zahlreicheren Hölzer des Aufgehenden. Nimmt man als Beispiel einen Prügelboden von Stämmen mit etwa 10 cm Durchmesser und kalkuliert, dass 30 davon nebeneinander liegend den Fussboden ergeben und nur die Unterseite der Rinde abfällt, weil die Oberseite im Fussboden fixiert ist, so erhält man weitere 33 m² Rinde. Hinzu kommen die Hölzer der Wandkonstruktionen sowie all die Rinden, die zur Bastgewinnung in die Siedlung gebracht wurden. Auf der Fläche eines Hauses von 7 × 3 m sollte man folglich mindestens 50–60 m² Rindenbahnen erwarten, die bis zum Zerfall des Hauses zusammenkommen. Ohne eindeutige Konstruktion mit eindeutiger Formgebung, wie das in Ehrenstein der Fall war, lässt sich also aus der Präsenz mehrerer Rinden auf einem begrenzten Raum unmöglich auf intentionale Deponierung oder gar ihre Funktion schliessen.

2.7 Sonderbefunde

2.7.1 Kiesriegel

In einem knapp 10 m langen und etwa 1,5 m breiten Band zwischen Qm 490/163 und 499/166 wurde ein bis zu 12 cm hoher Kiesstreifen ausgegraben (Abb. 54). Die Korngrösse schwankte mehrheitlich um 4 mm. An seiner Basis fand sich ein Sandband. Der Kieskörper lag der Kulturschicht auf. Es gab keine eindeutigen Hinweise darauf, dass er irgendwo von Lehm oder Detritus überlagert wurde. Auch wies er keinerlei Innengliederung auf. Aufgrund der fehlenden Überlagerung durch Kulturschichtmaterial ist denkbar, dass der Kies kurz nach dem Ende der Siedlung dort abgelagert wurde. In direkter Verlängerung der Flucht wurde Kies auch in Qm 491/161 und 481/156 gefunden. In den dazwischen liegenden Feldern, bei denen es sich teils um Grobgrabungsfelder handelte, wurde er nicht oder nur als Kiesbeimengung in der Kulturschicht dokumentiert. Der Kiesbefund kann hier keine so deutliche Ausprägung erreicht haben wie im nordöstlichen Bereich. Das Phänomen der Kiesablagerung in wechselnder Mächtigkeit ist über einen annähernd geraden Streifen zwischen 481/156 und 499/166 fassbar. Nördlich dieser Linie fanden sich Kiesnester in Qm 492/169, im Bereich von Lehmstelle 1305 und in 497/178. Sie lagen teils an der Basis, teils in der Kulturschicht. Solche Kiese wurden also nicht nur ein einziges Mal am Ende der Besiedlung abgelagert, sondern wiederholt und zwar hauptsächlich im nördlichen Teil der Siedlung. Einzelne Quadratmeter mit Kies fanden sich ansonsten unter Lehmstelle 1333 im Süden und am südlichen Ende der Parkhauszufahrt. Auch in Schicht 14 und sogar in

Zum Inhaltsverzeichnis

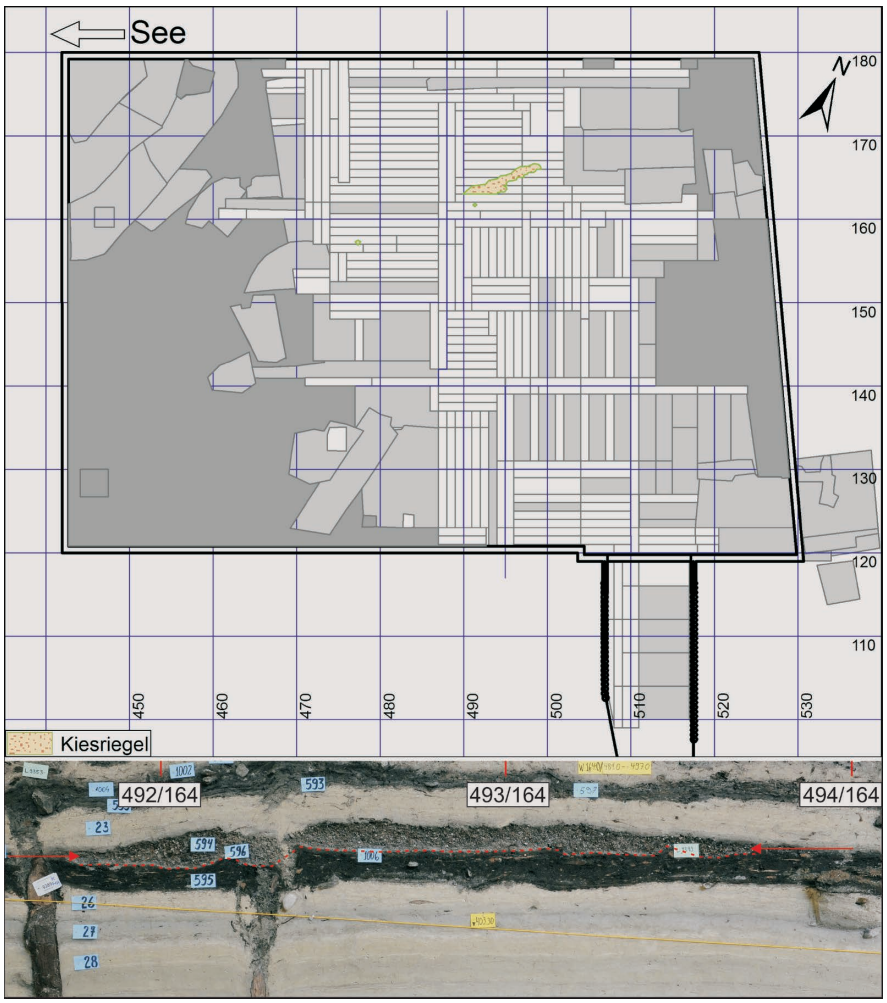


Abb. 54. Verlauf und Querschnitt des Kiesriegels.

den Seekreiden zwischen den Schichten (Abb. 55) konnten sehr punktuell Grobsand- und Kieskörper dokumentiert werden.

Bei einem sortierten Sand- oder Kiesbefund dieser Art in einer Ufersiedlung liegt generell die Deutung als Spülsaum nahe. Hier irritierte jedoch die Orientierung diagonal zur heutigen Uferlinie. Eine sedimentologische Untersuchung eines eingegossenen Querschnitts des grossen Spülsaums führte zur Vermutung, dass die Ursache nicht natürlich sei[100]. Eine Erklärung für die Präsenz von Kies im direkten Umfeld und in der Seekreide ergab die Untersuchung aber nicht. Bevor aber postuliert wird, dass die Bewohner am Ende der Besiedlung intentional einen 10 m langen Kiesstreifen aufgeschüttet haben, sollten weitere Untersuchungen abgewartet werden.

2.7.2 Seekreidehorizonte

Seekreideeinlagerungen in der Kulturschicht sind ein schwierig zu dokumentierendes Phänomen. Sie zeigen sich oft nur durch einen leichten Farbunterschied. Ein solcher kann aber in der Nähe von Lehmen oder Abfallhaufen auch durch andere mineralische Partikel im organischen Detritus entstanden sein. Im Nordwesten der Grabungsfläche tendierte der Detritus allgemein zu einer helleren, teils gräulichen Farbe. Punktuell wurde der Karbonatgehalt mittels Salzsäure geprüft. Da Baulehme nicht mit Salzsäure reagieren, konnte so zumindest festgestellt werden, ob es sich bei Farbunterschieden oder nicht identifizierten mineralischen Bändern um tonige Komponenten handelte. Die Sichtung der Profilfotos ergab eine zusammenhängende Fläche mit Seekreidehorizonten, die in der gleichen Achse und etwa in Verlängerung des Spülsaums lag (Abb. 56). In Richtung See wurde sie tendenziell deutlicher. Je nach Qualität der Profilfotos und den sonstigen Befunden im Profil war die Schicht nicht sichtbar. Ihre geschlossene Ausdehnung in der Fläche deutet jedoch darauf hin, dass sie im ergrabenen Teil weitgehend korrekt erfasst wurde.

2.7.3 Kulturschicht in umgestürzten Töpfen

Eine bemerkenswerte Analogie zu Befunden aus Meilen-Feldmeilen Vorderfeld und Arbon-Bleiche 3 bilden zwei umgestürzte Töpfe, in denen sich ein Teil der umgebenden Stratigraphie identisch wiederfindet (Abb. 57)[101]. Im Fall von FK 2422 war im Topf, der auf Detritus lag, nicht nur Detritus enthalten, sondern auch ein paar der typischen Lehmbrocken. Über die Deutung dieser Befunde in Feldmeilen Vorderfeld waren sich Josef Winiger und Werner Stöckli[102] nicht einig. Winiger führt dazu aus: «Zu unserem Erstaunen zeigte es sich, daß sich beide Lehmlagen samt dem sie trennenden torfigen Schichtchen in den liegenden Topf hinein fortsetzten (Abb. 15, 16)! Die Lehmschichten waren also offensichtlich

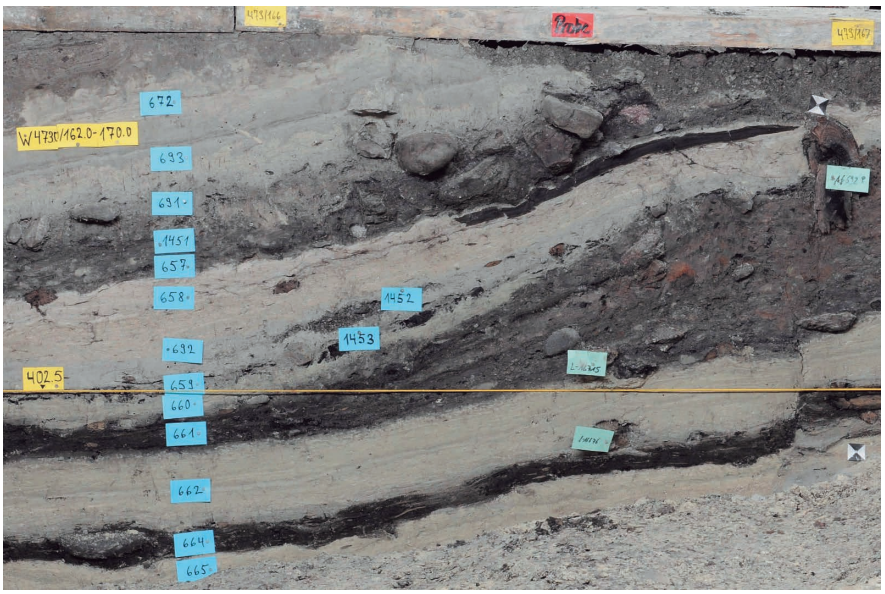


Abb. 55. Snr 1452 bezeichnet einen Kiesbefund in der Seekreide zwischen Schicht 15 und 16.

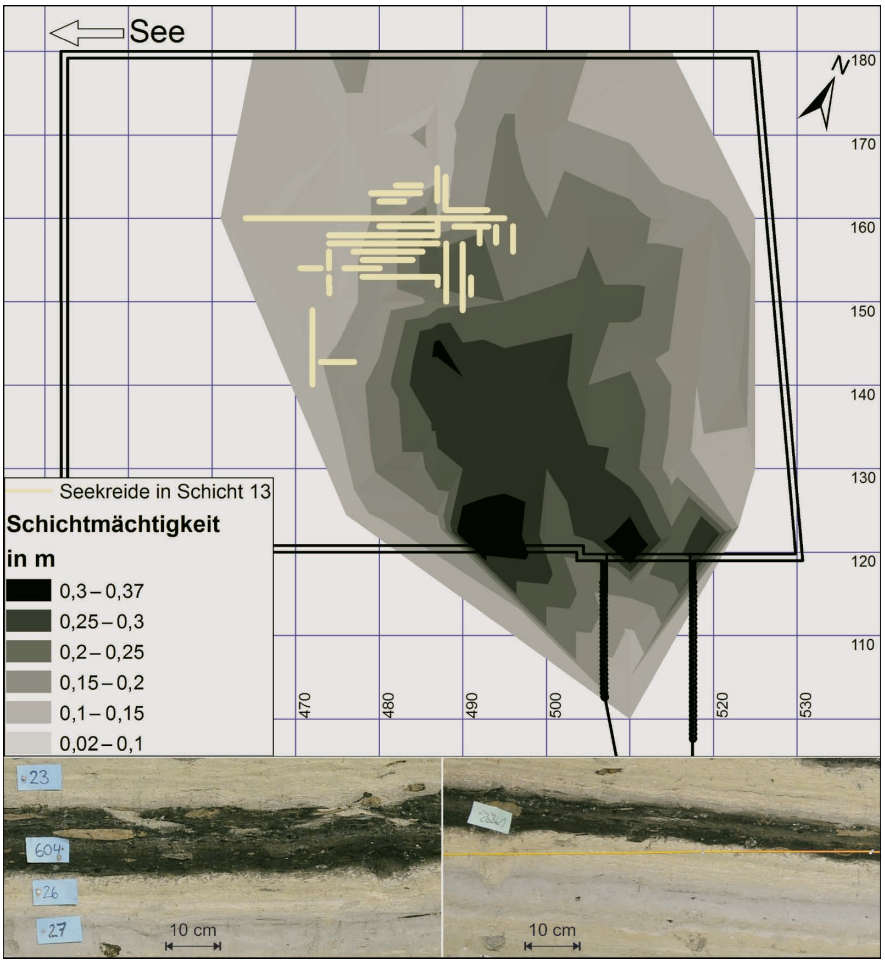


Abb. 56. Oben: Verbreitung des Seekreidehorizonts in der Fläche. Unten: Beispiele für die Schichtausprägung mit mittig eingelagerter Seekreide.

in den Topf eingeflossen, und zwar sukzessive, gleichläufig mit der Schichtbildung in der Umgebung. Daraus lassen sich folgende Schlüsse ziehen: 1. Die beiden übereinanderliegenden Lehmlagen […] wurden nicht vom Menschen so aufgetragen, wie wir sie in der Schicht gefunden haben. Sie mußten eine Umlagerung erfahren haben. Nähme man an, es handelte sich um Hausböden, hätte mehr als der halbe Topf über das untere Bodenniveau hinausgeragt und wäre somit sicher zertreten oder eingedrückt worden, ganz abgesehen davon, daß die Vorstellung absurd ist, man habe einen Lehmboden gepflastert, ohne einen daliegenden Topf fortzuwerfen, ja darüber hinaus den Lehmboden in den Topf hinein fort-

Zum Inhaltsverzeichnis



Abb. 57. Umgestürzter Topf aus Schicht 13 mit Lehm und Detritus im Innern.

gesetzt. Nicht einmal die so beliebten Erklärungen auf Grund kultischen Handelns scheinen mir da weiterzuhelfen. 2. Da sich beide Lehmschichten ins Gefäß hinein fortsetzen, kann die beschriebene Fundsituation auch nicht als Folge von Schichtenpressung erklärt werden. Bei großem Druck wäre das Gefäß flachgedrückt worden, die Lehmschichten hätten darüber hinweg einen Buckel bilden müssen. 3. Lehm in trockenem Zustande hätte sich auch von einem darüberliegenden Boden hinunterfallend nicht als kompakte Schicht im Topf abgelagert; er wäre außerhalb des Gefäßes oder auf ihm liegen geblieben. Daraus folgt, daß die beobachtete Fundsituation nur erklärbar ist, wenn spülendes Wasser an ihrer Bildung beteiligt war.»[103] Stöckli führt gegen diese Überlegungen seine eigene Sichtweise ins Feld: «Winiger kann sich nur vorstellen, dass der Topf unter einem abgehobenen Boden geschützt liegen konnte; was ihm dann wiederum genug Beweis dafür ist, nicht nur in diesem Fall, sondern ganz allgemein für Feldmeilen Vorderfeld etwas abgehobene Böden anzunehmen. Wir sind zwar überhaupt nicht über Inneneinrichtungen neolithischer Häuser informiert, aber mir scheint es ohne weiteres möglich, dass ein Topf auch unter irgendwelchen Einbauten geschützt liegen konnte.»[104]

An dieser Stelle wird deutlich, dass Stöckli Winigers Argumente gar nicht beantwortet. Stattdessen spekuliert er ex silentio über neolithische Inneneinrichtungen. Auch fast 40 Jahre nach Vorlage der Befunde von Feldmeilen Vorderfeld sind Winigers Argumente stichhaltig, weil sie logisch zwingend die beteiligten Prozesse berücksichtigen. Daher müssen diese Befunde in Parkhaus Opéra als Hinweis für abgehobene Bauweise gewertet werden. Folgte man Stöcklis Sichtweise, müsste man annehmen, dass die Bewohner zweimal einen Lehmboden in einen umgestürzten Topf hinein verlegt hätten, statt diesen aufzurichten. Eine Vorstellung, die Winiger zu Recht als absurd zurückweist. Logische Argumente für seine Sichtweise bringt Stöckli nicht.

2.7.4 Eine Lehm-Holz-Konstruktion

In Lehmstelle 1306 (Taf. 16) wurde ein ungewöhnlicher Holz-Lehm-Befund aufgedeckt. Die Lehmstelle war in ihrem Aufbau relativ komplex. An der Basis der Kulturschicht fand sich ein dünnes Band Detritus (Snr 1083, Phase 1). Darauf lag ein nur im südlichen Teil vorhandener Haufen siltig-sandiges mineralisches Material, der in Profil W 167 mit einigen dünnen organischen Zwischenschichten 10 cm Mächtigkeit erreichte (Snr 1080, Phase 2). Das Verhältnis von mineralischem zu organischem Material schwankte kleinräumig beträchtlich. In dieser Anhäufung wurden zwar einige Funde gemacht – darunter ein Beilholm –, aber eine Fundkonzentration in der Grössenordnung eines Abfallhaufens war nicht zu erkennen. Wo die Anhäufung nicht auch die Oberkante bildete, wurde sie von einem Sandband bedeckt (Snr 1068). Darüber lag organischer Detritus, der von weiteren Sandbändern durchzogen war (Snr 361, Phase 3). Da der Hügel von Phase 2 nur bis zu Meter Y = 168 reichte, lag Snr 361 im nördlichen Bereich der Lehmstelle an der Basis der Kulturschicht. Die darauf liegenden Lehmbefunde waren im Detail nur schwer voneinander zu trennen. Über mehrere Quadratmeter erstreckte sich hellgrauer Ton mit Feinsand (Snr 1976,



Abb. 58. Detail eines Fragments aus verziegeltem Lehm mit erhaltenem Hitzegradienten. Rechts drei parallele dünne Holzstangen.

Phase 4). Er zeigte stellenweise eine deutlich gebänderte Struktur mit wenigen organischen Einschlüssen und war stark mit Molluskenschalen durchsetzt. Die fliessenden Schichtgrenzen waren kaum zu erkennen und können daher nicht sicher angegeben werden. Auf ihr lagen in Flecken verteilte, hellgraue Lehmbrocken mit Sand, Seekreide, vielen Kieseln, Hüttenlehmfragmenten und Molluskenbruch (Snr 1086, Phase 5). Auf einer kleinen Fläche lag darauf ein sehr dünnes Detritusband. Zuoberst fand sich ein bis zu 20 cm mächtiger, zumeist grauer Lehm mit bis zu faustgrossen runden Steinen, vielen kleinen Rindenstücken und bis zu 5 cm grossen Holzkohlen (Snr 357, Phase 6). Im oberen Bereich fanden sich grössere zusammenhängende brandgerötete Partien. Im Querschnitt war der gut erhaltene Gradient der Hitzeeinwirkung deutlich zu erkennen. Ebenso deutlich war aber auch zu sehen, dass keine intakte Struktur vorlag, denn im südlichen Bereich lag ein Bruchstück mit komplettem Gradienten (Abb. 58, Taf. 16, Detail b) stumpf auf den Brocken darunter auf, die keine Hitzeeinwirkung zeigten. Im nördlichen Bereich war der Gradient nicht in dieser Art fassbar. Das genannte Bruchstück scheint in Snr 1076 hineingestossen zu sein, denn es wurde von ihr sowohl unter- als auch überlagert. An dieses Bruchstück nördlich angrenzend lagen mehrere parallele, rund belassene Stangen unterschiedlicher Holzarten (Hasel, Pappel, Esche) von 4–5 cm Durchmesser, die von stellenweise verziegeltem Lehm umschlossen waren. Durch ihre parallele Lage bildeten sie eine schiefe Ebene in einem Winkel von etwa 50° zur Horizontalen (Abb. 58). Der weitere konstruktive Anschluss dieser parallelen Holzstangen wie auch der Lehmoberflächen fehlte.

2.8 Liegende Hölzer

Insgesamt wurden in Schicht 13 2190 mehr oder weniger horizontal liegende Hölzer dokumentiert, davon 2064 im regulären Modus. Bei den übrigen handelte es sich um Sonderverprobungen, die bei Anzeichen dafür, dass es sich um Konstruktionsteile handeln könnte, vorgenommen wurden. Eine Vielzahl weiterer Hölzer lag der Schicht direkt auf, wurde dieser aber aufgrund sehr dünner Seekreidefilme zwischen Holz und Kulturschicht nicht zugewiesen. Abb. 59 zeigt einen Gesamtplan aller klar stratifizierten liegenden Hölzer. Auffallend ist der deutliche Unterschied in der Holzdichte zwischen dem nordwestlichen und dem südlichen Grabungsteil. Diese Dichte entspricht weitgehend der Mächtigkeit der Kulturschicht (vgl. Abb. 17). Keine Orientierung nach Himmelsrichtung war besonders häufig. Ebenso fehlten grössere Ansammlungen rechtwinklig oder parallel angeordneter Hölzer. Liegende Hölzer in allen Grössen, Ausrichtungen und Anordnungen waren in, unter und neben Lehmen vorhanden.

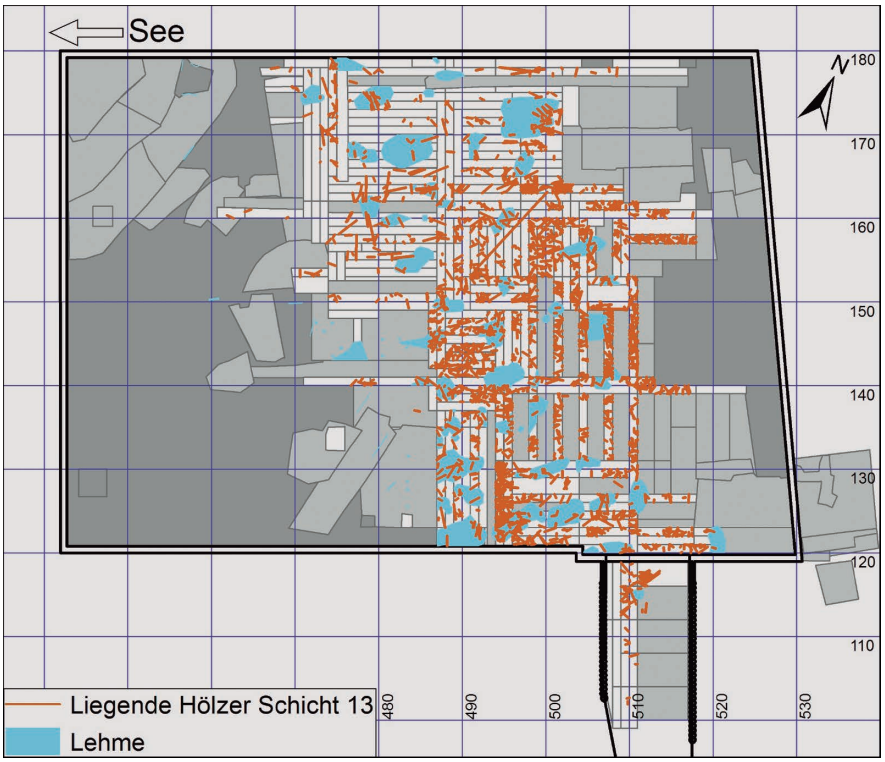


Abb. 59. Verbreitung der liegenden Hölzer vor dem Hintergrund der Lehmstellen.

Zum Inhaltsverzeichnis

Die Holzartenbestimmung durch Maria Burger und Michael Schneider ergab, dass keine Holzart dominierte (Abb. 60). Die häufigste Art ist Tanne, was insofern erstaunlich ist, als diese Art im Pfahlfeld nur eine untergeordnete Rolle spielt. Ebenso gut vertreten sind Eiche, Esche und Erle. Die Mehrzahl sind aufgespaltene Stücke (vgl. Kap. VII.2.6.1). Auf ihre Eigenschaften (Anzahl Jahrringe etc.) wird in Kap. VIII eingegangen.

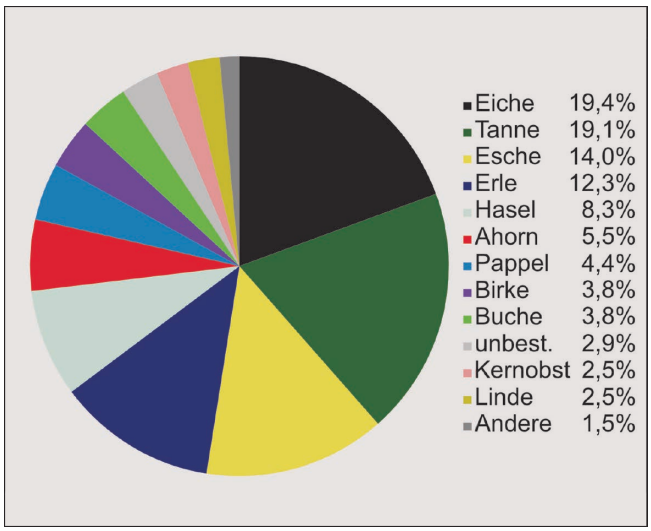


Abb. 60. Holzartenverteilung der liegenden Hölzer.

2.8.1 Tannenbretter und mutmassliche Schindeln

In Schicht 13 wurden 74 radial gespaltene Tannenbretter gefunden, die sich durch recht einheitliche Masse sowie stetig wiederkehrende Verkohlungsmuster auszeichneten (Abb. 61). Die Masse waren wegen des häufig fragmentierten Zustands oft nicht exakt bestimmbar. Die Länge der annähernd oder eindeutig vollständigen Objekte lag häufig bei knapp über einem Meter mit einem Maximum von 138,5 cm. Die Breiten der annähernd vollständigen Stücke lagen häufig zwischen 15

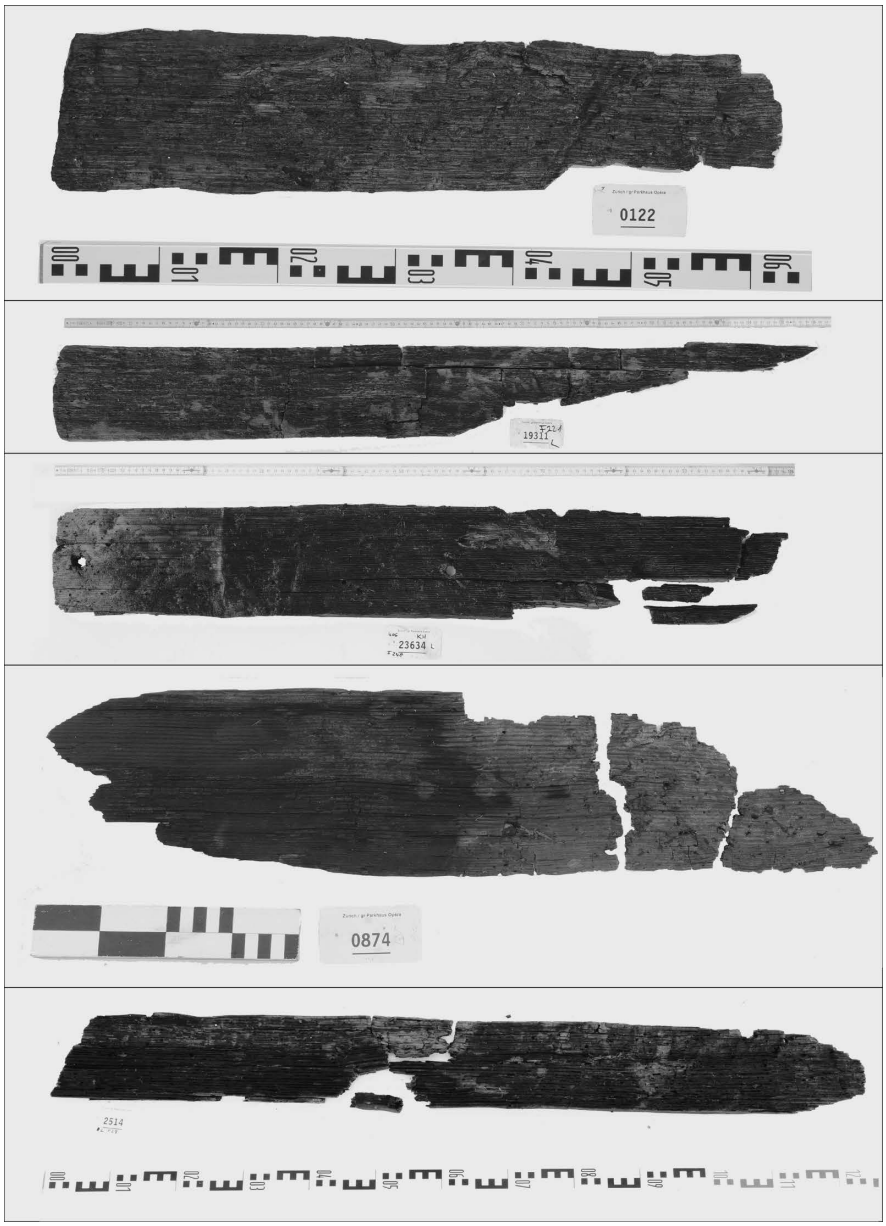


Abb. 61. Beispiele für Tannenschindeln mit und ohne Verkohlungsspuren sowie mit und ohne Durchlochung.

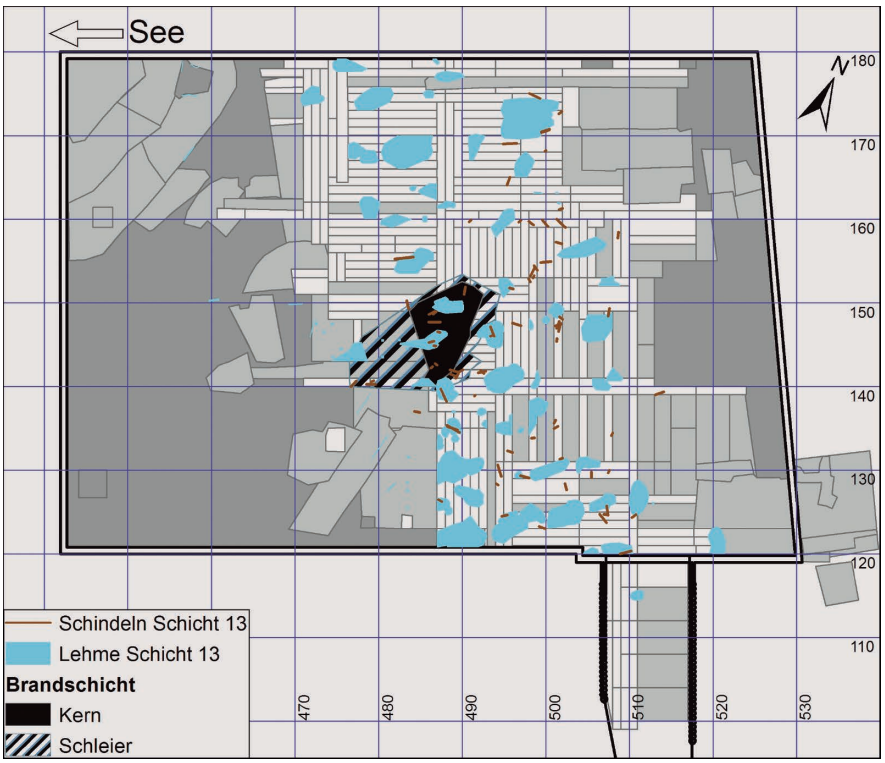


Abb. 62. Verbreitung der Schindeln vor dem Hintergrund der Brandschicht.

und 20 cm und erreichten bis zu 23 cm. Von 46 Objekten wurde die Dicke erhoben. 33 Objekte waren 1–1,5 cm stark. Kompressionen durch den Schichtdruck haben diesen Wert nicht wesentlich verändert, weil sie sich innerhalb der Jahrringe mehr auf das weichere Frühholz und nur wenig auf das Spätholz ausgewirkt haben. Elf Objekte waren 2–2,5 cm stark, nur zwei Stück 3–3,5 cm. Da es sich überwiegend um radiale Spaltstücke handelte, müssen Tannen von mindestens 30–40 cm Durchmesser verwendet worden sein. Je nach Astigkeit reichen sehr wenige Bäume für die Produktion vieler solcher Bretter.

Die Mehrzahl der Objekte (n = 43) war oberflächlich angekohlt, wobei Oberflächenoxydation, Erosion, Verwitterung und anhaftender Glanzruss die Diagnose erschwerten. Nur ein Objekt aus Schicht 13 war durchlocht (Holz 23634, Abb. 61), ein weiteres durchlochtes Stück stammt aus der Seekreide zwischen Schicht 13 und Schicht 14. Bei den Verkohlungsspuren liess sich ein Muster erkennen, das demjenigen von Arbon-Bleiche 3 gleicht: In vielen Fällen zeigten sich recht klare Linien von unverkohltem zu verkohltem Holz. In Arbon wurde dies als Hinweis auf die gegenseitige Überlappung von Schindeln gedeutet, was zu partiellem Schutz geführt habe[105]. Diese Deutung scheint auch auf die Objekte aus Parkhaus Opéra anwendbar und wahrscheinlich. Dabei existieren keine Hinweise darauf, ob es sich um Schindeln zur Dach- oder Wanddeckung gehandelt hat. Bei Schindeln zur Wanddeckung wären zur Fixierung wohl Durchlochungen nötig, wie sie in einem Objekt aus Parkhaus Opéra nachgewiesen sind. Für die Dachdeckung kämen auch undurchlochte Schindeln mit Ballaststeinen infrage, was relativ niedrige Dachneigungswinkel implizieren würde.

Viele der angekohlten Objekte fanden sich auch ausserhalb der Brandschicht (Abb. 62) auf verschiedenen Höhen innerhalb von Schicht 13 und nicht in einer deckenden Lage an der Oberfläche. Mehrere Schindeln lagen schräg in der Schicht und tangierten auch die darüber liegende Seekreide.

2.8.2 Liegende und schräge Pfähle

An zwei Stellen wurden stark schräge Pfähle in etwa 45°-Winkeln zur Seekreideoberfläche beobachtet, die Schicht 13 zugewiesen werden konnten. Aus der intakten Bänderung der Seekreide im direkten Kontakt wurde geschlossen, dass diese Pfähle nicht nachträglich schräg gedrückt worden sind, sondern dass sie schräg eingeschlagen wurden. Sie können auch deshalb nicht von späteren Schichtbewegungen schräg gestellt worden sein, weil die Pfähle der Umgebung aufrecht standen. Das wäre höchstens möglich, wenn die Fliessbewegung vor dem Einrammen der umstehenden Pfähle erfolgte, was aber nicht der Fall war, wie noch aufrecht stehende Pfähle der älteren Siedlungsphase belegen. Ein Beispiel wurde im Kontext von Lehmstelle 1305 bereits beschrieben (Kap. VII.2.2.3).

In Qm 494/123 bis 494/126 wurden mehrere sehr schräg stehende Pfähle dokumentiert (Abb. 63). Drei sehr spitze, mehrseitig bearbeitete Erlenpfähle schienen zu Schicht 12 zu gehören, weil sie in Schicht 12 die Farbe der Oberfläche wechselten. Dieses Merkmal wurde als «oxydiert» dokumentiert und auf Sauerstoffzugang zurückgeführt. Die Köpfe hingegen fanden sich in Schicht 13. Der diagnostische Wert dieses Merkmals ist daher unsicher. Die Pfähle waren in die gleiche Richtung schräg gestellt. Daneben fanden sich stark schräge, nahezu liegende Erlenpfähle, deren obere Enden klar im Detritus von Schicht 13 lagen. Diese waren jedoch in unterschiedliche Richtungen orientiert. Konstruktive Fortsetzungen oder Details wie Holzverbindungen wurden keine beobachtet.

Analoge Befunde gab es in Hornstaad-Hörnle IA (D), die als sekundäre Stützpfähle für schwankende oder sich langsam neigende Häuser interpretiert wurden[106]. Auch im musealen Bereich wurden analoge Konstruktionen technisch nötig, als sich Häuser zu neigen begannen. Die Ähnlichkeit mit den Hornstaader Befunden wurde dabei erst im Nachhinein bemerkt[107].

Zum Inhaltsverzeichnis



Abb. 63. Konzentration schräg eingerammter Pfähle.

2.8.3 Ein quer durchlochter Pfahl

In Qm 474/171 wurde in Schicht 12 eine Gruppe liegender Hölzer ausgegraben, unter denen eine Eiche mit einer Durchlochung auffiel, durch die ein runder Haselstab gesteckt war (Abb. 64). Die Eiche ist oberhalb der Durchlochung halbrund, hat einen Stammdurchmesser von etwa 13 cm und weist stellenweise noch die Rinde auf. Die Haselstange hat einen Durchmesser von etwa 4 cm und ist ebenfalls berindet. Unterhalb der Durchlochung misst die Eiche 58 cm und läuft in einem relativ nachlässig und abrupt zugespitzten Ende aus. Gröbere Späne wurden angehoben und abgerissen, sodass die Verjüngung nur wenige Schlagfacetten aufweist. Vor allem am unteren Ende ist die Spitze durch eine Reihe von Beilhieben gestaltet worden. Ein Ende der Haselstange scheint grob abgebrochen zu sein, das andere ursprüngliche Ende ist nicht erhalten. Die Durchlochung ist viereckig, sauber gearbeitet und zeigt gut erhaltene Werkzeugspuren. Die Facetten zeigen saubere Schnitte quer zur Faser (Abb. 64 unten). Auffällig ist, dass die Haselstange im Bereich der Durchlochung sichtbar zusammengepresst ist und augenscheinlich grossem Druck ausgesetzt war, der parallel zur Längsachse der Eiche erfolgte. Dies war ein erstes Indiz, dass die Eiche ursprünglich aufrecht stand und es sich dabei um einen Pfahl handelt.

Da der weitere Verlauf des liegend vorgefundenen Pfahls in einem Bereich lag, in dem aus statischen Gründen keine regu-



Abb. 64. Durchlochter Pfahl mit Querholz. Oben: Im Kontext anderer liegender Hölzer. Mitte: Fundlage. Unten links: Pfahlspitze. Unten rechts: Detail der Durchlochung mit erkennbarer Stauchung des Querholzes.

läre Grabung stattfinden durfte, wurde nur ein sehr schmaler Stichgraben angelegt, um die gesamte Konstruktion zu bergen und auf weitere konstruktive Details zu prüfen. Im weiteren Verlauf ist der Pfahl von der Durchlochung an aufwärts zunächst halbrund. Auch hier sind auf 2 m Länge grobe Späne heruntergerissen worden. Oberhalb der abgerissenen Späne ändert sich der Querschnitt des Pfahls und entspricht dem rund belassenen Stamm. Der gesamte obere Teil des Pfahls lag im Detritus von Schicht 13. Er liess sich bis zum oberen Ende weiterverfolgen, wo er nur noch 3–4 cm dick war und in einer dünnen Astgabel endete. Eine eindeutige konstruktive Verbindung existierte nicht, aber es fällt auf, dass auf der gesamten Länge des Pfahls fast sämtliche Seitenäste entfernt worden sind. Einzige Ausnahme ist ein Ast, der noch etwa 15 cm lang ist und in spitzem Winkel aus dem Stamm ragt. Es liegt nahe, in dieser Sonderbehandlung eine konstruktive Funktion zu vermuten. Diese Astgabel befindet sich in einer Höhe von 5,15 m über der Querstange. Der Pfahl hat hier noch einen Durchmesser von etwa 10 cm. Ein besonderes Detail zeigt sich noch weiter oben, etwa 80 cm unterhalb des in einem wenige Zentimeter dünnen Wipfel auslaufenden Endes. Hier ist das Holz senkrecht zur Faser gestaucht, wie man es z.B. von Pfählen unter hohem Schichtdruck kennt (Abb. 65). Da das Holz horizontal in der Schicht



Abb. 65. Oberes Ende des Pfahls mit Stauchung entlang der Längsachse.

lag, kann nicht der orthogonal zur Stauchung wirkende Schichtdruck dafür verantwortlich sein. Diese Verformung muss daher aus dem Konstruktionszusammenhang erklärt werden. Das bedeutet, dass die Last, die der Pfahl tragen sollte, oberhalb dieser Stauchung in der Längsachse auf das Holz einwirkte. Geht man davon aus, dass der Pfahl das Dach unterstützt hat, so kommen wir auf eine Höhe von mindestens 8 m oberhalb des Grundes, denn die Gesamtlänge des Pfahls beträgt über 9 m. Die gesamte Konstruktion gleicht stark den «gelochten Pfählen» der älteren Frühbronzezeit am Bodensee, besonders dem Exemplar aus Ludwigshafen-Seehalde am deutschen Bodenseeufer[108]. Im Unterschied zum hier beschriebenen Exemplar hat der gelochte Pfahl am Bodensee zusätzlich einen Keil, der die Querstange hält. Identische oder ähnliche Objekte aus dem Neolithikum sind bislang keine bekannt.

In der Seekreide direkt unter Schicht 13 lag eine halbierte Pappel (Holz 6088) mit einem Stammdurchmesser von 14 cm. Sie ist in der Mitte durchlocht, am erhaltenen Ende grob halbrund zugearbeitet und gleicht den jungneolithischen Pfahlschuhen aus Hornstaad-Hörnle IA[109]. Allerdings wurde sie ohne zugehörigen Pfahl gefunden und erscheint für die dort beschriebene Verwendung als Pfahlschuh relativ klein. Da dieses Holz in einem Grobgrabungsfeld gefunden wurde, lassen sich über die exakten Fundumstände keine genauen Angaben machen. Die Beobachtungen des gelochten Pfahls in Parkhaus Opéra zeigen jedoch, dass diese Lage sehr gut mit der Zugehörigkeit zu Schicht 13 vereinbar ist.

2.8.4 Hölzer mit U-förmigem Ende

In Qm 508/155–156 fand sich im Detritus von Schicht 13 zwischen den Lehmstellen 1302 und 1303 ein halbiertes liegendes Eichenholz von knapp 110 cm Länge und 15 cm Stammdurchmesser (Holz 5837, Abb. 66). An einem Ende weist es eine U-förmige Ausnehmung auf. Eine zweite, schlecht erhaltene Eiche, die vermutlich gleichartig gearbeitet ist (Holz 23764), fand sich in Qm 511/140.

Zwei analoge Stücke aus Feldmeilen Vorderfeld unterscheiden sich von den Hölzern aus Parkhaus Opéra nur dadurch, dass es sich dort nicht wie hier um Hälblinge, sondern um radiale Spältlinge handelt[110]. Winiger interpretierte die Stücke, die dort ebenfalls aus der Horgener Schicht stammen, als umgestürzte Pfähle, bzw. «Auflager zur Aufnahme eines horizontalen Trägers»[111]. Sie wurden dort zusammen mit einer grösseren Anzahl von liegenden Hölzern gefunden, die in Astgabeln endeten.

2.8.5 Tür und Gatter

Auf den Kontext des komplett erhaltenen Türblatts wurde bereits bei der Besprechung von Lehmstelle 1305 eingegangen (Kap. VII.2.2.3).

Die Bergung des Türblatts war wegen der sehr dünnen und fragilen Konstruktion schwierig. Das RGZM in Mainz sandte freundlicherweise zwei Spezialisten, die die Bergung durchführten[112]. Zuerst wurden die Schichten ringsum bis auf einen Sockel unter der Tür abgegraben. Dabei wurde sie permanent feucht gehalten und mit Folie abgedeckt. Unter der Tür wurde dann eine Stahlplatte durch die Seekreide hindurchgepresst. Um zu vermeiden, dass dabei verborgene Steine nach oben gedrückt würden, wurde der Weg der Stahlplatte zuvor mit einer von zwei Personen geführten Drahtseilsäge gangbar gemacht. Da Gefahr bestand, dass das Unterfangen mit der Stahlplatte den Sedimentsockel zerreisst, wurde dieser zuerst mit einem stabilen Holzrahmen eingefasst. Die Mainzer Restauratoren fixierten danach die Oberfläche der Tür mit einer glasfaserverstärkten Kunstgipsschale. Nachdem die Stahlplatte untergeschoben war, wurde der gesamte Block gehoben und umgedreht, um die Rückseite freizulegen. Nach Aufbringen einer zweiten Schale war die Tür transportfähig und wurde zur Konservierung nach Mainz gebracht[113].



Abb. 66. Liegendes Holz mit U-förmig ausgearbeitetem Ende.

Die Konstruktion lässt sich im Detail sehr gut erkennen: Aus drei Herzbohlen von Pappel wurde ein Türblatt von recht exakt 150 × 90 cm erstellt (Abb. 67, 68). Die einzelnen Bohlen stossen längs mit ihren flachen Seiten stumpf aneinander. Sie sind untereinander mit Querleisten aus Hasel verbunden, die durch spindelförmige Erhebungen verlaufen, die auf den Herzbohlen stehen gelassen wurde. Die Bretter wurden also nicht gespalten, sondern aus etwa eine Handbreit dicken Bohlen herausgearbeitet. Die Dicke des Türblatts ist wegen der Schichtpressung nicht mehr direkt zu ermitteln. Der Sedimentdruck hat die anatomische Struktur vieler Holzobjekte und auch der Tür stark gestaucht, was im anatomischen Querschnitt anhand der kollabierten Gefässe und des Verlaufs der Markstrahlen gut sichtbar ist (Abb. 69). Die versuchsweise Messung der Markstrahllänge auf dessen kurvigem Weg durch das gestauchte Gewebe ergab, dass die ursprüngliche Bohlenstärke mindestens im Bereich des 1,4-Fachen der heutigen Materialstärke lag. Das Türblatt war daher ursprünglich nur etwa 2–2,5 cm stark. Die durchschnittlich 42 cm langen und 6 cm breiten Ösen könnten daraus ursprünglich etwa 6–8 cm hervorgestanden haben. Die Türangeln sind aus der inneren Bohle gearbeitet und etwa 5 cm breit. Eine ist etwas weniger pointiert in der Form und 5 cm lang, während die andere scharf geformt und 10 cm lang ist. Bei der längeren muss es sich um die obere Türangel handeln, denn ein Türblatt lässt sich am einfachsten in einen Türrahmen einsetzen, wenn die obere Türangel länger ist, von der Seite her weit in das Loch der Zarge hineingehoben werden und dann in das untere Scharnierloch abgelassen werden kann. Auf dem umgekehrten Weg kann das Türblatt jederzeit wieder herausgenommen werden.

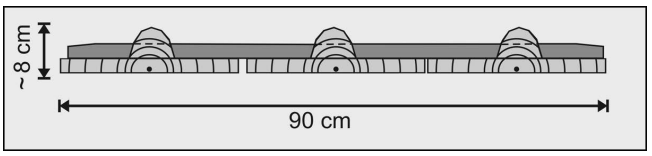


Abb. 68. Schematischer Querschnitt durch das Türblatt.

Die Querleisten bestehen aus oben und unten abgeflachten Haselstangen von etwa 5 cm Durchmesser. Ihre Bahn auf dem Türblatt ist leicht vorgearbeitet worden (Abb. 70). Diese Bahn ist teils so flach, dass sie nur angerissen wirkt. In die Enden der Haselleisten sind Eschenkeile getrieben, die die Leisten spreizen und damit die Spannung erzeugen, die das Tür-



Abb. 67. Vorder- und Rückseite des Türblatts.

Zum Inhaltsverzeichnis

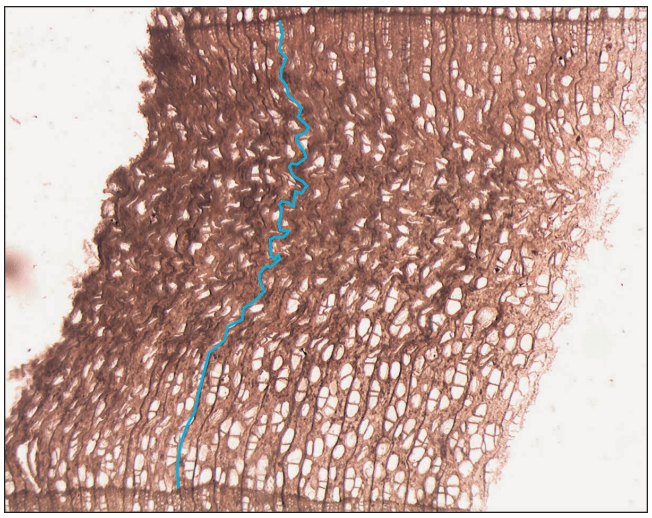


Abb. 69. Mikroskopischer Dünnschnitt des Pappelholzes der Tür. Bildausschnitt ca. 3 × 3 mm. Der Verlauf eines Markstrahls ist eingezeichnet und zeigt den Grad der Pressung.

blatt zusammenhält. Dübel sind zwischen den Bohlen keine vorhanden.

Die Ränder des Türblatts sind grossteils sauber bearbeitet. Besonders erstaunlich ist aber die Oberfläche des Türblatts, denn es sind nirgends Werkzeugspuren zu erkennen. Auch auf der gesamten Rückseite, die keinerlei weitere Konstruktionsmerkmale aufweist, sind weder Rissflächen noch Schlagfacetten oder eindeutige Schmirgelspuren zu erkennen.

Die beste Parallele findet sich in der analogen Konstruktion der Horgener Siedlung von Pfäffikon-Burg. Aufgrund schlechterer Erhaltung lag es dort nahe, eine Konstruktion mit einander überlappenden Bohlen zu vermuten[114]. Das einzige weitere neolithische Türblatt ist jenes von Wetzikon-Robenhausen, das jedoch deutlich älter ist und eine völlig andere Konstruktion aus einer einzigen grossen Bohle aufweist[115].

Ein zweiter, ähnlicher Fund wurde im Bereich der Parkhauszufahrt an der Südwand direkt ausserhalb des Parkhauses gemacht. In einer Gemengelage mit diversen anderen Hölzern sowie einer Schale aus Ahorn fand sich eine Holzkonstruktion, die einem Gatter gleicht: sechs nebeneinander liegende Hälblinge aus Linde mit einem Durchmesser von zumeist 10 cm, einer Länge von 1,40 m und auf zwei parallelen Bahnen im Abstand von 60 cm durchlocht. Durch die Löcher waren Bündel von drei bis fünf teils gespaltenen Haselruten geschoben (Abb. 71, 72). Wie das Türblatt wurden auch die Lindenhölzer durch den Schichtdruck stark gepresst. Die ineinander verkeilten und offensichtlich mit einiger Gewalt durch die seitlich durchlochten Lindenhölzer getriebenen Haselruten sorgten für den Zusammenhalt. Dass in den durchlochten Lindenhälblingen unterschiedlich viele, nämlich drei bis fünf Haselruten gefunden wurden, bedeutet, dass nicht alle Ruten komplett von einer Seite aus ganz hindurchgetrieben wurden. Dies hätte zur selben Zahl Ruten in allen Löchern geführt. Stattdessen wurden sie wohl von beiden Seiten aus eingeschlagen. Vielleicht handelt es sich bei einzelnen Ruten auch um Hilfskeile.

Den Abschluss bildet auf einer Seite ein Holz, das ebenso durchlocht ist und von den Haselruten durchzogen wird, sich aber von den anderen Hölzern unterscheidet: Es handelt sich um eine halbierte Eiche, die oben und unten jeweils in Form von abgesetzten Zapfen mit deutlichen Schlagmarken ein paar Zentimeter über die Lindenhölzer hinausragt. Wie bei der Tür ist auch hier einer der Zapfen länger als der andere. Es könnte sich also auch hierbei um eine Türkonstruktion handeln. Der zaunartige Charakter ist nicht der Konstruktion selbst, sondern jüngeren Pfosten zuzuschreiben, welche die Konstruktion durchschlagen und aufgespreizt haben. Die ursprünglichen Masse dürften bei etwa 140 × 70 cm gelegen haben und sind damit von den Massen der Tür nicht weit entfernt. Dennoch liegt qualitativ und ästhetisch zwischen den beiden Objekten ein grosser Abstand. Eine parallele Konstruktion wurde in der Ausgrabung Zürich-AKAD/Pressehaus (Schicht E) gefunden[116]. Auch hier handelt es sich um einen durchlochten, halbier-



Abb. 70. Detail der Durchlochung einer Öse sowie der aus dem Blatt herausgearbeiteten flachen Bahn.

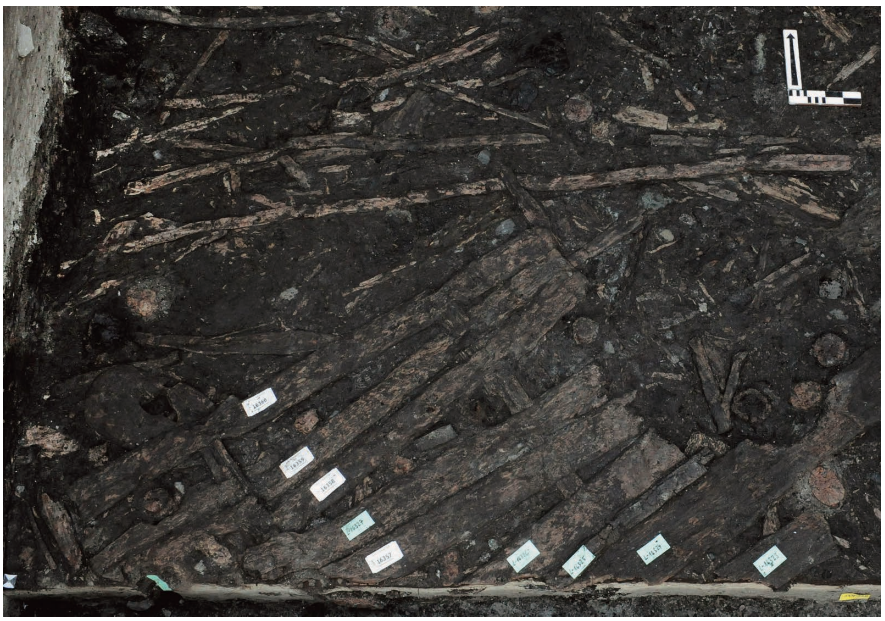


Abb. 71. Die Holzkonstruktion in Fundlage.

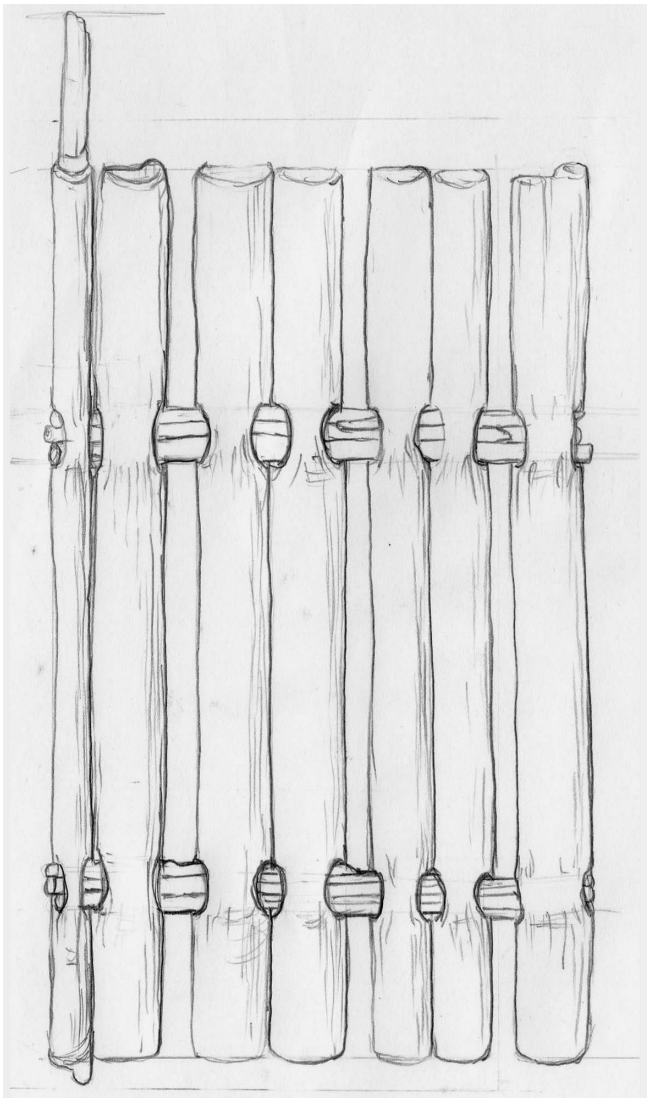


Abb. 72. Rekonstruktionszeichnung der Holzkonstruktion in der Schillerstrasse.

ten Lindenstamm, bei dem ein Bündel dünnerer Ruten durch die Öffnung geschoben wurde (Abb. 73). Schicht E von AKAD wird auf das 31. Jh. v.Chr. datiert[117]. Diese Konstruktionsart scheint also in Zürich zur Horgener Zeit üblich gewesen zu sein.

2.8.6 Bauteile mit unbekannter Funktion

Im Lauf der Grabungen kam eine Reihe von Holzobjekten zum Vorschein, deren Funktion sich nicht ohne weiteres erschliesst. Hierzu gehören schindelartige Objekte aus anderen Holzarten als Tanne sowie flache, gespaltene Eichenbretter und ein durchlochtes Objekt aus Erle (Abb. 74).

Weitere Hölzer fallen wegen Durchlochungen auf, kommen aber aufgrund ihrer Grösse nicht als Schindeln infrage: So ist das liegende Holz 501.1 zwar auf 130 cm erhalten, war aber ursprünglich länger, wie Brüche an beiden Enden belegen. Es handelt sich dabei um eine halbierte Eiche mit knapp 20 cm Stammdurchmesser. Neben zwei rezenten Beschädigungen ist eine originale mittige Durchlochung von etwa 5 × 4 cm erhalten (Abb. 75). Weitere Konstruktionsdetails wurden keine beobachtet.

Etwa 3 m lang war das stark fragmentierte Holz 13587, das ebenfalls eine zentrale Durchlochung aufweist (Abb. 76). Hier handelt es sich um eine Erle mit einem Stammdurchmesser von ca. 12–15 cm. Die annähernd runde Durchlochung misst etwa 7 cm.

2.9 Fazit zu liegenden Hölzern und Sonderbefunden

Die Gegenüberstellung der visuell definierten hügelförmigen und vielschichtig gegliederten Schichtbereiche mit der Funddichte deutet darauf hin, dass es sich bei diesen Befunden mit hoher Wahrscheinlichkeit um Abfallhaufen handelt. Unter, in und auf diesen Abfallhaufen wurden Lehmbrocken gefunden. Mehrfach waren ganze Lehmlagen mit solchen Befunden verzahnt.

Die Auswertung der Verbreitung von Steinen, Rinden und liegenden Hölzern ergab keine erkennbaren Muster.

Zum Inhaltsverzeichnis



Abb. 73. Vergleichsfund einer identischen Holzverbindung aus Zürich-AKAD/Pressehaus.

Abb. 74. Erlenbrett mit Durchlochung.





Abb. 75. Eichenbrett mit zentraler Durchlochung. Die Löcher links im Bild sind Beschädigungen.



Abb. 76. Drei Meter langes liegendes Holz mit zentraler Durchlochung.

Intakte Konstruktionen wurden nur in Form eines durchlochten Pfahls, der Tür und einer weiteren mutmasslichen Gatterkonstruktion vorgefunden. Bei den Schichtbefunden wurde zwar allen Hinweisen nachgegangen, eindeutige Konstruktionen wie etwa Lehminstallationen oder Wandbewurf konnten aber nicht gefunden werden. Es fand sich eine kleinräumige Holz-Lehm-Konstruktion mit mehreren parallelen und in Lehm eingebetteten Holzstangen, die aber gemäss Verziegelungsspuren nicht in situ war.

Eine Reihe von zumeist dünnen, radial gespaltenen, oberflächlich verkohlten Tannenbrettern zeigt gute Analogien zu Funden aus Arbon-Bleiche 3 und könnte als Schindeln im Dach- oder Wandaufbau gedient haben.

Der Lehm-Holz-Befund aus Lehmstelle 1306 scheint den Rest einer aus ihrem Zusammenhang gerissenen, oberflächlich verziegelten Lehmlage wie z.B. einer Herdplatte darzustellen. Die parallelen Hölzer erinnern stark an die hölzerne Substruktion der Lehmstelle in Seekirch-Stockwiesen (D)[118] sowie einen Befund in Schicht 15 der Grabung Parkhaus Opéra, der weiter unten vorgestellt wird (Kap. VII.4.2.5). Der Befund zeigt exemplarisch, dass beim Versturz solcher Konstruktionen die hölzerne Substruktion im Befund nicht sichtbar bleiben muss. Der Unterschied zu den anderen Lehmbefunden von Schicht 13 liegt hauptsächlich darin, dass dieser kleine Teil der Substruktion im verstürzten Lehm hinreichend stark fixiert war, sodass die Hölzer in diesem Kontext noch angetroffen wurden.

3 SCHICHT 14

3.1 Allgemeine Erscheinung

Schicht 14 war auf einer deutlich kleineren Fläche erhalten als Schicht 13. Ihre Oberkante war in weiten Bereichen durch den Reduktionshorizont oder neuzeitliche Störungen beeinträchtigt. In der Peripherie war sie nur als graue oder bräunliche Verfärbung in der Seekreide ausgeprägt (Abb. 77). Im Bereich mit organischer Erhaltung schwankte die Schichtmächtigkeit zumeist um 3–7 cm.



Abb. 77. Schicht 14 (Snr 626) wandelt sich auf wenigen Metern von organischer Erhaltung zu nur noch einem braunen Band in der Seekreide.

Wo organischer Detritus erhalten war, ähnelte die Kulturschicht stark Schicht 13. Im Unterschied zu dieser erschien der Detritus aber stärker abgebaut. Er enthielt beispielsweise weniger erkennbare Pflanzenteile. Diese Einschätzung wurde durch die torfkundliche Untersuchung an der Universität Görlitz bestätigt (Kap. VII.2.1.1).

Wo kein Detritus mehr erhalten war, reduzierte sich Schicht 14 auf Verfärbungen in der Seekreide, konnte aber dennoch Baulehme enthalten (s.u.). Im Süden des Parkhausperimeters wurde die Schichtabgrenzung zunehmend schwierig. Nicht nur die Ausprägung als blasse Verfärbung erschwerte die Ansprache. Südlich von Y = 140 war die Seekreide über der sehr mächtig ausgeprägten Schicht 13 zumeist dünn und nicht gebändert. Im geringmächtigen Band zwischen dem Reduktionshorizont und dem ausgeprägten Relief aus Hügeln und Senken von Schicht 13 ergaben sich für Schicht 14 lokal sehr unterschiedliche Ablagerungsbedingungen. Erschwerend kam hinzu, dass im seewärtigen südlichen Bereich auch die Schichten 15 und 16 oft nur als graue Verfärbungen erhalten waren und sich von Schicht 14 nicht sichtbar unterschieden. Für manche Schichtbereiche in diesem südlichen Gebiet ist auch eine Vermischung von Material der Schichten 14, 15 und 16 nachgewiesen. Viele Schichtkörper wurden hier daher nur als «jünger als Schicht 13» klassifiziert. Lokal reichten die Kuppen von Schicht 13 wohl zur Besiedlungszeit von Schicht 14 aus der Seekreide heraus und waren sichtbar (Abb. 78).

Im Bereich der Zufahrt Schillerstrasse waren die Schichten wieder klar zu trennen. Im äussersten Südosten wurden

Zum Inhaltsverzeichnis

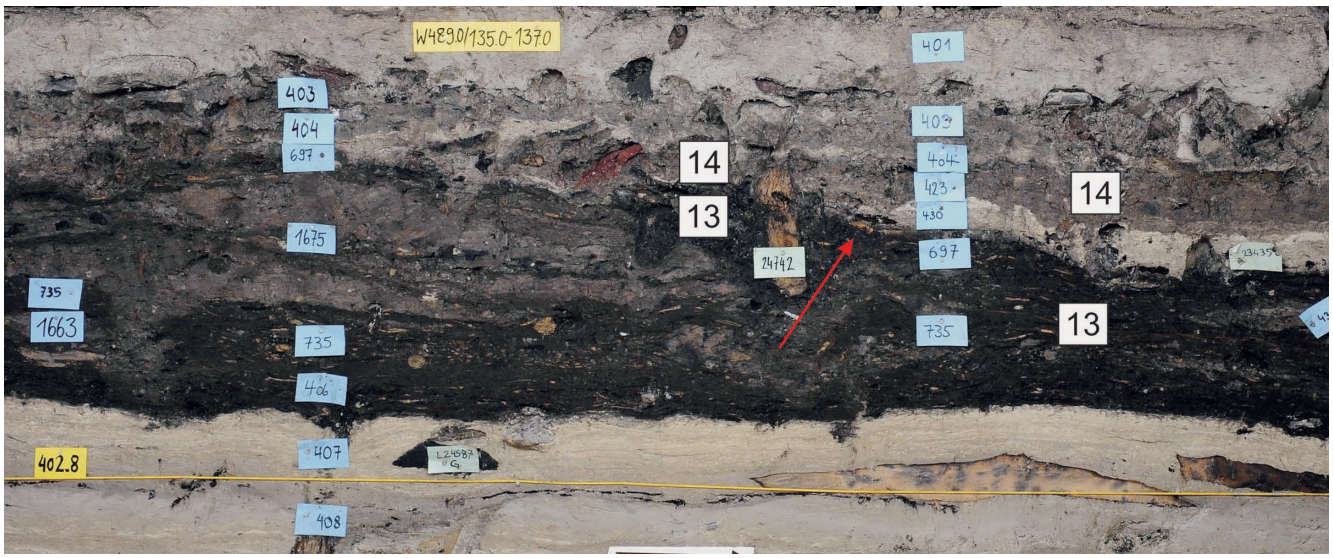


Abb. 78. Ein Lehmbefund in Schicht 13 bildet einen Hügel. Die Seekreide über Schicht 13 läuft am Hang dieses Hügels aus. Auf der Kuppe liegt Schicht 14 direkt auf Schicht 13. Die Kuppe lag zur Zeit der Besiedlung von Schicht 14 sichtbar offen.

wenige Quadratmeter angeschnitten, auf denen Schicht 14 wieder besser erhalten war.

3.1.1 Kulturschichtbasis

Die Ausprägung der Kulturschichtbasen kann nur im Norden und schwerpunktmässig im Nordwesten beurteilt werden.

Im Bereich mit organischer Erhaltung kamen fast ausschliesslich die Ausprägungen nach Typ A und nur gelegentlich nach Typ C vor (vgl. Abb. 42). Im Gegensatz zu Schicht 13 lagen Lehmbefunde häufiger direkt auf der Seekreide. In diesen Fällen war der Übergang manchmal noch schärfer, weil die fadenförmigen Strukturen häufig ausblieben (vgl. Abb. 40, Kap. VII.2.1.3). Mechanische Disruptionen der Seekreidebänderung aus der Kulturschicht heraus

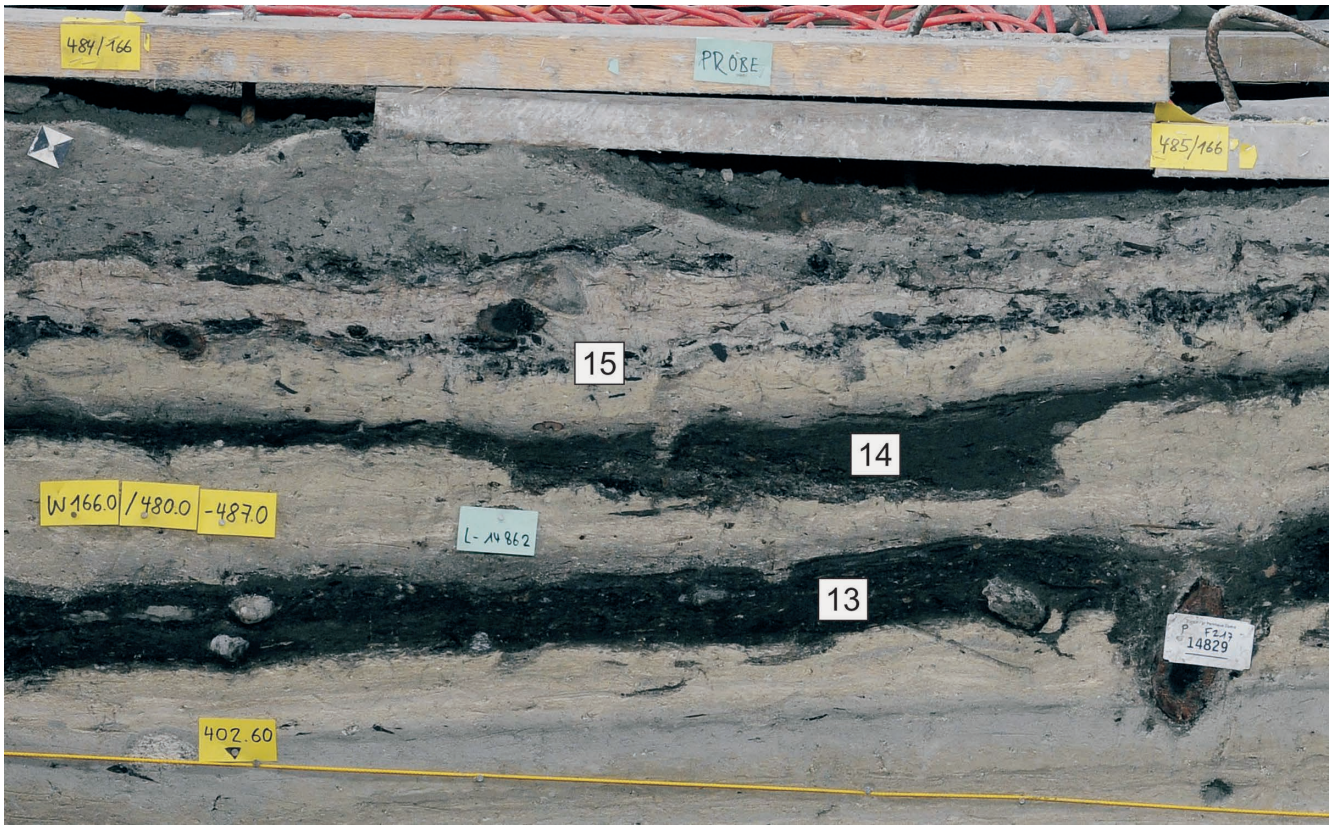


Abb. 79. Beispiel für die seltene mechanische Disruption der Seekreide aus Schicht 14 heraus ins Liegende. An der Sohle ist eine Vermengung des Detritus mit mineralischem Material erkennbar.

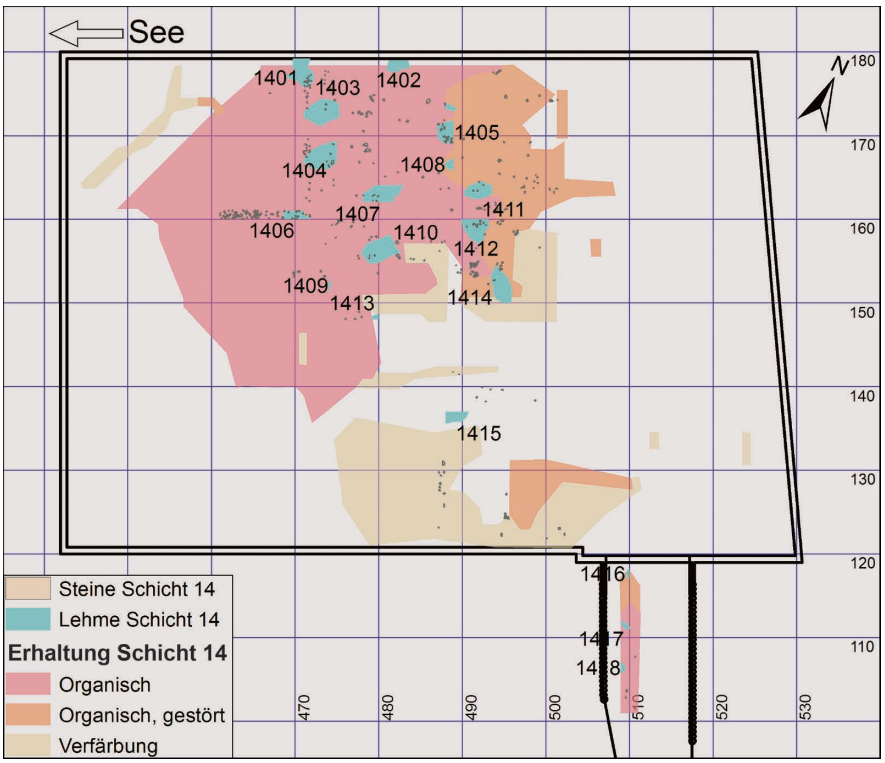


Abb. 80. Vergleich der Verbreitung von stratifizierten, mindestens faustgrossen Steinen und den Lehmen aus Schicht 14.

waren noch seltener als in Schicht 13 und wurden nur punktuell beobachtet. Ein besonders ausgeprägtes und scharfkantiges Beispiel ist in Abb. 79 erkennbar.

3.2 Lehmbefunde

Da sich die Lehmbefunde von Schicht 14 untereinander und auch jenen von Schicht 13 in einigen Punkten stark gleichen, werden von den insgesamt 18 beobachteten Lehmstellen hier exemplarisch nur 4 besprochen, die die Variabilität und die gesamte Grabungsfläche hinreichend repräsentieren. Die Lehmbefunde lassen eine Anordnung von drei oder eventuell vier etwa von West nach Ost verlaufenden Reihen erkennen (Abb. 80).

3.2.1 Lehmstelle 1401 (Taf. 17)

Während an manchen Stellen ein wenig organischer Detritus (Snr 679, Phase 1) auf der Seekreide lag, begann die Deposition an anderen Stellen direkt mit einem grauen Mischsediment. Die Ausgräber beschrieben es als lockeres «aschiges» Sediment aus Feinsand, in dem auch Silt und Ton enthalten waren, sprachen es aber nicht als Lehm an, weil die Tonanteile in kleinen blauen Konkretionen auftraten und nicht homogen in der Schicht verteilt waren (Snr 1099, Phase 1). In dieser Schicht wurden viele Funde gemacht, darunter besonders viele kalzinierte Knochen. An organischem Material trat hauptsächlich Holzkohle auf. Der Schichtkörper war in Qm 471/177 punktuell bis zu 15 cm mächtig, nahm aber schnell ab und lief in langen, dünnen Schlieren aus. Über ihm lag ein stellenweise nur sehr dünn ausgeprägter organischer Detritus (Snr 677, 1807, Phase 2), der punktuell ganz fehlte. Darauf folgte eine recht heterogene Lehmschicht, deren oberer Teil tonhaltiger war als der sandige Unterteil (Snr 1096, Phase 3). In diesem Lehm lagen diverse faustgrosse Steine, darunter einige wohl unter Feuereinfluss zerborstene. Regelmässig kamen organische Materialien wie Moos und Holzspäne vor. Im Bereich von Qm 176–177/471 war der tonige Anteil höher und enthielt Brocken verziegelten Lehms. Während an manchen Stellen auf Phase 2 direkt Phase 4 folgte, lag am nördlichen Rand des Befunds dazwischen ein organischer Detritus (Snr, 1806, Phase 4). Den oberen Abschluss der Stratigraphie bildete an diesem Punkt ein Lehmbefund (Snr 1098, Phase 5), der in Qm 471/177 haufenförmig auf dem unteren Lehmbefund lag und sich nordwestlich davon in einer dünnen Streuung verziegelter Brocken verlor.

Da Snr 1099, 1096 und 1098 alle ihre grösste Mächtigkeit bei Qm 471/176–177 haben, ergibt sich hier eine deutliche hügelartige Erhebung.

3.2.2 Lehmstelle 1404 (Taf. 17)

An der Basis von Lehmstelle 1404 befand sich an manchen Stellen feiner Sand mit etwas Kies (Snr 681, Phase 1), grossteils lag der unterste Lehm (Snr 670, Phase 1) jedoch direkt auf der Seekreide. Dieser Lehm war bis 10 cm mächtig und enthielt neben etlichen gebrannten Lehmfragmenten auch erkennbare botanische Reste und Keramik. Vom oberen Lehm war er durch ein nur etwa 0,5–1 cm mächtiges Detritusband getrennt, das an manchen Stellen fehlte (Snr 669, Phase 2). Der obere Lehm (Snr 668, 678, Phase 3), der bis 25 cm mächtig wurde und an den Rändern steil abfiel und ausdünnte, beinhaltete neben erhöhten Mengen von Sand und Kies auch organische Makroreste, Holzkohle sowie einzelne Sandlinsen. Die obere Hälfte zeigte viele orange gebrannte Lehmfragmente mit schwarzen Oberflächen, die jedoch keine zusammenhängende Oberfläche ergaben und nicht einheitlich orientiert waren. An verschiedenen Stellen lag auf dem Lehm etwas organischer Detritus, der aber nicht gesondert doku-

Zum Inhaltsverzeichnis

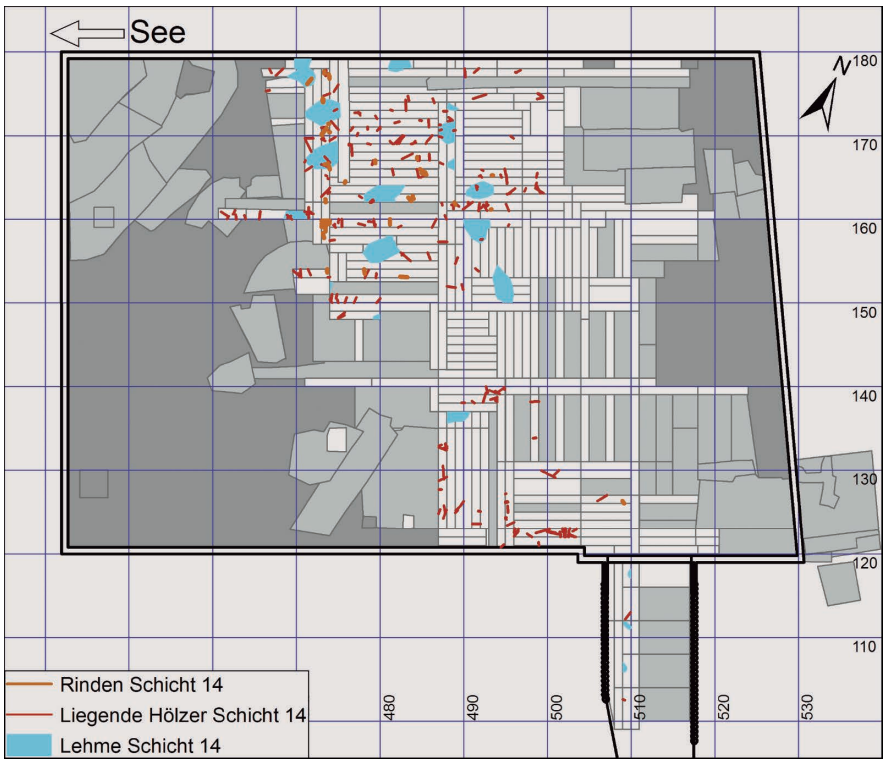


Abb. 81. Verbreitungsplan liegender Hölzer und Rinden in Schicht 14.

mentiert wurde. In Qm 473/166 lag auf einem solchen Detritus auf der Flanke des Lehmhügels eine weitere Ansammlung von Lehmbrocken.

Das östliche Ende dieses Lehms wurde nicht dokumentiert. Möglicherweise lag es in einem nur grob gegrabenen, von Nord nach Süd verlaufenden Suchschnitt. Vielleicht stellen aber auch einige verstreut liegende Lehmflecken an der Oberkante der Kulturschicht (Snr 353) rings um Qm 477/170 seine äussersten Ausläufer nach Nordosten dar.

3.2.3 Lehmstelle 1410 (Taf. 18)

Eine der grössten Lehmstellen ist Lehm 1410. Der unterste Lehm (Snr 1629, Phase 1) lag direkt auf der Seekreide und war stellenweise nur als sehr dünnes Band ausgeprägt. An manchen Stellen erreichte er bis zu 5 cm Mächtigkeit. Er war relativ reich an organischen Resten, an anderen Stellen wirkte er bei der Ausgrabung schwach gebrannt. Er wurde an manchen Stellen durch ein sehr dünnes organisches Band vom darauf liegenden, stratigraphisch nächsten Lehm (Snr 1625, Phase 2) getrennt. Dieser war sandig, in der Matrix grau und enthielt viele verziegelte Brocken. Auch Snr 1625 wurde nur stellenweise von einem organischen Band überlagert (Snr 1658, Phase 3), bevor der nächste Lehm folgte und Snr 1625 manchmal direkt auflag (Snr 1628, Phase 4). Auch dieser enthielt viele gebrannte Lehmfragmente mit bis 10 cm Durchmesser und dunkler Oberfläche in wirrer Lage. Daneben fanden sich auch Steine bis 5 cm Grösse und unverbrannte Äste und Zweige. Er wurde bis 15 cm mächtig. In seinen Rändern wandelte er sich zu einem organischen Detritus mit mineralischen Anteilen bzw. einem stark organisch durchsetztem Lehm (Snr 1665, 1666, Phase 4). Auf einem Grossteil der Fläche folgte auf den Lehm von Phase 4 direkt ein vierter Lehm (Snr 1622, Phase 5). Er lag mit seinem Zentrum leicht verschoben auf der Flanke des Hügels, der sich durch die Abfolge der älteren Lehme ergeben hatte. Getrennt von diesen Lehmen, aber in Qm 477/156 ebenso präsent, war ein etwa 1 m schmales Lehmband, das nach Nordwesten auslief (Snr 1624, Phase 5). Es lag an der Oberkante von Schicht 14 auf dem ungegliederten Detritus (Snr 21, Phasen 1–4). Die exakte Ausdehnung dieses grauen Lehms war schwer zu bestimmen, weil er im Kontakt mit der Seekreide Abspülungserscheinungen zeigte. Solche waren häufig an der Oberkante der Schicht zu beobachten und nahmen meist die Form hellgrauer Bänder in der Seekreide an. Die Grenzen zwischen hellgrauem Lehm, der Seekreide enthielt, einerseits und hellgrauer Seekreide andererseits waren dabei nicht verlässlich zu definieren.

3.2.4 Lehmstelle 1415 (Taf. 19)

Lehmstelle 1415 befand sich ausserhalb des Bereichs, in dem Schicht 14 in organischer Erhaltung vorgefunden wurde. Die Schicht war hier nur als graues Band unscharfer Kontur zu erkennen, in dem sich grau verfärbte Seekreide, Sand, Holzkohle, organische Abbauprodukte und gelegentlich mineralische Komponenten fanden. Hierbei kann es sich um Reste von Lehmen handeln. Deren genaue Kartierung oder exakte Ansprache war oft nicht möglich. Ein klar erkennbarer Lehmbefund (Snr 423, 1694) ist auf wenigen Quadratmetern fassbar. Er wurde bis über 10 cm mächtig, dünnte aber zu den Rändern hin schnell aus und ging graduell in die umgebende organisch dominierte Kulturschicht über. In einem kleinen Bereich bei Qm 490/135 häuften sich rot verziegelte Lehmfragmente. Die Seekreiden darüber und darunter waren nicht immer vorhanden. Die Oberkante von Schicht 13 hatte hier zu einem Relief geführt, in dessen Tälern sich offenbar andere

Ablagerungsbedingungen einstellten als auf den Kuppen. Stellenweise lagen Schicht 14 und der Lehm direkt auf dem Detritus von Schicht 13; manchmal lagen dazwischen wenige Millimeter Seekreide.

3.3 Steine

Von vier klar erkennbaren Steinkonzentrationen lagen zwei (bei Qm 471/176 und 488/169) im Bereich von Lehmstellen und zwei (bei Qm 462–466/160 und Qm 491/154) abseits von oder knapp neben Lehmbefunden (Abb. 80). Die Verteilung dazwischen ist auf der kompletten Fläche mit Schichterhaltung gleichmässig bei geringer Dichte.

3.4 Horizontale Elemente

3.4.1 Liegende Hölzer und Rinden

Der Plan der liegenden Hölzer lässt keinerlei Regelmässigkeiten erkennen (Abb. 81). Weder herrscht eine Orientierung vor, noch gibt es auffällige Häufungen. Wie in Schicht 13 lagen auch hier kaum jemals zwei Hölzer parallel. Konstruktive Zusammenhänge sind keine zu erkennen. Ein ganz ähnliches Bild ergab die Kartierung der wenigen Rinden aus Schicht 14 (Abb. 81).

3.4.2 Tannenbretter

Auch in Schicht 14 wurden Tannenbretter angetroffen, bei denen es sich um Schindeln zur Wand- oder Dachverkleidung handeln könnte (vgl. Kap. VII.2.8.1). Von sieben Objekten war eines durchlocht (Abb. 82). Die Breite schwankte erheblich von 6,5 cm bis zu 18 cm. Aussagekräftige Verkohlungsmuster konnten bei den wenigen und teilweise stark fragmentierten Stücken nicht beobachtet werden.

3.4.3 Holzobjekte unbekannter Funktion

Beim Fund einiger zu einem Ring gewundener Tannenzweige könnte es sich um eine Verbindung zwischen Bauteilen handeln (Abb. 83). Zwar können solche hölzerne Bindungen auch für viele andere Zwecke Verwendung gefunden haben, doch ähneln sie Bindungen zwischen Bauteilen, die in Zürich-Mozartstrasse sowie in Bodman-Schachen (D) in frühbronzezeitlichem Kontext gefunden wurden[119]. Bindungen zwischen Bauteilen sind auch von Greifensee-Böschen bekannt, wobei es sich dort um Waldrebe statt Tanne handelte[120]. Mit einer lichten Weite von etwa 20 cm ist der Tannenring von Parkhaus Opéra gross genug, um kleinere Bauteile verbunden zu haben.

Eine Besonderheit stellt ein etwa 80 cm langer liegender Erlenstamm (Hnr 12455) mit Durchlochung an einem Ende



Abb. 82. Fragment eines durchlochten Tannenbretts.

Zum Inhaltsverzeichnis



Abb. 83. Bindungsring aus zusammengedrehten Tannenzweigen.



Abb. 84. Liegendes Holz mit durchlochtem Ende.

dar (Abb. 84). Das andere ursprüngliche Ende ist nicht erhalten. Der Stamm, dessen Durchmesser auf mindestens 12 cm geschätzt werden kann, wurde in der Seekreide zwischen Schicht 13 und Schicht 14 gefunden. Da die Rinde noch erhalten ist und keine Spuren intensiver Erosion zeigt, ist es unwahrscheinlich, dass das Objekt durch Erosion und Redeponierung aus Schicht 13 in die Seekreide gelangte. Es kann von einer der umliegenden Stationen stammen oder aus Schicht 14 in die Seekreide darunter gedrückt worden sein. Die Durchlochung des Objekts legt nahe, dass grössere Hölzer mittels Steckverbindungen an ihren Enden zusammengefügt wurden.

3.5 Zusammenfassung und Diskussion Schicht 14

Schicht 14 ist nicht nur auf einer kleineren Fläche als Schicht 13 erhalten, sondern scheint auch stärker abgebaut worden zu sein.

Wie bei den Lehmen von Schicht 13 weisen fast alle Lehmstellen in Schicht 14 verziegelte und/oder unverziegelte Lehmbrocken auf, die keine gemeinsame Oberfläche bilden. Viele Lehmbefunde sind durch graduell auslaufende Ränder charakterisiert. Es gibt häufig Ablagerungen vermischten Inhalts, die sowohl Detritus als auch Lehm und in manchen Fällen zudem Seekreide enthalten. Wie in Schicht 13 erscheinen auch hier häufig die Grundformen der Brockenstreuung, des deutlichen Haufens und der unregelmässigen Form. Eine weitere Gemeinsamkeit ist das Fehlen von Substruktionen, parallelen Hölzern oder flächigen und klar intentionalen Rindenlagen. Im Unterschied zu den Lehmen aus Schicht 13 lagen jene der Schicht 14 häufig direkt auf der Seekreide. Einzig in Lehmstelle 1405 findet sich eine schwache Analogie zu den Befunden, die in Schicht 13 als mutmassliche Abfallhaufen interpretiert wurden (vgl. Kap. VII.2.4). Da dieser Bereich aber gestört ist, wurde hier keine so deutliche Vermischung von Lehmstellen und mutmasslichen Abfallhaufen dokumentiert wie in Schicht 13. Vielleicht ist dieser Unterschied auch auf die kleinere Fläche mit hinreichend guten Erhaltungsbedingungen zurückzuführen.

Die Anordnung der Lehme lässt drei Zeilen von Befunden parallel zum Ufer erkennen, die im Verhältnis zu jenen von Schicht 12 etwa 10–15 m weiter seewärts verlaufen.

Auch in Schicht 14 lässt sich zeigen, dass die liegende Seekreide, die bei der Ankunft der Siedler die Oberfläche darstellte, weitgehend unberührt geblieben ist. Die wenigen mechanischen Eingriffe, die während der Besiedlungszeit erfolgten, waren deutlich erkennbar.

Wie in Kap. III.1 und Abb. 10 gezeigt wurde, ist die Gleichsetzung von Schicht 14 im Parkhaus mit den Schichtresten in der Zufahrt Schillerstrasse nicht gesichert. Im Südosten der Grabungsfläche ist das Schlagdatum –3098 (b-Datierung; Kap. VIII.7.4) belegt. Es könnte daher sein, dass Schicht 14 in der Schillerstrasse ein Ausläufer von Schicht 3 der Mozartstrasse ist.

4 SCHICHT 15

4.1 Allgemeine Erscheinung

Schicht 15 war hauptsächlich im Nordwesten mit einiger Klarheit ausgebildet (Abb. 4). Sie präsentierte sich hier als graue Seekreide mit Holzkohle und Lehmbefunden. Landwärts ging sie im Reduktionshorizont auf. Seewärts und v.a. im Südwesten war sie bis an die Aussenmauer des Parkhauses als grau verfärbte Seekreide zu verfolgen, wobei nur noch gelegentlich etwas Holzkohle oder liegende Hölzer darin auftraten. Wo die Holzkohle fehlte, wies Schicht 15 keine deutlichen Ober- oder Unterkanten mehr auf, sondern war nur anhand gradueller Farbverläufe zu erkennen.

4.2 Lehmbefunde

Die Lehmbefunde in Schicht 15 waren relativ gleichartig. In fast allen Fällen lag der Lehm direkt auf der Seekreide. Zuweilen trat zwischen Lehm und Seekreide etwas Kulturschicht in Form von Holzkohle oder wenigen organischen Resten auf. Die im Zentrum mehrheitlich 5–10 cm mächtigen Lehmkörper waren mehrheitlich von fleckig wechselnder Farbe, wobei man bisweilen glaubt, in den Profilfotos eine Ansammlung härterer Fragmente erkennen zu können. Tatsächlich sind in einigen Fällen verziegelte Lehmbrocken nachgewiesen. Die Ränder der Lehme waren graduell auslaufend, wobei manchmal der Lehmkörper stetig dünner wurde, manchmal die Peripherie löchrig war. In den meisten Lehmstellen fielen an der Unterseite einzelne Lehmbrocken auf, die in die Seekreide hineingedrückt waren, während die Grenze der Seekreide zum Lehm ansonsten sehr scharf war. Die fadenförmigen Strukturen, die in Schicht 13 und 14 unter der Kulturschicht in der Seekreide zu beobachten waren, traten in Schicht 15 nicht auf.

4.2.1 Lehmstelle 1501 (Taf. 19)

Die Lehmstelle 1501 wurde in einem Bereich ausgegraben, in dem die Baustatiker nur noch sporadisch Grabungen erlaubten. Schicht 15 bestand hier hauptsächlich aus Holzkohle in grauer Seekreide (Snr 659, Phase 1). Der Lehmbefund darauf (Snr 1805, Phase 2) war zweigeteilt. In die Seekreide waren erkennbar einzelne Lehmbrocken eingelagert, die teils auf einem dunkleren Band mit streifigen mineralischen Bändern lagen, teils direkt auf der Seekreide. Bei genauer Betrachtung der Profilfotos scheint man einen unteren Bereich mit Brocken von einem oberen konturlosen Band aus stark sandig-kiesigem Lehm unterscheiden zu können. Insgesamt erreichte der Lehm etwa 15 cm Mächtigkeit. Die Ränder waren nicht klar zu fassen, weil der Lehm langsam in die übliche Ausprägung von Schicht 15 überging und der graue Lehm nicht immer von grauer Seekreide zu trennen war.

4.2.2 Lehmstelle 1503 (Taf. 20)

Der Lehm dieser Lehmstelle war nur auf einem Quadratmeter wirklich zu fassen (Snr 323, Phase 1). Der Rest verlor sich als kleine Lehmflecken in der grauen Mischmatrix von Schicht 15. Wo er deutlich erkennbar war, lag er direkt auf der Seekreide und war manchmal in unregelmässigen Brocken in diese eingesunken. In undeutlicheren Situationen scheinen einzelne Brocken auf Kulturschicht mit einem Rest organischer Matrix gelegen zu haben. Bei Qm 479/175 war auf einer Länge von etwa 70 cm eine auffallende, scharf umrissene Disruption der Seekreide aus Schicht 15 heraus zu beobachten, die mit einem stark vermischten Sediment aus Seekreide und organischen Komponenten gefüllt war.

Zum Inhaltsverzeichnis

4.2.3 Lehmstelle 1506 (Taf. 20)

Auf Schicht 15, die hier hauptsächlich aus grauer Seekreide und Holzkohle bestand (Snr 659, Phase 1), lag ein Lehm in Form einer Brockenstreuung (Snr 1113, Phase 2). Einige wenige Brocken waren rötlich verfärbt. Manche reichten bis zur Seekreide hinab und waren in diese eingesunken. Lehmstelle 1506 wurde nur angeschnitten und reichte in einen Bereich, der der regulären Grabung nicht zugänglich war.

4.2.4 Lehmstelle 1508 (Taf. 20)

Auf einem dünnen Band aus Kulturschichtmaterial mit vergleichsweise hohem organischem Anteil (Snr 1457, Phase 1) lag ein bis zu 11 cm mächtiger Lehm (Snr 1449, Phase 2). Er war heterogen-fleckig und enthielt hellgraue, dunkelgraue und rötlich verziegelte Lehmklumpen sowie etwas Holzkohle. Die Unterkante war scharf, jedoch an einigen Stellen uneben, weil Kulturschichtteile in die Seekreide gedrückt waren. Die Holzkohle, die sonst einen Grossteil von Schicht 15 ausmachte, zog über den Lehmbefund. Die Lehmstelle war insofern sehr bemerkenswert, als sie die grosse Variabilität aufzeigt, die Lehmbefunde auch in Schicht 15 aufweisen konnten. Während in Profil X = 473 der Lehm auf Snr 1457 lag, 11 cm mächtig und heterogen durchmischt war, präsentierte er sich nur einen Meter entfernt in Profil X = 472 ganz andersartig. Hier war Snr 1457 nur stellenweise vorhanden, und der Lehm lag zumeist direkt auf der Seekreide und erreichte nur noch 5 cm Stärke. Die fleckige Erscheinung von Snr 1449 war hier einem einheitlichen Grau gewichen.

4.2.5 Lehmstelle 1509 (Taf. 21)

Auf der gebänderten Seekreide lag ein grauer, tonreicher Lehm, der wenig Holzkohle und einige schwach gebrannte Brocken enthielt (Snr 1623, 1627, Phase 1). Die Unterkante war scharf, zeigte aber punktuelle Intrusionen in die Seekreide. Der Lehm wurde bis zu 10 cm mächtig, war an den Rändern aber meist deutlich dünner. Auf ihm lag eine Lage verbrannter Pflanzenstängel, darauf lagen wiederum mehrere grosse Lehmtrümmer einer verziegelten Lehmplatte. Aufgrund der dunklen, russigen und glatten Oberfläche über rot verziegeltem Lehm und des typischen Abnehmens der Verziegelung mit der Entfernung von der Oberfläche dürfen die Trümmer als Teile einer Herdplatte interpretiert werden. Sie lagen eng beieinander, aber verkippt in Qm 476/157. Während einige Teile dieses Rotlehmbefunds in Schicht 15 lagen, reichten andere mit ihren tiefer gelegenen Unterkanten durch die Seekreide hindurch bis in Schicht 14 hinein, die dort punktuell und abrupt abwärtsgedrückt wurde. Die Seekreide zwischen Schicht 13 und Schicht 14, die andernorts in diesem Feld etwa 12 cm mächtig war, war unter der Unterkante der Lehmtrümmer auf etwa 3 cm reduziert. Eines der Trümmerstücke wies den einzigen eindeutigen Holzabdruck in Lehm auf, der in Parkhaus Opéra dokumentiert wurde: Das Negativ einer runden Stange verläuft auf der Schmalseite des Stücks parallel zur Oberfläche (Abb. 85).



Abb. 85. Abdruck einer Holzstange in verziegelter Lehmplatte aus Lehmstelle 1509.

Inmitten der Trümmer steckten elf parallel und eng aneinander verlegte Rundlinge aus Hasel und Pappel mit Durchmessern um 4 cm (Taf. 21). Sie bildeten eine Ebene, die um fast 90° verkippt senkrecht in der Seekreide stak. Eines der Lehmtrümmerstücke lag parallel dazu. Dazwischen wurde ein etwa 15 cm mächtiger Lehm dokumentiert, der zur dunklen, glatten Oberfläche des Trümmerstücks hin zunehmend rötlich war. An allen Rundhölzern war das untere Ende angekohlt.

4.3 Liegende Hölzer

Auch bei den liegenden Hölzern in Schicht 15 sind keine häufig auftretenden Orientierungen, keine Konzentrationen oder Konstruktionen zu erkennen. Ihre Verteilung zeigt, dass sie ausschliesslich dort vorkamen, wo die Schicht als klares Holzkohleband erhalten war (Abb. 86). Im südlichen und südöstlichen Grabungsareal hingegen, wo Schicht 15 nur als Verfärbung ausgeprägt war, fanden sich keine stratifizierten liegenden Hölzer. Dies kann auf die Schwierigkeiten der stratigraphischen Ansprache zurückzuführen sein, aber auch darauf, dass die Gebiete mit bloss verfärbter Seekreide ausserhalb des Siedlungs- und Akkumulationsareals lagen.

4.4 Zusammenfassung und Diskussion Schicht 15

Lehmstelle 1509 ist ein Schlüsselbefund zum Verständnis von Lehmbefunden in Feuchtbodenkontexten. Die Interpretation dieses Befunds ist eindeutig: Eine Herdplatte lag auf dünnen Holzstangen. Randlich traf die Lehmplatte an mindestens einer Stelle auf ein Rundholz. Vermutlich existierte also ein seitlich begrenzender Holzrahmen. Der Lehmauftrag über den Rundhölzern war mindestens 10–15 cm mächtig. Diese Herdstelle ist mit grosser Fallenergie abgestürzt und mit einer seitlichen Kante voran in der Kulturschicht gelandet. Dabei hat die Kante sowohl den Lehm in Schicht 15 als auch die 7 cm starke Seekreide darunter durchschlagen und ist schliesslich in der Mitte der dort über 10 cm mächtigen und lehmig-kompakten Schicht 14 zum Stillstand gekommen. Dabei drückte sie diese wuchtig abwärts, was zur Verdrängung der Seekreide über Schicht 13 und ihrer Reduktion von 12 auf 3 cm geführt hat. Erst Schicht 13 zeigte keine Spuren dieses Impulses mehr. Als das Vorderteil der Herdplatte abgebremst wurde, zerbrach der hintere Teil in mehrere grosse Stücke. Dabei kam die hölzerne Substruktion, die noch immer in Lehm eingebettet war, in senkrechter Position zu liegen. Ohne eine gewisse Sturzhöhe ist das Durchschlagen mehrerer Schichten nicht zu erklären. Die Herdplatte muss also in abgehobener Position installiert gewesen sein. Ebenso zeigt das Verhalten der Seekreide, dass sie zur Zeit des Absturzes weich gewesen sein muss, denn sie ist nicht spröde zerbrochen, sondern hat lokal unterschiedlich stark nachgegeben. Sie hat sich stauchen und verdrängen lassen, was ihren feuchten und weichen Zustand belegt.

Interessanterweise unterscheidet sich der Rest von Lehmstelle 1509 nicht von den anderen Lehmstellen in Schicht 15. Daraus folgt, dass eine vom Boden abgehoben konstruierte Herdplatte, wie sie für Lehmstelle 1509 nachweisbar ist, zu genau dieser Ausprägung von Lehmbefunden führen kann. Betrachtet man die anderen Lehmbefunde genauer, so fällt auf, dass auch hier mit den in die Seekreide eingedrückten Fragmenten Belege dafür zu finden sind, dass die Seekreide zur Zeit der Deposition weich war. In diese Richtung ist auch die mit vermischtem Material verfüllte Eintiefung in der Seekreide bei Lehmstelle 1503 zu interpretieren, bei der es sich um die Spuren von Begehung handeln könnte. Die Ausprägung dieser Schichtunterkante steht in starkem Kontrast zu den ansonsten scharfen Unterkanten in Schicht 15 und deutet darauf hin, dass mechanische Belastung der Seekreideoberfläche selten und lokal begrenzt war. Zudem fanden sich immer wieder verziegelte Lehmbrocken ohne Zusammenhang, die zeigen, dass es sich auch bei den anderen Befunden um Instal-

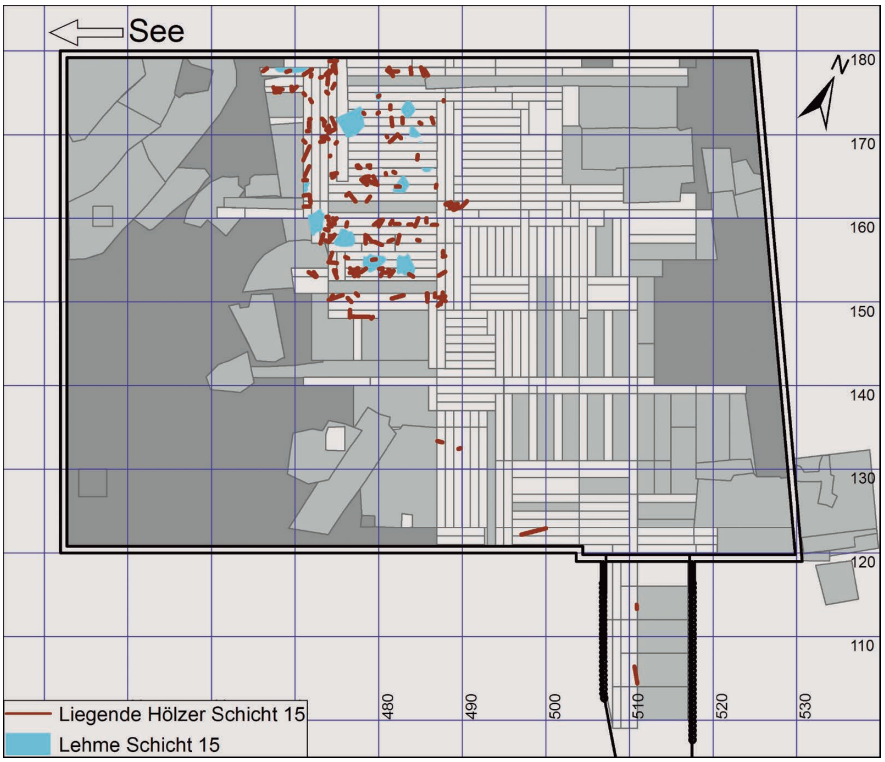


Abb. 86. Verbreitungsplan liegender Hölzer aus Schicht 15.

Zum Inhaltsverzeichnis

lationen in Kontakt mit Feuer handelte, die nicht mehr in situ gewesen sein können. Der Unterschied zwischen diesen anderen Lehmstellen und Lehmstelle 1509 liegt möglicherweise darin, dass das Gesamtensemble inklusive Holzunterbau aufgrund der Sturzenergie in das Sediment eindrang, danach von diesem schützend umschlossen wurde und damit vor destruktiven Prozessen wie Verwitterung und Erosion geschützt war. Daher ist in diesem Fall die Substruktion erhalten. Ein solch spektakuläres Verstürzen war daher offensichtlich in Parkhaus Opéra nicht der Normalfall. Man mag deshalb spekulieren, dass es sich hier um einen Unfall gehandelt hat, zumal die Substruktionshölzer angekohlt sind. Die Holzkohle aus Schicht 15 könnte z.B. von einem Hausbrand stammen, in dessen Verlauf eine Herdstelle abstürzte, die normalerweise kontrolliert abgebrochen und danach in kleineren und leichter beweglichen Stücken entsorgt und erneuert worden wäre. Die restlichen Lehmstellen wären in diesem Fall die typische Spur der kontrollierten Entsorgung einer Herdstelle. Für die Interpretation, dass die übliche Lehmausprägung die kontrollierte Entsorgung spiegelt, spricht auch die Mehrphasigkeit im Fall von Lehmstelle 1501, wo ein und derselbe Prozess mehrfach am selben Ort stattgefunden hat. Die Verteilung der Lehmstellen in der Fläche wird bei der Pfahlfeldanalyse noch einmal betrachtet (Kap. VIII.7.5 und Abb. 139).

5 SCHICHT 16

5.1 Allgemeine Erscheinung

Schicht 16 wies auf der Grabungsfläche sehr verschiedene Ausprägungen auf. Während sie punktuell organisch erhalten war, trat sie andernorts als verwaschenes und nur leicht organisches Band in der Seekreide in Erscheinung und war bisweilen auch ohne organische Erhaltung vorhanden.

Die beste Konservierung organischer Reste liegt im Bereich $X < 485$ / $Y > 165$. Allerdings ist Schicht 16 hier sehr häufig bereits teilweise oder völlig vom Reduktionshorizont zerstört worden. Daher gibt es kaum Stellen, an denen sie ungestört und mit organischer Erhaltung auftrat (Abb. 5, 12). Generell war sie bei $X < 470$ als hellbraunes, verwaschenes Band in der Seekreide ausgeprägt, das keine makroskopisch erkennbaren anthropogenen Spuren zeigte. An ihrer Unterkante waren 5–10 cm lange und etwa 1 cm breite schräg verlaufende Gänge in die Seekreide charakteristisch. Worum es sich dabei handelt (z.B. Krebsgänge), konnte nicht eruiert werden.

5.2 Lehmbefunde

Von den dokumentierten Resten von acht Lehmstellen waren zwei aufgrund von Störungen und des Einflusses des Reduktionshorizonts nicht auswertbar. Ein Beispiel aus Lehmstelle 1603 zeigt Abb. 87. Die anderen sechs Befunde lagen weit seewärts und nur noch teilweise innerhalb der Grabungsfläche. Die Lehmstellen 1601 und 1607 wurden nur in den Profilen der Stichgräben dokumentiert, die ohne statische Bedenken in Richtung See angelegt werden konnten. Einigermassen gut dokumentiert sind daher nur die Lehmstellen 1602, 1604, 1606 und 1608. Diese werden anhand zweier Beispiele vorgestellt.

5.2.1 Lehmstelle 1604 (Taf. 22)

Lehmstelle 1604 ist die einzige in Schicht 16, die gut erkennbar über zwei getrennte stratigraphische Einheiten verfügte. Die erste Phase war ein etwa 7 cm mächtiger, sehr tonreicher und homogener hellgrauer Lehm, der zumeist direkt auf der gebänderten Seekreide lag (Snr 1114, Phase 1). Nur an wenigen Stellen fand sich darunter etwas Kulturschicht. Er enthielt wenige organische Einschlüsse. Seine Unterkante war scharf, doch an einigen Stellen uneben. Vor allem in Qm 471/165 schienen einige Lehmstücke in die Seekreide eingedrückt zu sein. Darüber erstreckte sich ein Band aus vermischten organischen und mineralischen Materialien, das jenseits der Lehmstelle als Schicht 16 weiterlief (Snr 657, Phase 2). Auf diesem lag eine heterogene Schicht aus verziegelten und unverziegelten Lehmbrocken mit Holzkohle und diversen organischen Einschlüssen (Snr 1451, Phase 3). Die verziegelten Brocken lagen in unterschiedlichen Höhen innerhalb der Schicht und zeigten keinen Bezug zueinander oder zur Oberkante des Befunds (Taf. 22, Detail b). Diese Brockenstreuung hatte teilweise direkten Kontakt zum Reduktionshorizont. Sie bildete innerhalb von Schicht 16 einen Hügel. Direkt daneben war die Schicht noch durch bis zu 5 cm Seekreide vom Reduktionshorizont getrennt.

5.2.2 Lehmstelle 1608 (Taf. 22)

Diese Lehmstelle ist die einzige, die im Süden von Schicht 16 dokumentiert werden konnte. Wie bei Lehmstelle 1604 lag auch hier der Lehm mit scharfer, aber unebener Unterkante zumeist direkt auf der gebänderten Seekreide, doch war in Profil $X = 488$ klar ersichtlich, dass Schicht 16 darunter verlief. Der Lehmbefund (Snr 1649, Phase 2) war in seiner Grundform als Flacher Lehm ausgebildet, doch im Aussenbereich und besonders in Qm 488/123–124 war klar erkennbar, dass es sich zumindest in der Peripherie doch um eine Brockenstreuung handelte (Abb. 88). Mehrere der Brocken waren in die Seekreide eingesunken.

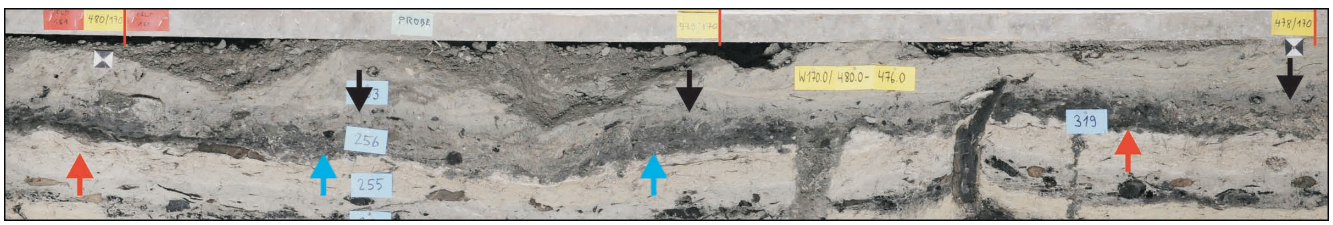


Abb. 87. Störungen durch den Reduktionshorizont in Lehmstelle 1603. Rote Pfeile weisen auf Schichtmaterial mit organischen Resten, blaue Pfeile auf Lehm. Schwarze Pfeile weisen auf den Reduktionshorizont, der die Oberkanten und stellenweise fast die gesamte Kulturschicht gekappt hat.

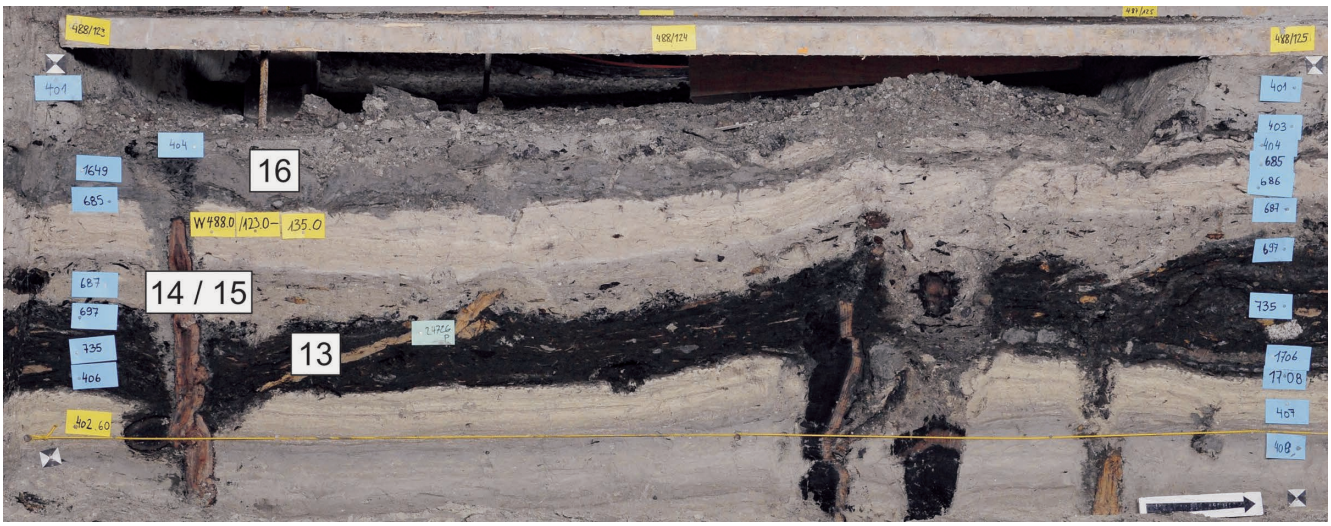


Abb. 88. Über der gut erhaltenen Schicht 13 befindet sich ein breites Band, das aus den vermischten Resten von Schicht 14 und 15 besteht. Darüber liegt gebänderte Seekreide. Die Oberkante der Schichtsequenz bildet Schicht 16, in welcher der Lehm von Lehmstelle 1608 in einzelnen grauen Brocken auf mit Seekreide vermischtem Kulturschichtmaterial vorliegt. Einzelne Brocken haben das Schichtmaterial verdrängt und sind in die Seekreide eingesunken.

5.3 Liegende Hölzer

Die wenigen liegenden Hölzer in Schicht 16 lagen im Westen und Nordwesten der Grabungsfläche und zeigten wie diejenigen in anderen Schichten keine erkennbar regelmässige Anordnung. Fast alle Hölzer lagen auf der Seite der Palisade, auf der die datierten Pfähle sind (vgl. Kap. VIII.7.6).

5.4 Zusammenfassung und Diskussion Schicht 16

Von den acht Lehmstellen mit insgesamt neun Lehmbefunden lassen sich vier Befunde als Brockenstreuungen identifizieren. Zwei waren Flache Lehme, die restlichen sind nicht zu beurteilen. Die meisten Lehmbefunde lagen teilweise oder vollständig direkt auf der Seekreide. Alle Lehme zeigen einen scharfen Übergang zur Seekreide, weisen jedoch auch Ausstülpungen bzw. eingedrückte Brocken auf.

Die Anordnung der Lehme kann als Rest zweier uferparalleler Gebäudezeilen gelesen werden, von denen die besser erhaltene entlang der Linie Qm 468/176–490/123 verlief.

Während Schicht 16 seewärts in einem unscharfen, leicht humos-organischen Band weiterläuft, ist ihre landwärtige Grenze zumeist durch den Reduktionshorizont bestimmt, in dem sie aufgeht. Ihre ursprüngliche Verbreitung kann daher kaum festgestellt werden.

Vergleicht man die erhaltene Verbreitung von Schicht 16 mit dem überbauten Areal aus Phase 6, die gemäss den Analysen in Kap. VIII.4 mit Schicht 16 zu verbinden ist, so zeigt sich, dass der Schichtverlust im Osten stärker ausgefallen ist als im Westen und Nordwesten.

6 SCHICHT 17

Schicht 17 wurde in Parkhaus Opéra nur auf wenigen Quadratmetern vorgefunden (Abb. 4). In Qm 478–480/174–175 hat ein Steinpflaster ein wenig organisches Schichtmaterial anscheinend vor Erosion bewahrt. Zwischen und unter den Steinen ist auf diesen vier Quadratmetern organischer Detritus mit wenigen schnurkeramischen Scherben erhalten geblieben (Snr 286, Phase 1; Taf. 23, Steinkonzentration 1701). Ein ^{14}C-Datum (ETH-Nr 57501.1) an Haselnüssen aus Schicht 17 wies ebenfalls auf den Zeitraum vom späten Horgen und der Schnurkeramik (Taf. 36) hin. Die Steine waren über 10 cm gross. Es gab sowohl scharfkantige Steine als auch in Auflösung begriffene rötliche Sandsteine. Dabei handelte es sich mutmasslich um Hitzesteine. Das Steinpflaster lag zur Hälfte in einem Grobgrabungssuchschnitt, der mit dem Bagger gezogen wurde. Daher wurde nur eine Hälfte regulär ausgegraben. Dennoch lässt sich seine Form und Ausdehnung recht gut rekonstruieren.

Eine ähnliche Situation zeigte sich bei einem weiteren Suchschnitt: Auf Qm 464–467/160 wurde eine Steinkonzentration angeschnitten, wo sich zwischen den Steinen wenige Reste von Detritus erhalten hatten (Taf. 23, Steinkonzentration 1702). Auch diese Steine lagen in direktem Kontakt mit dem Reduktionshorizont. Von dort in Richtung See trennte sich Schicht 17 jedoch deutlich vom Reduktionshorizont, und zwischen den beiden Straten lag Seekreide – je weiter seewärts, desto mehr. Schicht 17 scheint also seewärtig im Parkhaus stellenweise erhalten gewesen zu sein, konnte jedoch nicht weiter ausgegraben werden, weil sie im technisch unzugänglichen Areal lag. Weitere Befunde aus Schicht 17 sind im Parkhaus nicht bekannt. Da Schicht 17 offenbar im Reduktionshorizont aufgeht, kann aber angenommen werden, dass Steinkonzentrationen aus dem Reduktionshorizont schnurkeramischen Ursprungs sind (vgl. Kap. VIII.7.7, Abb. 89).

In der Parkhauszufahrt Schillerstrasse wurden auf Qm 509–510/106–107 und 510/110–111 ebenfalls Steinkonzentrationen angeschnitten, in deren Schutz sich stellenweise etwas Detritus erhalten hatte (Snr 143). In Meter X = 509 verlief das Steinpflaster flächendeckend von Y = 105 bis Y = 116 (Taf. 23, Steinkonzentration 1703). Diese Schicht ist stratigraphisch nicht direkt mit Schicht 17 aus dem Parkhausinnern zu verknüpfen. Sie lag aber ebenfalls zwischen Schicht 16 und dem Reduktionshorizont und wies, wie erwähnt, vergleichbare Befunde auf. Die Parallelisierung erschien deshalb zunächst naheliegend.

Zum Inhaltsverzeichnis

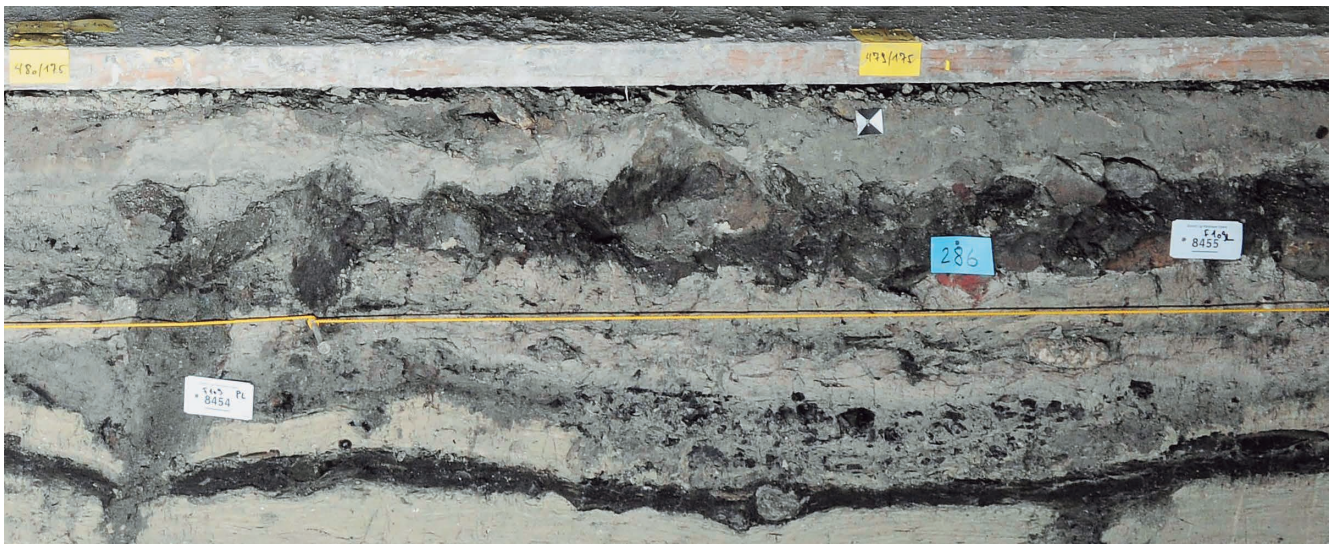


Abb. 89. Zwischen dicht liegenden Steinen hat sich in Schicht 17 organisches Material erhalten (Snr 286). Darunter ist ein lokaler und scharf begrenzter Eingriff aus Schicht 15 in die liegende Seekreide zu erkennen.

7 VERGLEICHENDE BETRACHTUNG UND INTERPRETATION DER SCHICHTEN

Nachdem sich die bisherigen Kapitel weitgehend auf die deskriptive Darstellung der Befunde und wenige relativ direkt ableitbare Schlussfolgerungen beschränkt haben, wird im Folgenden versucht, anhand der Ergebnisse der archäologischen Befundvorlage, der Dendrochronologie und der Paläotopographie ein erstes Gesamtbild der Schichtablagerung zu skizzieren. Die abschliessende, interdisziplinäre Diskussion der Schichtgenese erfolgt in Band 3.

Hier interessieren besonders die Fragen:

a) Wie kamen die Funde und Befunde in den Boden?
b) Wie und warum blieben sie erhalten?
c) Was lässt sich daraus zu Bauweise und Fundverteilungsmuster aussagen?
d) Wurden Erhaltung und Konservierung der Funde von grossen externen Ereignissen wie Seepegel- oder Klimaschwankungen verursacht oder begünstigt?

Die Überlegungen dazu halten sich an empirisch bekannte Prozesse. Fragen und Argumentationen werden möglichst so aufgebaut, dass einzelne Szenarien deduktiv ausgeschlossen werden können und dadurch der Rahmen möglicher Szenarien eingegrenzt wird. Die Argumentation baut wo immer möglich nicht auf Axiome, sondern legt die verwandten Grundannahmen dar oder leitet sie her. Sämtliche Befundinterpretationen gehen von befundimmanenten und dokumentierbaren Kriterien sowie empirischem Wissen über das Verhalten der beteiligten Materialien aus. Wo keine logisch zwingenden Argumentationen möglich sind, wird nach Indizien und Plausibilitäten interpretiert. Dies wird aber kenntlich gemacht.

Der Diskussion der unterschiedlichen Lehmformen, Ausprägungen und ihrer Verteilung liegt letztlich die Frage zugrunde, auf welche Prozesse sie zurückzuführen sind. Wenn diese Frage beantwortet werden kann, ist es möglich, innerhalb der Siedlung verschiedene Prozesse zu identifizieren und zu kartieren.

Möglicherweise verbergen sich hinter dem Sammelbegriff «Lehmbefund» die unterschiedlichsten ursprünglichen Installationen[121], die durch Unterschiede der Funktion zu interpretierbaren Differenzen in der Ausprägung der Lehmbefunde geführt haben. Zu diesem Zweck wurden für die Befundvorlage Parkhaus Opéra und Zürich-Mozartstrasse die vier Grundformen «Flacher Lehm», «Brockenstreuung», «deutlicher Hügel» und «ungleichmässige Form» definiert. Auch eine Anzahl von tabellarisch zu erfassenden Merkmalen zu Material und Ausprägung wurde festgelegt[122]. Die Befunde von Parkhaus Opéra dienen nun als Testfall dafür, welchen Merkmalen welcher «diagnostische» Wert zukommen kann.

Da die Befunde von Schicht 13 die reichhaltigsten sind, kann aus ihnen eine Reihe von Schlüssen gezogen werden, die für die Interpretation anderer Schichten relevant sind. Daher wird hier mit der Interpretation der Schichtgenese von Schicht 13 begonnen.

7.1 Interpretation zur Genese von Schicht 13

7.1.1 Ablagerung der Lehmbefunde

Es gibt eine Reihe von Beobachtungen, die das Gesamtbild von Schicht 13 in Zürich-Parkhaus Opéra besonders prägen. Im Fall der Lehme ist es die Dominanz mehrphasiger Ablagerungsstrukturen, was auf ortsfeste Prozesse hindeutet. Einige Lehme hatten aber die Form einer Brockenstreuung, waren also keine flächendeckenden Lehmkörper, wie man es von Bodenbelägen in situ sensu stricto erwartet.

Die Lehme beinhalteten mit übergrosser Mehrheit verziegelte und unverziegelte Lehmbrocken, die häufig scharfkantig waren und teils ehemalige Oberflächen aufwiesen. Diese Oberflächen verfügten über keinerlei räumlichen Bezug zueinander. Die Lehmbrocken tauchten nicht nur in den Brockenstreuungen auf, sondern waren regelmässig auch in Lehmen aller anderen Grundformen vorhanden.

Diese Beobachtung lässt sich als Indiz für die Genese der Befunde verwenden: Wenn Objekte, die aufgrund der dokumentierten ehemaligen Oberflächen nachweislich in einem

starren Kontext standen, ohne diesen Kontext aufgefunden werden, dann wurden sie aus besagtem Kontext gerissen und befinden sich nicht in situ sensu stricto, sondern allenfalls in situ in ihrer Eigenschaft als Versturz, sind somit in loco[123].

Die Annahme, dass die Lehmbefunde nach Auflassen der Gebäude durch wühlende Tiere wie Schweine aus ihrem Zusammenhang gerissen worden sein könnten, lässt sich mit einiger Sicherheit widerlegen. Innerhalb der Kulturschicht war eine Reihe von sehr fragilen Schichtungen erhalten, die gröbere mechanische Umlagerungen dieser Art nicht überstanden hätten. Dazu gehören z.B. die Bänderungen in Lehmstelle 1335 (Kap. VII.2.2.9) und in den mutmasslichen Abfallhaufen sowie die dünnen Lehmschlieren an den Rändern vieler Lehmstellen. Die Tatsache, dass solche dünnen Strukturen erhalten waren, belegt, dass die Kulturschicht mindestens im Bereich der Lehmstellen und Abfallhaufen nicht durchwühlt wurde.

Häufig fehlten klare Begrenzungen der Lehme – hauptsächlich seitlich, aber auch oben und unten. Die Form war in vielen Fällen in der Mitte deutlich mächtiger als in den Randbereichen, was zu regelrechten kleinen Hügeln führen konnte. Es wurde auch beobachtet, dass die Hügelförmigen Lehme vor allem im Bereich der grössten Kulturschichtmächtigkeit auftraten. Dies könnte taphonomische Ursachen haben. Sollte nämlich die Kulturschicht durch Prozesse der dritten (Verlagerungen während der Besiedlungszeit) oder vierten Ebene (Verlagerungen und Störungen nach Ende der Besiedlung) reduziert sein, so träfe dies auch für den darin befindlichen Lehm zu, und eine etwaige ursprünglich aufgehäufte Lehmmenge wäre einfach ein Lehm mit kleiner Grundfläche. Ein solches eventuell taphonomisch begründetes Verteilungsbild ist bei den Lehmen in Form einer Brockenstreuung nicht auszumachen, denn die Verteilung zeigt keinen erkennbaren Bezug zur Schichtmächtigkeit (Abb. 47).

Unter keinem Lehm wurden flächendeckende Rinden oder Zweiglagen gefunden. Auch parallele Hölzer, die zu einer Substruktion gehört haben könnten, fanden sich dort keine. Die Lehme lagen wiederholt auf regellos liegenden Hölzern oder teilweise auf den Flanken von Abfallhaufen auf. Im Verhältnis zu den dendrochronologisch ermittelten Gebäudegrundrissen fällt schliesslich auf, dass die Zentren der einzelnen Lehmbefunde zwar meistens im Innern der Gebäudegrundrisse zu finden sind, dass sie aber vom Verlauf der Wände, die im Befund keinerlei Spuren hinterlassen haben, nicht begrenzt wurden. Da auch mehrphasige Lehme quer durch Seitenwände hindurchliefen, lässt sich nachweisen, dass diese Wände auch während der Besiedlung kein Hindernis darstellten. Die jüngeren Lehme haben den Ist-Zustand der älteren nach der Ablagerung versiegelt. Daher können keine späteren Umlagerungsprozesse für dieses Befundbild verantwortlich sein.

Die Lehme – egal welcher Form – wurden also nicht nur in sekundärer Lage gefunden, sondern offenbar alle auch ausserhalb des ursprünglichen Konstruktionskontexts, worauf auch das Fehlen einer erkennbaren Formgebung hindeutet. Da sie häufig Hitze ausgesetzt waren, kann es sich gut um Herdplatten handeln, doch sind andere Installationen ebenso möglich. Besonders aufschlussreich ist der Befund in Lehmstelle 1306, wo Teile der Substruktion einer Herd- oder Ofenplatte in Versturzlage dokumentiert werden konnten (Kap. VII.2.7.4). Die Ablagerung von Lehm erfolgte episodisch, aber zumeist am selben Ort. Die wiederholt punktuell übereinander abgelagerten hügelartigen Strukturen, die Brockenstreuungen und die Assoziation mit Abfallhaufen legen eine gezielte Entsorgung nahe. In jenen Fällen, bei denen die Lehme mit ihrer Hauptverbreitung zwischen zwei Gebäudegrundrissen angetroffen wurden, geschah die Entsorgung dieser Lehminstallationsreste offensichtlich in der Gasse zwischen den Bauten. In den anderen, häufigeren Fällen, in denen die Lehme mit ihrem Schwerpunkt innerhalb von Gebäudegrundrissen angetroffen wurden, könnte die Entsorgung durch eine Öffnung im Boden stattgefunden haben. Solche Bodenöffnungen sind aus der Horgener Zeit von Seekirch-Stockwiesen (D)[124] und aus Pfyner Zeit von Reute-Schorrenried (D)[125] bekannt. Auch in Thayngen-Weier ist eine Sondersubstruktion einer Feuerstelle dokumentiert[126]. Es ist nicht möglich, die Deposition der Lehme damit zu erklären, dass sie nach Ende der Nutzung mit dem verrotteten Fussboden in die Kulturschicht gefallen sind, weil aus geochemischen und mikrobiologischen Gründen das Holz der Fussböden unter anaeroben Bedingungen nahezu unvergänglich ist[127]. Anders ausgedrückt: Bevor das Holz der verrottenden Fussböden vergehen kann, müsste erst der komplette Detritus der Kulturschicht vergehen. Da der Detritus noch vorhanden war, müsste man auch erwarten, dass Hölzer dieses Fussbodens konserviert wurden. Weil aber kein solcher Fussboden und noch nicht einmal eine Ansammlung paralleler Hölzer gefunden wurde, entfällt dieses Erklärungsmodell. Ein weiterer Grund, der gegen die Existenz von Fussböden direkt auf dem Boden spricht, ergibt sich aus der Paläotopographie, deren Rekonstruktion belegt, dass die Fussböden sehr abschüssig gewesen wären (vgl. Kap. V.2.5).

Wie ausgeführt gab es Bereiche mit bis zu vier Lehmlagen. Die dendrochronologisch festgestellte Siedlungsdauer von etwa 20 Jahren in Phase 3, die zu Schicht 13 gehört, würde implizieren, dass der Fussboden alle fünf Jahre durchgerottet gewesen wäre. Zwar wäre es sogar möglich, dass Häuser nur für eine Saison gedacht waren. Weil innerhalb von Phase 3 keine Neubauten belegt sind, kann die Destruktion der Holzkonstruktion aber nicht für jeden Lehm postuliert werden.

Die Deposition der Lehme geschah in Parkhaus Opéra demnach überall dort, wo ihr räumlicher Schwerpunkt innerhalb der dendroarchäologisch ermittelten Grundrisse liegt, unter den Gebäuden. Ethnographische Parallelen von Öfen, die auf identische Weise abgelagert wurden, zeigen auffällige Ähnlichkeiten mit den in Parkhaus Opéra dokumentierten Lehmbefunden[128]. Besonders die Brockenstruktur bzw. die Grundform der Brockenstreuung ist identisch. Dieser Schluss ist vor allem auch deshalb notwendig, weil weder Wände noch Böden für die im Verlauf der Siedlung wachsenden Lehmbefunde und Abfallhaufen Begrenzungen darstellten und doch gleichzeitig existiert haben müssen. Ähnlich argumentierten auch die Autoren von Risch-Oberrisch[129]. Auch in Arbon-Bleiche 3 wurden vergleichbare Beobachtungen gemacht und identisch interpretiert[130]. Da im Bereich mehrlagiger Lehmstellen die jüngeren Lehmlagen den älteren Zustand konserviert haben, kann die Divergenz zwischen Gebäudegrundrissen und Lehmverteilungen nicht auf nachträgliche Verlagerung zurückgeführt werden. Somit ist nachgewiesen, dass keine Hauswand zur Besiedlungszeit Bodenkontakt hatte.

Damit haben die Gebäudegrenzen nicht nur physisch, sondern auch in der Verbreitung von Lehmen und Hölzern keinerlei verwertbare Spuren im Sedimentbefund hinterlassen.

7.1.2 Charakterisierung des Siedlungsuntergrunds

Wichtig für das Verständnis der Ablagerungsprozesse und für die Frage, wo sich das Leben in dieser Siedlung abspielte, sind

die Beobachtungen zur Seekreide, die die Oberfläche des Siedlungsgrunds darstellte. Seekreide kann sehr hart werden, wenn sie austrocknet, wird aber schnell wieder weich, wenn es regnet, und sie ist bekannt für ihre geringe Tragfähigkeit. Man kann eine sehr einfache Argumentationskette anwenden: Wenn Seekreide feucht ist, wird sie weich. Wenn man auf weicher Seekreide umherläuft, sinkt man ein. Wenn man einsinkt oder Hunde und Schweine darin wühlen, so wird jede eventuell zuvor vorhandene Bänderung in der Seekreide zerstört. Zwar kann sich ein Fussabdruck oder ein vergleichbarer Eingriff wieder einebnen, dabei wird aber die Bänderung nicht rekonstruiert. Die Verfüllung wird eine ungebänderte Seekreide sein. Wenn man ein Profil durch derart beeinträchtigte Seekreide anlegt, ist die Disruption der Bänderung sichtbar. Diese Argumentationskette führt zu einer Vorhersage, die sich prüfen lässt, nämlich, dass es in Ufersiedlungen Profile geben sollte, wo lokal ein abrupter Wechsel von gebänderter zu ungebänderter Seekreide sichtbar ist, weil dort herumgelaufen wurde. Genau ein solcher Fall ist in Hornstaad-Hörnle IA am Bodensee (Baden-Württemberg) dokumentiert (Kap. VII.2.1.3 und Abb. 42 i). In Parkhaus Opéra kommt keiner der mechanischen Eingriffe in die Seekreide während der Besiedlungszeit auch nur annähernd an die mechanischen Disruptionen heran, die sich in Hornstaad-Hörnle IA punktuell beobachten liessen. Der Vergleich der Beobachtungen in Parkhaus Opéra mit dem Hornstaader Befund führt zur Beurteilung der Kulturschichtunterkanten im Allgemeinen. Wie Abb. 43 zeigt, ist die östliche Kulturschichtunterkante in einem klar begrenzten Bereich deutlich anders ausgeprägt als die westliche. Im Osten dominiert die unscharfe Basis. Im westlichen, grösseren Teil der Fläche ist der Übergang von Kulturschicht zur darunter liegenden Seekreide ausgesprochen scharf, mechanische Eingriffe sind sehr selten.

Bei einer nachgewiesenen Siedlungsdauer von fast 20 Jahren darf man in dieser geographischen Lage davon ausgehen, dass es hin und wieder regnete und die Seekreide mindestens manchmal weich war. Dass dies der Fall war, belegt auch der durch die Schichten abgesunkene durchlochte Pfahl (Kap. VII.2.8.3). Ein komplettes Hundeskelett, grosse Mengen von Dung und die flächige Verbreitung von Eiern von Darmparasiten, die Wiederkäuer befallen, belegen die Anwesenheit von Tieren in der Siedlung[131]. Damit sind beide Voraussetzungen gegeben, die zur flächigen Zerstörung der Seekreidebänderung unter Schicht 13 geführt hätten, wenn Mensch und Tier täglich darauf herumgelaufen wären. Dem steht gegenüber, dass die Seekreidebänderung im grössten Teil der Siedlungsfläche seewärts von etwa X = 510 intakt erhalten ist. Landwärts davon hingegen sind die Vorhersagen erfüllt: Die erwartete Disruption der Seekreidebänderung war vorhanden (vgl. Abb. 43, 45). Die einzige logische Schlussfolgerung scheint, dass Mensch und Tier sich seewärts eben nicht auf der Seekreideoberfläche fortbewegten.

Interessanterweise zeigen die geringen mechanischen Eingriffe, die aus der Kulturschicht heraus in die Seekreide stattgefunden haben (vgl. Kap. VII.2.1.3), nur in manchen Fällen einen Bezug zu den Wänden (Abb. 45). Es gibt tatsächlich Fälle, in denen diese Eingriffe in Gassen deutlich häufiger sind als innerhalb der Gebäudegrundrisse (z.B. zwischen Gebäude 8 und 12). Aber es gibt auch Fälle, in denen sie innerhalb der Gebäudegrundrisse vermehrt auftreten (z.B. Gebäude 16 oder 20). Diese Intrusionen müssen aber aufgrund ihrer meist sehr geringen Fläche und Eindringtiefe nicht immer mit Begehung erklärt werden, sondern können auch andere mechanische Ursachen haben (z.B. Berührungen des Untergrunds mit einem Paddel oder einer Holzstange).

Interessant ist auch, dass Hinweise auf Bodenbildung in Form von abwärtsgerichtetem Transport humoser Stoffe völlig fehlen. Grabungstechnisch und makroskopisch waren keinerlei Erhaltungsgradienten von unten nach oben zu erkennen. Die fehlende Bodenbildung ist ein Phänomen, das mithilfe von Analogien von Riedwiesen bei Hegne, Horn und im Giehrenmoos am Bodensee-Untersee interpretiert werden kann. Dort wurde festgestellt, dass Bodenbildung, die durch Bioturbation und Sickertransport von organischen Zersetzungsprodukten in tiefere Bodenschichten geschieht, erst ab einer Höhe von 25 cm über dem mittleren Mittelwasserpegel einsetzt[132]. Unterhalb dieser Linie ist der Boden dauerhaft wassergesättigt, und daher findet kein Sickertransport statt. Bei einer saisonalen Pegelschwankung, wie sie heute noch am Bodensee und früher auch am Zürichsee bestand, ist das Gelände, auf dem erste Bodenbildung zu verzeichnen ist, mehrere Monate im Jahr überflutet. Wenn Schicht 13 also keine Bodenbildungsanzeiger enthält, ist anzunehmen, dass auch dieser Boden wassergesättigt war. Auch dies setzt voraus, dass die Seekreide plastisch war. Das würde bedeuten, dass sie deshalb Spuren aufweisen müsste, wenn darauf Menschen herumgelaufen wären, Kinder gespielt hätten oder wenn Hunde oder nur schon bodenlebende Tiere wie Mäuse darin gegraben hätten.

7.1.3 Verhältnis von Besiedlung und Seepegel

Die soeben ausgeführten Argumentationen führen zum Schluss, dass der Boden dauerhaft nass und mindestens saisonal überflutet war. Damit stellt sich die Frage nach der relativen Position der Besiedlung zum mittleren Wasserpegel und der Dauer der Überflutung. Ob die Fläche überflutet war oder nicht, ist ein Sachverhalt mit offensichtlichen Auswirkungen auf schichtgenetische Prozesse und die Funktionen und damit die Interpretation von Lehmen.

Logisch gesehen gibt es nur drei Möglichkeiten: Die Siedlung stand

a) oberhalb des Mittelwassers im Bereich seltener bis gelegentlicher Überflutung,
b) auf der Höhe des Mittelwassers mit regelmässiger Überflutung,
c) unterhalb davon im mehr oder weniger konstant überfluteten Bereich.

Die fehlende Bodenbildung würde bei Variante a zwingend bedeuten, dass das Siedlungsgelände topographisch so lag, dass der Boden vollständig wassergesättigt war und kein Wasser aus der Kulturschicht im Untergrund versickerte. Dies wäre eine hydrologische Situation, wie sie in Mooren anzutreffen ist. Die Annahme einer moorartigen Situation ist allerdings kaum haltbar. Die Rekonstruktion der Paläotopographie (Kap. V) hat gezeigt, dass organisch-detritische Kulturschicht und Lehmbefunde zur Besiedlungszeit einen Höhenunterschied von nicht weniger als 5 m bei einer Distanz von etwa 55 m aufwiesen. Der tiefste modellierte Punkt lag zur Besiedlungszeit auf einer Höhe von etwa 401 m ü.M. Der tiefste ergrabene Lehmbefund (Lehmstelle 1321) ist ein brockenreicher Flacher Lehm, der sich nicht erkennbar von anderen Lehmbefunden der Grabung unterscheidet und nach paläotopographischer Rekonstruktion zur Besiedlungszeit auf knapp unter 403 m ü.M. lag. Dass in einem Gelände mit einem Gefälle von 10% flächendeckend eine dauerhafte Moorhydrologie bestand, ist schwer vorstellbar: Das Gelände

konnte zum See hin entwässern, und stauende Tonschichten waren nicht vorhanden. Zudem besagen die geotechnischen Ergebnisse, dass innerhalb mancher Hausgrundrisse grosse Niveauunterschiede bestanden, was ebenfalls zum Schluss führt, dass mindestens ein Teil der Böden abgehoben war. Selbst wenn man davon ausgeht, dass sich das geotechnische Modell aufgrund unzulänglicher Datensätze um zwei Meter irrt, läge innerhalb des bebauten Bereichs noch immer ein Höhenunterschied von mehreren Metern auf kurze Distanz vor, der zwingend gegen die Annahme einer Moorsituation spräche.

Die Hypothese, dass die Siedlung oberhalb des Mittelwassers lag, impliziert zudem einen sehr niedrigen Seepegel, wogegen weitere Beobachtungen sprechen: Die rekonstruierte Höhenkote von 401 m ü.M. liegt deutlich tiefer als die von Schindler postulierte absolute Ausflussschwelle des Zürichsees in die Limmat um 402,5 m ü.M.[133] Wollte man den Seepegel unterhalb Schindlers Kote rekonstruieren, müsste man davon ausgehen, dass der See keinen Abfluss hatte oder aber die Sihl kurz vor der Besiedlung einen anderen Seeausfluss mehrere Meter unter Pegel geschaffen hatte, denn unter der Kulturschicht liegt ja Seekreide bis auf eine Höhe von 405,5 m ü.M. Der Seepegel müsste dann direkt nach der Besiedlung wieder um mehrere Meter gestiegen sein, weil auf Schicht 13 wieder gebänderte Seekreide folgte, bevor 50 Jahre später Schicht 14 abgelagert wurde, deren Befunde jener von Schicht 13 gleichen. Der Seepegel hätte also abermals drastisch fallen müssen. Dieses Szenario ist in keiner Weise mit den Befunden anderer Siedlungen vereinbar. So lagen die organisch erhaltenen jungneolithischen Schichten 4 und 5 von Zürich-Kleiner Hafner zum Zeitpunkt ihrer Ausgrabung auf mindestens 403,5 m ü.M.[134] Berücksichtigt man die Konsolidierung des Sediments und die neuzeitlichen Abbaggerungen, so lag die ursprüngliche Höhenkote mit organischer Erhaltung nicht unter 404 m ü.M. Eine identische Situation ergibt sich in Zürich-Mozartstrasse, wo die organisch erhaltene Pfyner Kulturschicht 4 im Jahr 1981 auf über 403,7 m ü.M. lag[135]. Auch hier lag die originale Höhenkote sicher nicht unter 404 m ü.M. und sehr wahrscheinlich deutlich darüber, denn die Setzungsgeschichte in Zürich-Mozartstrasse ist derjenigen in Parkhaus Opéra sehr ähnlich. Beide lagen in einer ähnlichen Ufersituation unter nahezu denselben neuzeitlichen Aufschüttungen[136]. Deswegen darf man auch hier von mehr als nur einem halben Meter Setzungen ausgehen. Wäre der Seepegel je über mehrere Jahre unter die Kote von 404 m ü.M. gefallen, so wären die älteren organisch erhaltenen Kulturschichten abgebaut worden, weil sie oberhalb des Wasserpegels im durchlüfteten Bereich gelegen hätten. Das Gleiche gilt für die Befunde von Zürich-Kleiner Hafner, für den aufgrund seiner Insellage definitiv keine von Hangwässern hervorgerufene Moortopographie rekonstruiert werden kann. Hier lagen die organisch erhaltenen Befunde des Cortaillod nach erfolgten Setzungen auf Höhen bis 403 m ü.M. Aus der Präsenz dieser organisch erhaltenen Kulturschichten in Zürich-Mozartstrasse und Zürich-Kleiner Hafner folgt also zwingend, dass der Seepegel seit der Zeit des Cortaillod nie tiefer als 404 m ü.M. gelegen hat, sondern wahrscheinlich sogar deutlich darüber.

Zu diesem Schluss kam schon Schindler. Allerdings akzeptierte er die von der Archäologie als ebenerdige Lehmböden angesprochenen Lehmbefunde als Beleg für kurzfristige Seepegelabsenkungen, obgleich er sie für notwendigerweise mindestens gelegentlich überflutet hielt. Über den Seepegel schrieb er: «[Der Seepegel war] im Neolithikum selbst bei winterlichen Tiefständen nicht unter 404,5 m zu erwarten, lag also höher als die Kulturschichten, welche den festen Untergrund heute um 403,5 und 404,3 m erreichen. Während den Zeiten der Besiedlung dürfte er mindestens zeitweise tiefer gesunken sein, da ja bodenebene Herdstellen ausgegraben worden sind. Die Verhältnisse beim Seeausfluss bei der Rathausbrücke lassen andererseits aber erwarten, dass die hohen sommerlichen Spiegel recht häufig mindestens bis Kote 404,5 m stiegen, also für kürzere oder längere Zeit den Siedlungsboden überschwemmten.»[137]

Auffallend ist, dass der Übergang von der Kulturschicht mit scharfer Basis zur Kulturschicht mit unscharfer Basis gerade in der Nähe der Kote 405 m ü.M. erfolgt (Abb. 43). Da die geotechnische Rückrechnung der Setzungen für einen Teil der Siedlung ursprüngliche Höhenkoten deutlich unter diesem Wert nahelegen und für andere Teile eine ursprüngliche Lage in etwa auf der Höhe von 405 m ü.M., scheidet für den grössten Teil der Siedlung in Parkhaus Opéra eine Lage oberhalb des Mittelwassers aus. Dies stimmt mit den Beobachtungen zur fehlenden Bodenbildung ebenso widerspruchsfrei überein wie die makroskopisch geringen Spuren von Begehung, das Fehlen von Wandresten und von eindeutigen In-situ-Befunden. Manche Bereiche der Siedlung könnten während winterlicher Tiefstände trockengefallen sein.

Betrachtet man die Hausrekonstruktionen im Pfahlbaumuseum Unteruhldingen (D) als Beispiel für Bauten im Bereich häufiger Überflutung in der Nähe des Mittelwassers (Möglichkeit b), so zeigt sich, dass im direkten Brandungsbereich die Erosion hinreichend gross ist, um Lehme und grössere hölzerne Bauteile zu erodieren[138]. Persönliche Beobachtungen am selben Ort zeigen, dass organische Reste und sogar Bewuchs unter den Häusern von der Erosion vollständig entfernt werden. Im Bereich der höchsten ursprünglichen Höhenkoten im Norden der Grabungsfläche bei $X > 500$ / $Y > 160$ sind in Parkhaus Opéra auffälligerweise kaum Lehme erhalten, was zumindest auf die Möglichkeit hinweist, dass sie schon siedlungszeitlich erodiert wurden. In diesen Bereichen ist auch die organische Schicht weniger mächtig ausgeprägt. Die Areale mit mächtiger Schichterhaltung hingegen können kaum im Milieu auslaufender Wellen gebildet worden sein. Dies alles kann als Hinweis gewertet werden, dass der seewärtige Teil der Siedlung unterhalb des Mittelwassers lag (Möglichkeit c), während der landwärtige Teil in der Nähe des Mittelwasserpegels lag (Möglichkeit b).

Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass heutige Wellenfelder von Zürichsee und Bodensee stark von Schiffswellen geprägt sind[139] und daher der vorgeschichtliche See deutlich ruhiger war und entsprechend weniger Erosionswirkung angenommen werden muss. Je nach Lage im Uferverlauf ändern sich die Verhältnisse nochmals. Die Erosion ist nicht quantifizierbar, weil sowohl das Wellenfeld als auch die Scherfestigkeit der Kulturschichten gegenüber Wasserströmung unbekannt sind. Zu den Erhaltungsmöglichkeiten von Kulturschicht im Bereich von Spülsäumen gibt ein Befund von Hornstaad-Hörnle IA Aufschluss, bei dem ein Spülsaum in der Kulturschicht dokumentiert wurde[140]. Dies belegt, dass zumindest Teile der Kulturschicht gelegentliche Brandung und die dabei entstehenden Wasserströmungen überstehen konnten. Es bleibt damit nur zu konstatieren, dass Kulturschichten im Bereich auslaufender Wellen durch Erosion in einem unbekannten Ausmass reduziert werden. Wellenphysikalisch gilt, dass die bodennahe Strömung mit abnehmender Wassertiefe zunimmt[141], mithin die Erosion im Flachwasser also am grössten ist.

7.1.4 Zusammenfassende Interpretation der Genese von Schicht 13

Die Genese von Schicht 13 lässt sich zusammenfassend so beschreiben, dass ein Teil der Siedlung sicher dauerhaft überflutet war, während ein anderer mit hoher Wahrscheinlichkeit mindestens saisonal überspült wurde und maximal wenige Monate im Winterhalbjahr trockenfiel. Daher waren manche Areale stärker von Erosion betroffen als andere. Vermutlich ist die Schichtmächtigkeit ein Näherungswert für die Erosionsstärke (vgl. Kap. V.3). Streng genommen ist daher der Vergleich von Fundmengen und -typen verschiedener Flächen problematisch, weil den einzelnen Datensätzen unterschiedliche Erhaltungsfilter zugrunde liegen. Für unterschiedlichen Wassereinfluss in der Fläche spricht auch der Seekreidehorizont, der in der Kulturschicht mancherorts vorhanden war, in anderen Bereichen nicht. Der zentrale und nördliche Teil der ausgegrabenen Fläche war demnach Wasserströmungen stärker ausgesetzt als einige Randbereiche. Bei schwimmfähigen Objekten muss generell davon ausgegangen werden, dass sie verlagert sein können. Ob die Verbreitung nicht schwimmfähiger Objekte beeinträchtigt ist, müssen Detailstudien zeigen.

Nachdem hinreichend gesichert scheint, dass die Grabungsfläche mindestens teilweise und möglicherweise sogar ganzjährig grossteils überflutet war, wird hier die Interpretation der Lehmformen und -ausprägungen wieder aufgenommen.

Die oben erschlossenen Konditionen, unter denen die Lehme in die Kulturschicht gekommen sind, bestätigen, was die Lehmbefunde schon aus sich selbst heraus anzeigten, nämlich einerseits, dass kein Lehm in situ sensu stricto angetroffen wurde, und andererseits, dass die Lehme nicht lateral verlagert wurden. Die mehrfache ortstreue Ablagerung zeigt, dass sie in loco sind, der Punkt ihrer Ablagerung also zwar nicht dem Konstruktionskontext, wohl aber dem planimetrischen Ort der Installation entspricht[142]. Der Vergleich mit den Gebäudegrundrissen hat gezeigt, dass von 50 Lehmstellen, über die eine Aussage möglich ist, nur die Lehmstellen 1303, 1337, 1318 und 1319 nicht innerhalb, sondern zwischen Gebäuden liegen[143]. Lehmstelle 1303 ist dabei nur eine Ansammlung kleiner Flecken. Die Lehmstellen 1318 und 1319 könnten darauf hindeuten, dass die in Kap. VIII.7.3.2 als Steg interpretierte Struktur letztlich doch auch ein Gebäude war oder dass es auf dem Steg gemeinschaftlich genutzte Feuerstellen gab. Vielleicht ist also hauptsächlich Lehmstelle 1337 nicht als entsorgte Herdplatte zu sehen, weil sich nicht belegen lässt, dass sie sich in loco befindet. Die Form der Brockenstreuung belegt dennoch auch für diese Lehmstelle, dass der Lehm verlagert ist. Drei weitere Lehmstellen, die weder in noch zwischen Gebäudegrundrissen lagen, fallen dadurch auf, dass hier kaum verziegelter Lehm gefunden wurde (Lehmstellen 1317, 1320 und 1326), doch sind auch dies teils Brockenstreuungen. Für diese drei Lehmstellen sowie für Lehmstelle 1337 könnte eine andere Funktion in Betracht kommen als für die restlichen 50.

Die grosse Bandbreite von Lehmformen, die in Parkhaus Opéra ausgegraben wurden, kann folglich auf sehr ähnliche Prozesse im Flachwasser nach sekundärer Verlagerung zurückgeführt werden. Wenn es stimmt, dass die geringere Schichtmächtigkeit im Norden und Nordwesten auf grössere Wasserströmungen zurückzuführen ist, wird verständlich, warum hier weniger Hügelförmige Lehme anzutreffen sind: Auch der Lehm ist stärker von Strömungen erodiert worden. Flache Lehme müssen nicht unbedingt als solche ausgebracht worden sein. Die teils heterogene, oft auch homogen fleckige Innenstruktur der Flachen Lehme kann das Resultat einer Überformung unter Wasser sein. Wenn die entsorgten Reste einer Herdplatte mit verziegelten und einfach trockenen Bruchstücken ins Wasser geworfen werden und absinken, so sprengt das Wasser den trockenen, aber nicht durch Hitze gehärteten Lehm schnell auf[144]. Dadurch entstehen Mixturen von kleinen Brocken und Lehm in Suspension, die in Abwesenheit von Strömungen absinken und sich zwischen den stabilen Brocken anlagern. Dabei rinnen sie durch die Zwischenräume zwischen den festeren Objekten und füllen diese aus, wobei organisches Material, das sich im Umfeld befindet, dazwischen eingelagert werden kann. Dies könnte zu den vielen organischen Einschlüssen in den Lehmen geführt haben. Wenn Strömungen einsetzen, bevor ein solcher Lehm von weiterer Kulturschicht versiegelt ist, wird ein Teil des Lehms in Suspension gehen und sich im Nahbereich verlagern. Dies führt zu den vielfach beobachteten Schlieren im Nahbereich. Eigene Experimente mit Proben originalen Baulehms aus dem Abraum von Parkhaus Opéra im Flachwasser des Zürichsees haben gezeigt, dass sich der erodierte Lehm aufgrund der in Wellen vorherrschenden Orbitalbewegungen ringförmig um seinen Ausgangspunkt herum anlagert. Dieser Prozess dürfte die Ursache für die häufigen Lehmschleier und die graduellen Übergänge von Lehm zu Detritus sein. Je schneller der Lehm von weiterer Kulturschicht versiegelt wird, desto eher ist er vor der Wasserwirkung geschützt und wird seine ursprüngliche Form behalten. Die hohe Akkumulationsrate mit geringen Strömungen im Zentrum der Grabungsfläche hat daher vermutlich zu einer schnellen Versiegelung der Lehme geführt und könnte die Ursache der häufigeren Hügelförmigen Lehmbefunde in diesem Bereich sein.

In 8 Lehmstellen wurden schon während der Grabung nennenswerte Mengen von Molluskenresten beobachtet[145], und in 15 Lehmstellen spielte Seekreide in der Schichtzusammensetzung eine grössere Rolle[146]. Es zeigt sich also, dass es limnische Komponenten in der Kulturschicht gibt. Es stellt sich jedoch die Frage, in welchen Mengen sie selbst bei Schichtbildung unter Wasser erwartet werden können. Dies hängt stark davon ab, ob man eine räumlich und zeitlich homogene Schichtbildung annimmt oder eine räumlich und zeitlich sehr punktuell strukturierte Akkumulation. Im zweiten Fall muss limnisches Material die Schicht nicht völlig durchdrungen haben. Eine punktuelle Ablagerung – etwa bei der Entsorgung von Mist – könnte erklären, wieso manche Lehme in verschiedenen Profilen so unterschiedliche Ausprägungen aufweisen: Während ein Teil des Lehms durch schnelle Abdeckung mit Kulturschichtmaterial versiegelt wird, mag ein anderer Teil noch länger einiger Wasserwirkung ausgesetzt sein. Vor allem im Bereich der Abfallhaufen können punktuelle Ablagerungen von Lehm und Detritus auch zu einem unebenen Relief geführt haben, sodass Anteile derselben Lehmdeposition auf einer Kuppe, am Hang oder am Hangfuss zu liegen kamen und je nach Lage unterschiedlichen weiteren Prozessen ausgesetzt waren. Im Überblick zeigt sich also, dass die Grundform der Lehme allein nur beschränktes diagnostisches Potenzial besitzt, weil verschiedene Prozesse zum selben Ergebnis führen können. Wichtiger sind die Informationen zur Materialzusammensetzung und zu den detaillierten Ausprägungen. In Kombination mit der Grundform können sie gute Hinweise darauf liefern, ob der Lehm in situ ist oder nicht. Wichtig ist auch die Definition der Konditionen, unter denen sich die Lehmablagerung abgespielt hat.

Abschliessend können zu weiteren Beobachtungen am Befund Interpretationen versucht werden. Im landwärtigen

Bereich der Schicht, wo sie die sogenannte unscharfe Basis aufweist (Abb. 43), sind als Ursache für die häufigeren mechanischen Vermischungen zwei Szenarien denkbar: Da hier das Terrain ansteigt, ist ein höherer Welleneinfluss plausibel – aber auch, dass der Wasserpegel saisonal oder episodisch niedrig genug war, dass sich Mensch und Tier ebenerdig bewegen konnten.

Eine häufige Interpretation zum Ende von Siedlungen ist die, dass katastrophale Brände zur Aufgabe der Siedlung führten. Die angekohlten Schindeln können in Parkhaus Opéra aus zwei Gründen nicht als Indiz gewertet werden, dass ein Gebäude am Fundort der Schindeln abgebrannt ist: Zum einen muss man davon ausgehen, dass sie verlagert sein können, weil Holz schwimmt. Zum anderen zeigt die Lage der Schindeln keinen klaren Bezug zu anderem Brandschutt. Die geschlossene Fläche der Brandschicht belegt andererseits, dass Wasserbewegungen nicht notwendigerweise sämtliche Verteilungen überprägt haben, sonst müsste die mindestens eine Zeit lang schwimmfähige Holzkohle in einem spülsaumartigen Band zu finden sein[147]. Die Brandschicht scheint sich nahe bei einem Gebäudegrundriss zu konzentrieren und deutet damit an, dass innerhalb der Siedlung ein einzelner Bau abgebrannt ist, ohne dass das Feuer auf andere Häuser übergegriffen hat. Die einzige Häufung von Holzkohle neben der Brandschicht liegt auf etwa 3 m² im Bereich von Lehmstelle 1305 und ist hier am oberen Rand eines mutmasslichen Abfallhaufens abgelagert. Argumente für einen grösseren Brand lassen sich daraus nicht ableiten.

Ebenfalls in direkter Nachbarschaft zu Lehmstelle 1305 liegt der grosse Kiesriegel. Als Spülsaum kann er aufgrund seiner mehr oder weniger rechtwinklig zur Uferlinie verlaufenden Längsachse kaum interpretiert werden – eher als Schüttung eines Bachdeltas, was aber von sedimentologischer Seite bezweifelt wird (vgl. Kap. VII.2.7.1). Auch ohne Kenntnis seiner Entstehung ist interessant, dass sich der Lehmbefund darunter nicht von anderen Lehmstellen unterscheidet, wenn man davon absieht, dass an der Basis der Kulturschicht mit seekreidehaltigem Detritus, Molluskenbruch und Kiesnestern mehr Spuren von Wasserbewegung vorliegen als bei manchen anderen Befunden.

Was bislang nicht diskutiert wurde, ist die Frage, inwieweit sich Lehme aus dem Verfall von Häusern im Befund niederschlagen und ob sie sich morphologisch von solchen, die bei Reparaturen abgelagert wurden, unterscheiden. Diese Frage ist aufgrund einer Reihe von Unbekannten nur schwer zu beantworten. Die wichtigste Unbekannte ist die zeitliche Struktur des Zerfalls. Es ist unbekannt, wann der Zerfall stattfand und wie lange er dauerte. Ein Haus im Pfahlbaumuseum Unteruhldingen (D) brach relativ plötzlich während eines extremen Sturmereignisses zusammen[148]. Ein langsamerer Ablauf wäre ebenso möglich. Geht man davon aus, dass die Deposition von Seekreide nach Verlassen der Häuser in normalem Masse verlief, so müsste man postulieren, dass sich Reste der Ruinen nicht auf der Oberkante der Kulturschicht, sondern in den ersten Millimetern oder Zentimetern Seekreide darüber ablagern. Beobachtungen in Unteruhldingen haben gezeigt, dass Holzbauteile des zusammengestürzten Hauses vom Wasser weit verlagert wurden. Der Lehm wurde vollständig weggespült, wie bei einem extremen Hochwasser und Windgeschwindigkeiten von über 124 km/h zu erwarten war. Zwei Unterschiede zwischen der Ablagerung von Lehm während der Zerfallsphase und während der Nutzungsphase sind wahrscheinlich: Zum einen endet mit dem Wegzug der Siedler der Eintrag von Detritus, der zur Nutzungszeit einen schützenden Umschlag für Lehmpartikel bilden konnte (s.o.). Zum anderen ist in all jenen Fällen, in denen die Ruine nicht auf einen Schlag zerfällt, sondern zuerst das Dach einbüsst, damit zu rechnen, dass der Lehm der Feuerstellen sich mit jedem Regenguss in kleinen Mengen aus dem Verband löst und durch die Ritzen der Bodenkonstruktion abwärtsfliesst, wie dies auch experimentell nachvollzogen wurde[149]. Für die Deposition der Zerfallsphase lassen sich daher zwei plausible Szenarien rekonstruieren. Im ersten wurden sukzessive geringe Mengen Lehm in der Seekreide über der Kulturschicht deponiert. Im zweiten fanden grössere Versturzereignisse von schadhaften Bauten statt, die möglicherweise von Stürmen ausgelöst wurden und sich daher zu Zeiten hoher Wasserbewegung ereigneten. In beiden Fällen lag der Lehm einige Zeit offen im Wasser. Die Chancen erscheinen gering, dass beide Depositionsszenarien archäologisch fassbar sind.

7.2 Interpretationen zur Genese von Schicht 14

Viele Phänomene von Schicht 14 sind vor dem Hintergrund der Ergebnisse zu Schicht 13 direkt verständlich, denn die Lehmbefunde beider Schichten ähneln einander stark und auch das Verhältnis von Lehmen zu Gebäudegrundrissen scheint identisch. Auch sind die Ergebnisse zur Schichtunterkante direkt übertragbar, und es gibt keinen Grund, eine substanzielle Veränderung der Topographie anzunehmen. Der letzte Punkt ist jedoch einzuschränken: Schicht 13 selbst hat zu einer deutlichen Veränderung der Topographie geführt, und zwar vor allem im Süden und Südosten, wo sie mächtig erhalten war. In diesem Bereich haben vor allem die Lehmbefunde Hügel gebildet, von denen manche zur Zeit der Ablagerung von Schicht 14 nicht komplett mit Seekreide überdeckt waren und daher in der frühen Entstehungszeit von Schicht 14 noch sichtbar gewesen sein müssen. Durch diese Anhebung des Geländes um bis zu 35 cm ist nicht nur die bodennahe Strömung angestiegen (selbst ohne Seepegelveränderung). Der Seegrund war nun nicht mehr flach, sondern zeigte ein bewegtes Relief mit Kuppen und Senken. Dadurch wurden kleinsträumig unterschiedliche Ablagerungsbedingungen geschaffen. Zudem bewirkt ein solches Relief zwingend, dass anstelle des verwirbelungsarmen laminaren Stroms turbulente Wasserströmungen entstehen, die der ruhigen Ablagerung von Seekreide und Detritus abträglich sind[150]. Entsprechend sind die ersten Zentimeter Seekreide über Schicht 13 auch nicht gebändert. Es ist daher vermutlich kein Zufall, dass Schicht 14 dort, wo Schicht 13 besonders gut erhalten ist, besonders schlecht oder gar nicht konserviert wurde. Die Prozesse, die sich in beiden Siedlungsphasen aus menschlichem Verhalten ergaben, waren vermutlich dieselben, aber die schichtgenetischen Konditionen wurden durch die Präsenz von Schicht 13 verändert und führten mithin zu anderen Prozessen.

7.3 Interpretationen zur Genese von Schicht 12 PH

Der zeitliche Abstand zwischen Schicht 12 PH und Schicht 13 ist mit wenigen Jahrzehnten gering. Die Argumente zum Seepegel und zur Topographie von Schicht 13 müssen daher auf Schicht 12 übertragbar sein. Das Erscheinungsbild der beiden Schichten ist dennoch sehr unterschiedlich.

Der Befund von Schicht 12 wirft drei schichtgenetische Fragen auf: 1) Wie können zwei Schichten der Pfyner und

Horgener Kultur direkt aufeinander liegen – oder anders gefragt: Warum haben die ca. 400–500 Jahre zwischen der Pfyner Schicht 12 S und der Horgener Schicht 12 PH nicht zu mehr Sedimentdeposition geführt? 2) Warum ist die Seekreide in Schicht 12 nicht gebändert? 3) Warum gibt es in Schicht 12 keine organische Erhaltung?

Die erste Frage muss in der Fläche differenziert behandelt werden. Wie oben ausgeführt, lag innerhalb des Parkhauses zwischen Schicht 11 und Schicht 12 sehr wohl Seekreide, die seewärts tendenziell mächtiger wurde: Um X = 502 fehlte die trennende Seekreide, aber schon bei X = 490 mass sie an vielen Stellen mehr als 25 cm. Sobald sie erschien, war sie gebändert und weist damit auf Ablagerungstiefen von mindestens einem halben Meter hin[151]. Wie in Kap. V.3 diskutiert, handelt es sich bei der landwärtigen Reduktion der Schichtmächtigkeit um einen Effekt der bodennahen Strömungen und Wassertiefe, also der Topographie. Das legt den Schluss nahe, dass im Gebiet der Parkhauszufahrt entweder die Schichten auf einer Höhenkote und/oder in einer strömungstechnischen Situation lagen, die über lange Zeit keine Seekreideablagerung zuliess. Denkbar wäre auch, dass ein lokales Erosionsereignis oder eine Seepegelveränderung vor der Horgener Besiedlung die zuvor abgelagerten Schichten gekappt hat.

Die Frage nach der ungebänderten Seekreide von Schicht 12 PH tangiert ähnliche Themen. Ob Seekreide gebändert oder ungebändert abgelagert wird, hängt ebenfalls von der bodennahen Strömung und damit von der Form des Seeufers und der Wassertiefe ab. Die fehlende Bänderung lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass der Seepegel während oder kurz nach der Ablagerung von Schicht 12 PH mindestens so niedrig war, dass Seekreide nicht gebändert abgelagert werden konnte. Eine solche Seepegelabsenkung müsste recht drastisch ausgefallen sein: Die ungebänderte Schicht 12 PH ist beispielsweise bei Qm 472/136 auf einer Höhe von 400,8 m ü.M. dokumentiert worden, was setzungsbereinigt zu einer rekonstruierten siedlungszeitlichen Höhenkote von etwa 402,5 m ü.M. führt (vgl. Kap. V). Eine allgemeine Seepegelsenkung müsste also an allen Stationen des Zürichsees Spuren in Sedimentkörpern hinterlassen haben, die den Zeitraum zwischen Pfyner und Horgener Kultur umfassen und im 4. Jt. v.Chr. höher lagen als etwa 402 m ü.M. Eine solche Situation ist z.B. in Zürich-Mozartstrasse gegeben, wo zwischen der Pfyner Schicht 4 und der Horgener Schicht 3 deutlich gebänderte Seekreide abgelagert wurde. Die Pfyner Schicht 4 steigt auf 403,7 m ü.M. an[152]. Aufgrund der Setzungen sind diese Schichten ursprünglich noch höher zu rekonstruieren. Eine Seepegelsenkung in dem Masse, wie sie nötig wäre, um die fehlende Bänderung von Schicht 12 PH zu erklären, müsste in diesem Profil der Mozartstrasse sichtbare Spuren hinterlassen haben – mindestens in Form eines Bandes ebenfalls ungebänderter Sedimente, einer Diskordanzschicht oder gar Spuren von Bodenbildung während des Offenliegens. Nichts von all dem ist vorhanden. Das bedeutet, dass das Erklärungsmodell «Seepegelabsenkung» für die ungebänderte Seekreide der Schicht 12 PH in Parkhaus Opéra nicht beigezogen werden kann, weil es als Nebeneffekt Spuren in anderen Stationen impliziert, die dort nicht angetroffen wurden. Daher können vornehmlich lokale Ablagerungsbedingungen für diese Schichtausprägung verantwortlich gemacht werden. Dies führt zur dritten und offensichtlichsten Frage der Genese in Schicht 12 PH: Warum gibt es darin so gut wie keine organische Erhaltung? Nicht nur organischer Detritus fehlt, auch liegende Hölzer sind mit nur 151 sicher stratifizierten Objekten in viel geringerer Zahl erhalten als in Schicht 13.

Wie die Diskussion über die fehlende Seekreidebänderung liefert auch die fehlende organische Erhaltung Argumente gegen die Erklärung mit Seepegelschwankungen. Aus chemischer Perspektive ist klar, dass sich Lignin bei Sauerstoffarmut nicht zersetzt[153]. Deswegen könnte man diesen Befund so interpretieren, dass sich nur die stabileren Hölzer erhalten haben, das deutlich leichter abbaubare pflanzliche Material hingegen mineralisiert wurde. Wie in Kap. VIII.4 dargestellt, liegt zwischen den Horgener Siedlungen von Phase 1 in Schicht 12 PH und von Phase 3 in Schicht 13 ein Zeitraum von 50 Jahren, in dem sich durchschnittlich 8 cm Seekreide angelagert haben. Gemäss Messungen in Sedimenten des Zugersees ist schon nach 0,8–1,5 mm Seekreideüberdeckung ein effektiver Sauerstoffabschluss erreicht[154]. Teilt man die durchschnittliche Säule von 8 cm Seekreide auf 50 Jahre auf, so ergibt sich eine mittlere Bildungsrate von 1,6 mm pro Jahr. Da es sich um gebänderte Seekreide handelt, ist sie nicht bei Extremereignissen abgelagert worden. Daher ist die vereinfachende Modellannahme einer gleichmässigen Sedimentationsrate gerechtfertigt, obwohl es im Uferbereich episodisch zu Umlagerungen kommen kann und die zugrunde liegenden Prozesse diskontinuierlich ablaufen können. Bei gleichmässiger Sedimentationsrate lagen die Hölzer und allfällige andere Reste folglich bereits im ersten Jahr nach Siedlungsende unter Sauerstoffabschluss. Die Sedimente mögen in den ersten zehn Jahren noch von Zeit zu Zeit umgelagert worden sein und so gelegentlich Sauerstoff Zugang gefunden und zu Abbau geführt haben. Möglicherweise ist die Seekreide eben aufgrund solcher Umlagerung nicht gebändert. Doch spätestens danach war die Seekreide gebändert, und der Sauerstoffabschluss war konstant. Das bedeutet, dass für die Zersetzung liegender Hölzer zu wenig Zeit zur Verfügung stand. Ihre geringe Zahl kann daher nicht mit nachträglichem Abbau erklärt werden, sondern nur damit, dass sie primär nicht abgelagert wurden. Damit kann auch das Fehlen von Substruktionen unter Lehmen nicht auf chemischen Abbau zurückgeführt werden. Selbst die Zersetzung des leichter abbaubaren pflanzlichen Materials kann kaum so vollständig und ohne jegliche Humusbildung in nur zehn Jahren stattgefunden haben, wenn man davon ausgeht, dass ursprünglich eine Kulturschicht vorhanden war, die mit Schicht 13 vergleichbar wäre. Zwar kann Zellulose in dieser Zeit unter günstigen Bedingungen vollständig abgebaut werden[155], doch enthalten viele pflanzliche Materialien auch Lignin und Lignocellulosen, die gegenüber organischem Abbau deutlich widerstandsfähiger sind und von denen Spuren erhalten sein müssten, zumal sie sich mit dem Abbau der leicht abbaubaren Materialien anreichern[156]. Während der Besiedlung waren also die Bedingungen für organische Erhaltung nachweislich nicht gegeben. Dies kann neben chemischen auch mechanische Ursachen haben, etwa dass synsedimentärer Abbau die Partikelgrösse organischer Reste derart reduzierte, dass sie leichter zu verlagern waren, während gleichzeitig eine lokale Strömung herrschte.

Ein denkbares Modell für die Genese von Schicht 12 ist daher, dass es lokale Strömungen gab, die einen Grossteil des organischen Materials abtransportierten und zu einer gelegentlichen Umlagerung des Sediments führten. Dies kann durch uferparallele Strömungen und entsprechende Wirbel im Kehrwasser des Ufervorsprungs, auf dem Zürich-Mozartstrasse liegt, bewirkt worden sein oder auch durch ein Bachbett im Hinterland (vgl. Kap. IV). Dazu würde passen, dass sich eine hohe Zahl liegender Hölzer in Schicht 12

exakt an der seewärtigen Palisade angelagert hat. Das würde dann heissen, dass sie seewärts transportiert wurden, als sie noch schwimmfähig waren, und die Palisade sie dort festhielt, bis sie absanken. Die mutmasslichen Wasserströmungen hätten auch die Lehme reduziert und homogenisiert und letztlich zu der sehr flachen Silhouette geführt, die bei jedem dieser Lehme vorgefunden wurde. Lehm 1203 ist tatsächlich fast komplett verschwunden, und die Gebäude 101, 102, 151 und 152 weisen keine oder nur sehr kleine Lehmreste auf. Bei den anderen Gebäuden war die Strömung nicht stark genug, den Lehm der Baubefunde komplett zu erodieren. Möglicherweise gab es aber auch hier mehrere Lehmlagen übereinander, deren obere nicht erhalten sind. Dass sich die Seekreide über Schicht 12 wieder gebändert präsentierte, bedeutet, dass keine häufige Sedimentumlagerung mehr stattgefunden hat. Die Strömungsbedingungen haben sich offensichtlich geändert, was beispielsweise mit der Verlagerung der Bachbettmündung erklärt werden könnte. Eine häufige Verlagerung kleiner Bachläufe wurde von geologischer Seite für das Gelände direkt östlich der Grabungsfläche bereits postuliert.

Für die Genese von Schicht 12 kann daher – ebenso wie für Schicht 13 – eine Seepegelabsenkung ausgeschlossen werden. Die Siedlung war somit mindestens für Teile des Jahres überflutet, und die Lehmbefunde sind in loco. Vermutlich handelt es sich auch bei ihnen um durch Bodenklappen entsorgte Herdstellen. Zeitweise entwässerte ein Bach in diesen Teil der Bucht. Die dadurch hervorgerufenen Strömungen und der fortlaufende Nachschub von sauerstoffhaltigem Frischwasser schufen Konditionen, die keine organische Erhaltung zuliessen.

7.4 Interpretationen zur Genese der Schichten 15 und 16

Da aus diesen beiden Schichten nur wenige gut erhaltene Befunde vorliegen, kann die Interpretation sich nur auf einige Indizien stützen, die nach den Ergebnissen der Schichten 12 und 13 diagnostisch wichtig zu sein scheinen. So finden wir in beiden Schichten abermals mit umgelagerten verziegelten Brocken, dem Fehlen von Holz- oder Rindensubstruktionen und dem räumlichen Verhältnis zu Gebäudegrundrissen Hinweise darauf, dass die Lehme in loco, aber nicht in situ liegen. Zudem zeigen in die gebänderte Seekreide hineingedrückte Brocken, dass die Seekreide zur Besiedlungszeit weich war. Die intakte Bänderung der Seekreide belegt damit, dass auch in diesen Siedlungen der Boden nicht begangen wurde. Auch diese Anlagen waren also vom Boden abgehoben; Mensch und Tier bewegten sich auf konstruierten Böden. Form und Ausprägung der Lehme sind das Ergebnis derselben Ablagerungsmechanismen wie in Schicht 13, mit dem Unterschied, dass sich in diesen Siedlungsphasen keine oder nur eine sehr reduzierte organische Erhaltung eingestellt hat. Dadurch fehlte der Detritus als versiegelnder und den Lehm schützender Faktor. All die feinen Lehmstrukturen, die das Bild in Schicht 13 prägen – die graduellen Übergänge und feinen Schlieren – sind für ihre Entstehung auf die Detritusmatrix angewiesen und können daher ohne organische Erhaltung nicht auftreten. Was also vom selben anthropogenen Lehmablagerungsprozess in diesen Konditionen bleibt, sind nur die kompakteren Lehmkörper, deren interne Struktur verrät, dass sie aus zusammengepressten Brocken mit resedimentiertem Lehm in den Zwischenräumen bestehen, deren Oberfläche vom Wasser verschliffen wurde.

Während in Schicht 15 fast gar keine organische Erhaltung vorliegt, sind in Schicht 16 organisch-humose Bänder in der Seekreide regelmässig vorhanden. In beiden Fällen hat sich also keine organische Konservierung eingestellt. Nach ersten Studien zum organischen Abbau in Kulturschichten ist eine mögliche Erklärung, dass der Eintrag organischen Materials nicht hinreichend war[157]. Die Kapazität des Ökosystems zum organischen Abbau war im sauerstoffreichen Flachwasser ausreichend. Interessant ist, dass Schicht 15 grau verfärbt ist und dass sich dieser graue Schleier weit über die eigentliche Schichtverbreitung hinweg erstreckt. Er ist vermutlich auf verschwemmte Abbauprodukte und anthropogene nicht abbaubare Einträge wie Asche und Holzkohle zurückzuführen.

7.5 Fazit zur Schichtgenese

Die ausgeführten Argumente und Interpretationen zeigen, dass es keine Annahmen grosser externer Ereignisse wie Seepegelveränderungen oder Klimaschwankungen braucht, um die Erhaltung und Genese von Kulturschichten zu erklären. Im Fall der Schichten 12 und 13 lässt sich sogar zeigen, dass die Annahme von Seepegelveränderung in nicht auflösbare Widersprüche führt. Angesichts der langen Diskussionen zum «Pfahlbaustreit» und weil hier diesbezüglich eine sehr eindeutige Position vertreten wird, soll betont werden, dass die angebotenen Interpretationen keine objektive Wahrheit behaupten wollen. Vielmehr sind sie im Augenblick das einzige Erklärungsmodell, das alle beobachteten Daten und Befunddetails widerspruchslos und empirisch basiert erklären kann. Es fehlen aber immer noch hinreichend abgesicherte empirische Daten zum Verhalten von Detritus und Lehm in Wasserströmungen, in verschiedenen Wassertiefen etc. sowie Untersuchungen an saisonal freiliegenden Seekreidestrandplatten. Da die meisten Seen heute reguliert sind und das experimentelle Ausbringen grösserer Mengen nährstoffreicher Kulturschichtimitate aus Umweltschutzgründen in Mitteleuropa unrealistisch ist, ist zu befürchten, dass sich daran in absehbarer Zeit nicht viel ändern wird. So lange bleiben die teilweise komplizierten Argumentationsketten die einzige Möglichkeit, zu Aussagen zu kommen.

VIII DENDROARCHÄOLOGIE UND PFAHLFELDANALYSE

(Niels Bleicher, Maria Burger)

1 ZIELSETZUNG UND METHODEN

1.1 Zielsetzung

Seit den Anfängen der Feuchtbodenarchäologie im Jahr 1853 sind die Pfahlfelder das augenfälligste und gleichzeitig rätselhafteste Merkmal dieser Fundstellen. Die grosse Dichte der Pfähle verhindert in den meisten Fällen, dass sich Struktur und Ausmasse der Bauten direkt erschliessen. Es handelt sich dennoch offenkundig um Siedlungen, da Funde von Alltagsgegenständen häufig sind. In den ersten Jahrzehnten nach Entdeckung der Pfahlbauten boten die Pfahlfelder viel Raum für unterschiedliche Interpretationen. Die Rekonstruktion der Bauten erwies sich als stark von Annahmen und Datierungen abhängig: Ferdinand Keller nahm an, dass die Häuser abgehoben waren, ohne jedoch die Gründe dafür näher auszuführen[158]. Emil Vogt unterstellte Keller, er sei davon ausgegangen, dass alle Pfähle gleichzeitig datierten. Daraus habe Keller geschlossen, dass es sich nicht um normale Häuser handeln könne[159]. Vogt hält das Argument der hohen Pfahldichte, das er bei Keller sieht, für einen der am häufigsten angeführten Gründe für abgehobene Bauweise[160]. Mit der an Fundplätzen mit mehreren separaten Kulturschichten gewonnenen Erkenntnis, dass auch mehrere Siedlungsphasen in einem einzigen Pfahlfeld vertreten sein können, fiel dieses Hauptargument nach Ansicht Vogts weg. Man habe die Reste verschiedener Siedlungen zu einer konstruktiven Einheit gemacht, die so nie existiert habe[161]. Doch trotz der Erkenntnis, dass die Pfahldichte zur Zeit der Siedlungen bei Weitem nicht so gross war, wie sie sich heute darstellt, wurde das Bild der Siedlungen und ihrer einzelnen Bauten lange Zeit nicht viel klarer: Es gab und gibt nur selten stratigraphische Möglichkeiten, einen Pfahl eindeutig einer bestimmten Siedlungsphase zuzuweisen. Neben der Datierung des Fundguts ist es daher seit den ersten dendrochronologischen Untersuchungen in der Feuchtbodenarchäologie eine zentrale Aufgabe, die Pfähle mittels Datierung den einzelnen Besiedlungs- oder Bauereignissen zuzuweisen und so die Identifikation von Baustrukturen zu ermöglichen. Diesem Ziel wurden andere mögliche Anwendungen der Dendrochronologie häufig untergeordnet[162]. Frühe Erfolge feierte die derart betriebene Untersuchung von Pfahlfeldern in den 1970er-Jahren in Feldmeilen Vorderfeld und Twann[163].

Auch mit dendrochronologischen Serienuntersuchungen hat sich die Pfahlfeldanalyse als weiterhin schwierig herausgestellt. Die Probleme liegen sowohl in der Menge der Hölzer als auch darin, dass nicht jedes Holz datiert werden kann. Je nach Eigenschaften des verwendeten Bauholzes, Erhaltungsfiltern und finanziellen Mitteln können nur wenige Prozent der Pfähle datiert werden. Ob sich aus den wenigen Fixpunkten innerhalb der Punktwolke, die ein Pfahlfeld in der Kartierung darstellt, schliesslich mit einiger Sicherheit Gebäudegrundrisse identifizieren lassen, hängt von deren Konstruktionsweise, den Überlagerungen durch Bauten verschiedener Epochen und der Herangehensweise ab. Unterdessen wurden auch mehrere Fälle dokumentiert, wo Häuser mehrfach wieder aufgebaut wurden – bei mehr oder weniger identisch neu gesetzten Pfählen[164]. Dies kompliziert die Analyse erheblich. Am Beispiel der Fundstelle Zürich-Mozartstrasse konnte kürzlich dargestellt werden, dass sich häufig keine gesicherten Erkenntnisse gewinnen lassen. Vielmehr hängen die Ergebnisse von den gewählten Auswertungsmethoden ab. Man arbeitet oft auf der Grundlage von Hypothesen. Ein Beispiel für eine solche Hypothese ist die Annahme einer regelmässigen Pfahlanordnung in Jochstruktur für ein Gebäude, die – wie sich später erwies – nicht zwingend gegeben ist. Es ist daher wichtig, dass solche Hypothesen durch Vergleiche mit anderen Daten und Ergebnissen geprüft werden[165]. Ein häufiges Problem bei der Analyse von Pfahlfeldern sind auch begrenzte Grabungsausschnitte und inadäquate Verprobungsstrategien. So sind z.B. Baustrukturen auf Flächen, die kleiner sind als ein einzelnes Haus, aber durchaus die Ecken von mehreren Häusern enthalten können, schwer zu erkennen. Dies ist einer der Gründe für die Schwierigkeiten bei der Identifikation von Baustrukturen in Zürich-Kleiner Hafner[166], die im Detail fraglich ausfiel. Auch wurden z.B. bei vielen Tauchuntersuchungen während Jahrzehnten vornehmlich Proben mit grossem Datierungspotenzial genommen. Von vielen Fundstellen unter Wasser liegt daher bloss ein selektiv beprobter Ausschnitt der Pfahlfelder vor, und die Suche nach Baustrukturen ist oft eine unlösbare Aufgabe. Die Grabung Parkhaus Opéra bot die Gelegenheit, auf einer Fläche von etwa 3000 m^2 jedes erhaltene Holz zu verproben und zu untersuchen. Damit bot sie auch eine der seltenen Gelegenheiten, ein Pfahlfeld zu analysieren, das für mehrere Bauten gross genug ist und nur von den üblichen taphonomischen Prozessen beeinträchtigt wurde, doch ansonsten vollständig ist.

In jüngerer Zeit wurde die Jahrringanalyse vermehrt im pluri- oder interdisziplinären Kontext gesehen und betrieben. Zu den Untersuchungsmöglichkeiten der Dendrochronologie, die nur selten Anwendung fanden, gehört auch die Dendrotypologie. Sie ermöglicht die paläoökologische und paläoökonomische Beschreibung des Bauholzes. Weil die Datierbarkeit des Bauholzes stark von der prähistorischen Holzauswahl und Waldnutzung abhängig ist, profitiert die Datierungsarbeit sogar von der dendrotypologischen Herangehensweise. Zugleich zeigt die Dendrotypologie auf, dass Holz sowohl Teil der «natürlichen» Umwelt des Menschen war, gleichzeitig aber auch durch den Menschen zum Kulturprodukt und letztlich zum Werkstück wurde[167].

Das Ziel dieser Vorlage ist daher, anhand der flächendeckenden Untersuchung von holzanatomischen und holztechnologischen Eigenschaften, von Pfahlanordnungen und Datierungsergebnissen sowohl datierte als auch undatierte Pfähle den einzelnen Siedlungsphasen und Baustrukturen zuzuweisen. So sollen nicht nur die Bebauungsstruktur und Baugeschichte der einzelnen Siedlungsphasen erschlossen, sondern auch die Geschichte der Bauholznutzung und der menschlichen Beeinflussung der Umwelt am unteren Zürichsee beleuchtet werden.

1.2 Arbeit auf der Grabung und im Feldlabor

Während der neunmonatigen Ausgrabungszeit war wie bei früheren Grossgrabungen[168] konstant ein Feldlabor zur Holzweiterbearbeitung vor Ort – das sogenannte Holzlabor. Es verfügte über zwei Durchlichtmikroskope, ein Binokular, zwei Computer, eine Bandsäge, einen Waschplatz, ein flaches

Wasserbecken und einigen Stauraum für Spezialproben und Kisten. Dadurch war es möglich, direkt vor Ort und zeitnah Holzfunde und Bauhölzer weiterzuverarbeiten, Hölzer zu bestimmen und bei Fragen direkt mit Ausgräbern, Dokumentation und Fundlabor Rücksprache zu nehmen.

Um alle anfallenden Aufgaben zu bewältigen, waren vier Mitarbeiter mit total rund 250 Stellenprozent beschäftigt (100 Stellenprozent entsprechen einer Arbeitswoche von 42 Arbeitsstunden). Davon war eine 100%-Stelle nur mit der Aufbereitung der Holzproben zur weiteren Bearbeitung beschäftigt (Grössenreduktion, Waschen, Zwischenlagern).

Anatomische Holzartbestimmung und Dendrotaxierung (vgl. Kap. VIII.1.2.1 und VIII.1.2.3) begannen bereits auf der Grabung und erlaubten es, schon frühzeitig erste Datierungsergebnisse und Verbreitungskarten zu erstellen. Diese wurden für die Öffentlichkeits- und Pressearbeit, aber auch für die Planung der späteren Auswertung benutzt, die schon während der Ausgrabung begann.

Bei der Grabung wurde zwischen kleineren, deutlich bearbeiteten Holzartefakten (wie z.B. Schöpfern, Holmen, Schalen und durchlochten Schindeln) einerseits und Bauhölzern sowie unbearbeiteten Hölzern andererseits unterschieden[169]. Erstere bekamen eine Fundkomplexnummer (FKnr), Letztere wurden mit einer Holznummer (Hnr) versehen. Zu den Dokumentationsniveaus in verschiedenen Feldern wird auf die Darstellung der Grabungsmethode verwiesen (Kap. II.4).

Das Fundlabor übergab die Holzartefakte dem Holzlabor bereits sicher gelagert und grob vorgewaschen zur Bestimmung und Beurteilung. Im Holzlabor erstellten die Mitarbeiter eine grobe Skizze des Gegenstands und notierten FKnr, Auffälligkeiten, Holzart und vermutete Funktion. Diese Skizzen sammelten sie im Holzlabor, während sie Holzart und Bezeichnung zusammen mit dem Holzartefakt dem Fundlabor zur Dokumentation und fotografischen Erfassung zurückgaben. Danach erfolgte möglichst zeitnah die Lieferung der Holzfunde an die Kantonsarchäologie, wo sie in einem Kühlraum gelagert wurden. Dort wurde auch entschieden, welche Objekte konserviert werden sollten.

Hölzer, die keine Artefakte waren, erhielten während der Ausgrabung eine Holznummer (Hnr), wenn sie den Verprobungskriterien entsprachen (s. Kap. VIII.1.2.1), und wurden vom jeweiligen Grabungsteam in der sogenannten Holzliste erfasst. Nach Abschluss der Grabungsarbeiten und Vermessungen eines Feldes wurden sämtliche Hölzer bzw. Teilstücke davon in geschlossenen Plastikkisten feucht gehalten und zusammen mit der Holzliste im Holzlabor abgegeben. Hier wurden zuerst die Kisten mit Wasser aufgefüllt und Informationen zur Holzliste erfasst: wer die Holzliste gebracht hatte, welches Team sie ausgefüllt hatte, welche Hnr darauf zu welchem Grabungsfeld erfasst war. Diese Informationen dienten dazu, bei Verständnisproblemen oder Unstimmigkeiten direkt nachfragen zu können. Zusammen mit einer solchen Liste trafen oft auch Nach- oder Vorinformationen zu Hölzern aus anderen Feldern im Holzlabor ein, denn bei einer Pfahldichte von oftmals 5–10 Pfählen pro Quadratmeter standen viele Pfähle auf Feldgrenzen. Um Verwirrung zu vermeiden, wurde jedes Holz bei seiner Freilegung sofort mit einem Hnr-Etikett versehen. Wenn ein schräger Pfahl mit seinem Kopf in ein Feld hineinreichte, die Probe aber in einem anderen Feld genommen wurde, galt es, die Konsistenz zwischen den Datensätzen der Felder zu gewährleisten. Ähnliches galt bei liegenden Hölzern, die durch mehrere Felder reichten. Diese scheinbar trivialen Sachverhalte stellten alltägliche Fehlerquellen dar, die grosse Auswirkungen haben konnten, wenn ihnen nicht konsequent begegnet wurde. Als Nächstes wurden sämtliche Hnr einer bereinigten Holzliste in die sogenannte Holzbestimmungsliste übertragen. So konnte sichergestellt werden, dass bei der Holzbestimmung keine Abtippfehler der Hnr-Etiketten entstanden. Auch fiel so auf, wenn eine Probe verloren gegangen oder noch nicht verprobt worden war. Ein Mitarbeiter reinigte die abgelieferten Hölzer pro Feld mit Wasser über einem mit einem Schlämmsieb versehenen Rückhaltebecken, wobei er auf mögliche Bearbeitungsspuren achtete. Fielen keine Besonderheiten auf, reduzierte er das Holz zur weiteren Untersuchung auf eine Holzprobe von 4–10 cm Dicke. Beim Heraussägen der Probe berücksichtigte er folgende Kriterien: Das Probestück sollte möglichst weder durch einen Ast noch durch Verletzungen gestört oder verpresst sein. Es sollten möglichst viele Jahrringe im Querschnitt erfasst sein, und, wenn vorhanden, sollte das Probestück eine Waldkante haben. Wenn diese fehlte, sollte bei Eiche darauf geachtet werden, dass möglichst viele Splintringe erfasst werden. Diese Holzproben wurden wieder feldweise in mit Wasser gefüllte, beschriftete Plastikkisten gegeben.

Im nächsten Schritt bestimmten weitere Mitarbeiter die Holzproben feldweise anhand der Holzanatomie. Danach räumten sie diese entsprechend ihrer Eignung für dendrochronologische Untersuchungen in mit Wasser gefüllte nummerierte Plastikkisten. Dabei wurde die Kistennummer in der Holzbestimmungsliste erfasst, was das Wiederauffinden erleichterte. Die Hölzer mit keiner bis sehr geringer Eignung für die Dendrochronologie wurden im Lauf der Grabung aus Kostengründen in ebenfalls beschrifteten Plastikeimern mit wasserdichten Deckeln verstaut.

Die Kisten und Eimer mit den bereits bestimmten Holzproben wurden laufend ins Lager des Labors für Dendrochronologie der Stadt Zürich transportiert, wo sie bis zur Messung lagerten. Nur wenige Holzproben wurden dort bereits während der Grabung gemessen und datiert.

1.2.1 Erfassung der Hölzer auf der Grabungsfläche

Die auf der Grabung vergebenen Holznummern liefen von 1 bis 28700. Sie wurden auf vorgedruckten Plastiketiketten in 500er-Blocks vom Dokumentationszentrum an die Grabungsteams abgegeben, was die Doppelvergabe von Hnr vermied. Im Normalfall wurden ganzzahlige Hnr vergeben. Wurde im Feldlabor aber festgestellt, dass es sich bei der Probe nicht um ein, sondern um zwei Hölzer handelte, wurden Holzunternummern vergeben (z.B. 500.1 und 500.2). Das geschah auch, wenn in seltenen Fällen eine Sammelprobe genommen wurde – etwa wenn viele Späne in einem Befund angetroffen wurden, deren individuelle Dokumentation auf der Grabungsfläche zu zeitraubend war. Wenn ein Holz bei der Verprobung in ein benachbartes Feld hineinreichte, so wurde an dem auf der Grabungsfläche verbleibenden Stück mit einem Nagel ein handgeschriebenes Hnr-Etikett befestigt – auch das, um Doppelverprobungen und -nummerierungen zu vermeiden. Bei langen, durch mehrere Grabungsfelder verlaufenden liegenden Hölzern wurde für die Teilstücke teilweise die Zusatzangabe A, B usw. vergeben. Bei der Grabung beim Wasserspiel auf dem Sechseläutenplatz im Jahr 2013 wurden die Hnr der Grabung Parkhaus Opéra fortgesetzt (Hnr 28701–29697).

Sämtliche mehr oder weniger senkrecht steckenden Hölzer, liegende Hölzer (deren Querschnitt in mindestens einer Ebene grösser als 5 cm war) sowie Pfostenlöcher (Pfahlschatten) erhielten eine Holznummer. In der Holzliste wurde jede Holzprobe mit ihren Eigenschaften erfasst (Abb. 90).

Eigenschaft	Erläuterungen
Feld	Angabe des Feldes, in dem das Holz verprobt wurde
Hnr	Erklärung s. Kap. VIII.1.2.1
Objekt	P: Pfahl L: Liegendes Holz ohne besondere Bearbeitungsspuren KH: Konstruktionshölzer (P oder L mit weiteren Bearbeitungsspuren) A: Pfahlschuh B: Pfahl zu Pfahlschuh C: Keil (Füllholz) zu Pfahlschuh PL: Pfostenloch (Pfahlschatten) Sp: Sammelproben von Spankonzentrationen oder einzelnen radial gespaltenen, stratifizierten Kleinhölzern
Form	Code der Querschnittsform: 1 = Spältling (1/8-Kreis), d.h. auch Spaltbretter 2 = Spältling (1/4-Kreis) 4 = Hälbling (1/2-Kreis) 8 = Rundholz (8/8-Kreis) 9 = Mehrseitig bearbeitet 10 = ursprüngliche Form nicht mehr erkennbar (wegen Brand, Erosion usw.)
Masse	Abmessungen wurden auf 0.5 cm genau erfasst, im Zweifelsfall wurde aufgerundet. Konnte die Probe nicht an der optimalen Stelle entnommen werden, war nicht die Probe zu vermessen, sondern der informativste Querschnitt. Gemessen wurden Radius bzw. Dicke (r) und Breite (b). «r» war beim Pfahl immer in Richtung der Markstrahlen zu messen und «b» rechtwinklig dazu. «b» gibt immer die grösste Breite an. Bei liegenden Hölzern wurde kein Längenmass angegeben.
Zustand	Angaben zum Zustand der Oberfläche: A: angekohlt E: erodiert O: oxidiert (dunkle Verfärbung auf Oberfläche) R: Rinde
Schicht	Kopf- und Fussschicht des Holzes. Diese Eigenschaft ist besonders bei liegenden Hölzern wichtig, bei P fehlt die Angabe oft, zudem entspricht die Fussschicht von P in den meisten Fällen nur der Schicht, der die Probe entnommen wurde.
Spitzbereich	J: Der Pfahl ist nur noch im Bereich der sich verjüngenden Spitze erhalten. Die ursprüngliche Querschnittsform kann nicht immer rekonstruiert werden.
Koordinaten	Kopf- und Fusskoordinaten (jeweils X/Y/Z) wurden mit Tachymeter eingemessen und im Dokumentationszentrum kontrolliert. Bei Pfählen wurde meist nur die Fusskoordinate eingemessen (auf der Höhe, wo die Probe nach Abtrag der Schichten genommen wurde). Bei liegenden Hölzern wurden Anfangs- und Endpunkt als Kopf- und Fusskoordinaten eingemessen (ragte das Ende in ein Grobgrabungsfeld, wurden die Koordinaten aber meist an der Feldgrenze eingemessen).
Bemerkungen	Zusätzliche Informationen und Beobachtungen zum Holz

Abb. 90. Die auf der Holzliste für jede Holzprobe erfassten Eigenschaften.

Neuzeitliche Hölzer grosser Baustrukturen wurden gesondert erfasst. Die geborgenen Hölzer oder Proben wurden für die weitere Bearbeitung zusammen mit den dazugehörigen Holzlisten direkt ins Labor für Dendrochronologie der Stadt Zürich geliefert. Weitere bei der Grabung als neuzeitlich erkannte Hölzer wurden von den Grabungsteams in den Holzlisten markiert und danach im Labor von den archäologischen verprobten Hölzern separiert.

Die Pfähle wurden jeweils knapp unter der zuletzt abgegrabenen Kulturschicht verprobt. Nur wenige, nicht tief reichende Pfähle wurden mit der Pfahlspitze ausgegraben. Pfähle komplett zu bergen, wie es in Hauterives-Champréveyres mit Flaschenzügen durchgeführt wurde[170], war auf der Notgrabung mangels zeitlicher und finanzieller Ressourcen nicht möglich. Die neolithischen Pfähle hätten im Gegensatz zu den bronzezeitlichen der Zugkraft des Flaschenzugs nicht standgehalten, denn sie enthielten fast nie einen Hartkern. Auch das Freilegen in grossen Gruben war nicht möglich – aus baustatischen Gründen. So konnten keine Analysen des Pfahlfelds anhand von Pfahlspitzenform und -bearbeitungsspuren durchgeführt werden, wie dies beispielsweise in Bevaix möglich war[171].

Die Position von grösseren liegenden Hölzern in Grobgrabungsfeldern skizzierte der zuständige Teamleiter im Anhang der pro Feld erstellten Dokumentation.

1.2.2 Erfassung der Hölzer im Holzlabor und Holzuntersuchung

Die Bestimmung der Holzart erfolgte für jede einzelne Probe unter dem Durchlichtmikroskop anhand der anatomischen Merkmale[172] der mit der Rasierklinge erzeugten Dünnschnitte. Eine Ausnahme bildeten dabei einzig Eichenproben, die makroskopisch gut an ihrem schwarzen Kern, dem hellen Splint und den von blossem Auge sichtbaren Gefässen und Markstrahlen erkennbar waren. Da die Menge der Hölzer die Kapazitäten des Holzlabors überstieg, wurde die Holzbestimmung nach Abschluss der Ausgrabung im Labor weitergeführt. Die zusätzlich zur Holzart erhobenen Eigenschaften sind in Abb. 91 (Holzbestimmungsliste) aufgeführt und erläutert.

Eigenschaft	Erläuterungen
Hnr	Erklärung s. Kap. VIII.1.2.1
Art	Die Holzart (Bestimmung s. oben) wurde mit einem Holzart-Code erfasst. Der Zusatz «cf» bezeichnet eine unsichere Bestimmung. Zudem gab es Codes für Sonderfälle (Probe annulliert, Probe besteht nur aus Rinde, Probe nicht auffindbar, Probe nicht bestimmbar, Probe mit mehr als einer Hnr usw.)
Anzahl Jahrringe	Die genaue Anzahl Jahrringe jeder Probe (bei zerstreutporigen Arten an einem Dünnschnitt unter dem Durchlichtmikroskop gezählt)
Mark (M)	m: Mark vorhanden mn: marknah
Waldkante (WK)	Wenn der letzte gewachsene Jahrring vorhanden ist, wird je nach anatomischer Ausprägung die Saison, in der der Baum gefällt wurde, mit einem Code von 1–5 angegeben: WK 1 = Frühjahr WK 2 = Sommer (selten) WK 3 = Herbst (Jahrringbau abgeschlossen) WK 4 = WK vorhanden, aber nicht saisonal zu spezifizieren WK 5 = WK vorhanden?
Splint	Bei Eiche wird angegeben, wenn Splint vorhanden ist.
DC-Eignung	Eignung für dendrochronologische Datierung (alle Holzarten wurden dabei berücksichtigt) DC-Eignung-Kategorien: Kat 1: Dendroprobe mit hohem Potenzial. Mindestens 50 Jahrringe (JR) ohne markante Störungen (wie z.B. 30 Jahre unterdrücktes Wachstum) und bei Eiche mindestens Splintbeginn. Bei anderen Holzarten nur, wenn WK erhalten. Kat 2: Gute Datierungschancen (also > 50 JR ohne Störungen), aber kein Splint/WK. Solche Proben eignen sich z.B., um über einen Pfahl auszusagen, dass er zu einer Horgener Siedlung gehört, aber nicht, um den exakten Fälltermin zu bestimmen. Kat 3: Proben mit ca. 30–50 JR ohne grosse Störungen (z.B. keine ovalen Tannenäste oder Haselruten mit 35 JR, von denen 25 JR auf den letzten 2 mm liegen) Kat 3?: Wenn in einem Feld oder in benachbarten Feldern auffällig viele gleichartige Proben auftreten (z.B. runde Eschen mit 23–25 JR und 8 cm Durchmesser), dann kann Kat 3? vergeben werden, auch wenn die JR-Zahl nur unwesentlich über 20 liegt. Unter 20 JR kann auf auffällige Häufungen zwar hingewiesen werden, aber es wird immer Kat 4 vergeben. Kat 4: Alle anderen Proben
Rekonstruierter Durchmesser (DM Rek) in cm	Bei bekannter Markposition und Waldkante kann bei Spältlingen und Halblingen eine Schätzung des Stammdurchmessers erfolgen. (Bei Eiche kann der DM Rek teilweise auch bei vorhandenem Splint ohne WK geschätzt werden.)
Mindestdurchmesser (mindestDM) in cm	Angabe des Mindeststammdurchmessers bei Proben ohne Splint und WK
Bemerkungen	z.B. anatomische Auffälligkeiten, vorhandener Hartkern usw.
Kiste	Angabe des Verwahrungsorts der Probe nach der Bestimmung

Abb. 91. Die auf der Holzbestimmungsliste für jede Holzprobe erfassten Eigenschaften.

Pfahlspitzen und Hölzer mit anatomischen Besonderheiten oder auffällig veränderten Oberflächen wurden zur späteren Analyse gesondert aufbewahrt.

Grössere Schindeln bzw. Bretter und Konstruktionshölzer wurden wenn möglich komplett oder in grossen Stücken geborgen. Dazu wurden sie auf Styrodurplatten gelagert und feucht mit Cellophan umwickelt. Danach wurden die leicht angetrockneten Oberflächen im Feldlabor auf Brand-, Erosions- und andere Muster sowie Bearbeitungsspuren wie Löcher untersucht. Muster wurden grob skizziert und danach teilweise fotografiert. An ungestörten Stellen wurden schliesslich eine bis zwei Proben mit möglichst vielen Jahrringen herausgesägt. Wenige Schindeln wurden komplett aufgehoben und konserviert.

Bruchstücke von Hölzern, bei denen Bearbeitungsspuren darauf hindeuteten, dass sie Teile von Konstruktionshölzern sind, wurden fotografisch erfasst und beschrieben.

Wenn bei der Holzartbestimmung oder bei der späteren dendrochronologischen Messung anatomische Auffälligkeiten zum Vorschein kamen (z.B. vermutete Schneitelungsreaktionen), wurden viele davon fotografiert[173].

Die Hölzer waren durch das Sediment sehr starkem Druck von oben ausgesetzt; ursprünglich runde L-Hölzer zeigten oft einen flach gedrückten, ovalen Querschnitt. Ein ursprünglicher Durchmesser von 8 cm konnte auf 2 cm reduziert sein. Zudem wiesen viele Pfähle aufgrund des axial wirkenden Schichtdrucks siphonartige Stauchungen auf. Dazu trugen sicher die Seeuferaufschüttungen in der Neuzeit bei (vgl. Kap. V). Dieser Umstand erschwerte die Holzartenbestimmung und die Probenentnahme in einigen Fällen erheblich.

1.3 Jahrringmessung im Labor

Im Labor wurden die zu messenden Proben anhand ihrer Eignung und des jeweiligen Arbeitsstands der Pfahlfeldanalyse laufend selektiert. Zur Messung wurden danach mit der Rasierklinge ein bis zwei Radien auf der Querschnittsfläche der Holzprobe freipräpariert und die Jahrringbreiten unter dem Binokular mithilfe von PC-gesteuerten Messtischen erfasst. Als Software wurden DendroPlus von Ulrich Ruoff und PAST4 eingesetzt. Die erhaltenen Werte der Messstrecken ei-

Zum Inhaltsverzeichnis

ner Probe wurden nach einer Prüfung zu einer Einzelserie (auch Einzelkurve oder kurz EK genannt) zusammengemittelt. Diese Einzelserie der Jahrringbreiten wurde danach als Kurve dargestellt und im Zeichenprogramm CorelDraw weiterverwendet. In einigen Fällen wurden mit der Rasierklinge auch Dünnschnitte des gesamten Radius einer Probe erstellt oder in Stücken zusammengesetzt. Die Jahrringmessung erfolgte dann auf einer transparenten Plastikbox – sozusagen in einem vereinfachten Durchlichtverfahren. Diese Methode kam oftmals bei Erlen, aber auch in sehr engringigem Splintbereich und bei den wenigen gemessenen Hasel-, Pappel- und Ahornproben zur Anwendung. Eine weitere Besonderheit war die Messung zahlreicher Tannenschindeln, die nicht durchsägt werden sollten. Hier wurden die Jahrringe radial auf der Spaltfläche der Schindeln gemessen. Gemessene Proben bekamen eine Labornummer (Lab-Nr) zugewiesen. Die Liste dieser Nummern wird seit Gründung des Labors für Dendrochronolgie des AfS 1968 fortlaufend geführt.

Bei der Jahrringbreitenmessung wurden zusätzlich folgende Parameter erfasst: vorhandenes Mark oder jahrgenau geschätzte Marknähe (wenn möglich), Anzahl gemessener Splintjahre bei Eiche sowie der Waldkantentyp (vgl. Kap. VIII.1.2.2), wenn der letzte Jahrring gemessen werden konnte. Wenn nicht bis zur Waldkante (WK) gemessen werden konnte (z.B. weil die Splintringe stark verdrückt waren), wurde wenn möglich angegeben, wie viele Jahrringe noch bis zur WK gezählt werden konnten. Ausserdem wurden anatomische Besonderheiten wie z.B. tangentiale Bänder grosser Poren im Spätholz erwähnt.

Nach Abschluss der dendrochronologischen Messungen im Rahmen der Auswertung Parkhaus Opéra wurden alle gemessenen Proben sowie die restlichen Proben mit Potenzial für die Dendrochronologie vakuumverpackt und dunkel und kühl in Plastikboxen gelagert. Die jeweilige Nummer der Archivkiste wurde in der Datenbank vermerkt.

1.4 Weiterverarbeitung der erfassten Daten

Die Holzliste und die Holzbestimmungsliste wurden zur Weiterverarbeitung in eine Datenbank importiert und über die Hnr verknüpft. In dieser Datenbank wurden auch die dendrochronologischen Ergebnisse hinterlegt und mit den anderen Listen in Relation gebracht. Massgeschneiderte Auszüge der Datenbank wurden mit ArcGIS kartiert. Da das GIS auf der Datenbank beruhte, konnte es den sich entwickelnden Arbeitsstand dynamisch darstellen. Im ArcGIS konnten so die erhobenen Daten wie z.B. Holzart, Querschnittsform, Pfahlgrösse und Position in allen denkbaren Kombinationen dargestellt werden. Dies erlaubte, die zu messenden Proben zu wählen, die verschiedenen dendrochronologischen Ergebnisse darzustellen oder Baustrukturen zu suchen.

1.5 Jahrringanalyse

Wie in der Einleitung ausgeführt, wurde die Jahrringanalyse hier nicht getrennt von anderen Untersuchungen des Holzes (z.B. holztechnologischen Merkmalen) und des Pfahlfelds angewendet. Vielmehr wurde ein integrierter Ansatz verfolgt, der in jedem Prozess die interdisziplinäre Struktur reflektiert und damit Zirkelschlüsse vermeiden hilft, die sich vor allem bei der Datierung kurzer Jahrringserien ergeben können. Im Folgenden werden die Begriffe und die Methodik ausgeführt.

1.5.1 Klassischer Datierungsprozess und Chronologieaufbau

Seit Einführung des Computers besteht der übliche Synchronisations- bzw. Datierungsprozess aus folgenden Einzelschritten: Messung der Jahrringbreiten, statistische Korrelationsrechnungen und schliesslich visuelle Überprüfung. Der ursprüngliche, rein visuelle Datierungsprozess mittels Skeleton-Plot spielte in Mitteleuropa nie eine dominierende Rolle und ist heute kaum noch gebräuchlich; hingegen ist die visuelle Synchronisation von Jahrringbreitenserien nach wie vor wichtig[174]. Gelingt die Synchronisation zwischen Einzelkurven, wird durch arithmetische Mittelung der Jahrringbreiten pro Jahr eine Mittelkurve erstellt. Häufig wird in einem nächsten Schritt diese Mittelkurve mit demselben Verfahren mit anderen Mittelkurven bekannten Alters verglichen und so datiert[175]. Später können aus lokalen Mittelkurven regionale berechnet werden, woraus sich eine hierarchische Struktur der Daten und Chronologien ergibt.

Selten wurde thematisiert, was bei der visuellen Überprüfung der statistischen Kennwerte eigentlich passiert. Schweingruber nennt als Voraussetzung «viel Erfahrung» und stellt klar: «Dendrochronologie ist nicht eine mathematische Wissenschaft, sie wendet nur teilweise mathematische Verfahren an.»[176] Aber die Hintergründe sind komplexer: Zwar sollten nach Eliminierung des Alterstrends innerhalb einer Einzelserie die Indexwerte normalverteilt und damit statistisch gesehen die Voraussetzungen für eine Korrelationsrechnung erfüllt sein. Diese würde dann präzise Wahrscheinlichkeiten für die Richtigkeit einer Synchronposition liefern. Faktisch aber filtern die für Datierungen üblichen Trendbereinigungsverfahren (Indizierung mittels fünfjährigen gleitenden Mittels nach Baillie und Pilcher[177] oder Transformation in Wuchswerte nach Hollstein[178]) einzelne Extremwerte nicht hinreichend aus. Nun ist die statistische Korrelation keine robuste Methode und reagiert relativ stark auf einzelne Extremwerte. Daher besteht die Gefahr, dass zufällige Übereinstimmungen in wenigen Extremjahren zwischen zwei nicht gleichzeitigen Jahrringserien zu falschen Synchronisationsergebnissen führen. Die Berechnung des t-Werts berücksichtigt im Gegensatz zum Korrelationskoeffizienten die Anzahl der verglichenen Jahrringe (die Überlappung), basiert aber auch auf dem Korrelationskoeffizienten und ist daher immer noch sensibel gegenüber Extremwerten. Neben Extremwerten sind aber auch sehr ausgeglichene (komplazente) Jahrringserien mitunter schwer zu datieren. Bei der robusteren Methode der Berechnung der Gleichläufigkeitsprozente können zyklische Ereignisse wie die in drei- oder vierjährigen Abständen auftretenden Maikäferschäden zu hohen, aber falschen Werten führen. Die visuelle Beurteilung einer Synchronisationslage besteht darin, zu prüfen, ob gute statistische Werte dennoch zu verwerfen sind, weil sie hauptsächlich auf Extremwerten beruhen, oder ob eine visuell erkennbare hohe Ähnlichkeit bei der Berechnung der statistischen Korrelation aufgrund von Extrema oder zyklischen Ereignissen verschleiert wird. Es kann also nicht nur dazu kommen, dass eine Kurve trotz scheinbar guter Korrelationswerte undatiert bleibt, sondern auch dazu, dass eine Datierung akzeptiert wird, obwohl sie statistisch nicht zufriedenstellend erscheint. Die zitierte Erfahrung ist nötig, um die Spuren typischer Ereignisse wie Kronenverlust oder Maikäferschaden zu erkennen und ihre Bedeutung für die Korrelationsrechnung einzuschätzen. Generell gilt: Je kürzer die Jahrringserie ist, desto unsicherer sind statistische Verfahren und umso wichtiger ist die visuelle Beurteilung. Bei Jahrringserien von 30 bis 40 Jahrringen (JR) ist

der robustere Wert der Gleichläufigkeitsprozente häufig aussagekräftiger als der t-Wert. Bei Serien unter 30 JR sind statistische Berechnungen zumeist nutzlos. Eine Datierung wird in solchen Fällen fast ausschliesslich visuell vorgenommen, kann dann aber weder Sicherheit noch Unabhängigkeit vom archäologischen Kontext beanspruchen. Tatsächlich spielt der archäologische Kontext bei vielen Datierungen eine wichtige Rolle. Hat man keine Kontextinformationen, kommen bei einer Eichenprobe theoretisch nicht nur alle Jahre seit der Einwanderung der Eiche nach der letzten Eiszeit als Endjahr infrage – es könnten sogar auch jene früherer Warmzeiten in Betracht kommen. Im Allgemeinen muss man eine Probe aus einem mittelalterlichen Dachbalken aber nicht mit neolithischen Referenzen vergleichen. Schweingrubers Urteil «Je kürzer die in Frage stehende Periode ist, desto einfacher und sicherer gelingt die Datierung»[179] gilt noch immer und umso mehr, je kürzer eine Jahrringserie ist. Generell muss man davon ausgehen, dass alle Datierungen von Serien unter ca. 150 JR von Kontextinformationen Gebrauch machen. Bei Serien unter 30 JR steht der Kontext derart im Vordergrund, dass es sich mehr um eine archäologische als um eine dendrochronologische Datierung handelt. In der vorliegenden Studie wurden daher derart kurze Serien nur in einzelnen, separat durchgeführten Detailstudien gemessen, die als solche diskutiert werden.

Ist die Synchronisierung mehrerer Einzelkurven gelungen, kann nicht nur die Mittelkurve berechnet werden. Auch der Grad, zu dem das ideale Signal der Chronologie erfasst wurde (das Expressed Population Signal oder EPS), lässt sich berechnen, um eine Vorstellung von der Qualität der Mittelkurve zu erhalten[180]. Diese wird im Normalfall für einzelne Teile der Chronologie separat berechnet, weil in vielen Fällen die ersten und/oder letzten Jahre einer Chronologie weniger gut belegt sind als die mittleren und daher die Qualität nicht überall gleich ist.

Die Mittelkurven (MK) werden in der archäologisch angewandten Dendrochronologie traditionell aus Rohwerten berechnet. Da die Mittelung von ungleich langen Serien mit Alterstrend zu Artefakten in der resultierenden Mittelkurve führen kann, ist das statistisch sauberere Verfahren die vorgängige Trendbereinigung und Indexierung. Dieses Verfahren kann zu deutlich besseren Datierungsergebnissen führen. Bei der Datierungsarbeit wurden bei Bedarf die Einzelserien vor der Berechnung der Mittelkurve trendbereinigt. Für Datierungszwecke wurden in dieser Studie sämtliche Trendbereinigungen mittels kubischer Splines durchgeführt[181]. Der Normalfall war aber die traditionelle Variante, weil so der für die dendrotypologische Ordnung wichtige Trendverlauf erhalten bleibt. Die Synchronisierung der Dendrogruppen (DG) erfolgte daher mit den Rohwertserien. Erst zum Berechnen der standardisierten Lokalchronologie wurden die Einzelhölzer ausgewählter DG vor der Mittelung trendbereinigt und daraus trendbereinigte Mittelkurven berechnet. Zur Datierung wurden diese neu gebildeten MK mit Standardreferenzen aus der Westschweiz, der Deutschschweiz und dem Bodensee (später auch Referenzchronologien genannt) statistisch verglichen und visuell überprüft. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Datierungsergebnisse von DG und MK in Tabelle 5 im Anhang aufgeführt. In dieser Publikation werden, falls nicht anders erwähnt, die nicht trendbereinigten Mittelkurven abgebildet.

1.5.2 Verbesserung der Datierungsquote durch Gruppenbildung

Der dendrotypologische Ansatz nach Billamboz beinhaltet zuvorderst die typologische Gliederung der Jahrringserien nach Holzart, Kurvenlänge, Zuwachsverlauf und Kurvenähnlichkeit. Wie im vorherigen Kapitel angesprochen, gibt es verschiedene Ereignisse meist ökologischer Natur, die zu Extremwerten in Jahrringserien führen können. Dabei gibt es verschiedene definierte Muster, die erkannt und klassifiziert werden können[182]. Diese Muster sind wichtige Kriterien für die Untergliederung der Jahrringserien in Dendrogruppen. Diese Gruppenbildung kann den Datierungsprozess unterstützen. Abb. 92 zeigt ein Beispiel zweier Dendrogruppen, die auf einem Grossteil ihrer Länge sehr grosse Ähnlichkeiten aufweisen und ohne Zweifel synchron sind. Der Unterschied besteht vor allem in der abrupten Zuwachsschwankung in DG 21, die in DG 9 nicht vorhanden ist. Die Korrelation von DG 9 ohne Zuwachsschwankung mit der Mittelkurve der Deutschschweiz ist hoch (t-Wert nach Hollstein = 13,4), jene von DG 21 mit Zuwachsschwankung eher niedrig (t-Wert nach Hollstein = 3,9). Die Übereinstimmung der beiden DG miteinander ist statistisch gesehen relativ hoch (t-Wert nach Hollstein = 5,7), weil sie demselben Lokalklima entstammen und vermutlich an ähnlichen Standorten wuchsen, weswegen die Korrelation stärker ausfällt als mit der Regionalchronologie. Der visuelle Vergleich der beiden DG ist eindeutig. Es ist klar, dass Einzelserien aus DG 21 kaum mit der Regionalchronologie datiert werden können. Einzelserien jedoch, die dieselbe Zuwachsschwankung aufweisen, sind untereinander gut synchronisierbar. Durch Datierung der Mittelkurve solcher Einzelserien mittels einer DG desselben Fundorts gelingt die Datierung aber im zweiten Schritt. Dies zeigt, dass die Aufgliederung in DG hoher Kurvenähnlichkeit und besonders nach Massgabe von Zuwachsschwankungen eine deutlich erhöhte Chance bietet, auch schwierige Einzelserien zu datieren. Für die absolute Datierung wurden gezielt DG aus Einzelserien ohne besondere Zuwachsschwankungen gebildet.

Einzelserien, die zwar anhand einer DG datierbar sind, jedoch aufgrund sehr individueller Zuwachsschwankungen das gemeinsame Signal einer Mittelkurve verwässern, wurden den Gruppen nur zugeordnet («z»), fanden aber rechnerisch keinen Eingang in die Mittelkurven. (In die Beurteilung des Pfahlfelds und bei Bestandes- und Nutzungsanalysen sind solche Einzelkurven eingeflossen, als Einzelkurven werden sie in den Taf. 24–35 aber nicht dargestellt).

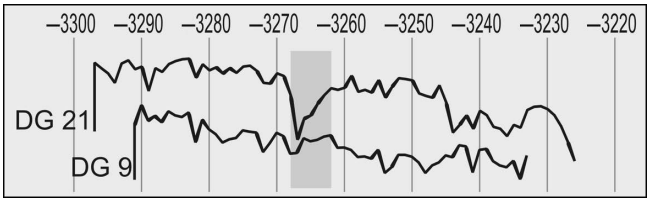


Abb. 92. Mittelkurven der synchronen DG 9 und 21. Graue Fläche: Zuwachsschwankung in DG 21, die in DG 9 nicht vorhanden ist.

Zum Inhaltsverzeichnis

1.5.3 Datierung kurzer Serien im Rahmen der Pfahlfeldanalyse

Wie bereits angedeutet, ist die Berücksichtigung des archäologischen Kontexts bei der Datierung kurzer Sequenzen wichtig. Es stellt sich jedoch die Frage, auf welche Weise dies geschehen kann. Es gibt für Pfähle zwei Arten von archäologischem Kontext: Stratigraphie und Planigraphie. Stratigraphische Hinweise wie z.B. Durchschlagungen von liegenden Elementen oder die absolute oder relative Höhe von aberodierten Pfahlköpfen sind in manchen Fällen schwerer zu beurteilen, als dies auf den ersten Blick scheint, da sich der Schichtkörper setzt. Dabei kommt es oft zu Pfahlstauchungen[183]. Der Schichtkörper kann aber auch am Pfahl entlanggleiten, wenn dieser sich nicht im selben Mass bewegen kann – entweder aufgrund der Mantelreibung im darunter liegenden Sediment oder weil er mit der Spitze auf einem kompakteren Schichtkörper aufsitzt. Aufgrund solcher und unbekannter weiterer Prozesse ist die stratigraphische Analyse von Pfählen oft mit unabsehbaren Schwierigkeiten verbunden. Die dendrochronologische Überprüfung stratigraphisch erfolgter Zuweisungen von Pfählen zu Schichten ergab im Fall der Fundstelle Zürich-Mozartstrasse eine sehr hohe Fehlerrate. Die Anordnung der Pfähle in der Fläche ist ebenfalls nicht leicht zu analysieren. Zum einen können Pfähle fehlen, weil sie durch Prozesse wie Frosthebung oder in selteneren Fällen auch durch den Menschen gezogen wurden. Auch Eisdrift kann Pfähle umgedrückt und möglicherweise entfernt haben, und letztlich können Fehler auf der Grabung passiert sein. Das Pfahlfeld ist daher oft nicht vollständig, und der Grad der Fragmentierung kann innerhalb einer Grabungsfläche stark variieren[184]. Zum anderen muss immer die Möglichkeit weit jüngerer Einzelpfähle in Betracht gezogen werden, etwa in Form von frühmittelalterlichen Bootsanlegestellen oder dergleichen. Dennoch bietet die flächige Analyse grosse Möglichkeiten, denn die Hölzer haben eine Reihe von Eigenschaften, die kartiert werden können. Dabei sind sowohl eine höhere Dichte von Eigenschaftskombinationen als auch regelmässige Anordnungen von Pfählen gleicher Eigenschaften wichtige Hinweise auf Zusammengehörigkeit. Im Fall einer Palisade oder eines Zauns aus einer einzigen Holzart ist dies recht offensichtlich (Abb. 93 oben und unten rechts, Pappelpalisade). In anderen Fällen hängt die Erkennbarkeit des räumlichen Bezugs gleichzeitiger Pfähle von der Konstruktionsweise ab. Wurde ein Haus beispielsweise in Pfostenjochbauweise errichtet, so finden sich mehrere parallele Zeilen von Pfählen, wobei die Abstände zwischen den

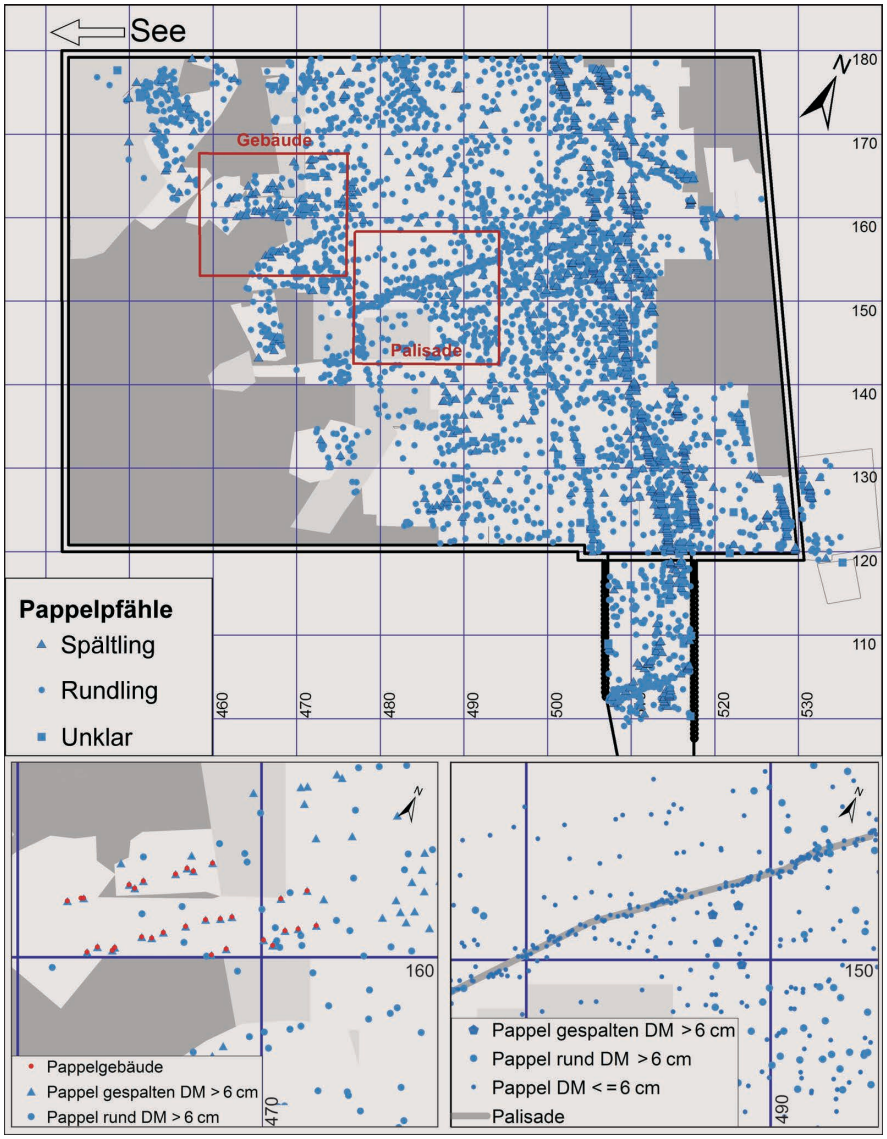


Abb. 93. Pappelstrukturen. Oben: Die Kartierung aller Pfähle aus Pappel lässt erste Strukturen erkennen (Ausschnitte unten vergrössert dargestellt). Unten links: Mögliches Pappelgebäude aus regelmässig angeordneten Pappelspältlingen mit einem Durchmesser von mehr als 6 cm. Unten rechts: Mögliche Pappelpalisade.

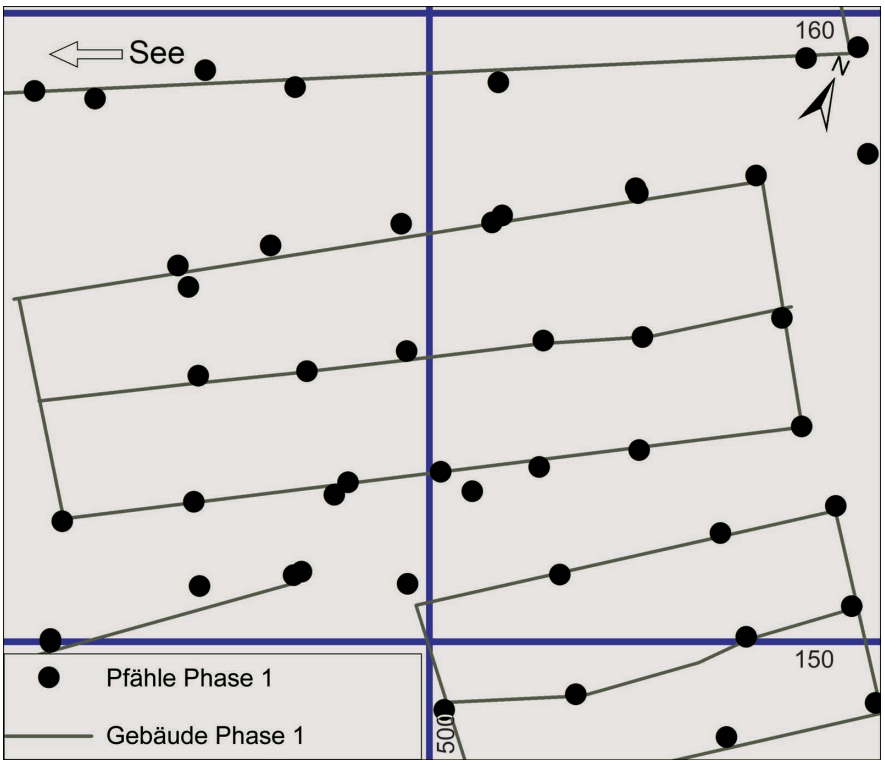


Abb. 94. Beispiel eines Gebäudes in Jochbauweise von Siedlungsphase Opéra 1.

einzelnen Pfählen in jeder Zeile nahezu gleich sind, weil sie durch orthogonal zur Zeile verlaufende Joche verbunden waren (Abb. 94 Beispiel aus –3230). Abweichungen mehrerer Dezimeter durch schräge und krumme Pfähle sind dabei normal. Problematischer wird es bei Bauten, die nicht in eindeutiger Jochbauweise errichtet wurden, wie es z.B. bei vielen schnurkeramischen Häusern der Fundstelle Zürich-Mozartstrasse der Fall zu sein scheint.

In vielen Fällen wurde innerhalb von Gebäuden vornehmlich mit Holz vergleichbarer Eigenschaften gebaut. Dies ist schon früh beobachtet worden, wie etwa in Cortaillod-Est, wo es Gebäude aus rund belassenen Pfählen und solche aus Spältlingen gab[185]. Jüngst ist ein Beispiel für die spätbronzezeitlichen Gebäude M1 und M14 in Bevaix dargestellt worden, wo M1 komplett aus Spältlingen besteht, während M14 fast vollständig aus Rundlingen erbaut wurde[186]. Die Kartierung von Holzeigenschaften zeigte auch auf der Fundstelle Parkhaus Opéra schnell solche in sich homogene, regelhafte Pfahlsetzungen (Abb. 93 oben und unten links, Pappelgebäude). Daher ist es eine Standardmethode der Pfahlfeldanalyse, mittels Kartierung der Attribute Holzart, Querschnittsform, Grösse und Jahrringanzahl solche Strukturen hoher Dichte oder regelmässiger Anordnung zu suchen.

Die Überprüfung einer möglichen Datierung kann immer dann erfolgen, wenn eine solche Struktur erkannt wurde. Fügt sich eine undatierte DG in der Fläche in die regelmässige Struktur ein, die von datierten Pfählen oder einer anderen DG vorgegeben wird, so ist dies kein Beweis, aber ein starkes Indiz für Synchronität der betreffenden DG. Da es Beispiele von standorttreu wieder aufgebauten Häusern gibt, reicht dieser archäologische Befund nicht aus, um eine schlechte oder fehlende dendrochronologische Korrelation zur Datierung auszubauen. Zur Absicherung einer Datierung, die auf einer guten Korrelation, aber einer zu kurzen Sequenz beruht, eignet sich ein solches planigraphisches Argument jedoch sehr gut. In der vorliegenden Studie wurden die Datierungen von relativ jahrringarmen DG auf diese Weise überprüft, wie Abb. 95 verdeutlicht. Sie zeigt, wie sich eine schwer datierbare DG mehrfach in die regelmässige Baustruktur von datierten Gebäuden einfügt.

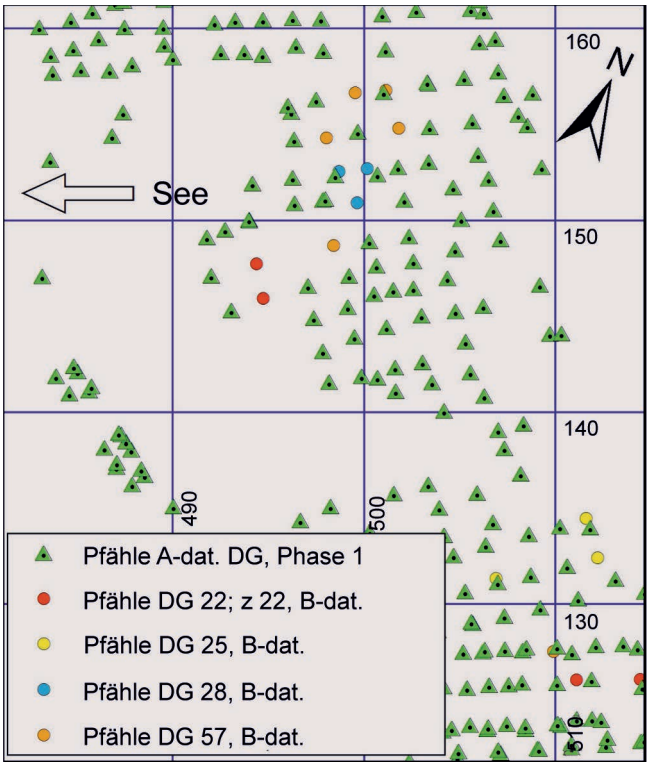


Abb. 95. Kartierung von Pfählen aus relativ jahrringarmen B-datierten DG gegenüber den Pfählen der A-datierten DG von Siedlungsphase Opéra 1. Die Ersten fügen sich in regelmässige Strukturen der Letztgenannten ein.

Zum Inhaltsverzeichnis

Wie später ausgeführt wird, ergaben sich bei der Untersuchung Hinweise darauf, dass während zweier Siedlungsphasen systematisch Eichen mit weniger als 30 JR genutzt wurden. In diesen Fällen wurde ein anderes Vorgehen angewendet. Zuerst wurden anhand der flächigen Verteilung von Holzeigenschaften möglichst präzise archäologische Hypothesen aufgestellt in der Art: «Die definierte Reihe A von Eichen mit 23 ± 3 JR ist in sich synchron und bildet die Verlängerung der bereits datierten Reihe B.» Diese Hypothese setzt voraus, dass alle oder fast alle Eichen der Reihe A dasselbe Endjahr (± 2 Jahre) aufweisen und dass dieses Endjahr dasselbe ist (± 2 Jahre) wie das der meisten Eichen der Reihe B. Die Unsicherheit der Datierung kurzer Sequenzen führt also zur extremen Reduktion der möglichen Endjahre auf nur fünf Positionen. Vor diesem Hintergrund wurden Proben mit 20 bis 30 JR gemessen, und es wurde geprüft, ob die wahrscheinlichste Synchronposition ebenjene ist, bei der die Endjahre aufeinander liegen, und ob das häufigste Endjahr im vorgegebenen Rahmen des datierten Kontexts liegt. Proben mit weniger als 20 JR wurden nicht gemessen.

1.5.4 Deutung der Datierungsergebnisse

Um den unterschiedlichen Sicherheiten der Datierung Rechnung zu tragen, wurden sämtliche Datierungen in die zwei Güteklassen A und B eingestuft. Für Mittelkurven wurden die Güteklassen A und B und für Einzelserien (auch als Einzelkurven bezeichnet) die Güteklassen a und b verwendet.

A-Datierungen sind solche, bei denen das «klassische» Verfahren Anwendung fand (vgl. Kap. VIII.1.5.1) und der archäologische Kontext kaum oder gar nicht berücksichtigt wurde. Sie zeichnen sich durch hohe Sicherheit aus. Diese Klassifizierung wurde bei Einzelserien ab 50 JR vergeben, die mit guter Korrelation in eine DG integriert sind, deren Mittelkurve eindeutig datierbar ist. Einzelkurven, die in sicher datierte DG von Güte A integriert sind, aber weniger als 50 JR oder eine weniger gute Korrelation zur Mittelkurve aufweisen, wurden bloss als b-datiert bezeichnet. Wenn in einer DG sowohl a- als auch b-datierte Einzelkurven vorkamen, wurde die A-datierte Mittelkurve nur aus den a-datierten Einzelserien berechnet.

B-Datierungen sind weniger sicher und daher stärker vom Kontext abhängig (vgl. Kap. VIII.1.5.1). Es können ganze DG und somit auch ihre Mittelkurven B-datiert sein, wenn die Datierung der Mittelkurve stärker vom Kontext abhängig ist. Entsprechend sind alle Einzelkurven in der DG ebenfalls b-datiert. Auch bei B-datierten DG wurde die Mittelkurve wenn möglich aus Einzelkurven mit mindestens 50 JR berechnet. Wo b-datierte Einzelkurven mit weniger als 50 JR aber einen wichtigen Beitrag zum Aufbau der Mittelkurve leisteten oder sogar die ganze DG aus Einzelkurven mit weniger als 50 JR bestand, wurden bei der Berechnung der B-datierten Mittelkurve auch Einzelkurven mit weniger als 50 JR berücksichtigt. In solchen Fällen ist sowohl in der Tabelle aller DG (Tabelle 6 im Anhang) als auch in den Abbildungen des DG-Aufbaus im Anhang (Taf. 24–35) angegeben, ab welcher Jahrringanzahl die Einzelserien in die Berechnung der Mittelkurve einer DG eingeflossen sind.

Wie überall wird auch in der vorliegenden Studie zwischen Waldkantendaten (Datum entspricht dem Schlagdatum), Splintdaten (Splintanteil noch vorhanden, wenige Jahrringe bis zum Schlagdatum fehlen, können aber geschätzt werden) und Kernholzdaten (Splint fehlt, Terminus post quem) unterschieden. In Abbildungen und Statistiken wird auf die Unterschiede hingewiesen, da diese für die Bearbeitung mancher Detailfragen wichtig sind. Die Anwesenheit von Splintringen ermöglicht unter Umständen, primäre Baupfähle von Reparaturpfählen zu unterscheiden. Somit war das Merkmal «Splint vorhanden» definierendes Kriterium zwischen den dendrochronologischen Potenzialklassen 1 und 2 (Abb. 91).

Analog zum Vorgehen bei der Pfahlfeldanalyse der Fundstelle Zürich-Mozartstrasse[187] und abweichend vom Phasenkonzept, das Billamboz anwendet[188], werden sämtliche Bauten, die sich mit einer zusammenhängenden Serie von Schlagdaten verbinden lassen, in der keine Lücken von über fünf Jahren zu verzeichnen sind, als ein einzelnes Besiedlungsereignis aufgefasst und als «Siedlungsphase» bezeichnet. Innerhalb einer Siedlungsphase kann es mehrere Etappen der Bauaktivität geben, die mit dem Begriff «Bauphase» beschrieben werden. Die meisten Siedlungsphasen lassen sich mit einer Kulturschicht verbinden.

1.5.5 Individualdiagnose

Es wurde untersucht, ob die Möglichkeit besteht, bei nicht vorhandenem Splint das Schlagdatum von einer anderen Holzprobe aus demselben Stamm abzuleiten. Zudem wurde versucht, eine Vorstellung davon zu erhalten, wie viele Jahrringe bei fehlendem Splint fehlen könnten. Dabei stellte sich heraus, dass die Zuordnung zweier Proben zum selben Baum methodologische Probleme bereitet. Es wurde die Annahme getroffen, dass sich zwei Einzelserien sehr ähnlich sein müssen, um mit Sicherheit vom selben Baum zu stammen. Unter den datierten Proben aus Parkhaus Opéra wurden 24 mögliche Paarungen gefunden, die der Anforderung eines t-Werts grösser als 10 entsprachen. Bei der Betrachtung der einzelnen Kurven stellte sich heraus, dass zwei dieser Paarungen Proben enthielten, die unmöglich vom selben Stamm sein können. Der Kurvenverlauf der Einzelserien ist zwar auch visuell sehr ähnlich, aber im einen Fall hatte eine der Proben ihre Waldkante bereits zum Zeitpunkt des Splintbeginns der anderen, die danach noch mindestens 12 Splintringe bildete (Abb. 96). Im zweiten Fall würde der Splint der ersten Probe 24 Jahre vor dem Splintbeginn der zweiten Probe einsetzen, die ihrerseits weitere 28 Splintringe bis zu einer möglichen Waldkante aufweist. Ein so grosser Unterschied ist im selben Baumstamm nicht zu erwarten. Es könnte sich aber um einen später gefällten Stockausschlag auf demselben Baumstumpf handeln. Bei den anderen 22 möglichen Paarungen spricht nichts dagegen, dass sie vom selben Baum stammen. Es stellt sich aber die Frage, ob nur aufgrund einer hohen Kurvenähnlichkeit davon ausgegangen werden darf, dass zwei Proben vom selben Baum stammen. Bei einer ähnlichen Untersuchung am Probenmaterial von Greifensee-Böschen stellte sich heraus, dass erst ab einem t-Wert über 14 und einer Mindestüberlappung von 70 JR eine gewisse Sicherheit besteht, Proben desselben Baums zu identifizieren. Doch selbst bei Werten $t > 16$ gab es noch Gegenbeispiele[189]. Beim Anlegen derart strenger Kriterien (70 JR Überlappung und $t > 14$) bleiben im gesamten Datensatz von Parkhaus Opéra nur noch 15 Korrelationspaare übrig, von denen mehrere Differenzen bei den Waldkanten oder einen uneinheitlichen Splintbeginn haben. Angesichts der sehr häufigen Verwendung gespaltener Eichenstämme und der wohl 100- oder gar 1000fachen Verwendung von mehreren Pfählen vom selben Baum ist die geringe Identifikationsrate und -sicherheit ein Grund, diesen Ansatz nicht weiter zu verfolgen.

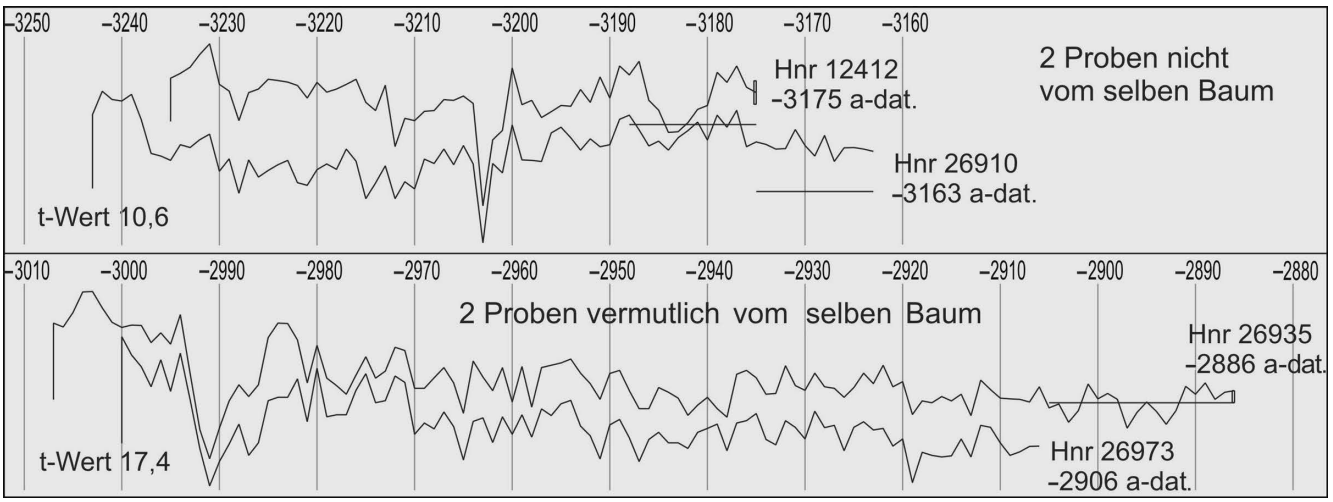


Abb. 96. Beispiele von Proben, deren t-Werte bei Korrelation miteinander grösser als 10 sind. Oben: Trotz Ähnlichkeit der zwei Einzelserien stammen die beiden Proben eindeutig nicht vom selben Baum. Unten: Diese zwei Proben stammen ziemlich sicher vom selben Baum (Horizontale Linie: Splint. Senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK).

Die 22 Paarungen mit Korrelationsergebnissen $t > 10$ wurden auch auf die Fragestellung untersucht, wie viele Jahrringe bei nicht vorhandener Waldkante noch fehlen, wenn die zweite Probe aus dem gleichen Baum eine Waldkante hat (Abb. 96). Bei den 15 Paarungen mit je einer Probe mit Waldkante beträgt der Abstand vom letzten gemessenen Jahrring bis zur angenommenen Waldkante zwischen 11 und 29 JR (Mittel: 19,8 JR). Betrachtet man nur die 9 Paarungen, bei denen die zweite Probe ein Kerndatum aufweist, schwankt der Abstand immer noch zwischen 29 und 13 JR (Mittel: 20,9 JR). Es ist also mit oben erläutertem Vorbehalt durchaus möglich, in Einzelfällen durch den Direktvergleich von zwei Proben aus demselben Baum ein Waldkantendatum abzuleiten. Angesichts von nur neun Fällen, in denen die Anzahl fehlender Jahrringe bei Kernholzdatierungen ermittelt werden konnte, ist es aber nicht möglich, eine aussagekräftige Verteilung fehlender Ringzahlen bei Kernholzdatierungen zu präsentieren.

1.5.6 Auswertung aus paläoökologischer und -ökonomischer Sicht

Zur Untersuchung paläoökologischer und paläoökonomischer Aspekte wird auf die Analyse von Mustern auf vier Ebenen der Jahrringanalyse zurückgegriffen[190]. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die zeitliche Verteilung von Anfangsjahren, Schlagdaten und abrupten Zuwachsschwankungen. Letztere werden mit dem Programm StandDyna berechnet[191]. Die verschiedenen erhobenen Grössen finden Eingang in eine kombinierte Graphik, die neben der Mittelkurve der betreffenden Gruppe oder Gruppen Histogramme der Anfangsjahre, der Endjahre oder Schlagdaten sowie der abrupten Zuwachsverbesserungen und -reduktionen abbildet. Diese Graphik gibt Aufschluss über ökologische Aspekte, beispielsweise ob Zuwachszunahmen mit erhöhter Frequenz von Anfangsjahren einhergehen oder ob die genutzten Bestände Phasen zunehmender Konkurrenz erlebt haben. In diese Berechnungen und Graphiken gingen alle Einzelserien der betreffenden DG ein (inkl. b-datierter und zugeordneter).

Anfangsjahre können bei solchen Studien immer nur als Näherungswerte für die tatsächlichen Keimdaten der einzelnen Bäume dienen. Zum einen sind bei Spältlingen die marknahen Ringe nicht immer erhalten geblieben. In solchen Fällen wurden wann immer möglich Markschätzungen vorgenommen. Zum anderen ist nicht bekannt, aus welcher Stammhöhe die Probe kommt. Da der Baum erst über Jahre wachsen muss, bevor er eine gewisse Höhe erreicht hat, fehlen bei Proben, die in grösserer Stammhöhe entnommen wurden (was man dem Bauholz auf der Grabung nicht ansieht), sämtliche inneren Jahrringe der Zeit zwischen der Keimung und dem Erreichen der Beprobungshöhe. Wie Fabien Langenegger[192] experimentell dargestellt hat, können im Fall sehr grosser und langsamwüchsiger Eichen durchaus 80 Jahre vergehen, bis eine Höhe von 16 m erreicht ist. Da die Pfähle aber mindestens 6–8 m lang gewesen sein müssen und in vielen Fällen sogar noch länger, kalkuliert Langenegger mit einer Zahl von 20–40 möglicherweise fehlenden innersten Jahrringen. Dem muss aber angefügt werden, dass die Zahl fehlender innerer Ringe umso geringer ist, je schnellwüchsiger und jünger der Baum ist. Im Fall der systematischen Nutzung von Jungwaldbeständen weisen Peaks in der Verteilung von Anfangsjahren mithin tatsächlich auf zeitnah verstärkte Waldverjüngung hin – unabhängig davon, ob diese durch Samen oder vegetativ durch Stockausschlag geschehen ist. Bei systematischer Nutzung von Altbäumen sind aufgrund der anzunehmenden grösseren Streuung der Zahl fehlender Jahrringe solche Verjüngungsphasen (falls sie denn existierten und die Verjüngung nicht permanent auf niedrigem Level geschah) schwieriger zu ermitteln und nur bei starken Peaks erkennbar.

1.5.7 Radiokarbondatierungen

In ausgewählten Fällen wurden Proben einzelner Hölzer und aus einzelnen Schichten vom Labor für Ionenstrahlphysik an der ETH Zürich ^{14}C-datiert (Taf. 36). Damit konnte in einigen schwierigen Fällen die Datierung von Schichten, DG oder Strukturen aus nicht dendrodatierten Hölzern unterstützt werden. Aufgrund von Plateaus in der Kalibrationskurve sind die Datierungsspannen der kalibrierten Daten in einigen Fällen sehr gross. Die Datierungsergebnisse werden in ihrem jeweiligen Kontext besprochen.

Zum Inhaltsverzeichnis

2 DATIERUNG DER SIEDLUNGSPHASEN

Insgesamt wurden (inkl. der Proben vom Sechseläutenplatz) 2834 Hölzer dendrochronologisch gemessen. Davon liessen sich 2384 einer DG zuweisen, und 2121 konnten absolut datiert werden (a = 1182; b = 939). Die datierten Hölzer aus der regulären Grabung sind allesamt neolithisch. Die wenigen bronzezeitlichen Daten stammen aus dem Aushub der Schlitzwände vor Baubeginn. Weil im Parkhausperimeter keine bronzezeitlichen Pfähle dokumentiert wurden, stammen diese Stücke mit höchster Wahrscheinlichkeit von Pfahlresten, die im späten 19. Jh. an anderen Fundorten mit dem dortigen Sediment abgebaggert wurden und zur Aufschüttung gegen die neue Hafenmauer dienten. Diese Baggerungen sind schriftlich dokumentiert. Eine solche Aufschüttung wurde auch während der Grabung angetroffen. Die datierten Hölzer gliedern sich in acht Siedlungsphasen.

2.1 Siedlungsphase Opéra 1 von –3234 bis –3226

2.1.1 Jahrringserien

Die älteste datierbare Siedlungsphase beinhaltet 406 Hölzer in 13 DG. Die Mittelkurven der DG dieser Siedlungsphase sind in Abb. 97, der Aufbau der einzelnen DG auf den Taf. 24 und 25 dargestellt. Es handelt sich um 280 Eichen und 26 Erlen. Sämtliche DG weisen relativ hohe Zuwachsniveaus und – abgesehen von DG 3 mit 29 grossteils liegenden Hölzern – nur selten mehr als 60 JR auf. Bei DG 3 könnte es sich bei aller in Kap. VIII.1.5.5 geäusserten Skepsis aufgrund der enormen Kurvenähnlichkeit teils um Proben desselben Baums handeln. Die Gruppen unterscheiden sich durch Anzahl und Zeitpunkt starker, abrupter Zuwachsschwankungen, bei denen es sich zumeist um Einbussen handelt, die in Kap. VIII.8

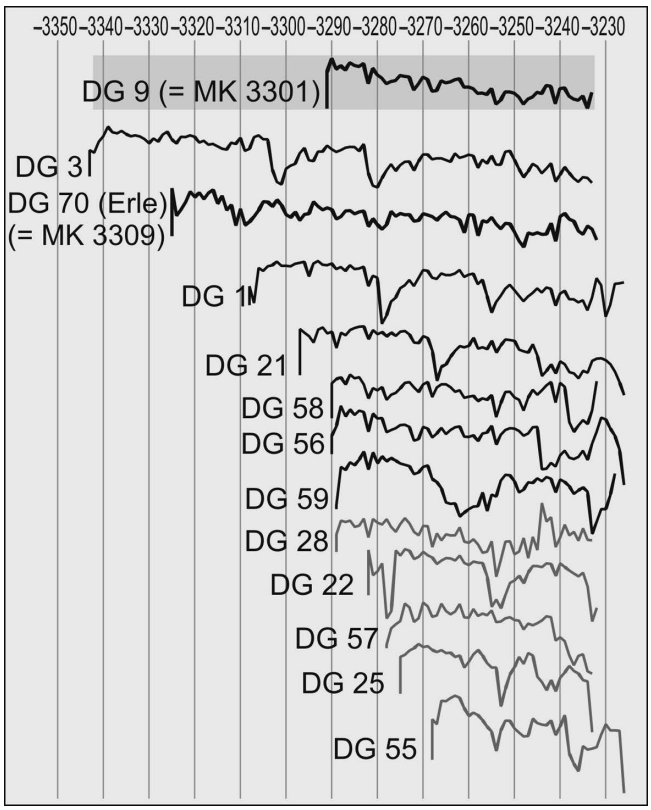


Abb. 97. Mittelkurven aller DG von Siedlungsphase Opéra 1 (schwarz: A-datiert, grau: B-datiert. Mit Ausnahme von DG 70 (Erle) sind sämtliche DG aus Eiche aufgebaut).

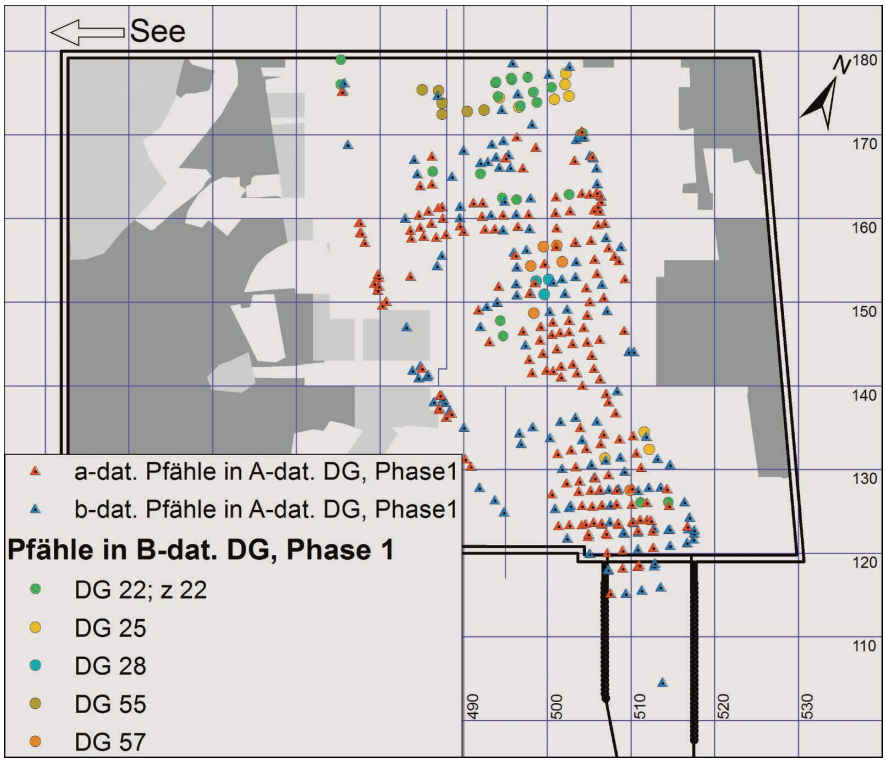


Abb. 98. Kartierung von Pfählen aus kurzen B-datierten DG von Siedlungsphase Opéra 1 gegenüber den Pfählen der A-datierten DG derselben Siedlungsphase.

weiter thematisiert werden. Das augenfälligste Beispiel sind die im Abstand von etwa 23 Jahren auftretenden abrupten Zuwachseinbussen in DG 1, wobei das erste dieser Ereignisse in derselben Distanz zu den frühesten Jahrringen der DG liegt und die Schlagdaten in abermals 23 Jahren Distanz zum letzten Ereignis. Auch diese sich andeutende Zyklizität wird noch zu erörtern sein. DG 9 mit 71 Einzelserien ist als Gruppe ohne besondere Ereignisse definiert.

Auch die Erlen von DG 70 weisen kaum besondere Zuwachsereignisse auf. Die Einzelserien zeigen teilweise beträchtliches Rauschen und das für Erlen sehr typische stark sensitive Wachstum. Die Mittelung bewirkt aber eine Bereinigung, und die resultierende Mittelkurve zeigt eine hohe Übereinstimmung mit den Eichen.

2.1.2 Dendrochronologische Datierung

Zur absoluten Datierung wurde auf DG 9 (MK 3301) mit ungestörtem Verlauf zurückgegriffen. Sie ergab einen sehr hohen t-Wert in der Korrelation mit der Deutschschweizer Chronologie sowie leicht erhöhte Werte im Vergleich mit den Berner und Hohenheimer Standardkurven (Tabelle 5 im Anhang). Zur Absicherung und zum Vergleich wurden weitere DG mit denselben Referenzen verglichen. Auch sie zeigten relativ hohe t-Werte im Vergleich mit der Deutschschweizer Referenzchronologie. Doch der überregionale Vergleich zeigt, dass DG mit starken Zuwachsschwankungen alleine kaum datierbar sind. Immerhin bestätigen sie die Datierung von DG 9. Die älteste Siedlungsphase spielt sich damit in den Jahren −3234 bis −3226 ab. Die Erlen von DG 70 (MK 3309) zeigen hohe t-Werte im Vergleich mit der Deutschschweizer Referenzchronologie (Tabelle 5 im Anhang).

2.1.3 Datierung kurzer Serien

Die kürzeren und aufgrund ihrer durch abrupte Zuwachsschwankungen gestörten Wachstumsverläufe schwierig zudatierenden DG wurden kartiert, um gemäss den in Kap. VIII.1.5.3 ausgeführten Kriterien zu testen, ob sie in regelmässigen Anordnungen stehen oder sich in bestehende eingliedern (Abb. 98). Das Ergebnis ist sehr aussagekräftig: Die Hölzer der B-datierten DG 22, 25, 28 und 57 fügen sich klar in regelmässige Anordnungen von A-datierten DG ein. DG 55 bildet in sich und mit ungemessenen Pfählen eine regelmässige Struktur, in der auch ein b-datierter Pfahl einer A-datierten DG vorhanden ist, und ist mit einem Eckpfosten auch in einer Struktur vertreten, die aus DG 22 und Pfählen aus A-datierten DG gebildet wird. Die Datierung dieser DG scheint daher trotz ihrer Kürze und problematischer Zuwachsfolgen gesichert zu sein.

In Kap. VIII.7.2.2 wird ausgeführt, dass für eine Reihe von Pfählen aufgrund ihrer Verteilung und ihrer Holzeigenschaften die Hypothese (A) aufgestellt wurde, dass sie zur Siedlungsphase Opéra 1 gehören. Ihre dendrochronologische Messung ergab, dass sie in zwei getrennte Gruppen zerfielen. Eine davon (DG 1002) zeigt tatsächlich nicht nur einen deutlichen räumlichen Bezug zu einer datierten Pfahlsetzung der Phase Opéra 1 (Abb. 99 unten), auch die Mittelkurve weist grosse Ähnlichkeiten mit DG 22 und 59 auf (Abb. 99 oben), und das Endjahr stimmt mit den umliegenden Pfählen überein. Der grössere Teil der Serien aber gehört zu DG 1000, die keinerlei Ähnlichkeit zu DG der Phase Opéra 1 zeigt. Für diese Pfähle wurde die Hypothese entsprechend verworfen.

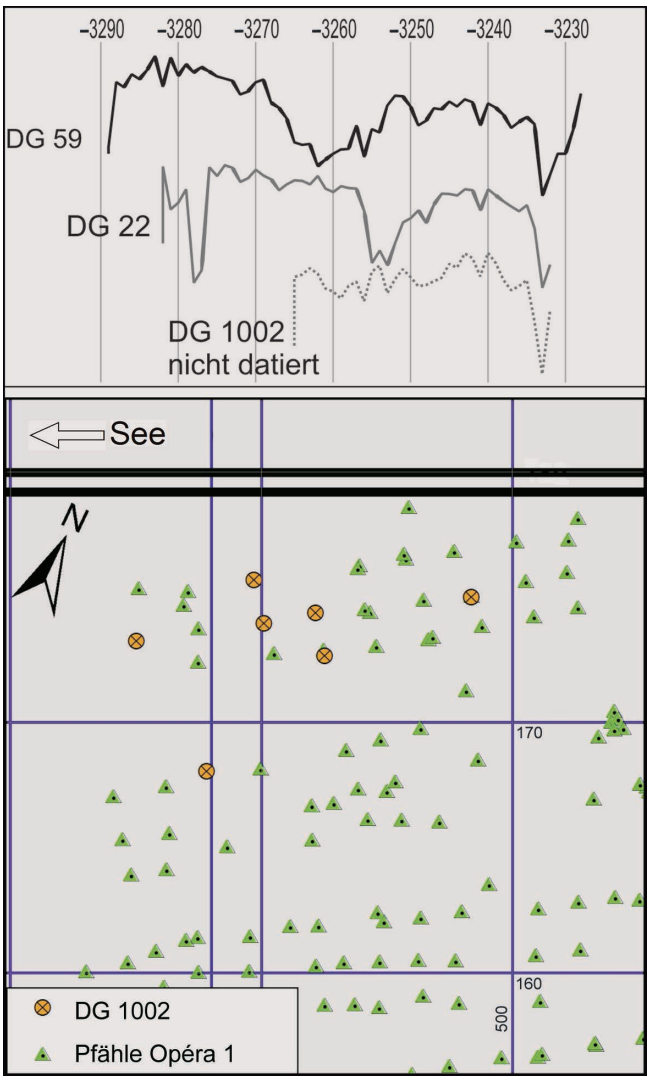


Abb. 99. Mögliche Datierung von DG 1002. Oben: Mittelkurven der DG 22, 59 und 1002 (schwarz: A-datiert, grau: B-datiert, gestrichelt: nicht datiert). Unten: Die kartierten Pfähle von DG 1002 fügen sich in die Gebäudestrukturen aus Pfählen von Siedlungsphase Opéra 1 ein.

Für DG 1002 wird die Datierung zur Phase 1 vorgeschlagen, doch basiert diese Zuordnung derart stark auf dem archäologischen Kontext, dass die kurzen Serien dendrochronologisch als undatiert gelten.

2.2 Siedlungsphase Opéra 2 um −3204

Vier DG (85, 105, 107, 108, Abb. 100 und Taf. 26) mit insgesamt 23 Hölzern können jeweils für sich nicht sicher datiert werden. Sie weisen abrupte Zuwachsschwankungen auf. Alle zeigen im Vergleich mit Lokalchronologien aus dem Gebiet des Zürichsees mögliche Synchronpositionen mit demselben Endjahr −3204. Ihre Korrelationen miteinander sind eher dürftig, visuell aber durchaus möglich. Es fällt auf, dass sie dieselbe Verbreitung im äussersten Nordosten der Grabungsfläche aufweisen, wo nach Beendigung der regulären Ausgrabung nur noch baubegleitend gearbeitet werden

Zum Inhaltsverzeichnis

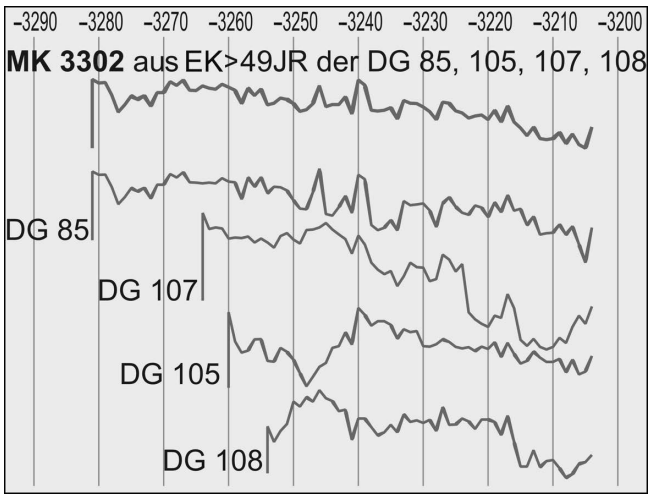


Abb. 100. Mittelkurven aller DG von Siedlungsphase Opéra 2 (grau: B-datiert. Sämtliche DG aus Eiche aufgebaut).

konnte (vgl. Kap. VIII.7.2.4 und Abb. 129). Testweise wurde aus diesen vier DG eine gemeinsame Mittelkurve (MK 3302) berechnet. Ihr t-Wert zur Deutschschweizer Referenzchronologie ist sehr hoch, ebenso die visuelle Ähnlichkeit, doch fallen die Korrelationswerte im überregionalen Vergleich bescheiden aus (Tabelle 5 im Anhang). Die vier Gruppen gelten daher als B-datiert.

2.3 Siedlungsphase Opéra 3 von –3176 bis –3153

Mit 657 Hölzern in 29 DG ist dies einer der umfangreichsten datierten Datensätze der Grabung Parkhaus Opéra. Die hohe Zahl von DG belegt eine hohe Diversität der genutzten Baumbestände.

2.3.1 Jahrringserien

Die Einzelserien gliedern sich in nicht weniger als 14 A-datierte und 15 B-datierte DG (Abb. 101 und Taf. 27–30). Keine DG ist vollständig frei von abrupten Zuwachsschwankungen. Immerhin sind diese in manchen DG hinreichend schwach, sodass sie dennoch für eine dendrochronologische Absolutdatierung verwendet werden können. Bis auf wenige Einzelserien von DG 12 ist auch in dieser Siedlungsphase die überwiegende Mehrheit der Einzelserien kürzer als 70 JR, und das Niveau der Zuwächse ist durchwegs hoch.

2.3.2 Dendrochronologische Datierung

Aus den statistisch und visuell unzweifelhaft synchronen DG 10, 12 und 104 wurde die MK 3303 (Abb. 101) berechnet. Diese lässt sich regional und überregional mit guten t-Werten auf das Endjahr –3161 datieren (Tabelle 5 im Anhang). Inklusive der mittelbar über DG 10, 12 und 104 datierten DG sind für diese Siedlungsphase die Schlagjahre zwischen –3176 und –3157 nachgewiesen. Die Splintschätzung an einem Pfahl ohne Waldkante führt zur Vermutung, dass die Siedlung bis mindestens –3153 bestanden hat.

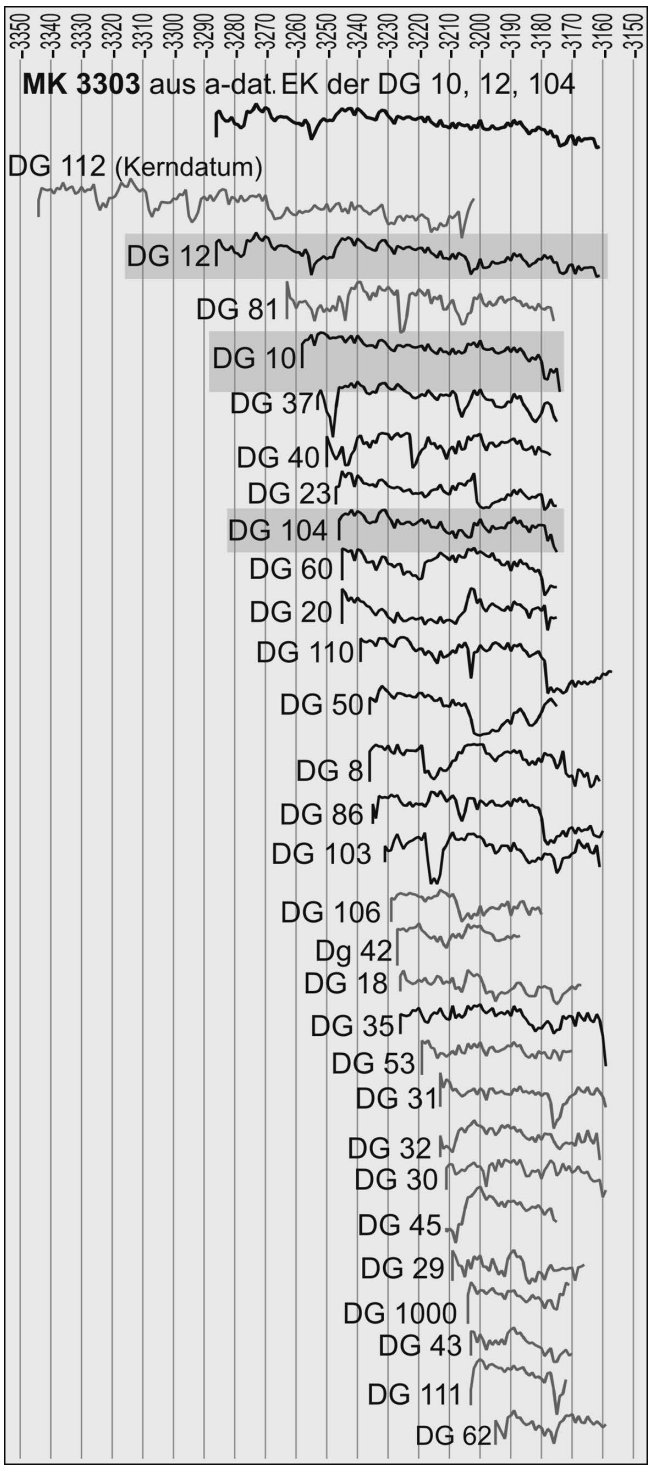


Abb. 101. Mittelkurven aller DG von Siedlungsphase Opéra 3 (schwarz: A-datiert, grau: B-datiert, grau hinterlegt: DG, aus deren EK die MK 3303 berechnet ist. Sämtliche DG aus Eiche aufgebaut).

2.3.3 Datierung kurzer Serien

Die Datierung der B-datierten DG kann abermals anhand ihrer Kartierung überprüft werden. Abb. 102 zeigt die Verbreitung von Pfählen der B-datierten DG 29, 30 und 31 im Kontext A-datierter DG. Es zeigt sich, dass diese DG sowohl selbst lineare Strukturen bilden, in denen auch a-datierte

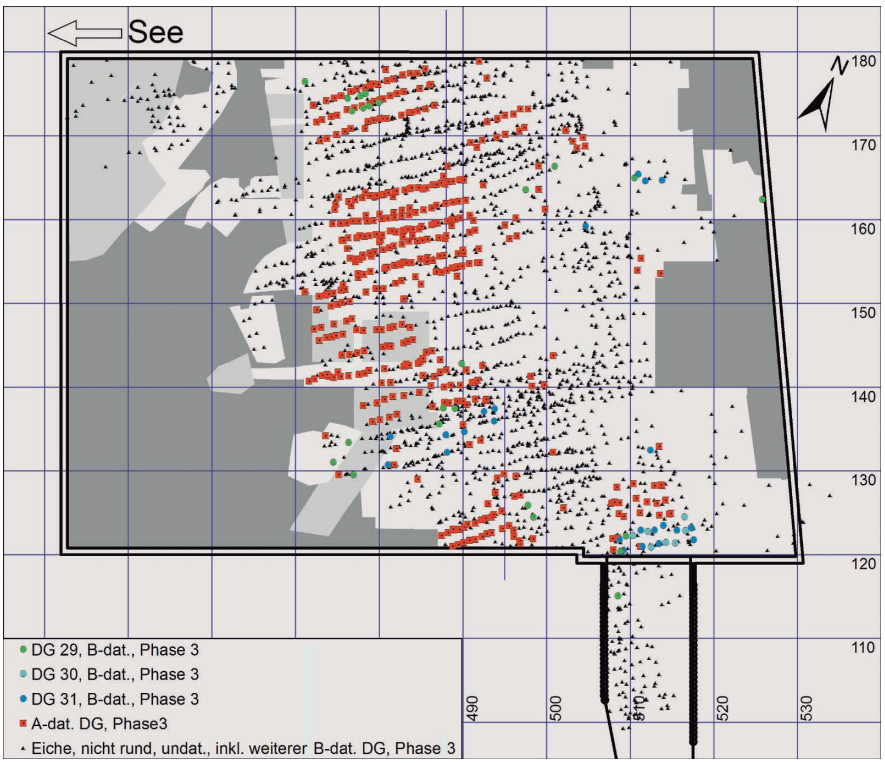


Abb. 102. Kartierung von Pfählen der B-datierten DG 29, 30 und 31 gegenüber den Pfählen der A-datierten DG von Siedlungsphase Opéra 3.

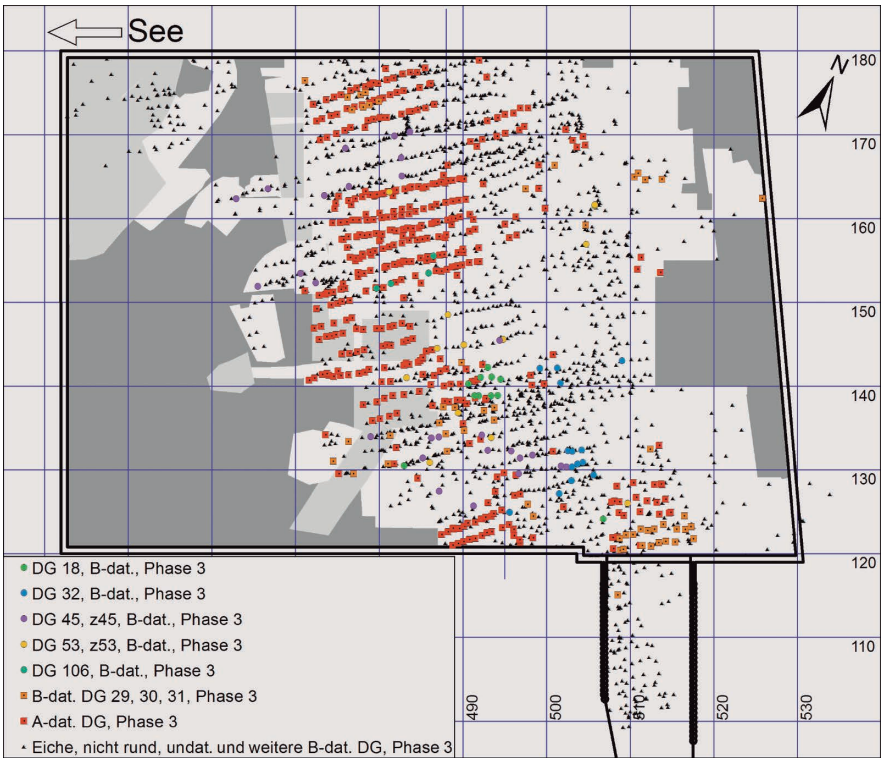


Abb. 103. Kartierung von Pfählen der B-datierten DG 18, 32, 45, 53 und 106 gegenüber den Pfählen der A-datierten DG von Siedlungsphase Opéra 3 und den B-datierten Pfählen aus Abb. 102.

Pfähle vorkommen, als auch in anderen a-datierten Strukturen vorkommen. Die dendrochronologische Synchronisierung mit ebenjenen a-datierten Pfählen wird daher bestätigt. Abb. 103 belegt, dass dasselbe auch für DG 32, 45, 53 und 106 gilt sowie – etwas weniger deutlich – für DG 18. Dass sich ein solcher räumlicher Zusammenhang auch für DG 42 und 81 gut zeigen lässt, ist in Abb. 104 dargestellt. DG 43 und 62 sind räumlich weniger gut eingebunden, widersprechen der dendrochronologischen Zuordnung jedoch nicht. DG 111 besteht aus Pfählen, von denen im nicht ausgegrabenen Bereich nur die Pfahlköpfe weit oberhalb der Schicht geborgen werden konnten. In diesem Bereich ist das Pfahlfeld sehr unvollständig. Die Pfähle deuten an, dass hier drei Eichenzeilen nebeneinander bestanden, deren Längsausrichtung dieselbe ist wie jene der sicher identifizierten Baustrukturen dieser Siedlungsphase.

Zum Inhaltsverzeichnis

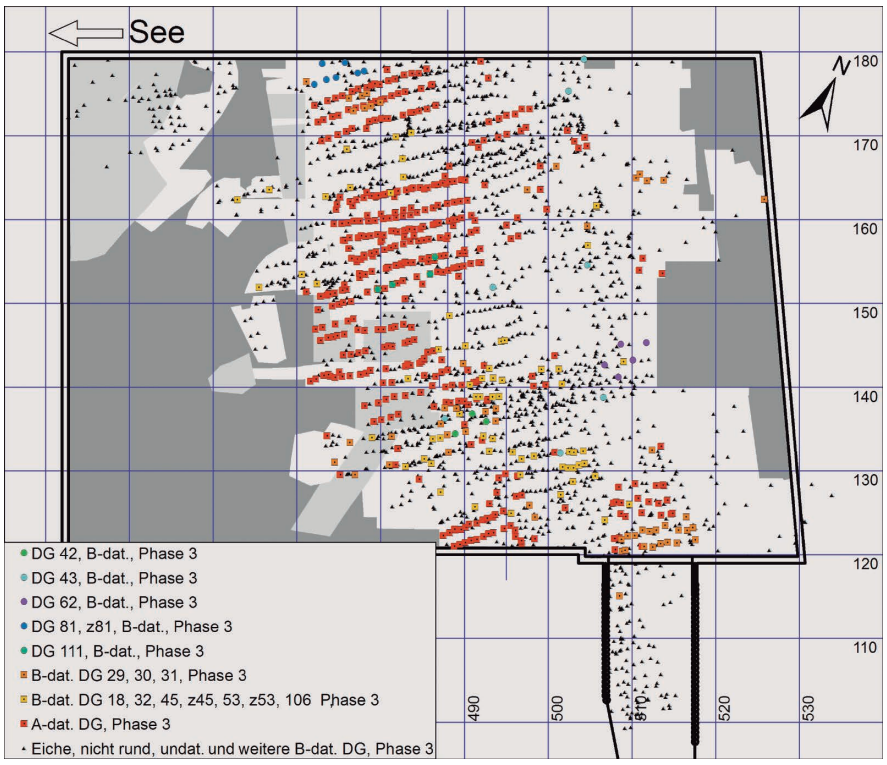


Abb. 104. Kartierung von Pfählen der B-datierten DG 42, 43, 62, 81 und 111 gegenüber den Pfählen der A-datierten DG von Siedlungsphase Opéra 3 und den B-datierten Pfählen aus Abb. 102 und 103.

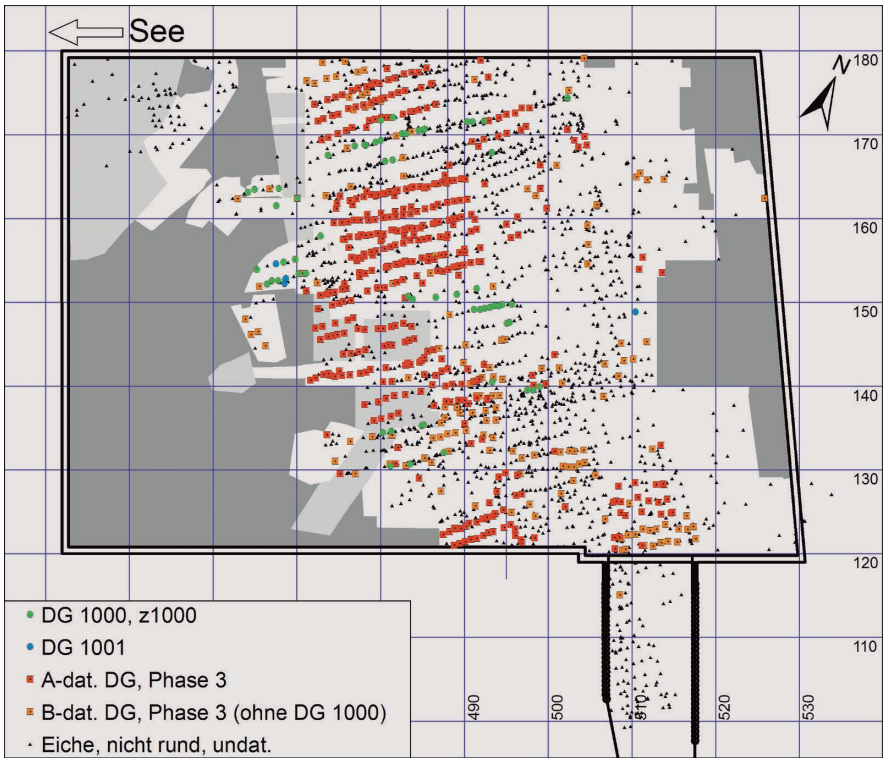


Abb. 105. Die kartierten Pfähle der DG 1000 und 1001 fügen sich in die Gebäudestrukturen aus Pfählen von Siedlungsphase Opéra 3 ein.

Aufgrund dieser Kartierungen können die Datierungen der B-datierten DG bestätigt werden – bei DG 43, 62 und 111 jedoch mit Vorbehalt.

Wie in Kap. VIII.2.1.3 und Kap. VIII.7.2.2 ausgeführt, wurde für eine Reihe von Pfählen die Hypothese (A) aufgestellt, dass sie zur Siedlungsphase Opéra 1 gehören, doch musste diese Hypothese für viele der Pfähle entsprechend der in Kap. VIII.1.5.3 dargestellten Methodik verworfen werden. Eine weitere Anzahl Pfähle wurde mit der Hypothese (B) ausgesondert, dass sie zur Siedlungsphase Opéra 3 gehören. Bei ihrer dendrochronologischen Messung ergab sich schnell, dass ihre Jahrringserien sehr gut mit denen der meisten Pfähle übereinstimmen, die zur Gruppe der Hypothese (A) gehören. Aus den Pfählen beider Hypothesengruppen konnten die DG 1000 und 1001 gebildet werden. Ihre Kartierung ist in Abb. 105 dargestellt. Der Vergleich der Mittelkurven

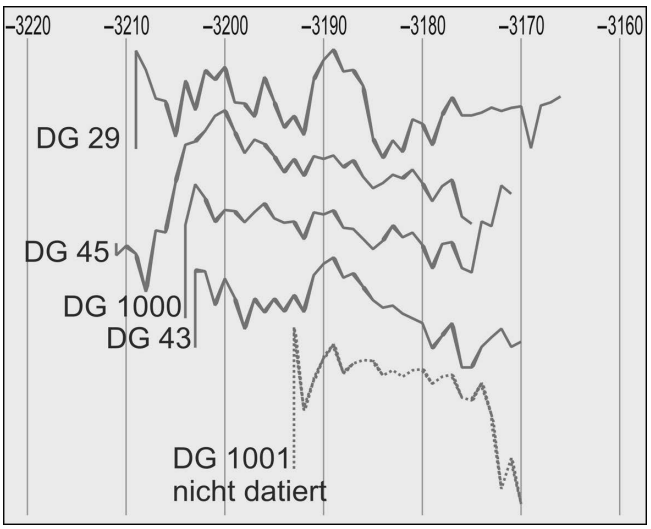


Abb. 106. Mittelkurven der DG 29, 43, 45, 1000 und 1001 (grau: B-datiert, gestrichelt: nicht datiert).

(Abb. 106) belegt eine sehr hohe Ähnlichkeit mit DG 29, 43 und 45. Das Endjahr von DG 1000 liegt demnach im Jahr –3171. Innerhalb von DG 1000 enden 54 von 60 Einzelserien im Jahr –3175, einem der Hauptbaujahre dieser Siedlungsphase. Vier Hölzer enden –3172/–3171. In ihrer Nachbarschaft stehen weitere Pfähle desselben Datums. DG 1001 zeigt visuell die grösste Ähnlichkeit mit anderen DG in der Position mit Endjahr –3170. Die Pfähle in der Umgebung stammen jedoch aus dem Jahr –3175. Damit sind die Kriterien, die in Kap. VIII.1.5.3 für die Datierung derart kurzer Sequenzen aufgestellt wurden, nicht erfüllt, und DG 1001 bleibt undatiert.

2.4 Siedlungsphase Opéra 4 um –3090

Siedlungsphase Opéra 4 ist mit nur neun datierten Hölzern sehr spärlich belegt. DG 14 und 114 (Abb. 107 und Taf. 26) korrelieren kaum miteinander. Die drei Pfähle von DG 114

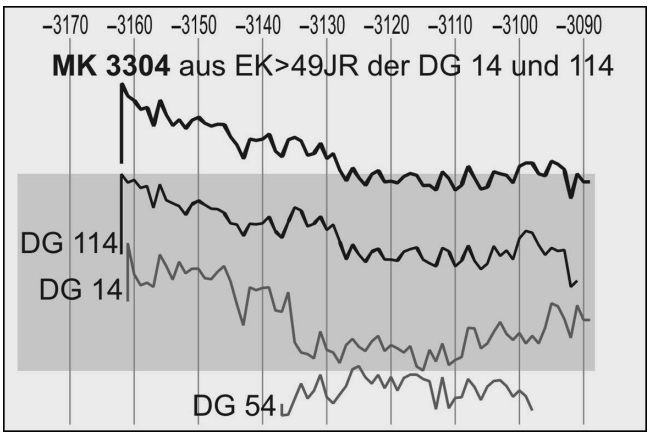


Abb. 107. Mittelkurven aller DG von Siedlungsphase Opéra 4 (schwarz: A-datiert, grau: B-datiert, grau hinterlegt: DG, aus deren EK die MK 3304 berechnet ist. Sämtliche DG aus Eiche aufgebaut).

standen in der südöstlichsten Ecke der Grabungsfläche, die zwei Pfähle von DG 14 im Nordosten (vgl. Kap. VIII.7.4). DG 14 zeigt mit den Deutschschweizer Chronologien eine mögliche Korrelationsposition im Jahr –3089, DG 114 sogar eine gute Position um –3091. Die testweise aus beiden DG erstellte Mittelkurve 3304 zeigt rechnerisch und visuell gute Übereinstimmungen mit den Referenzkurven (Tabelle 5 im Anhang). Ausserdem datiert die aus zwei Pfählen bestehende kurze Mittelkurve von DG 54 mit der Güte B (Abb. 107 und Taf. 26) auf –3098, wie sich aus der visuell und rechnerisch hohen Übereinstimmung im Vergleich mit der Chronologie von Zürich-Sechseläutenplatz/Wasserspiel ergibt (vgl. Kap. IX). Diese zwei Pfähle stehen nahe beieinander im Zentrum der Grabungsfläche. Die Schlagdaten deuten auf eine unmittelbar an Schicht 3 von Zürich-Mozartstrasse anschliessende Siedlungsaktivität im direkten Umfeld.

2.5 Siedlungsphase Opéra 5 um –3063

Auch Siedlungsphase 5 ist nur durch wenige dendrochronologisch datierte Hölzer belegt. DG 2 (Abb. 108 und Taf. 26) besteht aus neun Einzelserien, die sich von den früheren Horgener Siedlungsphasen schon dadurch unterscheiden, dass sie mehr als 100 JR aufweisen. Sie liessen sich problemlos miteinander synchronisieren, und ihre Mittelkurve (MK 3305) zeigt hervorragende Übereinstimmungen mit den überregionalen Referenzchronologien (Tabelle 5 im Anhang).

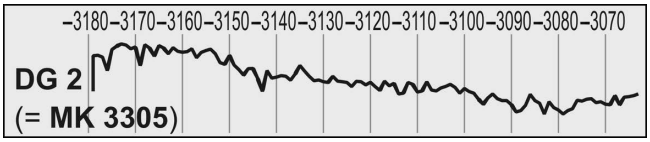


Abb. 108. Mittelkurve der DG von Siedlungsphase Opéra 5 (schwarz: A-datiert. DG aus Eiche aufgebaut).

2.6 Siedlungsphase Opéra 6 von –2885 bis –2877

2.6.1 Jahrringserien

Diese Siedlungsphase ist die einzige, in der neben Eichen auch systematisch grosse und datierbare Eschen verbaut wurden. Sie beinhaltet 452 Hölzer in neun DG (Abb. 109), 363 davon Eichen und 89 Eschen.

Die Eichen wurden in fünf Dendrogruppen gegliedert, von denen DG 4 mit 321 darin enthaltenen Einzelserien die grösste ist (Taf. 31, 32). Die anderen mit bis zu 20 enthaltenen Hölzern zeichnen sich durch abrupte Zuwachsschwankungen oder mehr oder weniger homogene Sequenzlängen aus (Taf. 31).

Die Eschen wurden in vier DG mit 13 bis 36 Einzelserien aufgeteilt (Taf. 31). Auch sie unterscheiden sich durch abrupte Zuwachsschwankungen und die Länge der Einzelserien. Die Eschen fallen durch deutlich geringere Zuwächse als die Eichen auf. Auch ist die Variabilität innerhalb der DG grösser, das Signal also schwächer (Abb. 110).

Zum Inhaltsverzeichnis

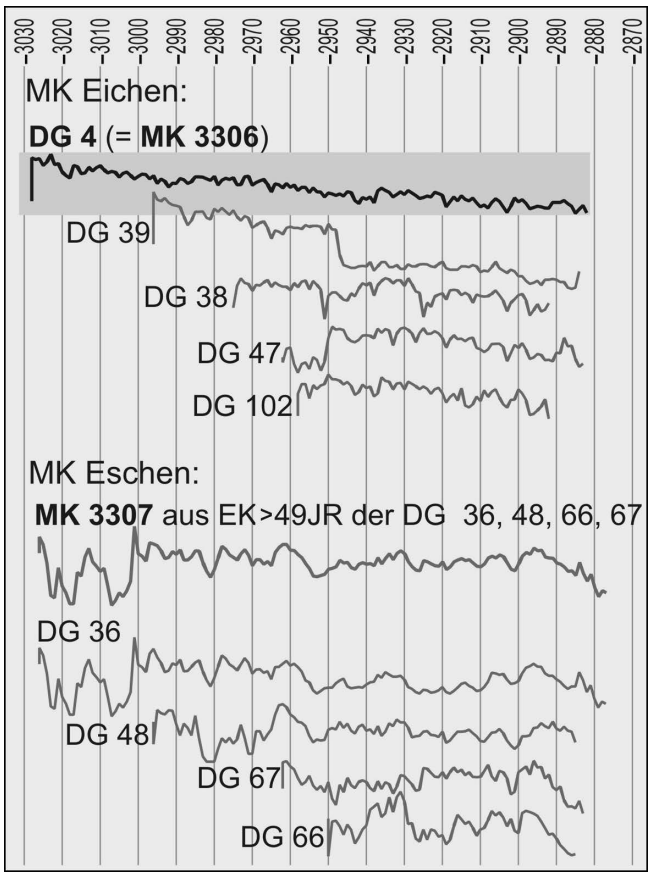


Abb. 109. Mittelkurven aller DG von Siedlungsphase Opéra 6 (unterteilt in aus Eiche (oben) und Esche (unten) aufgebaute MK/DG. Schwarz: A-datiert, grau: B-datiert).

2.6.2 Dendrochronologische Datierung

Die Mittelkurve von DG 4 (MK 3306) kann aufgrund ihrer Länge und der wegen der sehr guten Belegung hervorragenden Signalstärke problemlos datiert werden. Sie zeigt im Vergleich mit den überregionalen Referenzchronologien sehr gute statistische und visuelle Übereinstimmungen (Tabelle 5 im Anhang). DG 39, 47 und 102 lassen sich nicht nur mit hohen t-Werten (zwischen t = 5 und 7,4) anhand von DG 4 datieren, sondern zeigen trotz ihrer abrupten Zuwachsschwankungen auf denselben Positionen auch gute Korrelationen mit der Deutschschweizer Referenzchronologie. DG 38 ist visuell gut gegen DG 4 datierbar. Die Eichen datieren zwischen –2917 und –2882. Berücksichtigt man jedoch zusätzlich die Häufigkeitsverteilung der Schlagjahre, so hat Siedlungsphase 6 höchstwahrscheinlich erst –2885 begonnen, denn frühere Schlagdaten finden sich über das gesamte Grabungsareal verstreut (vgl. Kap. VIII.7.6).

Die Datierung der Eschen ist deutlich schwieriger, weil es für Eschen bislang kaum Referenzen gibt und die Qualität der Mittelkurven aus besagten Gründen schlechter ist. DG 36 zeigt eine visuell und statistisch mässige Korrelation (t-Wert = 4,6) mit den Eschen von Zürich-Mozartstrasse, die mithilfe einer Radiokarbondatierung auf –2883 datiert wurden[193]. Auch DG 48 und 67 korrelieren miteinander statistisch und visuell mässig (t-Wert = 4; Gleichläufigkeit = 65%), ebenso DG 48 und DG 66 (t-Wert = 4,1; Gleichläufigkeit = 63%). Der Datierungsspielraum von DG 67 konnte mittels Radiokarbondatierung stark eingegrenzt werden (Taf. 36) auf das frühe 29. Jh. v.Chr. analog der Datierung der Eschen von Zürich-Mozartstrasse. Somit bestehen wahrscheinliche, aber nicht beweisbare Synchronpositionen zwischen den Eschengruppen und mit den Eschen von Zürich-Mozartstrasse. Zudem existieren von beiden Fundorten ^{14}C-Daten, die eine späthorgener Datierung belegen. Die visuell wahrscheinlichste Synchronposition führt für die meis-

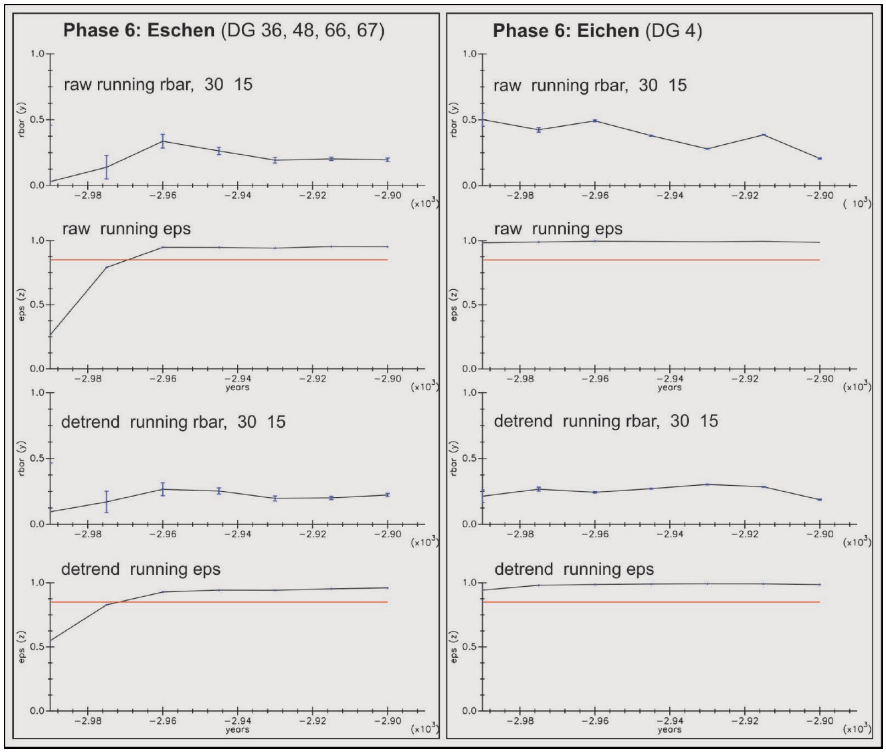


Abb. 110. Schwarze Kurven: rBar (Mean Interseries Correlation) und EPS (Expressed Population Signal) für alle Eschen-EK (links) und alle Eichen-EK (rechts) der angegebenen DG von Siedlungsphase Opéra 6. Obere Graphiken berechnet aus den Rohwerten (raw), untere Graphiken berechnet aus den trendbereinigten Werten (detrend). Rote Kurve in EPS-Graphiken: Schwellenwert (oberhalb dessen Population gut beschrieben). rBar beschreibt die Korrelationen zwischen allen Einzelserien; EPS ist ein Mass dafür, wie gut eine Chronologie mit einer begrenzten Probenanzahl die theoretische Population beschreibt.

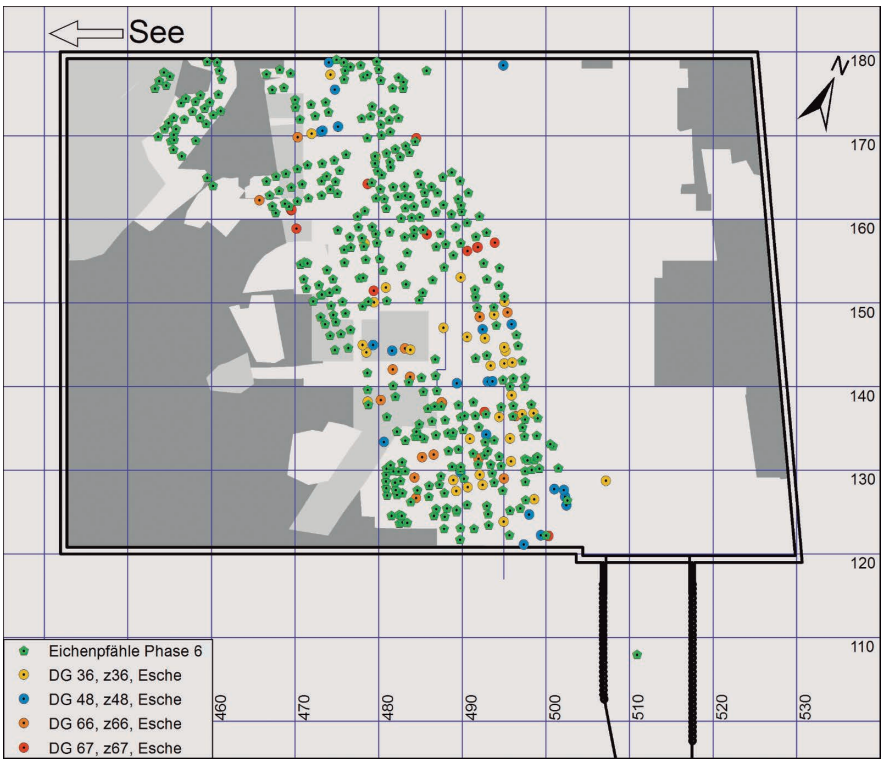


Abb. 111. Die kartierten Eschenpfähle der DG 36, 48, 66 und 67 reihen sich gut in die regelmässige Anordnung der Eichenpfähle von Siedlungsphase Opéra 6 ein.

ten Eschen zu Schlagdaten zwischen –2885 und –2883 sowie einem Datum um –2877. Zur Prüfung dieser Datierung wurden die Eschengruppen kartiert. Das Ergebnis (Abb. 111) bestätigt die Datierungen: Die Eschen ordnen sich sehr gut in bestehende regelmässige Anordnungen von Eichenpfählen von Siedlungsphase Opéra 6 ein. Damit ist die Gleichzeitigkeit auch über den Bauzusammenhang belegt. Die Mittelkurve der Eschen (MK 3307) erreicht im Vergleich mit der Deutschschweizer Eichenreferenz einen t-Wert von 4,7, wenn die ungenügend belegten frühesten 29 JR entfernt werden, die zu stark von individuellen Schwankungen in Einzelserien geprägt sind (Tabelle 5 im Anhang).

2.7 Siedlungsphase Opéra 7 von –2754 bis nach –2749

2.7.1 Jahrringserien

Siedlungsphase Opéra 7 ist mit 336 datierten Hölzern gut belegt. Davon gehören 307 Einzelserien zu DG 51 (Taf. 33–34). Die restlichen 29 Eichenhölzer verteilen sich auf die zwei DG 83 und 100 (Taf. 33).

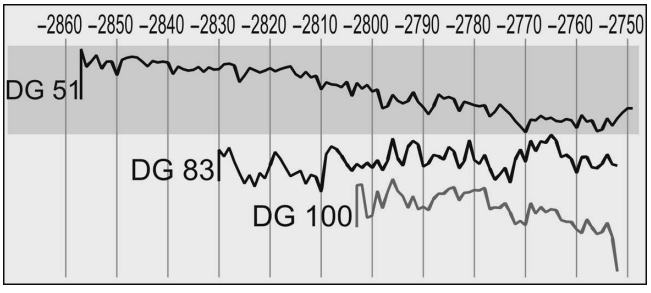


Abb. 112. Mittelkurven aller DG von Siedlungsphase Opéra 7 (schwarz: A-datiert, grau: B-datiert. Sämtliche DG aus Eiche aufgebaut).

Die Mittelkurven der DG von Siedlungsphase Opéra 7 sind in Abb. 112 dargestellt. DG 51 verläuft über die gesamte Länge von 109 JR relativ ruhig mit einem klaren und weitestgehend ungestörten Alterstrend. Die letzten 50 JR liegen unter 1 mm Breite. DG 83 zeichnet sich durch ein unregelmässiges Wachstum mit teilweise hohen Zuwächsen und einen gesamthaft leicht positiven Trend in der Jahrringbreite aus. Mit 52 Werten ist DG 100 nur halb so lang wie DG 51 und zeichnet sich in den ersten 30 JR durch eher hohe Zuwächse aus.

2.7.2 Dendrochronologische Datierung

Die Mittelkurve von DG 51 bietet eine gute Datierungsbasis: Sie ist 109 JR lang und sehr gut belegt. Im Vergleich mit den überregionalen Referenzchronologien zeigt sie sehr gute statistische und visuelle Übereinstimmungen. Die Korrelation mit der Deutschschweizer, der Bodensee- und der Westschweizer Chronologie erreicht hohe t-Werte (Tabelle 5 im Anhang) und führt zum Endjahr –2749.

Die Mittelkurve von DG 83 zeigt bei Weglassen der ersten 20 JR (die nur durch wenige Einzelkurven belegt sind und im Anfangsbereich des Baumwachstums liegen) statistische Übereinstimmung mit DG 51, überzeugt aber vor allem im optischen Vergleich mit dieser (Abb. 112) und datiert auf –2752. Auch die auf –2752 B-datierte Mittelkurve von DG 100 überzeugt im optischen Vergleich mit der Mittelkurve von DG 51 und DG 83, nicht jedoch statistisch. Wie in Abb. 113 ersichtlich ist, ergänzen die Pfähle von DG 100 die regelmässig gesetzten Pfähle von DG 51 zudem gut, was als Bestätigung der Datierung betrachtet wird. Für diese Siedlungsphase sind die Schlagjahre zwischen –2754 und –2749 nachgewiesen, wobei der Schwerpunkt im Jahr –2753 liegt und auch ein Splintdatum von –2749 vorliegt, dessen tatsächliches Schlagdatum also etwas später liegen muss.

Zum Inhaltsverzeichnis

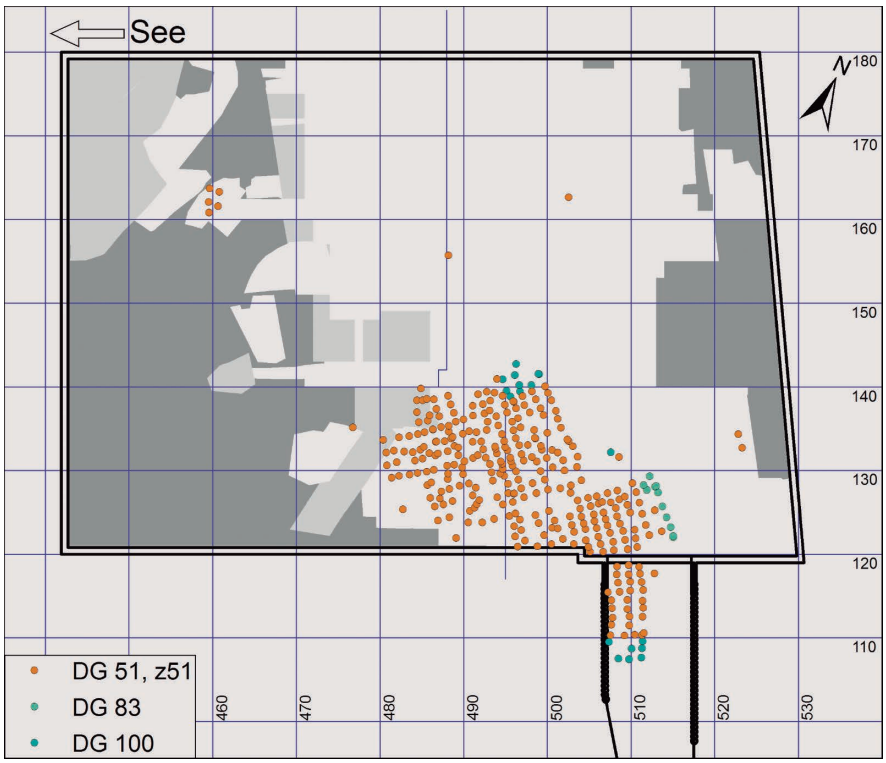


Abb. 113. Kartierung der Pfähle der Siedlungsphase Opéra 7. Die Pfähle von DG 100 ergänzen die regelmässig gesetzten Pfähle von DG 51 gut.

2.8 Siedlungsphase Opéra 8 von –2735 bis –2727

2.8.1 Jahrringserien

Siedlungsphase Opéra 8 wird lediglich durch DG 52 repräsentiert, die aber mit einer Länge von 118 JR und 116 zumeist jahrringreichen Einzelserien gut belegt ist (Taf. 33–34). Sie verläuft wie DG 51 von Siedlungsphase Opéra 7 relativ ruhig mit ungestörtem Alterstrend (Abb. 114). Der letzte, sehr schmale JR der DG ist nur durch eine Einzelkurve belegt.

2.8.2 Dendrochronologische Datierung

Die Mittelkurve von DG 52 zeigt sehr hohe statistische und visuelle Übereinstimmungen mit den regionalen Referenzchronologien von Deutschschweiz, Westschweiz und Bodensee (Tabelle 5 im Anhang) und lässt sich daher sehr gut auf –2727 datieren. Ausserdem stimmt sie sowohl statistisch wie auch optisch sehr gut mit DG 51 überein. Die Mittelkurve 3308 aus den a-datierten Einzelserien der beiden DG 51 und 52 (Abb. 114) ergibt denn auch ihrerseits sehr hohe Übereinstimmungen mit den regionalen Referenzchronologien (Tabelle 5 im Anhang). Für DG 52 sind die Schlagdaten –2735 bis –2727 nachgewiesen, mit Schwerpunkt –2729.

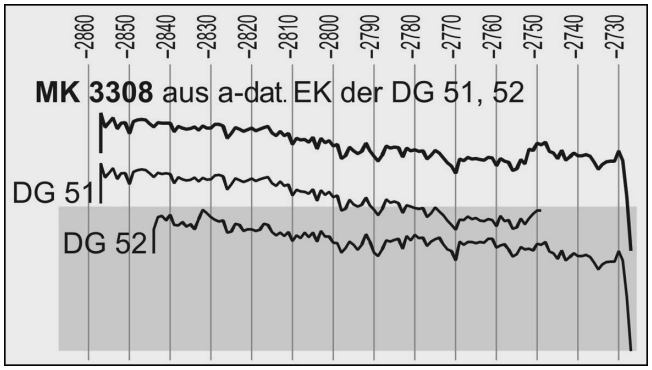


Abb. 114. MK 3308 wurde aus EK der Mittelkurven von DG 52 (Siedlungsphase Opéra 8) und DG 51 (Siedlungsphase Opéra 7) erstellt (schwarz: A-datiert. Sämtliche DG aus Eiche aufgebaut).

3 DATIERUNG DER LIEGENDEN HÖLZER UND TANNEN

Die Datierung liegender Eichen gelang im Allgemeinen problemlos über die Dendrogruppen der Pfähle, die ein solides und vielfältiges Referenzmaterial bildeten. Die Erlen standen als Pfähle und liegende Hölzer zur Verfügung und fanden im Fall von DG 70 Eingang in dieselbe DG, die gut durch den Vergleich mit den Eichen datiert werden konnte. Die Erlengruppe DG 71 wurde ausschliesslich aus liegenden Hölzern aus Schicht 12 aufgebaut und konnte zweifelsfrei mit DG 72 und 73 (Abb. 115) synchronisiert werden, die beide ausschliesslich aus Pfählen bestehen. Ihre Datierung gelang aber nicht.

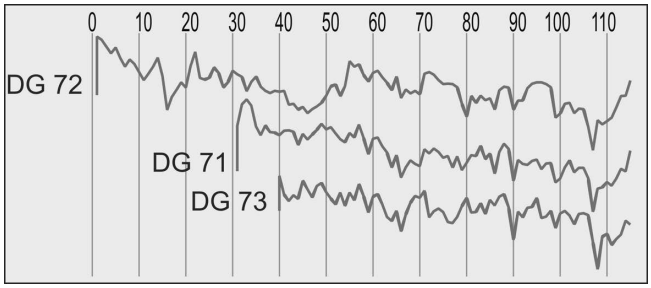


Abb. 115. Mittelkurven der aus Erle aufgebauten undatierten DG 71, 72 und 73 in Synchronposition.

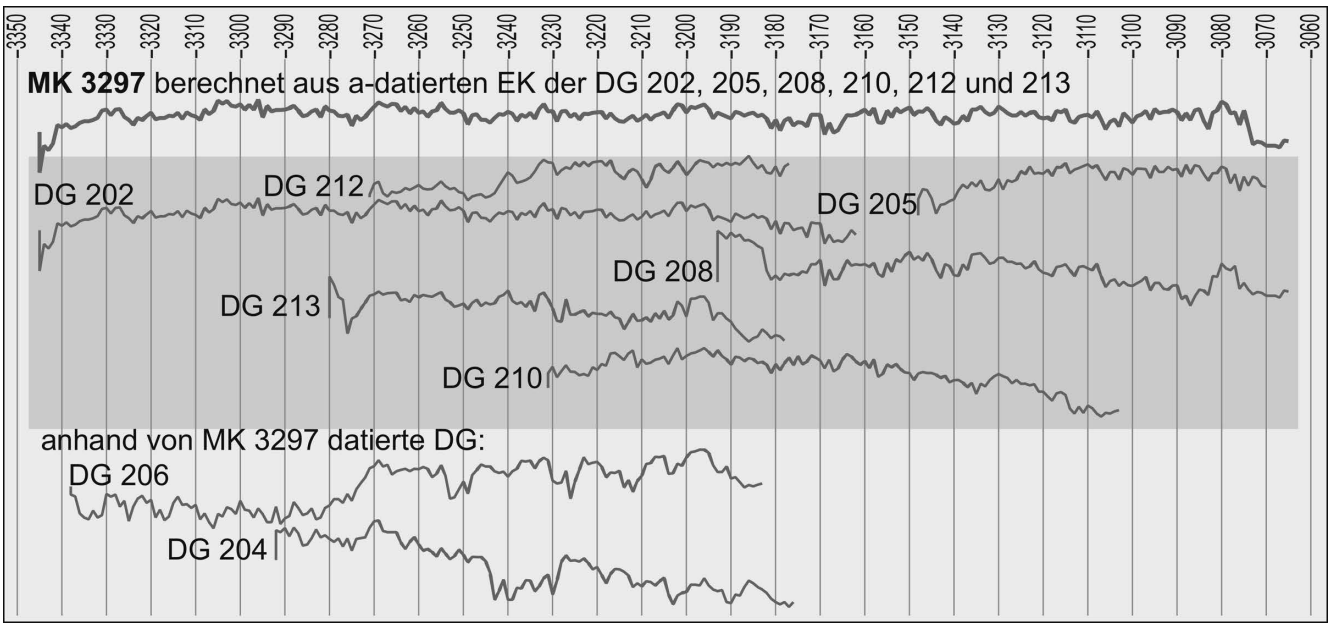


Abb. 116. Mittelkurven aller aus Tanne aufgebauten und datierten DG (grau: B-datiert, grau hinterlegt: aus EK dieser DG wurde die MK 3297 erstellt).

Einen Sonderfall stellt die Datierung der Tannen dar, weil von ihnen fast ausschliesslich liegende Hölzer vorliegen – zumeist in Form von radial gespaltenen Brettern, bei denen es sich vermutlich um Schindeln handelt (vgl. Kap. VII.2.8.1). Aufgrund der Machart hatten viele der Proben über 50 und bis zu 156 JR, doch wies keine eine Waldkante auf. Wie viele Ringe fehlen, kann nicht geschätzt werden. Die Tannen wurden ohne Ansehen der Schichtzugehörigkeit nach Kurvenähnlichkeit gruppiert (Taf. 35) und die Mittelkurven der DG verglichen. Mehrere DG konnten daraufhin zu einer Tannenchronologie von 281 JR Länge vereint werden (Abb. 116). Ihr zentraler Bereich guter Belegung zwischen den Jahrringen 30 und 270 erreicht bei Korrelationsrechnungen hohe Werte zu den regionalen und überregionalen Referenzchronologien der Eiche. Die Tannenchronologie MK 3297 datiert somit auf das Endjahr –3065.

4 DATIERUNG DER SCHICHTEN

Betrachtet man die Verteilung der Endjahre liegender Hölzer in den einzelnen Schichten, so fällt zunächst auf, dass die Schwerpunkte der Schichten 12 und 13 gut den Siedlungsphasen Opéra 1 und Opéra 3 entsprechen (Abb. 117). In den Schichten 14 und 15 ist dies nicht direkt klar, zumal in diesen Schichten fast nur Schindeln datiert wurden, die keine Waldkanten aufweisen. Die beiden datierten Eichen aus Schicht 15 stammen beide aus stratigraphischen Situationen, wo direkter Kontakt von Schicht 15 mit dem Reduktionshorizont bestand (Lab-Nr 657121) oder wo die Zuweisung der Snr zu Schicht 15 nicht gesichert war (Lab-Nr 657120). Bei genauerem Hinsehen fällt auf, dass Hölzer von Phase Opéra 1 auch in Schicht 13 in nennenswerter Zahl vorhanden sind, ebenso wie Hölzer von Phase Opéra 3 in grösserem Umfang in Schicht 14. Das deutet entweder auf einen effizienten Aufwärtstransport hin – etwa durch Erosion und Resedimentation – oder darauf, dass zum Zeitpunkt des Offenliegens der Schichten noch Reste der Ruinen älterer Phasen vorhanden waren und in die jüngere Schicht gelangen konnten.

Aus Schicht 14 konnten insgesamt nur wenige liegende Hölzer datiert werden. Die ältesten scheinen sogar aus Phase Opéra 1 zu stammen. Nur drei Schindeln ohne Waldkante deuten an, dass das wahre Alter von Schicht 14 in den Jahrzehnten nach –3100 zu suchen ist. Damit kommen sowohl Phase 4 als auch 5 in Betracht. Ein ^{14}C-Datum, das an einem dünnen Zweig aus Schicht 14 gewonnen wurde (ETH-Nr 56258.1, vgl. Taf. 36), hat wegen des Plateaus, das die Kalibrationskurve zu dieser Zeit aufweist, eine hohe Datierungsunschärfe. Aufgrund der Datenverteilung der liegenden Hölzer kann der frühere Bereich allerdings ausgeschlossen werden. Mit grösster Wahrscheinlichkeit datiert Schicht 14 daher nach –3100 und vor –3000.

Von Schicht 15 liegen mehrere Radiokarbondaten vor. Aus dem nordwestlichen Grabungsbereich von Parkhaus Opéra, wo die Schicht klar stratifiziert und deutlich ausgeprägt ist, stammt ein Datum, das an einer Haselnussschale gewonnen wurde (ETH-Nr 57506.1, vgl. Taf. 36) und eine Datierung vor –3000 ergibt. Eine andere Datierung an den Substruktionshölzern von Lehmstelle 1509 lieferte ein nahezu identisches Datum (ETH-Nr 57505.1, vgl. Taf. 36). Zwei Radiokarbondaten aus der direkt über Schicht 14 liegenden Schicht 16 in der Zufahrt Schillerstrasse (ETH-Nr 49141, vgl. Taf. 36) und aus Schicht 16 im klar stratifizierten Nordwestbereich des Parkhauses (ETH-Nr 49138, vgl. Taf. 36) ergaben nahezu identische ^{14}C-Alter. Kombiniert man die beiden Daten mittels Oxcal, so liegt die wahrscheinlichste Datierung für Schicht 16 zwischen –2900 und –2870 (4226 ± 21 BP). Ein Datum, das an einer Schindel aus Schicht 16 gewonnen wurde (ETH-Nr 53754, vgl. Taf. 36), tangiert im 2-Sigma-Bereich denselben Zeitraum. Ein weiteres Datum aus dem südlichen Parkhausbereich, wo die Schichten nicht sicher zu trennen waren, lieferte ebenfalls ein vergleichbares Datum und

Zum Inhaltsverzeichnis

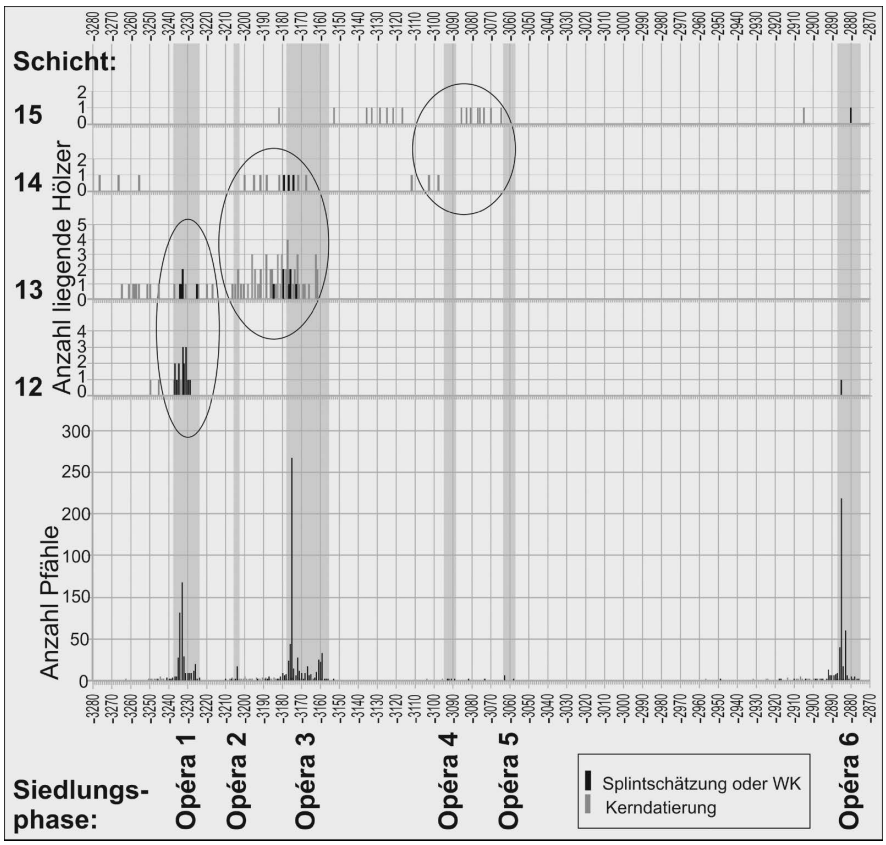


Abb. 117. Graphik aller Holzproben, deren Endjahre zwischen –3280 und –2870 datierten. Oben: Verteilung der Endjahre der datierten liegenden Hölzer in den einzelnen Schichten. Unten: Verteilung der Endjahre der datierten Pfähle auf die Siedlungsphasen Opéra 1–6.

spricht für die in Kap. III ausgeführte Hypothese, dass Schicht 15 in diesem Bereich vermutlich nicht erhalten ist (ETH-Nr 49140, vgl. Taf. 36). Die Datierung einer Haselnuss aus Schicht 17 schliesslich ergab einen Zeitraum nach –2865 (ETH-Nr 57507, vgl. Taf. 36). Zusammenfassend zeigen die Radiokarbondaten also, dass Schicht 16 recht eindeutig mit Phase 6 verbunden werden kann und dass Schicht 17 in die Zeit der Schnurkeramik datiert. Deren Gleichsetzung mit Schicht 17 in der Schillerstrasse ist, wie in Kap. VII.6 ausgeführt, nicht gesichert, aber wahrscheinlich. Entsprechend

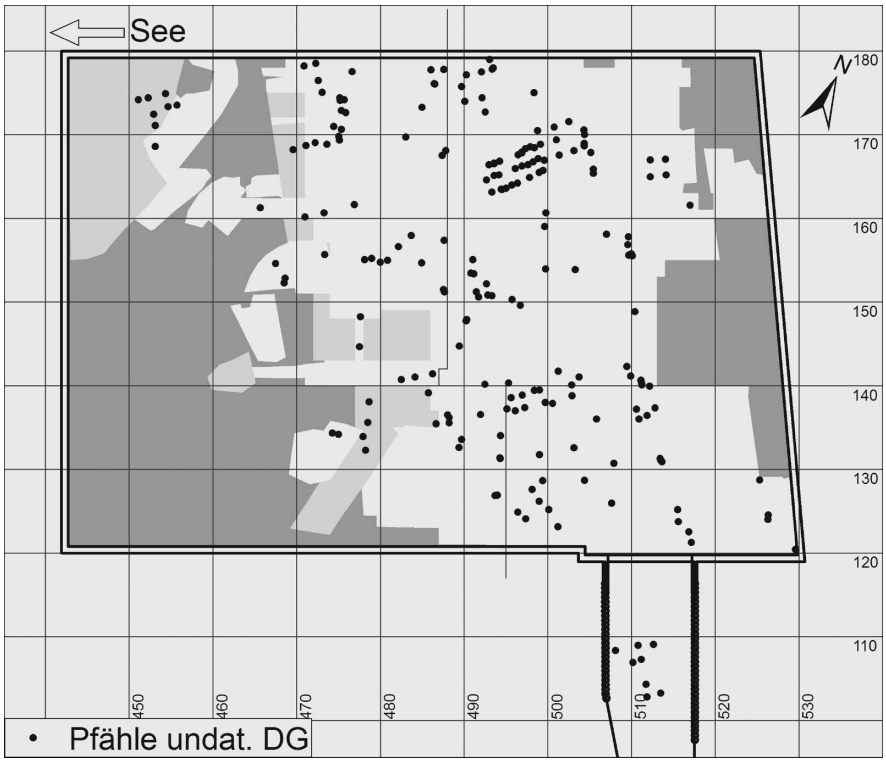


Abb. 118. Kartierung aller gemessenen Pfähle in undatierten DG.

bleiben für die Schichten 14 und 15 nur die Phasen 4 und 5. Die Verteilung der Endjahre der Schindeln aus den Schichten legt exakt dies nahe (Abb. 117), und auch das Fundgut weist in diese Richtung[194]. Dazu passt ebenso, dass die wenigen datierten Pfähle von Phase 5 im nördlichen und nordwestlichen Bereich liegen, wo Schicht 15 ihre klarste Ausprägung hat und dort auch ausserhalb der Grenzen des Parkhauses weiter verläuft. Hier haben Untersuchungen an Pfählen einer kleinflächigen Ausgrabung wenige Meter nördlich von Parkhaus Opéra dendrochronologische Schlagdaten der Jahre –3074 bis –3064 erbracht (vgl. Kap. IX). Entsprechend ergibt sich für Schicht 14, dass sie mit den Schlagdaten um –3090 verbunden werden muss, während Schicht 15 jenen um –3063 zuzuordnen ist.

5 UNDATIERTE DENDROGRUPPEN

Neben den datierten Hölzern und DG gibt es auch noch 263 gemessene Hölzer, die in 63 nicht datierbare DG eingeordnet werden konnten (Tabelle 6 im Anhang). Diese DG bestehen aus 2 bis maximal 18 Einzelserien, wobei der Schwerpunkt bei 2–7 Einzelserien liegt. Bei der Holzartenverteilung sieht es so aus, dass 34 der undatierten DG aus Eichenhölzern, 12 aus Erle, 8 aus Esche, 2 aus Pappel und 7 aus Tanne aufgebaut sind. Die undatierten Pfähle verteilen sich über die ganze Grabungsfläche und ergeben teils sogar lineare Strukturen (Abb. 118). Besonders fällt dabei eine Struktur aus drei parallelen Pfahlreihen bei Qm 493/163 auf, die aus DG 7, 15 und 109 besteht (Abb. 119). Leicht verschoben nördlich davon befindet sich eine weitere Struktur regelmässig gesetzter Pfähle von DG 13. Auf der gesamten Grabungsfläche wurden diesen DG keine weiteren Pfähle zugeordnet.

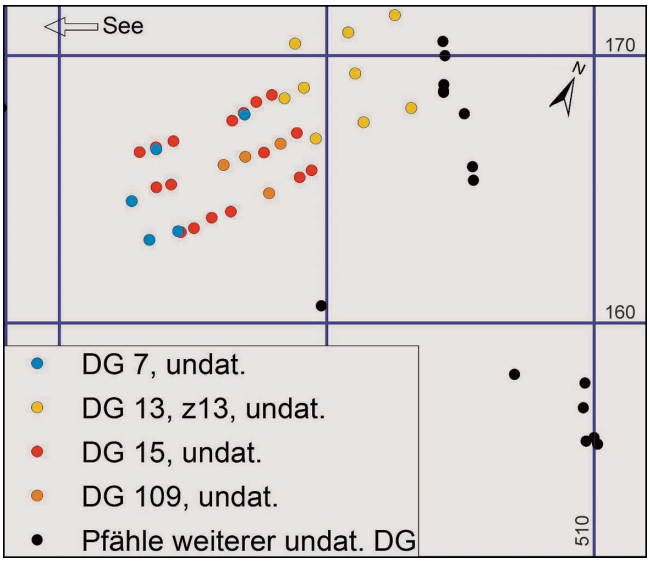


Abb. 119. Kartierung der Pfähle der undatierten DG 13, 15 und 109 und aller anderen Pfähle undatierter DG.

6 ZUSAMMENFASSUNG ZU DEN DATIERUNGEN

Dendrochronologisch konnten acht Siedlungsphasen zwischen –3234 und –2727 definiert werden (Abb. 120). Zwei einzelne Pfähle deuten darauf hin, dass es um –2700 noch einzelne Aktivitäten gegeben hat. Da die Verwendung von Altholz inzwischen gut belegt ist[195] und auch die Lagerung von Holz verfochten wird[196], kann der Beginn einer Siedlungsphase am besten anhand des frühesten Gebäudes festgelegt werden, also der ersten zusammenhängenden Gruppe von Pfählen desselben Schlagdatums. Die Verwendung einzelner früher geschlagener Hölzer ist demgegenüber kein Indiz für lokale Anwesenheit. Die Dauer einer Siedlungsphase kann nicht direkt erfasst werden, doch geben Reparaturdaten einen Hinweis. Reparaturen an Häusern mussten regelmässig durchgeführt werden und ihr Ausbleiben bietet damit einen Näherungswert für das Auflassen der Gebäude[197].

Siedlungsphase Opéra 1 ist mit neun Schlagdaten zwischen –3234 und –3226 belegt und besteht aus nur einer Bauphase. Phase Opéra 3 dauerte mindestens 23 Jahre zwischen –3176 und –3153 und bestand aus zwei Bauphasen (vgl. Kap. VIII.7). Die Phasen Opéra 2 und 4 sind derart fragmentarisch datiert, dass ihre Dauer nicht geschätzt werden kann. Phase Opéra 5 dauerte – inklusive der Schlagdaten vom Sechseläutenplatz – mindestens von –3074 bis –3063. Die Siedlungsphasen Opéra 6–8 haben fast keine Reparaturdaten geliefert und können daher nicht in ihrer zeitlichen Dauer fixiert werden. Das Fehlen von datierbaren Reparaturen und die geringe Anzahl von Neu- und Erweiterungsbauten legen aus dendroarchäologischer Sicht nahe, dass diese Phasen relativ kurz waren.

Mit den Datierungsarbeiten der Fundstelle Parkhaus Opéra konnten erstmals eine absolut datierte, 281-jährige Tannenchronologie für das späte vierte Jahrtausend sowie eine 94-jährige absolut datierte Erlenchronologie erstellt werden. Auch für die Eschen konnte eine verbesserte Chronologie der späthorgener Zeit aufgebaut werden. Damit ist ein wichtiger Meilenstein für den konsequenten Ausbau der Chronologien anderer Holzarten erreicht.

Siedlungsphase	Siedlungszeit	zugeordnete Schicht
Opéra 1	–3234 bis –3226	12 PH
Opéra 2	um –3204	12 PH
Opéra 3	–3176 bis –3153	13
Opéra 4	um –3090	14
Opéra 5	um –3063	15
Opéra 6	–2885 bis –2877	16
Opéra 7	–2754 bis –2749	17
Opéra 8	–2735 bis –2727	17

Abb. 120. Übersicht über die Siedlungszeiten und die Schichtzuordnung der Siedlungsphasen Opéra 1–8.

Anhand der liegenden Hölzer und mehrerer Radiokarbondaten konnten die Phasen Opéra 1 und 2 von Schicht 12 und die Phasen 3–6 den Schichten 13 bis 16 zugewiesen werden. Ob Schicht 17 mit Phase 7 oder 8 oder allenfalls mit beiden in Zusammenhang gebracht werden muss, konnte nicht geklärt werden.

7 PFAHLFELDANALYSE UND BAUGESCHICHTE

Wie in Kap. VIII.2 (und VIII.6) dargestellt, beinhaltet das Pfahlfeld der Fundstelle Parkhaus Opéra acht nachweisbare Siedlungsphasen. Obwohl sich somit die Pfahlpläne mehrerer Dörfer überlagern, sind bei oberflächlicher Betrachtung des

Zum Inhaltsverzeichnis

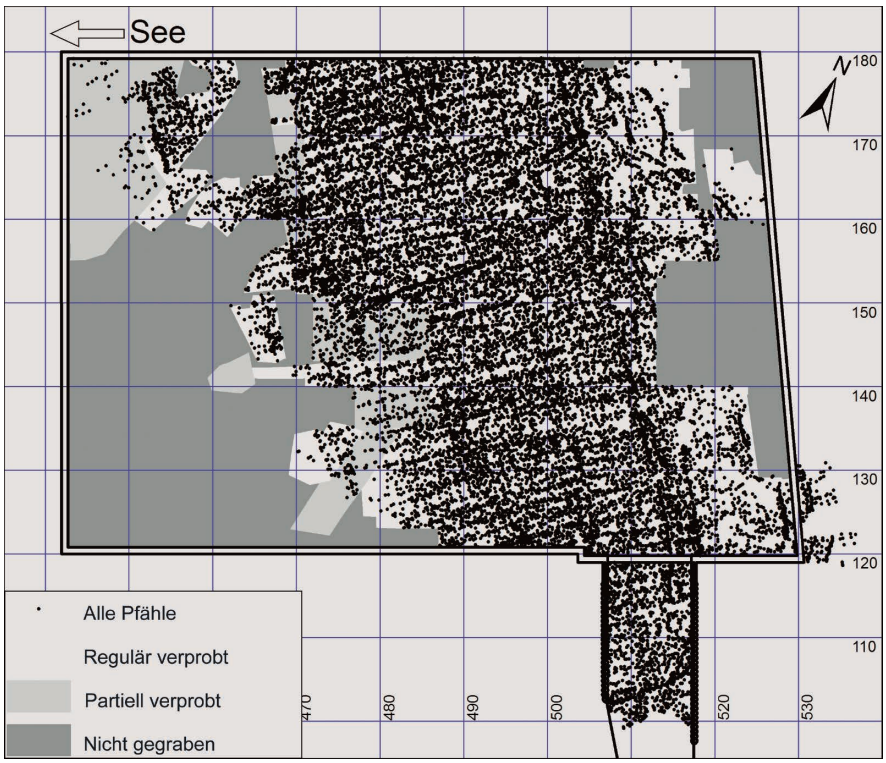


Abb. 121. Kartierung aller eingemessenen Pfähle auf der Grabungsfläche. Hier sind bereits einzelne Baufluchten durch besonders dicht gesetzte Pfähle erkennbar.

gesamten Pfahlfelds bereits mehrere Baufluchten durch besonders dicht gesetzte Pfähle erkennbar (Abb. 121). Gliedert man das Pfahlfeld nach Holzeigenschaften, so werden weitere Strukturen sichtbar, in denen für zusammenhängende Pfahlreihen Hölzer ähnlicher Eigenschaften verwendet wurden (s.u.). Zur Pfahlfeldanalyse wurden parallel zwei Ansätze verfolgt und in einem zweiten Schritt kombiniert. Einerseits wurden visuell erkennbare Pfahlsetzungen homogener Holzeigenschaften definiert und die Zugehörigkeit einzelner Pfähle zu solchen Strukturen in einer Datenbank erfasst. So wurde vermieden, dass Pfähle gleichzeitig verschiedenen Strukturen zugewiesen werden. Die Identifikation beruhte auf Kartierungen von vielen Kombinationen der Eigenschaften Holzart, Querschnittsform, Grösse und Jahrringanzahl.

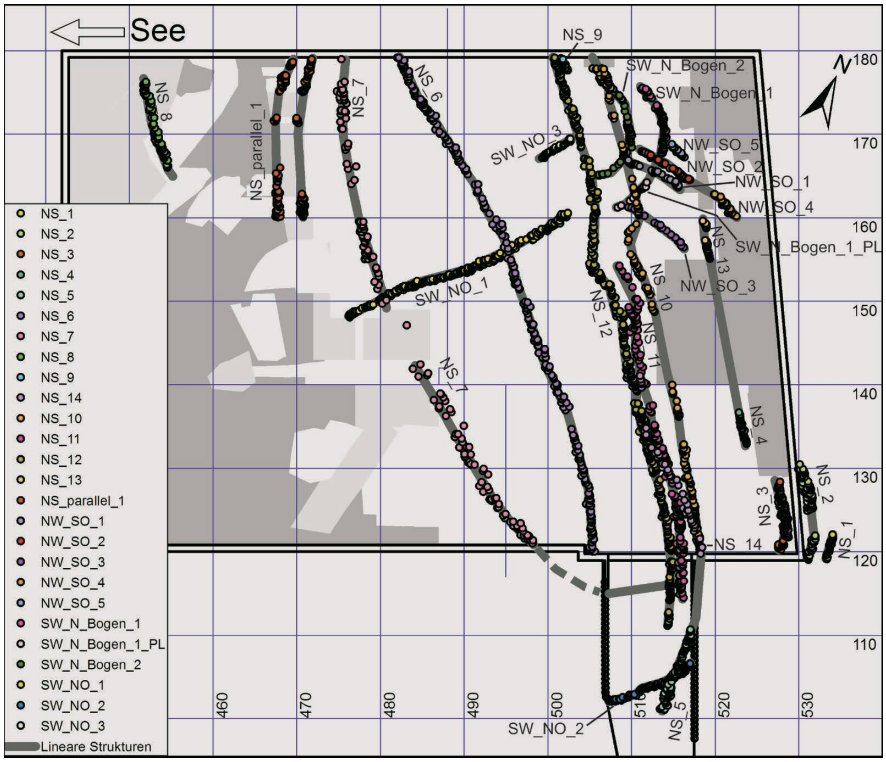


Abb. 122. Kartierung von visuell erkennbaren Pfahlreihungen homogener Holzarten. Mögliche Zusammenhänge längerer linearer Strukturen sind mit einer grauen Linie hinterlegt.

Andererseits wurden parallel dazu Pfähle mit dendrochronologischem Potenzial gemessen. Dabei wurde anfänglich darauf geachtet, dass die gemessenen Pfähle repräsentativ das gesamte Pfahlfeld abdeckten. Dazu wurden auch Pfähle geringeren Potenzials gemessen, damit nicht unbeabsichtigt ein Filter eingeführt wird, bei dem Siedlungsphasen, in denen bevorzugt jahrringarmes Bauholz verwendet worden war, unbemerkt bleiben. Es wurden Hölzer der Dendrochronologiepotenzial-Kategorien 1–3 untersucht. Nach einiger Zeit ergaben sich erste Strukturen dendrochronologisch datierter Pfähle. Von diesem Augenblick an wurde die Auswahl der Proben umgestellt. Statt repräsentativ flächendeckend wurde nun gezielt für die Untersuchung ausgewählt. So wurde im Interesse eines effizienteren Mitteleinsatzes vermieden, dass weitere Hölzer einer bereits datierten Struktur gemessen werden. In Bereichen, in denen sich Bauten verschiedener Epochen überlagerten, konnte es für die Definition der Grenzen dennoch notwendig sein, sämtliche Pfähle eines Gebäudes zu datieren. Nachdem Chronologien verschiedener Holzarten aufgebaut waren, wurde überprüft, welche der visuell anhand von Holzeigenschaften definierten Strukturen sich datieren liessen. Dies konnte durch direkte dendrochronologische Datierung erfolgen, durch Radiokarbondatierungen oder auch durch die räumliche Analyse von Überschneidungen und gegenseitige Bezugnahme.

Nach diesen Arbeitsschritten blieben noch immer mehrere Tausend undatierte und keiner Struktur zugewiesene Pfähle übrig. Sie waren damit noch potenzielle Kandidaten für Baustrukturen jeder Siedlungsphase. Rund belassene Eichen waren nahezu omnipräsent und liessen sich fast nie in erkennbaren regelmässigen Anordnungen finden. Gespaltene Stämme verschiedener Arten waren deutlich leichter zuzuordnen. In den folgenden Kapiteln werden häufig undatierte Pfähle neben datierten abgebildet. Bei ihnen handelt es sich um «verfügbare Pfähle»[198]. Es sind zumeist gespaltene Pfähle mit mehr als 3 cm Radius.

Aus der Kombination aller Informationen wurde schliesslich versucht, Gebäude zu identifizieren, wobei hier bewusst der neutralere Begriff «Gebäude» statt «Haus» verwendet wird, weil nicht a priori ausgeschlossen werden soll, dass andere Baustrukturen wie Stege, Speicher, Trockenbühnen etc. existierten.

Ein Problem bei der Rekonstruktion von Gebäuden besteht darin, dass sich aus dem Befund oft keine Indizien für Begrenzungen der Längsachsen ergeben. Es kann sich also sowohl um ein längeres Gebäude als auch um zwei kürzere in identischer Flucht handeln. Auf dieses Problem wird noch eingegangen. Bei der Identifikation von Gebäuden wurde der Orientierung der Längsachsen grosse Beachtung geschenkt.

7.1 Visuell ermittelte Strukturen

Visuell ermittelte Pfahlreihungen homogener Holzarten sind in Abb. 122 dargestellt, ihre Holzeigenschaften in Abb. 123 aufgeführt. In manchen Fällen war es nicht eine einzelne Holzart, sondern das gehäufte Auftreten ansonsten selten genutzter Arten wie Ahorn, Birke und Hasel, das lineare Strukturen offenbarte.

Etwas schwieriger war es, nichtlineare Strukturen im Pfahlfeld zu erkennen. Grundsätzlich erfolgte dies mit derselben Methode, allerdings wurden Aspekte wie regelmässige Abstände oder Parallelität kurzer Reihen mitberücksichtigt. Auf diese Art wurden mehrere Strukturen definiert, bei denen es sich um Gebäude handeln könnte (Abb. 124). Da in einigen Fällen keine dendrochronologische Datierung erreicht werden konnte, wurden von wenigen dieser Strukturen ^{14}C-Messungen durchgeführt (Taf. 36 im Anhang).

Struktur	Haupholzart	Zweitholzart	Bemerkungen
NS_1	Erle, Hasel	Ahorn, Pappel, Linde, Birke	runde
NS_2	Pappel, Linde, Hasel	Erle, Birke	runde
NS_3	Pappel	Hasel, Erle, Weide, Linde	runde
NS_4	Pappel	Erle, Birke	
NS_5	Pappel	Erle, Hasel	gespaltene
NS_6	Pappel	Hasel	
NS_7	Erle	Eiche	gespaltene
NS_8	Pappel	Erle, Hasel, Birke	runde
NS_9	Pappel		
NS_10	Pappel	Erle, Hasel	gespaltene
NS_11	Pappel	Hasel, Erle	runde und gespaltene
NS_12	Pappel	Erle, Birke	
NS_13	Pappel	Erle, Birke	
NS_14	Erle, Eiche		
NS_parallel_1	Pappel	Erle, Birke	runde
NW_SO_1	Pappel	Birke	runde
NW_SO_2	Pappel		runde
NW_SO_3	Hasel		runde
NW_SO_4	Hasel		runde
NW_SO_5	Pappel, Hasel		
SW_N_Bogen_1	Hasel	Pappel, Birke	runde
SW_N_Bogen_1_PL	Pfostenlöcher		
SW_N_Bogen_2	Birke	Hasel, Pappel	runde
SW_NO_1	Pappel	Birke, Erle, Ahorn, Linde	v.a. runde, Durchmesser oft ≤ 6 cm SW_NO_2
Pappel	Birke, Erle, Hasel	runde	
SW_NO_3	Birke		runde

Abb. 123. Haupt- und Zweitholzarten sowie Angaben zur Pfahl-Querschnittsform der in Abb. 122 kartierten visuell erkennbaren Pfahlreihungen (lineare Strukturen).

7.2 Siedlungsphasen 1 und 2 und Schicht 12

7.2.1 Gebäudegrundrisse

In Abb. 125 sind die datierten Pfähle von Siedlungsphase Opéra 1 dargestellt. Zuerst fällt auf, dass sie sich in einem relativ engen Streifen konzentrieren. Bei genauerer Betrachtung lässt sich in mehreren Fällen eine deutlich sichtbare Organisation in drei parallel Südwest-Nordost-orientierten Zeilen festmachen, innerhalb deren regelmässige Abstände zu beobachten sind. Die Orientierung der Längsachsen entspricht nicht derjenigen der im Pfahlfeld gut sichtbaren Reihen von gespaltenen Eichen. Die Anordnung der Pfähle legt eine Organisation in Jochen nahe. Entsprechend wurde versucht, die Pfähle anhand der Joche zu Gebäuden zu verbinden. Dabei wurden auch manche der «verfügbaren Pfähle» sowie dendrochrono-

Zum Inhaltsverzeichnis

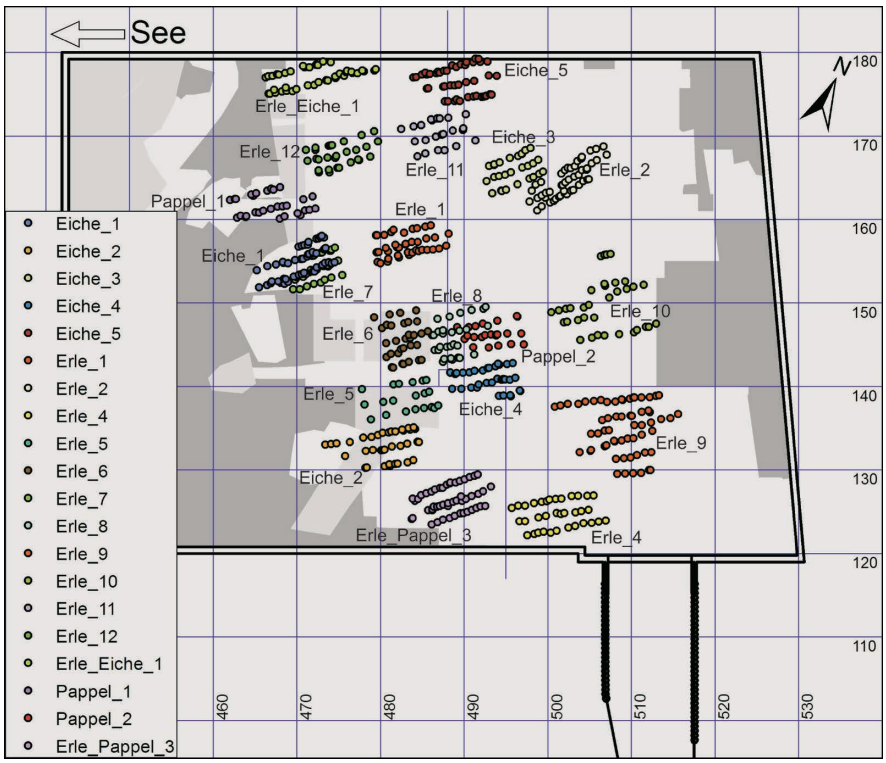


Abb. 124. Kartierung von visuell erkennbaren Parallelstrukturen homogener Holzarten (möglicherweise Gebäude).

logisch undatierte DG berücksichtigt, wenn sie sich erkennbar in die regelmässige Anordnung einfügten. Bei Qm 500/150 scheint ein Fall vorzuliegen, in dem zwei kürzere Gebäude hintereinander stehen, denn obwohl die beiden südlicheren Reihen bruchlos durchlaufen, liegen in der dritten Pfahlreihe ein Versatz von über einem halben Meter und ein leicht verschobener Winkel der Längsachse vor.

7.2.2 Hypothesenprüfung mit kurzen Serien

Von der dendrotypologischen Analyse war bekannt, dass es in dieser Siedlungsphase Hölzer mit abrupten Zuwachsereignissen in rund 23-jährigen, scheinbar zyklischen Abständen gibt und dass diese Ereignisse auch von Verjüngungsphasen begleitet werden. Entsprechend lag nahe, dass es von dieser Phase in

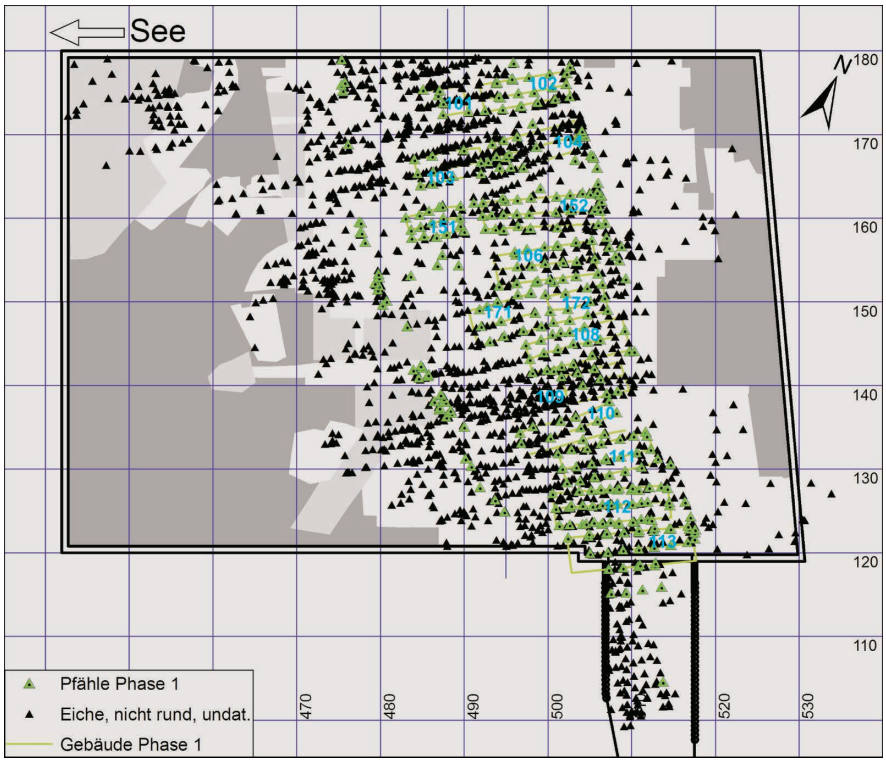


Abb. 125. Kartierung der datierten Pfähle und von definierten Gebäuden von Siedlungsphase Opéra 1 inkl. der undatierten DG 13 und 17, die sich erkennbar in regelmässige Anordnungen der Pfähle von Phase 1 einordnen.

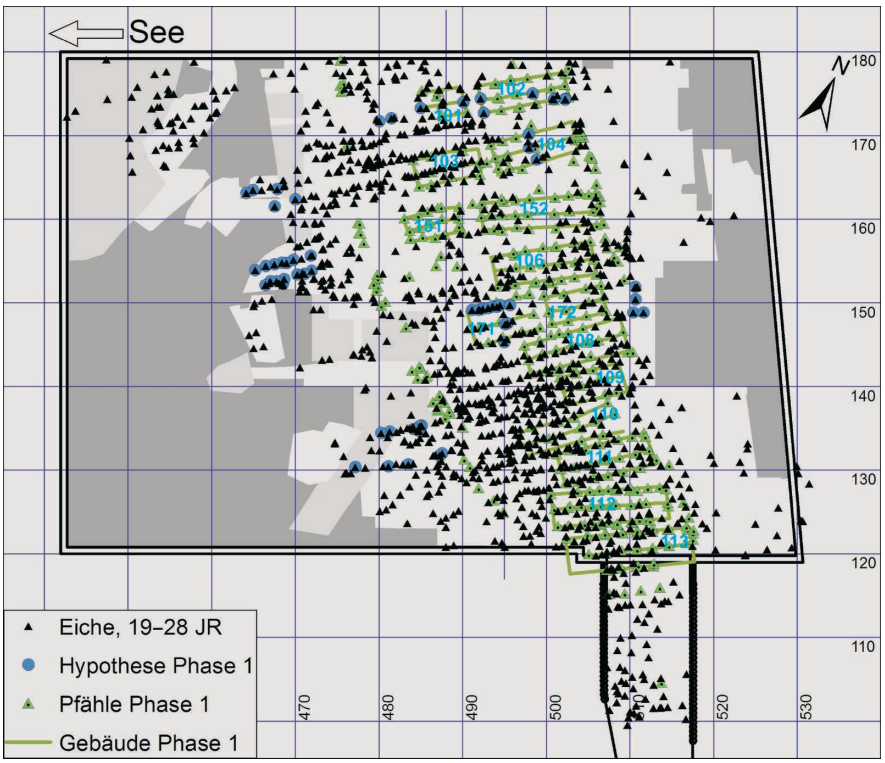


Abb. 126. Kartierung von Pfählen mit 19–28 JR, für welche die Hypothese aufgestellt worden ist, dass sie zu Phase 1 gehören oder in sich gleichzeitig sind. Dargestellt im Kontext der Pfähle von Siedlungsphase Opéra 1 und der undatierten Eichenpfähle mit 19–28 JR.

grösserer Zahl undatierte Pfähle mit etwa 23 JR gibt. Daher wurde geprüft, ob seewärts weitere Baustrukturen von Phase Opéra 1 aus nicht datiertem Material bestehen und die bislang identifizierten Baustrukturen somit nicht die vollständige Bebauung darstellen. Dazu wurden Eichenpfähle mit 19 bis 28 JR kartiert und dazu sowohl solche ausgewählt, die mit einiger Sicherheit aus Baustrukturen von Phase 1 stammen, als auch solche, die seewärts davon lagen und recht eindeutige Reihen bildeten (Abb. 126). Für diese wurde die Hypothese (A) aufgestellt, dass sie gleichzeitig mit den sie umgebenden Pfählen von Phase 1 oder aber in sich gleichzeitig seien. Wie in Kap. VIII.2.1.3 ausgeführt, ergab die dendrochronologische Prüfung, dass die Pfähle aus den bekannten Gebäudegrundrissen tatsächlich gleichzeitig mit den sie umgebenden Pfählen sind, wohingegen die seewärtigen Pfähle sich nicht mit Pfählen aus Phase 1 synchronisieren liessen.

7.2.3 Lineare Strukturen

Bei der Kartierung sämtlicher visuell definierten Strukturen und Linien zeigten sich einige sehr offensichtliche räumliche Bezüge zu den Gebäuden von Phase 1, wie Abb. 127 zeigt. Seewärts gehören die datierten Erlen dieser Siedlungsphase zu einer Reihe aus gespaltenen Erlen und Eichen, die visuell bereits identifiziert worden war. Die Reihe begrenzt die Bebauung von Phase 1 seewärts. Auch in Gebäudegrundrissen wurden verschiedentlich gespaltene Erlen verwendet. Im Südosten biegt die Palisade landwärts ab und trifft knapp ausserhalb des Parkhauses auf den Pappelweg. Jenseits dieser Linie fanden sich keine Lehme der Horgener Kultur. Hier ist also das Ende der Besiedlung erfasst. Im Nordwesten der Grabungsfläche biegt die Palisade nach Norden ab, was andeutet, dass auch hier die Grenze der Bebauung nur knapp ausserhalb der Grabungsfläche liegen dürfte. Vermutlich fehlen nur ein bis zwei Gebäude.

Fast alle Gebäude reichen landwärts bis an die Pappelreihen heran. Die Pappelreihen scheinen sich in ihrem parallelen Verlauf sogar förmlich von Bau zu Bau zu orientieren. Ein weiteres Indiz für die Gleichzeitigkeit der Pappelreihen mit Phase 1 ist, dass datierte Pfähle dieser Phase auch ausserhalb der Gebäude im Bereich der Pappelstruktur vorhanden sind.

Die Interpretation dieser linearen Strukturen ist mangels Schichtbefunde und aussagekräftiger liegender Hölzer nicht einfach. Es fällt auf, dass landwärts zwei parallele Pappelreihen verlaufen, während seewärts nur eine Linie verläuft. Zudem wahren die beiden Pappelreihen sehr präzise den Abstand zueinander – selbst bei Y = 155, wo sie auf der Länge von zehn Metern drei Kurven beschreiben. Wären es voneinander unabhängige Palisaden oder Zäune, so gäbe es hierfür keine Notwendigkeit. Weiter fällt auf, dass die datierten Eichenpfähle der Gebäude regelmässig eine Strecke von etwa einem Meter zwischen die Pappelreihen reichen. Es kann sich also nicht um eine unüberbrückbare Palisade gehandelt haben. Denkbar wäre eine 4–5 m breite Wegkonstruktion. Mehrere Meter breite Wegkonstruktionen sind aus dem Neolithikum von verschiedenen Stationen bekannt, wie z.B. in Chalain 3 (F)[199], in Sutz-Lattrigen[200] oder in ebenerdiger Ausführung auch in Seekirch-Stockwiesen am Federsee[201]. Bei der zuletzt genannten Fundstelle ist die Konstruktion von Hausvorplätzen und Weg ebenfalls ineinander verflochten. Entsprechend ist es gerechtfertigt, in den Pappelreihen eine Wegkonstruktion entlang der Gebäude von Phase 1 zu sehen, während die Erlenreihe seewärts vermutlich eine Palisade darstellt.

Die zwei parallel verlaufenden Linien aus Pappel, Erle und Birke bei X = 470 (Abb. 122 und 129) wurden mittels Radiokarbonmessungen auf die Zeit vor –3100 datiert (ETH-56487, Taf. 36). Sie schneiden aber Strukturen der Phasen 3–5, weswegen sie zu Phase 1 oder 2 gehören müssen. Der nahezu parallele Verlauf entlang der Erlenreihe legt nahe, dass sie zu Phase 1 gehören. In diese Richtung lassen sich auch Pap-

Zum Inhaltsverzeichnis

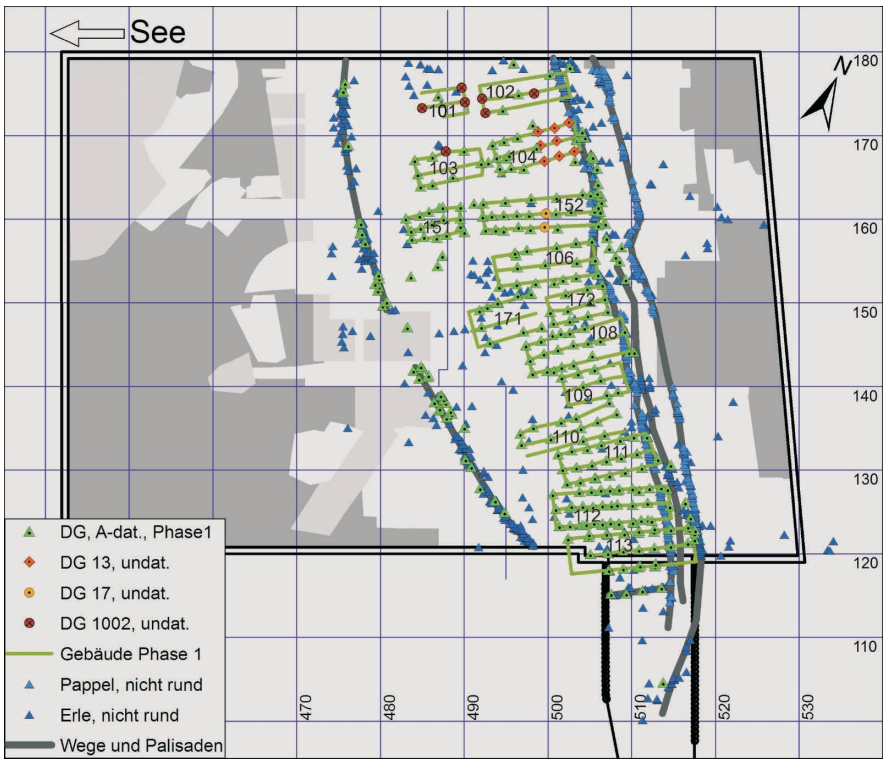


Abb. 127. Die Kartierung der visuell definierten Pfahlreihungen zeigt offensichtliche räumliche Bezüge einer Palisade aus Erlen und Eiche und eines vermuteten Wegs aus Pappeln zu den Gebäuden von Siedlungsphase Opéra 1. Die undatierten DG 13, 17 und 1002 passen gut in die Strukturen von Siedlungsphase Opéra 1.

pelkonzentrationen im selektiv verprobten Pfahlfeld bei Qm 473/151 und im Stichgraben bei Qm 475/140 interpretieren, die andeuten, dass die Stränge im nicht ausgegrabenen Areal noch weiter nach Südosten verlaufen und sich damit deutlich von den Pfählen von Phase 2 entfernen. Falls sie zu Phase 1 gehören, wäre dies ein einmaliger Befund: eine Reihe von seewärts durch eine dreireihige Palisade abgeschirmten Gebäuden.

7.2.4 Vergleich der Grundrisse mit den Lehmen von Schicht 12

Um zu prüfen, wie weit die so rekonstruierten Gebäudegrundrisse eine konsistente Beziehung mit den Lehmen aufweisen, wurden diese zusammen kartiert (Abb. 128). Es zeigte sich mit grosser Klarheit, dass in neun Gebäuden der Lehm mittig im Bau lag. Unklarheiten gab es vor allem in

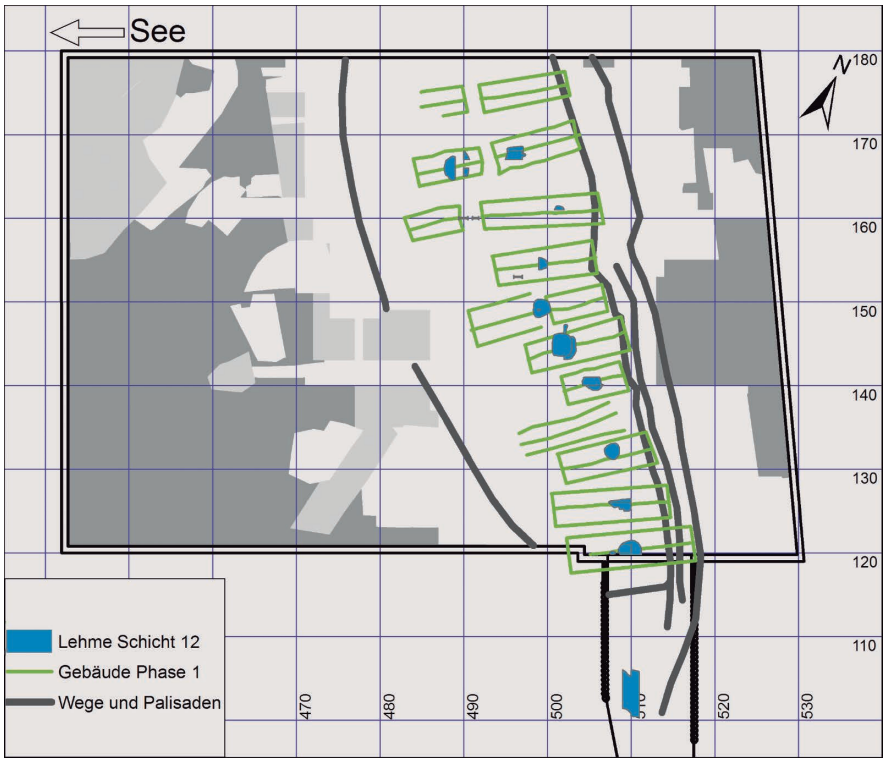


Abb. 128. Kartierung der Lehme von Schicht 12 zusammen mit den Gebäuden von Siedlungsphase Opéra 1.

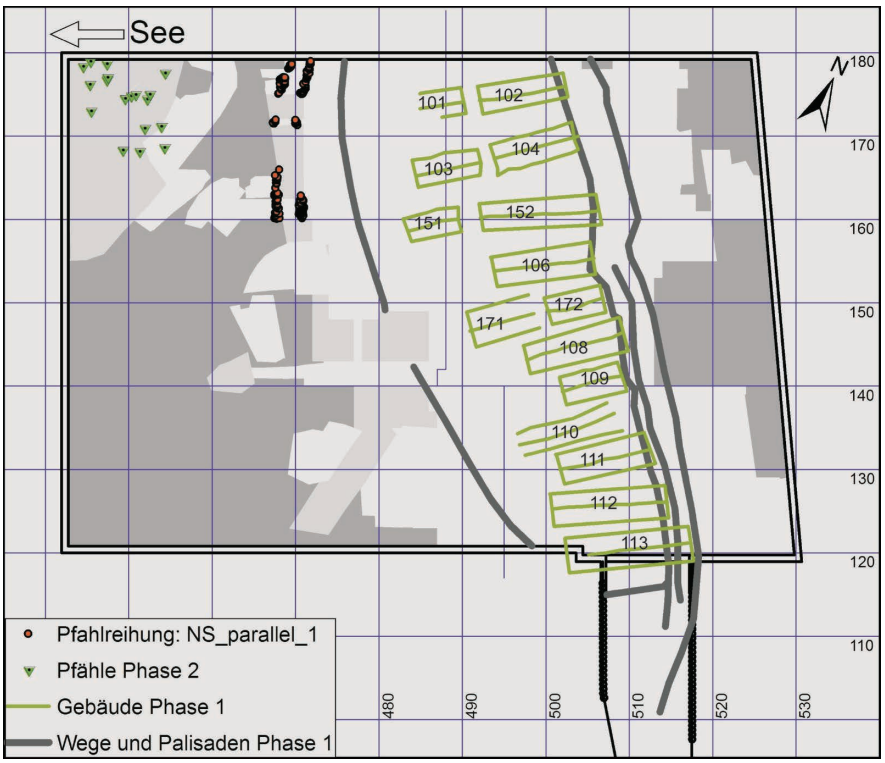


Abb. 129. Kartierung der Pfähle von Siedlungsphase Opéra 2 zusammen mit den Gebäuden, Wegen und Palisaden von Siedlungsphase Opéra 1 sowie einer visuell erkennbaren doppelten linearen Pfahlreihe.

zwei Fällen. In Bau 105, der aufgrund seiner grossen Länge und eines ungewöhnlich grossen Jochabstands in zwei Gebäude (151 und 152) geteilt worden ist, existierten zwei Lehmbefunde. Der eine lag erwartungsgemäss in der Mitte des grösseren Gebäudes. Der zweite lag jedoch in der Lücke zwischen den beiden Strukturen. Da dies der einzige Lehm ausserhalb einer Baustruktur war, könnte alternativ auch ein langes Gebäude mit zwei Lehmen rekonstruiert werden. Ein vergleichbarer Fall liegt bei Gebäude 107 bzw. den Unterstrukturen 171 und 172 vor. Der Versatz in der nördlichen Pfahlreihe würde in diesem Fall nicht zwingend bedeuten, dass es sich um getrennte Gebäude handelt. Besonders auffallend ist, dass die einzige Struktur, die nicht zu einem rechteckigen Gebäude rekonstruiert worden ist (110), auch keinen Lehm enthielt.

Auffallend ist, dass der grösste Lehm von Schicht 12 südlich und damit ausserhalb der vermuteten Palisade liegt. Dies deckt sich mit der Beobachtung in Kap. VII.1.5, dass Schicht 12 in der Schillerstrasse nicht dasselbe Siedlungsereignis repräsentiert wie innerhalb des Parkhauses.

7.2.5 Pfähle und eine mögliche lineare Struktur von Phase 2

Mit nur knapp zwanzig Pfählen von Phase 2 (Abb. 129) können keine Aussagen zu Gebäuden, ihrer Grösse oder ihrem Verhältnis zueinander gemacht werden. Das Verbreitungsbild ist stark von der technisch vorgegebenen Form der nur noch baubegleitend überwachten letzten Aushubetappen bestimmt, im Rahmen deren im Westen der Parkhausfläche noch Teile des Pfahlfelds aufgenommen werden konnten. Es ist also von der Grabungstechnik dominiert und repräsentiert die tatsächliche Verbreitung der Pfähle dieser Siedlungsphase nur eingeschränkt. Vor dem Hintergrund der Ergebnisse zur Paläotopographie (vgl. Kap. V) erscheint es sicher, dass die Bebauung dieser Phase sich nicht viel weiter nach Süden erstreckte. Der Schwerpunkt dieser Phase muss daher unter dem heutigen Sechseläutenplatz zu finden sein.

Weitgehend parallel verläuft ausserhalb der Erlenpalisade von Phase 1 die bereits in Kap. VIII.7.2.3 besprochene doppelte lineare Struktur aus verschiedenen Holzarten (Abb. 129). Ein ^{14}C-Datum (ETH-56487, Taf. 36) datiert diese Doppelstruktur auf die Zeit vor –3100. Sie schneidet jedoch Baustrukturen aus den Phasen 3, 4 und 5 sowie Lehme von Schicht 14. Da sie räumlich in der Nähe der Pfähle von Phase 2 liegt, könnte es sich auch um einen Weg handeln, der Gebäude von Phase 2 erschloss. Die Krümmung scheint aber dagegenzusprechen.

7.3 Siedlungsphase 3 und Schicht 13

Die im Standardverfahren datierten Pfähle von Phase Opéra 3 (ausgenommen DG 1000, s. Kap. VIII.2.3.3) lassen bereits eine Menge klar umrissener Baufluchten erkennen (Abb. 130). An einigen Stellen werden durch das abrupte Enden mehrerer paralleler Pfahlreihen Gebäudebegrenzungen ersichtlich. Es ist klar erkennbar, dass viele dieser Baufluchten zu den Pfahlreihen gehören, die das Bild des Pfahlfelds prägen. Trotz der hohen Datendichte sind die exakten Gebäudegrenzen jedoch nicht direkt ersichtlich.

7.3.1 Hypothesenprüfung mit kurzen Serien

Da auch für diese Siedlungsphase dendrochronologische Hinweise auf die systematische Nutzung jahrringarmer Pfähle bestanden, wurden auch hier die gespaltenen Eichen mit 19 bis 28 JR kartiert. Dabei zeigte sich schnell, dass im Nordwesten der Fläche südlich von drei parallelen Pfahlreihen von Phase 3 drei parallele Reihen von zumeist undatierten gespaltenen Eichen mit sehr wenigen Jahrringen und dann in glei-

Zum Inhaltsverzeichnis

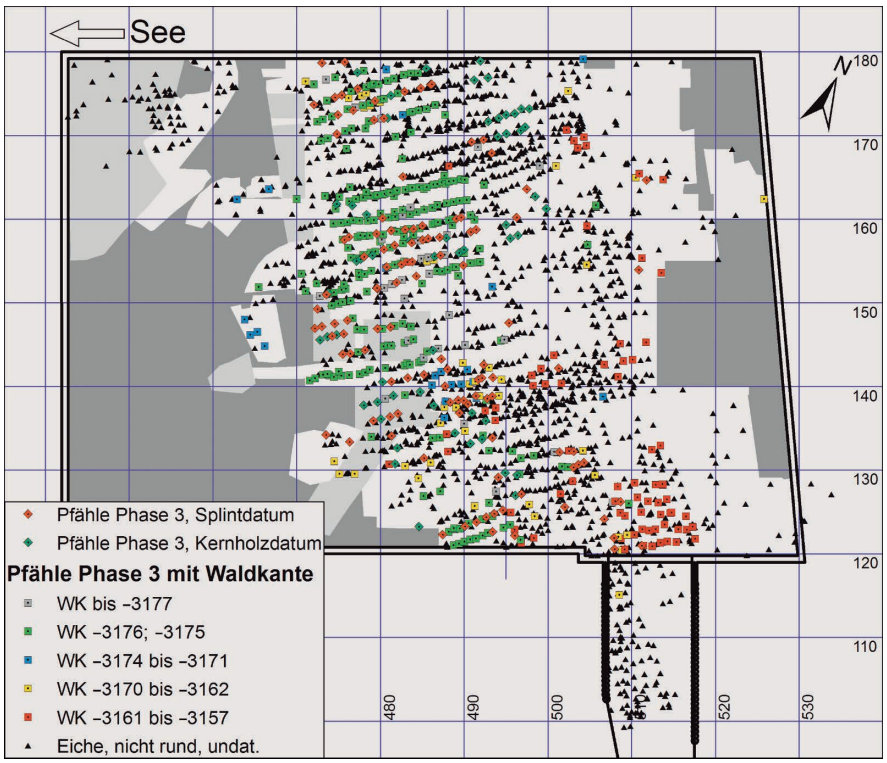


Abb. 130. Kartierung der datierten Pfähle von Phase Opéra 3 (exkl. DG 1000). Es wird zwischen Waldkanten-, Splint- und Kernholzdaten unterschieden, wobei die WK-Daten nochmals in fünf Kategorien unterteilt sind.

cher Ausrichtung und Grösse wieder datierte Pfähle von Phase 3 folgen (Abb. 131). Es deutete sich damit also an, dass hier mehrere zweischiffige Gebäude nebeneinander standen, von denen das mittlere relativ homogen aus gespaltenen Eichen mit 19 bis 28 JR erbaut worden war. Dies ist ein Beispiel dafür, wie nützlich es ist, die exakte Anzahl Jahrringe zu erheben. Einige dieser Pfähle wurden für die Analyse ausgewählt – inklusive solchen aus einer weiteren Reihe, die zwar die gleiche Ausrichtung aufweist, aber davon um einen halben Meter nach Nordosten versetzt verläuft (Abb. 131). Für diese Pfähle mit kurzen Jahrringserien wurde die Hypothese (B) aufgestellt, dass sie gleichzeitig sind und dasselbe Datum aufweisen wie die Pfähle ringsum (–3175). Die dendrochronologische Untersuchung ergab, dass diese Hypothese nicht nur

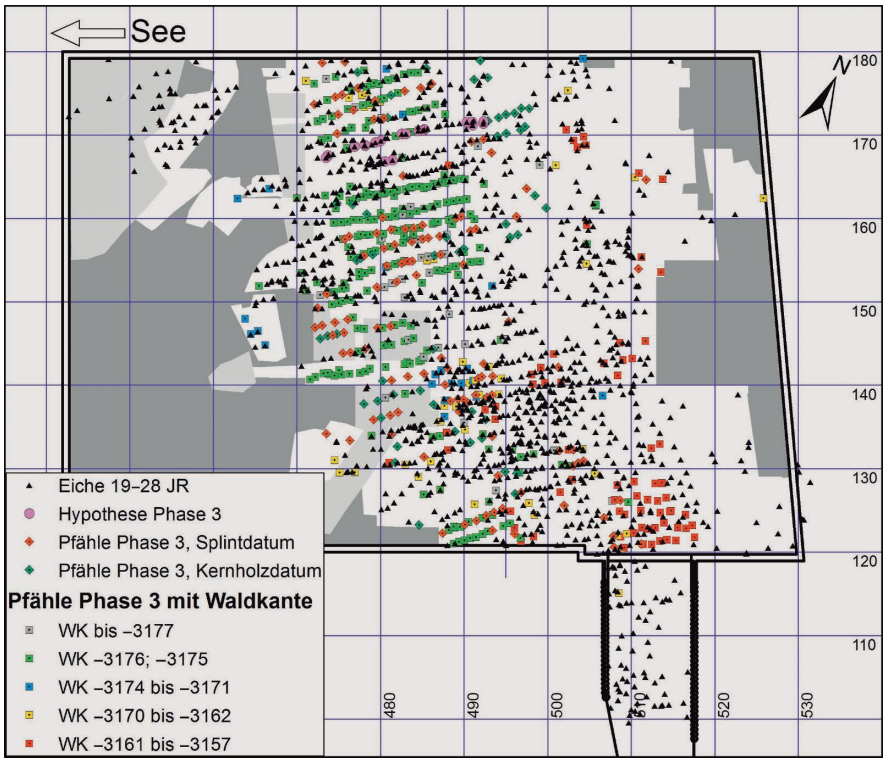


Abb. 131. Kartierung von Eichenpfählen mit 19–28 JR, für welche die Hypothese aufgestellt worden ist, dass sie gleichzeitig sind und dasselbe Datum aufweisen wie die Pfähle ringsum (–3175). Dargestellt im Kontext der Pfähle von Siedlungsphase Opéra 3 (ohne DG 1000) und der undatierten Eichenpfähle mit 19–28 JR.

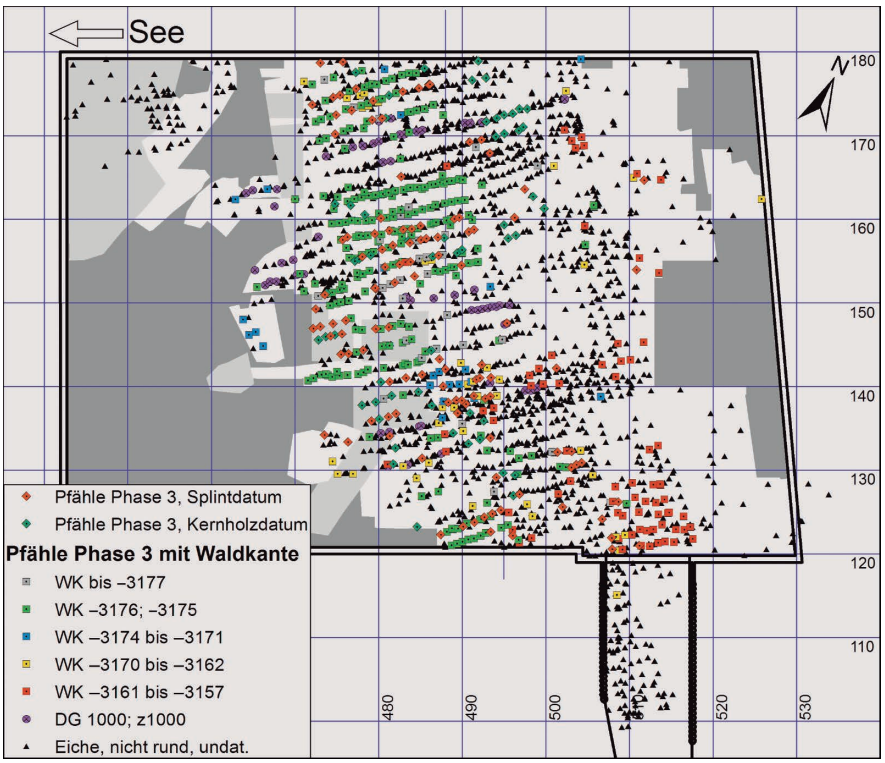


Abb. 132. Kartierung der Pfähle von DG 1000 zusammen mit allen anderen Pfählen von Siedlungsphase Opéra 3.

stimmt (Kap. VIII.2.3.3), sondern dass auch viele der Pfähle, die laut der initialen Hypothese (A) zu Phase 1 gehörten (was verworfen wurde, s. Kap. VIII.2.1.3 und VIII.7.2.2), identische Jahrringverläufe aufweisen. Die Kartierung von DG 1000, zu welcher die meisten dieser datierten Pfähle mit wenigen Jahrringen gehören, vervollständigt damit mehrere Gebäude (Abb. 132).

7.3.2 Gebäudegrundrisse und der Vergleich mit Lehmen von Schicht 13

Da besonders im Südosten grössere Schwierigkeiten bestanden, Beginn und Ende von Gebäuden zu identifizieren bzw. Aussen- und Innenreihen zu erkennen, wurde mit dem Definieren von Gebäudegrundrissen bei den relativ klaren

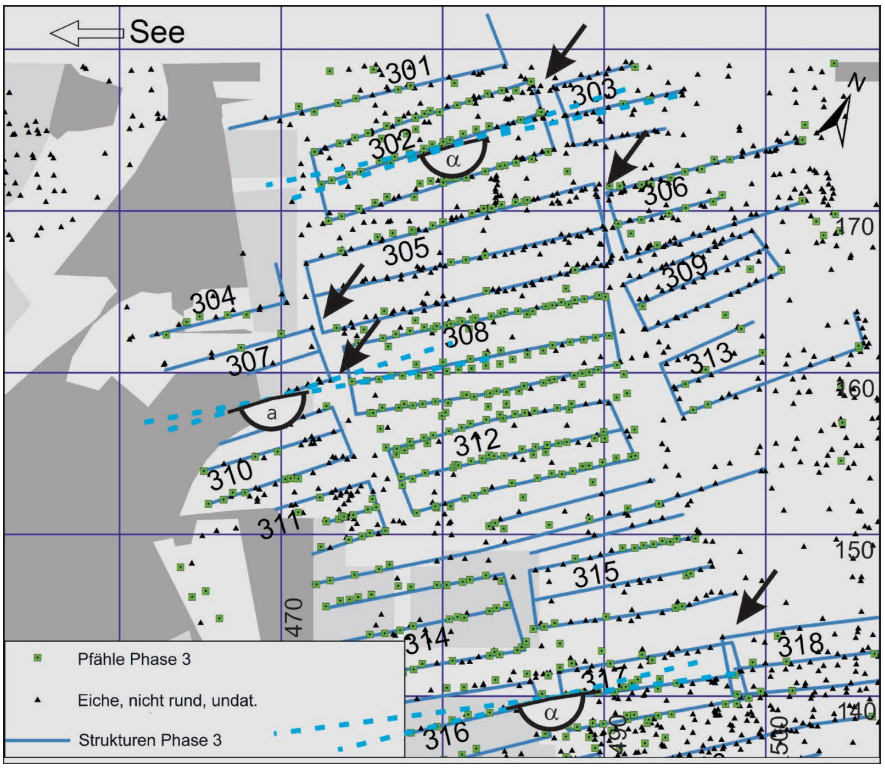


Abb. 133. Abgrenzung von einzelnen Gebäuden von Siedlungsphase Opéra 3.

Zum Inhaltsverzeichnis

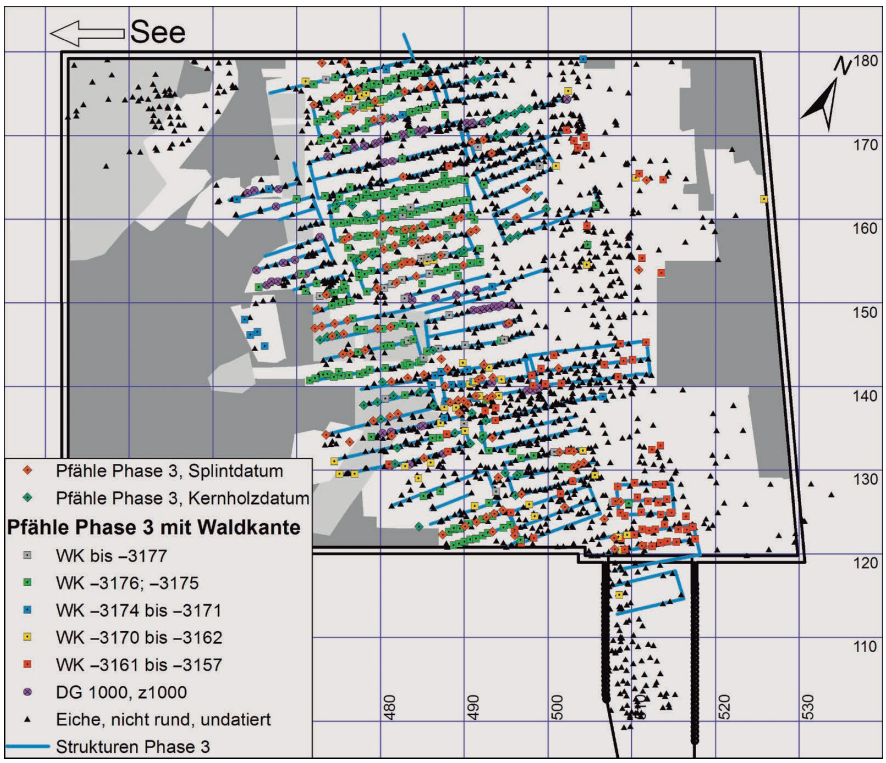


Abb. 134. Die definierten Gebäude von Siedlungsphase Opéra 3.

Strukturen im Nordwesten begonnen. Pfahlreihen wurden auch anhand undatierter Pfähle gebildet, wenn die vermutete Länge in mindestens zwei parallelen Reihen zu fassen war. Kleine Änderungen in der Orientierung von Pfahlreihen oder ein Versatz zwischen zwei identisch ausgerichteten Reihen wurden als Indizien für Gebäudegrenzen gewertet (Abb. 133). Das Ergebnis ist in Abb. 134 dargestellt.

Da sich der Vergleich von Gebäudegrundrissen und Lehmen im Fall von Phase 1/Schicht 12 als ausgesprochen hilfreich erwiesen hat und auch in der Horgener Siedlungsphase der Fundstelle Mozartstrasse die Lehme im Inneren der Gebäudegrundrisse lagen, wurden auch hier die anhand der Pfahlanordnung rekonstruierten Gebäudegrundrisse mit den Lehmen von Schicht 13 verglichen (Abb. 135). Es zeigt sich, dass wieder in sämtlichen dendroarchäologisch ermittelten

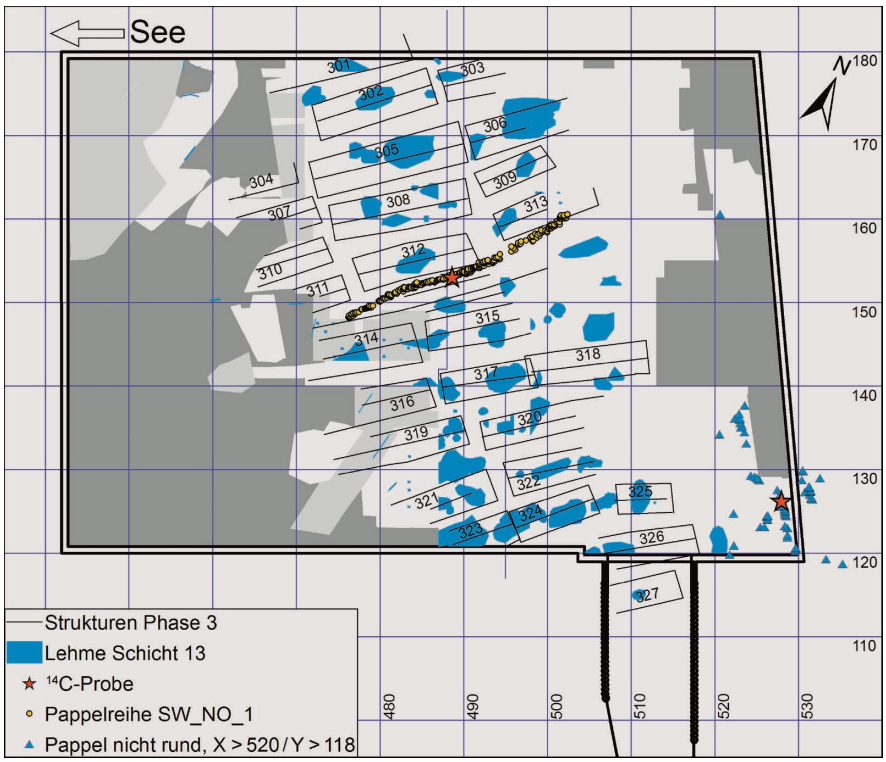


Abb. 135. Kartierung der Lehme von Schicht 13 zusammen mit den Gebäuden von Siedlungsphase Opéra 3. Zudem Kartierung der dicht gesetzten Pfahlreihe SW_NO_1 (aus dünnen runden Pappeln und Rundhölzern) und von gespaltenen Pappelpfählen im südwestlichen Bereich der Grabungsfläche.

Schlagjahr	Steg	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327
–3190																												
–3189										1																		
–3188													1															
–3187							2						1	1														
–3186																												
–3185																												
–3184																												
–3183													1															
–3182																											1	
–3181			1										1		1												1	
–3180													7														1	
–3179			1										1										1/1					
–3178		1											1/3				1			1		1		1				
–3177	1/1	1	1/3				1		2/2		1	1	1/3			4	1											
–3176	1	3	7/1					1	14/5				5/1		3		2			1			1	2				
–3175	6	1	26/5			19	5		53/1	1	21	11	22/1	2	27/4	11	2	5		9/1	2	2	4	16		1		
–3174	1	1	1/1						2				1		2	1	1	1										
–3173									2						1			1										
–3172			1		4				2									8/5		1				1				
–3171	1				1	1		1									1				1/1			3				
–3170																				2				2				
–3169													1							1								
–3168			1										1					2									3	
–3167		1	5															4		1					1			
–3166										1										1					1			1
–3165			1										1					1		1		1	1	1				
–3164			1																				1					
–3163																		2										
–3162											1	1	2/2							1			2					
–3161						1							1/1					1	4	1			2/1		4	6/1		
–3160								1					1						1	2/1	1					10		
–3159																			8								16	
–3158																												
–3157																												
–3156																							1					
–3155																												
–3154																												
–3153																									1			
–3152																												
–3151																												
–3150																												
total		8	11	0	5	21	6	3	6	2	23	13	15	2	7	16	8	17	13	11	3	4	10	26	7	11	22	1
Schwarz: Pfähle mit WK, a- und b-Qualität, grau: geschätztes Endjahr Splintdaten, a- und b-Qualität																												
Min Dauer	5	10	12		2	15			4	10	14	14	16		3	2		15		16	16	11	20	11	9			
1	Anzahl Schlagdaten wiederverwendeter Hölzer																											
2	Anzahl Schlagdaten während der Nutzungszeit																											
8	Vermutetes Baudatum																											

Abb. 136. Die Graphik zeigt die Baudaten der Gebäude von Siedlungsphase Opéra 3. Pro Gebäude ist die Anzahl vorhandener Waldkantendaten auf einer Zeitachse aufgetragen. Zusätzlich eingetragen sind Splintdaten, die offensichtlich als Wiederverwendung oder Reparaturdaten von Pfählen zu interpretieren sind.

Zum Inhaltsverzeichnis

Gebäuden ein Lehm lag. Zumeist lagen diese Lehme mittig, doch gibt es auch Fälle, wo sie randlich lagen oder über die Wandgrenzen hinweg. Eine Besonderheit ist im Zentrum der Grabungsfläche zu konstatieren. Zwischen recht gut rekonstruierbaren Gebäuden ist ein schmaler Bereich mit unregelmässigen Pfahlsetzungen, die möglicherweise als Weg- oder Stegkonstruktion zu deuten sind. Auch hier gab es Lehme. Eine weitere Irregularität ist im Süden zu finden, wo bei Qm 490/130 grössere Lehmbefunde zwischen Gebäuden lagen, die auch über Lehme im Innern verfügten.

Auch wenn der offenkundige räumliche Bezug der Lehme zu den dendroarchäologisch definierten Gebäudegrundrissen die Rekonstruktion von Aussen- und Innenreihen zu bestätigen scheint, ist noch nicht völlig geklärt, wo die Schmalseiten der Gebäude verliefen bzw. wie lang sie waren. Im Fall der grössten Baustruktur 305 könnte eine relativ pfahlarme Zone bei Qm 481/165 sowie die dort zu beobachtende Zweiteilung der Lehme bedeuten, dass hier zwei kleinere Gebäude in identischer Ausrichtung hintereinander standen. Dagegen spricht allerdings die deutlich grössere Breite dieses Grundrisses, verglichen mit den Breiten kürzerer Gebäude. Vorbehaltlich der unwahrscheinlichen Teilung von Gebäude 5 wird der Gebäudeplan in Abb. 135 als hinreichend gesichert verfochten. Die Siedlung bestand also aus drei parallelen Gebäudezeilen. Bezieht man die Ergebnisse der Paläotopographie (Kap. V) ein, so scheint es unwahrscheinlich, dass eine vierte Zeile seewärts anschliesst. Sowohl landwärts als auch im Bereich der Schillerstrasse enden nicht nur die datierten Pfähle, sondern auch Kulturschicht 13, sodass man hier wohl davon ausgehen muss, dass die Besiedlungsgrenze innerhalb der Grabungsfläche liegt. Nach Westen bzw. Nordwesten aber können sich noch einige Gebäude angeschlossen haben. Aufschluss über die Bau- und Reparaturdaten gibt Abb. 136.

Interessant ist der Befund, dass sich Gebäude 17 und 18 leicht überschneiden bzw. ähnlich ineinander verwoben sind, wie dies in Phase 1 zwischen den Gebäuden und dem mutmasslichen Weg der Fall war. Mehrere visuell identifizierte Baustrukturen wie z.B. Erle_Pappel_3 und Eiche_1 (Abb. 123) haben sich als Teile von Gebäuden von Phase 3 erwiesen.

7.3.3 Palisaden und Zäune

Ein sehr interessanter und bislang einzigartiger Befund ist eine dicht gesetzte Pfahlreihe (SW_NO_1) aus dünnen runden Pappeln und Rundhölzern weiterer Baumarten (Linde, Ahorn, Birke und Erle; Abb. 135). Sie ist durch ein ^{14}C-Datum auf die Zeit vor –3100 datiert (vgl. ETH-Nr 53753.1, Taf. 36). Da sie die Erlenpalisade von Phase 1 schneidet und keinerlei räumlichen Bezug zu Phase 2 aufweist, gehört sie am wahrscheinlichsten zu Phase 3. Tatsächlich schneidet sie hier kein Gebäude, sondern läuft mit der Aussenwand von Struktur 313 zusammen, wo diese sehr unklar wird. Ansonsten verläuft sie im Bereich des postulierten Stegs. Aufgrund der sehr dichten Setzung und des Fehlens einer zweiten Reihe parallel dazu scheint es sich nicht um eine Wegkonstruktion zu handeln, sondern um einen Zaun. Dieser trennt die nördlichen Gebäude von den südlichen.

In der östlichen Ecke der Grabungsfläche verläuft etwas weiter landwärts hinter der doppelten Pappelreihe von Phase 1 eine weitere doppelte Reihe aus gespaltenen Pappeln mit einem Abstand von etwa vier Metern zwischen den einzelnen Reihen – analog zur mutmasslichen Wegkonstruktion aus Phase 1 (Abb. 135). Von einer dieser Pappeln wurde eine ^{14}C-Probe gemessen (ETH-Nr 53752.1, Taf. 36). Das Ergebnis liegt im 2-Sigma-Bereich zwischen –3354 und –3097. Entsprechend ist es möglich, diese Struktur mit Phase 3 zu verbinden, doch lässt sich auch Phase 4 nicht ganz ausschliessen, da aus dieser zwei Schlagdaten von –3098 vorliegen (die restlichen Schlagdaten liegen aber bereits im 3-Sigma-Bereich). Rein statistisch betrachtet ist es bei 24 Radiokarbondaten aus dem Pfahlfeld von Zürich-Parkhaus Opéra aber sogar wahrscheinlich, dass bei einem von ihnen das korrekte Alter im 3-Sigma-Bereich liegt. Tatsächlich liegen die datierten Pfähle von Phase 4 im Bereich dieser Pappelreihe. Hingegen besteht kein räumlicher Bezug zu Phase 2. Will man also keinen doppelten Weg in Phase 1 postulieren, so bleibt nur zu folgern, dass auch eine Ansiedlung in Phase 3 oder 4/5 über eine aus gespaltenen Pappeln errichtete Konstruktion parallel zum Seeufer verfügte, bei der es sich womöglich um einen Weg handelte. Da ein Grossteil der Phasen 4/5 nicht im 2-Sigma-Bereich des ^{14}C-Datums liegt, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass diese Pappelkonstruktion zu Phase 3 gehörte.

7.4 Siedlungsphase 4 und Schicht 14

Die Verbreitungskarte von Schicht 14 und der Pfähle von Phase 4 zeigt, dass hier relativ grosser Interpretationsspielraum besteht (Abb. 137). In mehreren der visuell definierten Gebäudestrukturen (vgl. Kap. VIII.7.1, Abb. 123) zeigte sich, dass sie Lehme von Schicht 14 einschliessen (Abb. 137) und damit ein Verhältnis zwischen Pfahlsetzungen und Lehmbefunden reproduzieren, das von den früheren Siedlungsereignissen am Ort bekannt ist. Die betreffenden Strukturen schneiden solche der Siedlungsphasen 1 und 3 und weisen keinerlei räumlichen Bezug zu Phase 2 oder 6–8 auf, was dafür spricht, dass sie zu keiner dieser Phasen gehören und die Zuordnung zu Phase 4 oder 5 und im Besonderen zu Schicht 14 wahrscheinlich ist. Zur Absicherung wurden noch Radiokarbonmessungen einiger Hölzer der visuell definierten Gebäudestrukturen bei der ETH Zürich in Auftrag gegeben. Aufgrund des bekannten ^{14}C-Plateaus während der Horgener Zeit sind die möglichen Datierungsspannen sehr gross (Taf. 36 im Anhang). Dennoch sind die Datierungen hilfreich, denn sie belegen, dass die Strukturen nicht zu den jüngeren Siedlungsphasen 6 oder später gehören können. Stattdessen liegt die höchste Wahrscheinlichkeit vor allem im Fall der Struktur Erle_1 bei einer Datierung im 31. Jh. v.Chr. Damit ist im Ausschlussverfahren belegt, dass diese Strukturen zu Siedlungsphase 4 oder 5 gehören müssen, wobei eine gute Übereinstimmung mit der Anordnung der Lehme in Schicht 14 besteht. Akzeptiert man die Annahme, dass die Gebäudegrundrisse, die zu Schicht 14 gehören, vornehmlich aus runden Erlen bestehen, und sucht im Umkreis weiterer Lehme nach solchen Pfählen, so lassen sich am nordwestlichen Grabungsrand noch drei weitere analoge Pfahlsetzungen erkennen, bei denen es sich wahrscheinlich um Gebäude von Phase 4 handelt (Abb. 137).

Für Schicht 14 sind somit nur fünf Gebäudegrundrisse visuell fassbar, wohingegen 18 Lehmstellen erkannt wurden. Die Anordnung der Lehme und Pfahlstellungen lässt erkennen, dass es sich um drei uferparallele Zeilen handelte. Das Verhältnis von Lehmen zu Gebäudegrundrissen bestätigt, dass hier, wie auch in der Horgener Siedlung von Zürich-Mozartstrasse und den Siedlungsphasen 1 und 3 von Parkhaus Opéra, mit einem Lehm pro Gebäude zu rechnen ist und dass dieser Lehm mit seinem Schwerpunkt im Innern der Gebäude liegt. Die Gebäudegrösse schwankt bei den vier

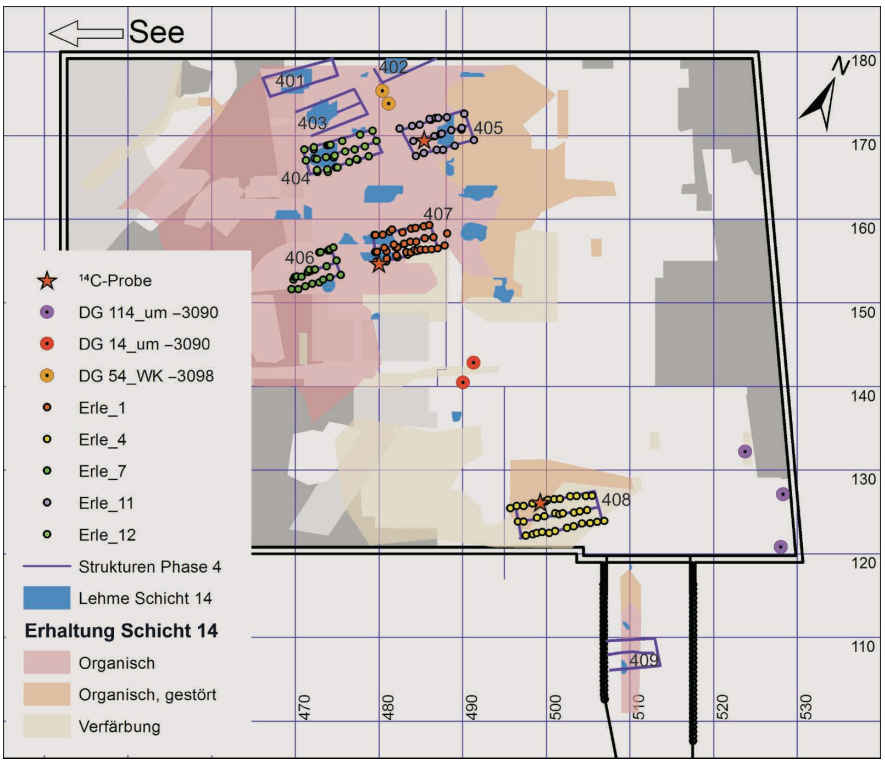


Abb. 137. Kartierung der Lehme und Erhaltung von Schicht 14 zusammen mit den zu Siedlungsphase Opéra 4 gehörenden Pfählen und einigen visuell erkennbaren, teils ^{14}C-datierten Parallelstrukturen aus Erle.

vollständigen Gebäuden von Phase 4 nur in geringem Masse. Die Länge liegt bei 8–9,8 m, die Breite bei 3–3,7 m. Im Mittel messen die Gebäude 8,9 × 3,4 m. Um eine Vorstellung der Dorfanlage zu erhalten, kann man mit der Grundannahme, dass es keine verschiedenen Gebäudetypen gab, jeder Lehmstelle und den Bereichen, wo durch die datierten Pfähle Bauaktivität belegt ist, einen solchen idealisierten Gebäudegrundriss zuordnen (Abb. 138). Diese Rekonstruktion hat offensichtlich zwei Schwächen: die Grundannahme, dass nur ein Gebäudetyp existierte, die durch die Ergebnisse von Siedlungsphase 3 nicht gedeckt ist, und die Unklarheit hinsichtlich grösserer Bereiche der Parkhausfläche, in denen Gebäude weder nachgewiesen sind noch ausgeschlossen werden können. Im seewärtigen Teil des Parkhauses konnte aus baustati-

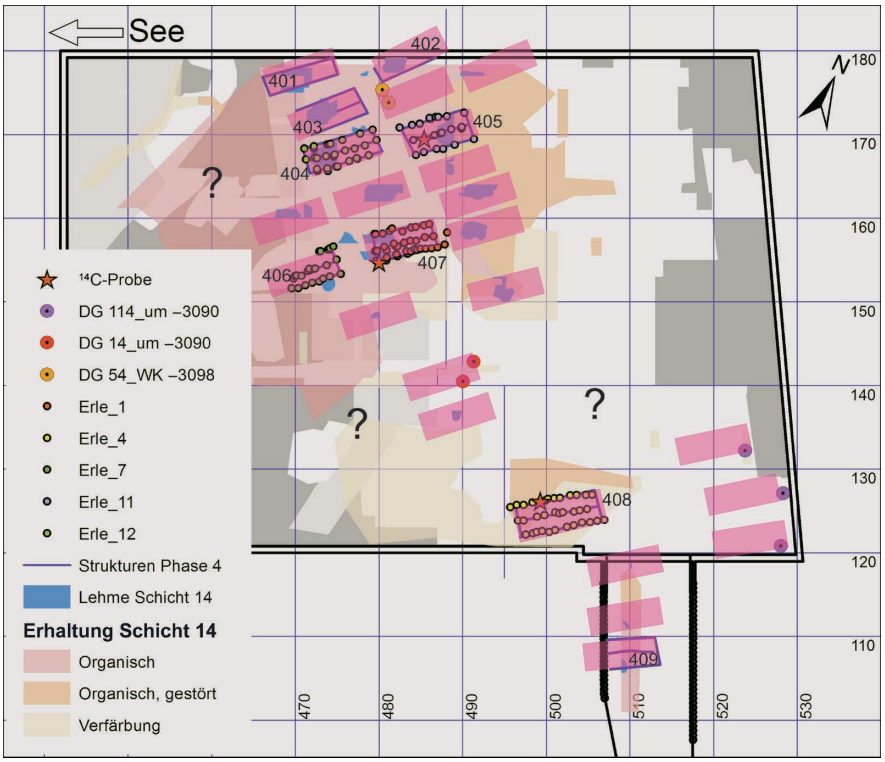


Abb. 138. Darstellung von möglichen Gebäuden von Siedlungsphase Opéra 4 (rosa Rechtecke) zusammen mit der Kartierung von Pfählen, Schicht, Lehmen und Erlenstrukturen.

Zum Inhaltsverzeichnis

schen Gründen nicht gegraben werden. Landseits der Linie X = 500 muss mit Erosion ehemals vorhandener Lehme gerechnet werden. Die Ausdehnung und Intensität der bislang im Stadtgebiet Zürich noch unbekannten Besiedlung im 31. Jh. v.Chr. könnten deutlich grösser gewesen sein, als dies aufgrund der geringen Schichtreste und schlecht datierbaren Bauhölzer auf den ersten Blick wirken mag.

7.5 Siedlungsphase 5 und Schicht 15

Während, wie in Kap. VIII.4 ausgeführt, die datierten Schindeln aus Schicht 15 nahelegen, diese Schicht mit Phase 5 zu verbinden, drängt sich dieser Schluss aus der Pfahlfeldanalyse nicht auf. Die wenigen datierten Pfähle weisen keinen räumlichen Bezug zu den Lehmbefunden auf. Auch die intensive Suche nach Pfahlsetzungen anderer Holzarten bzw. Kombinationen von Holzart, Querschnittsform, Grösse oder Jahrringanzahl erbrachte keinerlei Hinweis auf erkennbare Pfahlsetzungen rings um die Lehmbefunde (Abb. 139). Die Anordnung der Lehme aus Schicht 15 legt nahe, dass die Gebäude in West-Ost-Richtung mit der Längsachse nach Norden nebeneinander standen. Tatsächlich sind nicht einmal in der Darstellung aller eingemessenen Pfähle Anzeichen zu finden, dass Pfähle dokumentiert wurden, die zu einer solchen Anordnung gehört haben könnten. Diese offensichtliche Lücke stellt bislang den wohl unverständlichsten Befund der Grabung Parkhaus Opéra dar, denn selbst wenn Schicht 15 anders datieren sollte als angenommen und sogar wenn bei der Zuordnung der Lehme zu Schicht 15 Fehler passiert wären, so wäre die völlig fehlende Bezugnahme von Pfählen auf die Lehmbefunde nicht zu erklären. Wie jedoch weiter unten am Beispiel von Phase 8 ausgeführt wird, lässt sich belegen, dass viele Pfähle einzelner Phasen durch taphonomische Prozesse selektiv entfernt werden können. Ein solches Ereignis hat vermutlich einen Grossteil der Pfähle von Phase 5 betroffen.

7.6 Siedlungsphase 6 und Schicht 16

Vergleicht man die Verbreitung datierter Pfähle von Siedlungsphase 6 mit dem Verlauf der ^{14}C-datierten linearen Pfahlreihe aus runden Pappeln (NS_6) und der Schichtausdehnung, so ergibt sich eine sehr hohe Übereinstimmung (Abb. 140). Die Bautätigkeit wird bis auf vier Pfähle durch die Pappelreihe landwärts begrenzt. Die Schichtausdehnung von Schicht 16 reicht bei Y > 170 ein paar Meter über die Palisade hinaus. Unterhalb der Linie Y = 160 ist sie zu stark erodiert, um Aussagen treffen zu können. Es fällt allerdings auf, dass die deutlich ausgeprägten Lehmbefunde ebenfalls seewärts der Pappelpalisade liegen.

Die Identifikation von Baustrukturen gestaltet sich schwierig. Zwar sind insgesamt 446 Pfähle in diese Siedlungsphase datiert worden, wodurch die Grundlage gut zu sein scheint, doch ist ihre Anordnung nicht so eindeutig wie beispielsweise in Phase 1. Wendet man zur Identifikation von Bauten die einfache Regel an, dass parallele lineare Pfahlsetzungen gesucht werden, so stellt man schnell fest, dass davon viele existieren, diese aber keine ganzen Gebäude zu ergeben scheinen. Dies kann im seewärtigen Bereich zu einem Teil darauf zurückzuführen sein, dass hier keine reguläre Ausgrabung stattgefunden hat und oftmals nur die Pfähle dokumentiert und verprobt werden konnten, deren Köpfe in zugängliche Schichten reichten. Weitere Pfähle sind unverprobt und undatiert geblieben. Kartiert man die verfügbaren Pfähle der Hauptbauholzarten dieser Phase (Eiche und Esche), so schliessen sich einige Lücken. Andere müssen womöglich ex silentio ergänzt werden. Je nachdem, wie grosszügig ergänzt wird, ergeben sich jedoch sehr unterschiedliche Möglichkeiten. Der Interpretationsspielraum ist immens. Es lassen sich mehrere Beispiele anführen, in denen sich eine augenscheinlich zweischiffige Baustruktur in eine dreischiffige wandelt, was die Frage aufwirft, ob die Baustruktur komplexer war als in früheren Phasen oder ob Pfähle, die nicht zusammengehören, gemeinsam einer Struktur zugeordnet wurden. Im Südosten der Grabungsfläche zeigt sich eine besonders grosse

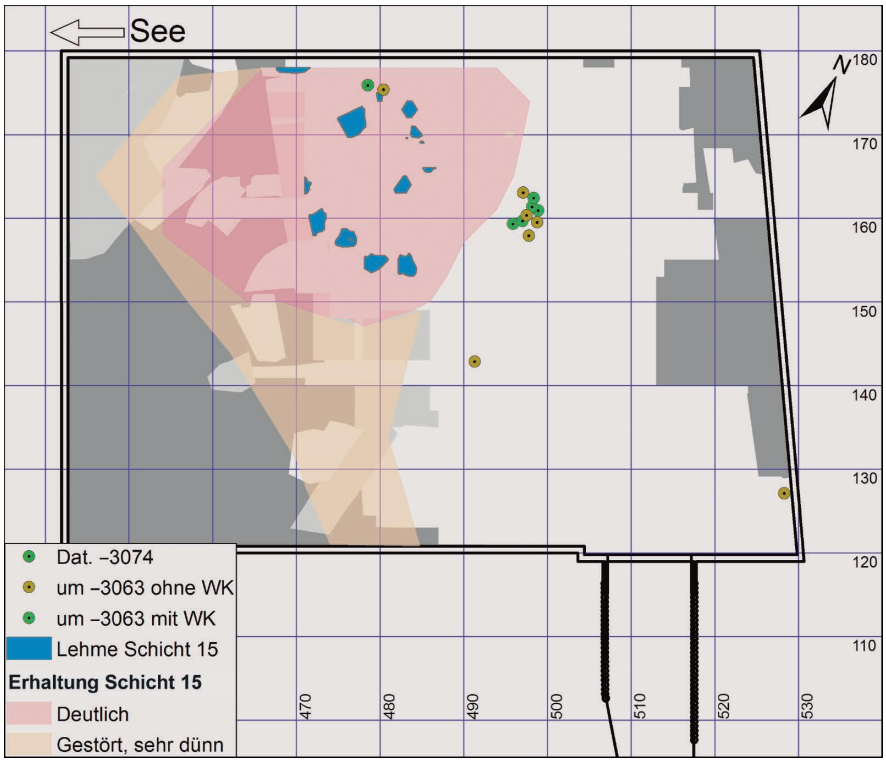


Abb. 139. Kartierung der Lehme und Erhaltung von Schicht 15 zusammen mit den zu Siedlungsphase Opéra 5 gehörenden Pfählen.

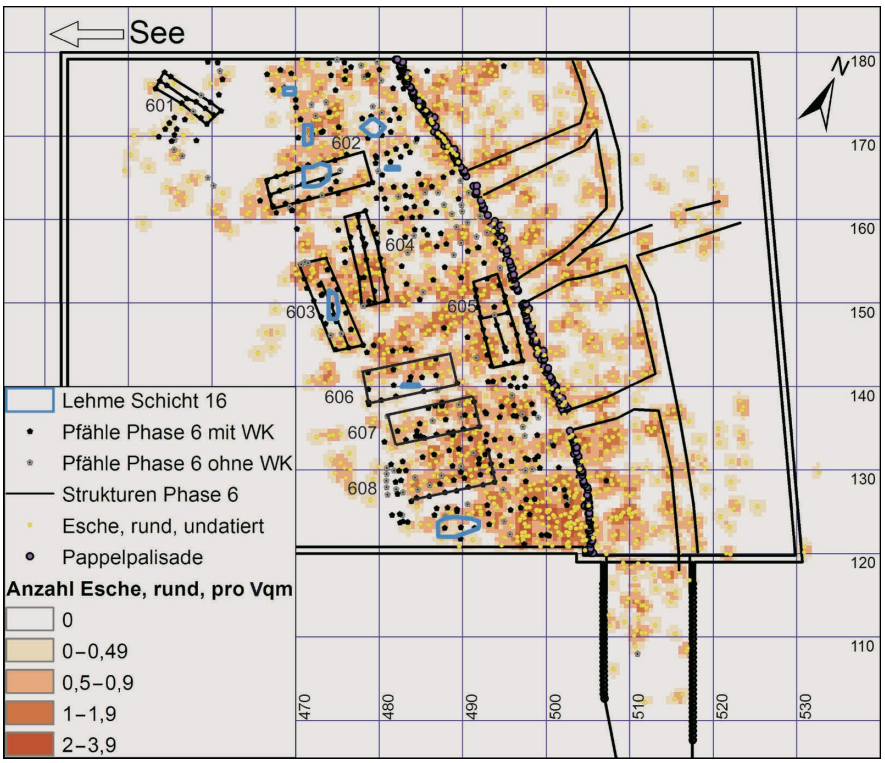


Abb. 140. Kartierung der Pfähle von Siedlungsphase Opéra 6 zusammen mit undatierten runden Eschen. Zudem Darstellung von möglichen Strukturen vor dem Hintergrund der Eschendichte und der Kartierung der visuell erkennbaren Pfahlreihung NS_6.

Ansammlung von recht regelmässig gesetzten Pfählen, deren Anordnung sogar eine vierschiffige Konstruktion möglich erscheinen lässt (Abb. 141 unten). Zudem ist die Ausrichtung der Gebäude in den meisten Fällen nicht klar ersichtlich. Interessant ist der Vergleich der datierten Pfähle, bzw. der möglichen Baustrukturen, mit einer Darstellung der Pfahldichte rund belassener Eschen (Abb. 140). Die Pfahldichte wurde für jeden Viertelquadratmeter aus der Anzahl runder Eschen im Radius eines Meters berechnet und ist geeignet, die reale Existenz visuell nicht eindeutiger Verdichtungen und Reihungen zu prüfen. Dabei zeigte sich, dass die Aussenlinie eines der wenigen klaren Gebäude von einer Verdichtung runder Eschen nachgezeichnet wird, die damit die Korrektheit der Abmessungen von etwa 12 × 3,7 m des Gebäudes bestätigen. Was trotz aller Schwierigkeiten anhand der wenigen relativ eindeutig zu identifizierenden Gebäude sicher ausgesagt werden kann, ist, dass in dieser Phase die strenge parallele Anordnung der Gebäude, die in den früheren Phasen üblich war, zugunsten einer grösseren Variabilität aufgegeben wurde. Die Gebäudegrössen sind aufgrund der beschriebenen Schwierigkeiten nicht zu beurteilen.

Der Vergleich mit den Lehmen von Schicht 16 (Abb. 140) ist aus zwei Gründen weniger ergiebig als in früheren Phasen. Zum einen sind in Schicht 16 deutlich weniger Lehme erhalten. Zum anderen wurden aber auch weniger Gebäudegrundrisse klar definiert. Dies führte dazu, dass ihr räumliches Verhältnis nicht geprüft werden konnte, auch wenn in zwei Fällen ein Lehmbefund erwartungsgemäss im Innern eines Gebäudes auftrat.

7.6.1 Palisaden und Stege

Ein auffälliges Merkmal der von Nordwest nach Südost verlaufenden Pappelreihe, welche die Siedlung zum Land hin begrenzt, sind drei Lücken von 1–3 m Breite (Abb. 140). Auf der Siedlungsseite der Pappelreihe findet sich eine Reihe gespaltener Eschen, die im rechten Winkel auf die mittlere Lücke zuläuft. Der Dichtegraph der runden Eschen zeigt zudem auf der anderen Seite der Pappelreihe eine lineare Verdichtung an, die von der Lücke in der Pappelreihe Richtung Nordosten führt und in einer Kurve nach Nordwesten abbiegt. Bei der nördlichen Lücke zeigt sich ebenfalls eine lineare Verdichtung, die im rechten Winkel zur Pappelreihe verläuft und dann auf die zuvor beschriebene, von der zentralen Lücke kommende Reihe trifft. Bei der südlichen Lücke ist das Bild weniger klar. Es scheint allerdings, dass auch hier eine erhöhte Zahl von Eschen im rechten Winkel von der Siedlungsbegrenzung in Richtung Ufer führt und dort auf eine uferparallele Linie trifft, in der sich kürzere Abschnitte runder Eschen wiederholen, die exakt in einer gemeinsamen Flucht liegen.

Bei der Pappelreihe handelt es sich demnach um eine Siedlungsbegrenzung mit mehreren Durchgängen, und es deutet sich an, dass von diesen Durchgängen aus Stegkonstruktionen in Richtung Land führten, wo sie auf eine uferparallele Konstruktion trafen, bei der es sich um einen befestigten Weg gehandelt haben könnte. Es sind keinerlei liegende Konstruktionen dieser Siedlungsphase so weit landwärts und ausserhalb der Verbreitung von Schicht 16 erhalten geblieben.

7.7 Siedlungsphasen 7 und 8 und Schicht 17

7.7.1 Baugrundrisse in Phase 7

Die Pfähle von Phase 7 finden sich in deutlich regelmässiger Anordnung von Reihen und rechten Winkeln, die dennoch schwer zu entwirren ist (Abb. 142). Wie bereits für die Phasen 1 und 3 wurde auch hier nach Strukturen gesucht, indem Pfähle, die in Reihen mit regelmässigen Abständen standen, verbunden wurden, bis entweder ein Versatz der Achse, eine Winkeländerung oder ein ungewöhnlich grosser Abstand auf-

Zum Inhaltsverzeichnis

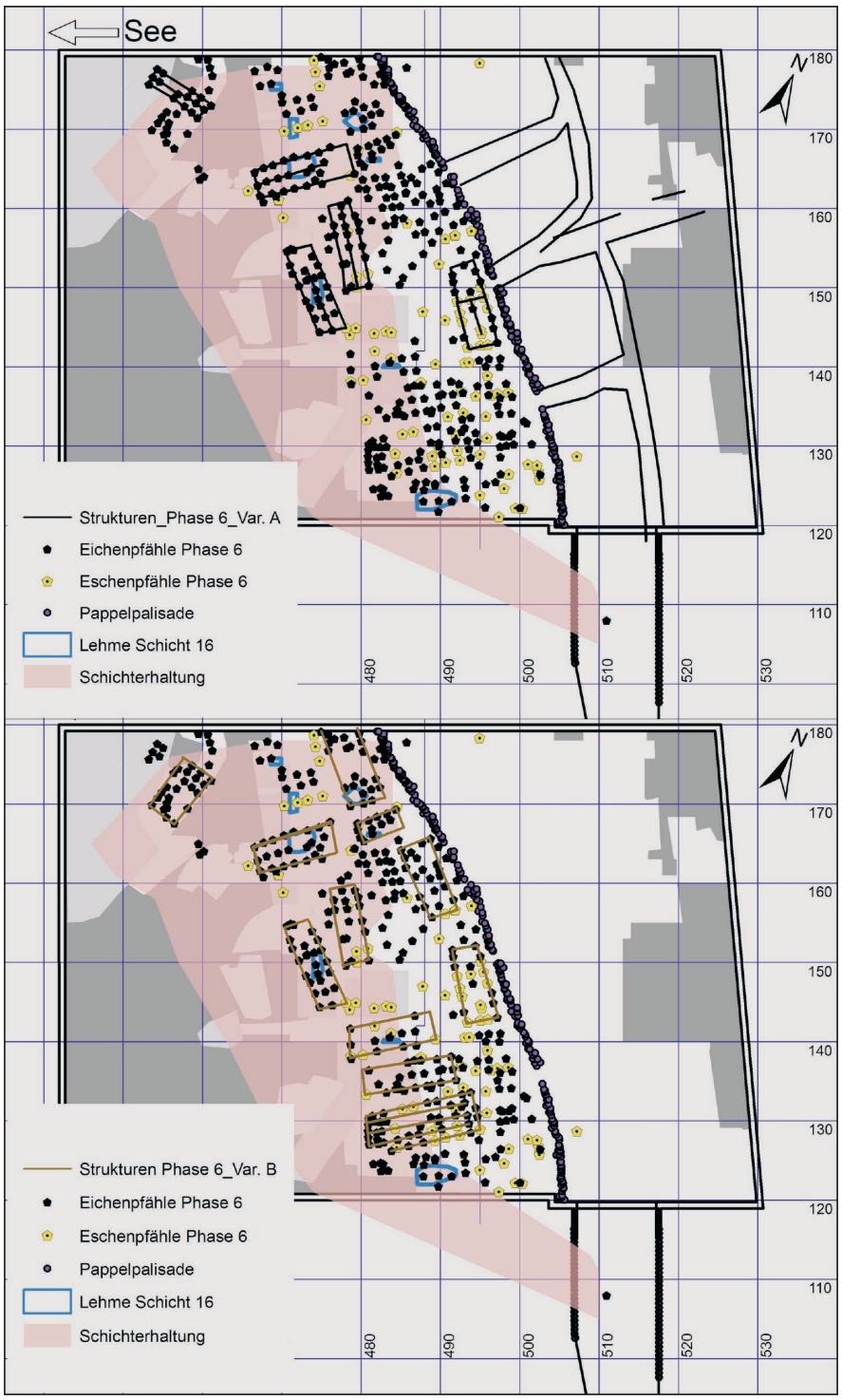


Abb. 141. Kartierung von zwei möglichen Strukturerkennungen anhand der datierten Eschen- und Eichenpfähle in Siedlungsphase Opéra 6 vor dem Hintergrund von Lehmen und Erhaltung von Schicht 16.

trat. Wenn solche Reihen parallel verliefen und gemeinsame Anfangs- und Endpunkte aufwiesen, wurden parallele Reihen testweise zu flächigen Strukturen verbunden. Wenn die Zahl der Pfähle pro Reihe und womöglich auch die Abstände zwischen Pfählen in den Reihen übereinstimmten, wurde unter Annahme von Jochstrukturen versucht, die Pfähle der Reihen miteinander zu Jochen zu verbinden. Im Fall offensichtlicher Jochstrukturen wurden fehlende Pfähle innerhalb des Bauverbunds ergänzt. Mit diesem Vorgehen liess sich im Südosten der Grabungsfläche eine Reihe von Gebäuden erschliessen. Die Anordnung der Pfähle ergab mindestens drei grosse, dreischiffige Gebäude mit Längen von 10–12 m und Breiten von 4,2–4,75 m. Zwei standen parallel, ein weiteres im 90°-Winkel dazu. Daneben befand sich ein 7 × 6 m grosser, annähernd quadratischer Bau mit 4:7 Schiffen. Zwischen dem Quadratbau und den dreischiffigen Gebäuden standen sechs zweischiffige und deutlich kleinere Gebäude. Zwei der zweischiffigen Gebäude waren ein Jahr jünger als die grossen Bauten daneben. In der Parkhauszufahrt Schillerstrasse stand ein Gebäude, dessen südöstliches Ende sowohl einen Wechsel der DG, des Schlagjahrs als auch der Organisation aufweist: Von zweischiffig wechselt

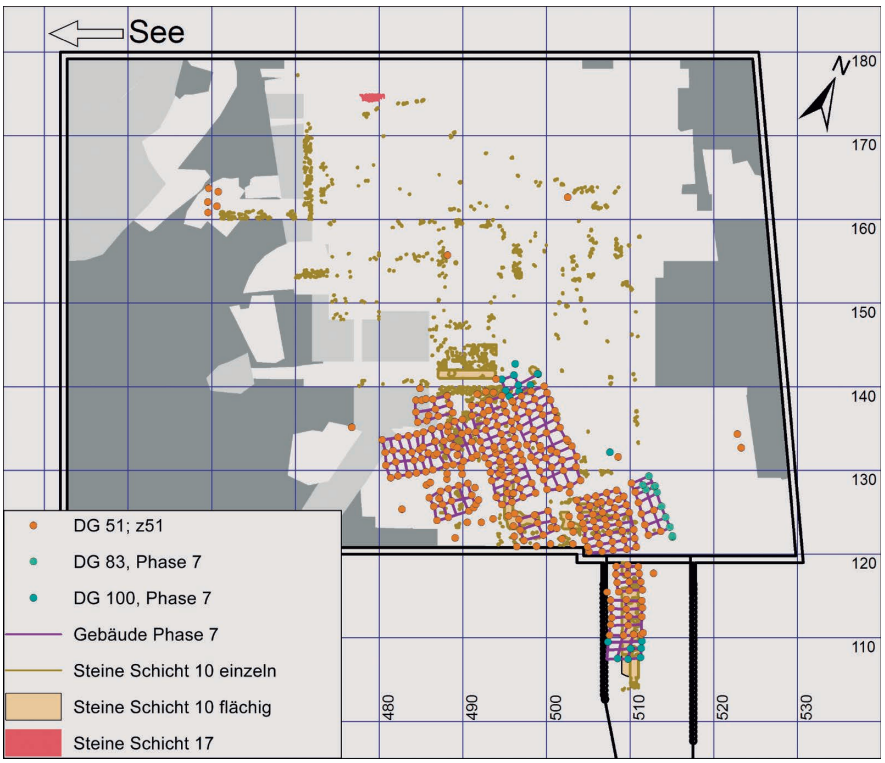


Abb. 142. Kartierung der Pfähle von Siedlungsphase Opéra 7 zusammen mit daraus abgeleiteten Strukturen.

der Bau auf dreischiffig, und die Pfähle des dreischiffigen Teils wurden erst ein Jahr später geschlagen. Der südöstliche Teil wurde aufgrund der guten Übereinstimmung der Längsachse dennoch hinzugenommen. Es könnte sich um eine nachträgliche Erweiterung handeln. Wenn dies stimmt, so ist dies ein Hinweis auf die mögliche Funktion der Gebäudetypen. Vor der Erweiterung lag das zweischiffige Gebäude mit 4,3 × 3,7 m Ausdehnung völlig im Bereich der anderen zweischiffigen Bauten. Mit der dreischiffigen Erweiterung ist es zwar noch immer kleiner als die dreischiffigen Strukturen, aber doch deutlich grösser als die anderen zweischiffigen. Es deutet sich ein Statuswechsel an bzw. die Existenz von Zwischenformen und -grössen, die im Nachhinein anpassbar waren. Dies scheint nahezulegen, dass es sich bei den zweischiffigen Gebäuden nicht um beigeordnete Wirtschaftsgebäude handelte. Zwischen den Gebäuden sind Reihen von Pfählen erkennbar, die teils um die Gebäude herum verlaufen.

Die so rekonstruierten Gebäude setzen sich durch ihre verhältnismässig grosse Breite, die Dreischiffigkeit und den ungewöhnlichen Quadratbau deutlich von den Gebäuden aus früheren Phasen ab. Es existieren jedoch gute Analogien aus Zürich-Mozartstrasse. Dort wurden in der Phase Schnurkeramik B von –2604 bis –2568 ebenso dreischiffige und zweischiffige Gebäude sowie ein solcher Quadratbau in Jochbauweise gleichzeitig nebeneinander erstellt[202]. Zudem stehen auch dort die Gebäude rechtwinklig zueinander. Damit zeigt sich, dass dies eine Bau- und Raumstruktur ist, die schon in der frühesten Schnurkeramik vorkam und mindestens 200 Jahre bestehen blieb.

Der Bezug von Phase 7 zu Schicht 17 ist kaum zu belegen, da diese im Parkhaus selbst nur auf wenigen Quadratmetern rings um Qm 479/175 gut erhalten ist und die Identifikation von Schicht 17 in der Schillerstrasse zweifelhaft ist. In beiden Fällen findet sie sich vorzugsweise unter einem Steinpflaster. Da ein solches Steinpflaster auch bei mässiger Erosion und unter Sauerstoffeinwirkung bessere Erhaltungschancen hätte, ist es möglich, dass sich Reste von Schicht 17 in Form von Steinkonzentrationen im Reduktionshorizont erhalten haben. Die entsprechende Kartierung zeigt tatsächlich, dass es in und um die schnurkeramischen Gebäude von Phase 7 massenweise Steine gibt (Abb. 142). Diese zeigen jedoch keine wiederkehrenden Positionen innerhalb eines Gebäudegrundrisses und wurden ebenso häufig zwischen den Gebäuden dokumentiert. Ein Radiokarbondatum aus Schicht 17 im Nordwesten legt eine Datierung der Schicht in der Zeit der Schnurkeramik nahe (Taf. 36), wobei aufgrund des Plateaus eine gewisse Unschärfe besteht.

Ein paar wenige datierte Pfähle dieser Phase abseits der Gebäude zeigen an, dass die Bauaktivität noch deutlich weiter reichte. Die Siedlungsstruktur lässt sich aber nicht analysieren, weil die datierten Pfähle keine zusammenhängenden Baustrukturen ergeben. Wahrscheinlich ist eine grössere Anzahl von Pfählen nicht datiert oder nicht erhalten.

7.7.2 Gebäudegrundrisse und Palisade in Phase 8

Datierte Pfähle von Phase 8 finden sich sowohl im Nordwesten wie im Südosten der Grabungsfläche (Abb. 143). Rings um Qm 500/130 deutet sich ein zweischiffiger Bau an. Weitere datierte Pfähle streuen strukturlos in einem Umkreis von zehn Metern. Im Nordwesten sind mehrere Reihen von regelmässig gesetzten Pfählen zu erkennen. Es könnte sich um einen dreischiffigen Bau handeln, dessen seewärtige Hälfte nur teilweise erhalten oder dokumentiert wurde. Daneben ist ein Quadratbau von 4,7 × 4,7 m mit drei bzw. vier Schiffen zu erkennen. Direkt anschliessend an diesen bzw. teilweise innerhalb dieses Grundrisses liegt das Steinpflaster aus Schicht 17. Damit ist auch hier kein eindeutiger räumlicher Bezug gegeben.

Zum Inhaltsverzeichnis

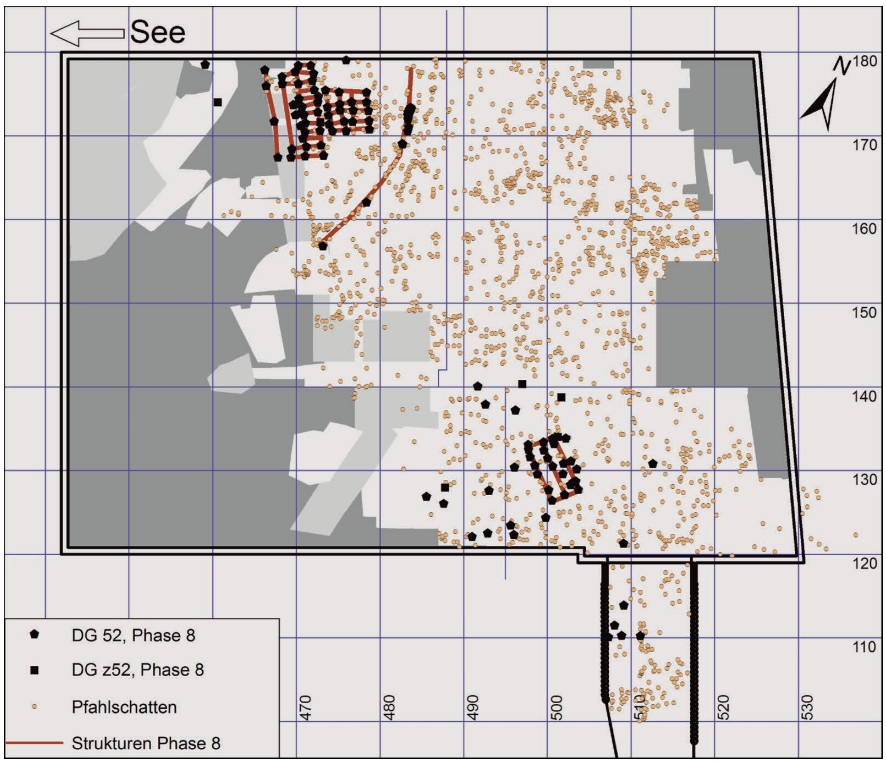


Abb. 143. Kartierung der Pfähle von Siedlungsphase Opéra 8 zusammen mit daraus abgeleiteten Strukturen und Pfahlschatten.

Landwärts des Quadratbaus verläuft auf einer Länge von etwa 5 m eine dicht gesetzte Reihe von gespaltenen Eichen in Nord-Süd-Richtung (Abb. 143). Kartiert man zusätzlich die Pfahlschatten – also punktuelle Befunde, die anzeigen, dass an einem Ort ein Pfahl stand, dieser aber nicht mehr erhalten ist –, so zeigt sich, dass die Linie der Eichen von Pfahlschatten weitergeführt wird und dabei zwei weitere erhaltene und datierte Pfähle ansteuert. Dadurch ergibt sich das Bild einer leicht gekrümmten und nach Westen hin offenen Palisade. An diesem Befund sind zwei Aspekte bemerkenswert: Zum einen wurden beidseits der Palisade synchron erstellte Baustrukturen festgestellt. Sie trennte also Areale innerhalb der Gesamtüberbauung voneinander ab. Es erscheint daher unwahrscheinlich, dass es sich bei der Palisade um eine Wehranlage gegen kriegerische Angriffe handelte, weil diese vermutlich die gesamte Gemeinschaft umschlossen hätte. Vielmehr strukturiert sie die Siedlung selbst. Zum andern ist dieser Befund aus taphonomischer Perspektive überraschend. Ganz offensichtlich sind viele Pfähle dieser Phase nicht mehr vorhanden. Aus geochemischer Perspektive ist es nicht möglich, dass sie unterhalb der erreichten Grabungstiefe noch vorhanden waren, weil oberhalb dieser Kote ältere Pfähle weniger widerstandsfähiger Holzarten erhalten geblieben sind. Das bedeutet, dass sie physisch herausgezogen worden sein müssen. Versuche mit bronzezeitlichen Pfählen in Bevaix haben ergeben, dass schon bei nur etwa 1,5 m Länge unter Boden mit Auszugskräften von 1–2 Tonnen gerechnet werden muss[203]. Auch Berechnungen der benötigten Auszugskraft bei noch nicht wassergesättigtem Holz haben ergeben, dass dafür beachtliche Kräfte aufgewandt werden müssen[204]. Ergänzt man die partiell vorhandene Palisade nach Norden bis zur Parkhausaussenwand und nach Süden so weit, bis ein Halbkreis gegen das Land hin erreicht ist, so ergeben sich bei gleicher Pfahldichte von 20 Pfählen auf 5 m immerhin geschätzte 200 Pfähle, die jeweils mit mindestens 1 Tonne Zugkraft gezogen werden müssten. Da keine Ausbruchgruben oder grössere Trichter dokumentiert wurden, muss die Kraft relativ senkrecht gewirkt haben. Es erscheint daher unwahrscheinlich, dass das Fehlen der Pfähle auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist, zumal ja auch aus den Gebäuden etliche Pfähle fehlen. Daraus folgt der Schluss, dass natürliche Prozesse wie Frosthebung innerhalb von Pfahlfeldern sehr selektiv einzelne Phasen betreffen und zugehörige Pfähle weitgehend entfernen können.

7.8 Undatierte Strukturen

Undatiert blieben bei den linearen Strukturen (Abb. 122) vor allem die aus Birke und Hasel errichteten bogenförmigen Pfahlsetzungen Bogen_1&2 sowie die zu diesen in rechtem Winkel verlaufenden NW_SO_1–4 im Norden der Grabungsfläche. Sie zeigen auch keine interpretierbaren räumlichen Bezüge zu einer bestimmten Phase. Die seewärtige Pappelreihe NS_8 im Westen bei X = 452 ist durch ein ^{14}C-Datum auf die Zeit vor –3000 datiert. Sie verläuft quer durch die Pfähle von Phase 2 und könnte eine seewärtige Begrenzung von Phase 3, 4 oder 5 darstellen.

7.9 Beobachtungen zur Einrammtiefe

Im Lauf der Ausgrabung konnte eine Reihe von Pfahlspitzen geborgen werden, deren detaillierte Auswertung noch aussteht. Generell sind die unteren Enden der Pfähle aber nicht verprobt worden, weil die Zeit zum Ausgraben fehlte und die Pfahlspitzen sich weit unter dem Niveau befanden, das baustatisch und sicherheitstechnisch zugänglich war. Dort, wo landseitig die Seekreide sehr dünn wurde, liess sich beobachten, dass die Pfähle nur bis zur Unterkante der Seekreide eingerammt waren oder höchstens wenige Zentimeter in die glazialen Sande darunter eindrangen. Dies galt

für die vorgeschichtlichen Pfähle ebenso wie für die neuzeitlichen (Abb. 11). Bei nur noch 40 cm Seekreide an der stadtseitigen Parkhausmauer bot die Seekreide nicht mehr genügend Halt, und entsprechend endete hier wohl die Bebauung. Einzig die Wegkonstruktionen verlaufen hier noch, was wohl damit zu erklären ist, dass sie nicht denselben Gewichten und Hebelwirkungen standzuhalten hatten wie die Pfähle von Gebäuden.

Nur in einem Fall konnte anlässlich einer punktuellen Sondage ein Pfahl auf ganzer Länge geborgen werden (Hnr 6458). Seine fast im rechten Winkel zur Längsachse verlaufende und damit unerwartet stumpfe Spitze befand sich in einer Tiefe von 400,9 m ü.M. Sie reichte damit 2,5 m tiefer als Schicht 13 im selben Quadratmeter. Der Pfahl gehört zu DG 19, die leider undatiert geblieben ist. Daher ist unklar, ob Schicht 13 der korrekte Bezugspunkt ist. Eine weitere Unsicherheit ist mit den Sedimentsetzungen verbunden: Es ist unklar, wie viel sich der Pfahl im Verhältnis zur Schicht abwärtsbewegt hat. Da er mit seinem unteren Ende in stärker konsolidiertem Material stand, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass er weniger stark abgesunken ist als die Schichten. Da die jüngeren Schichten an diesem Punkt nicht viel höher lagen als Schicht 13, kann man aussagen, dass Pfähle vermutlich 2–3 m tief eingerammt wurden, wenn es der Untergrund zuliess.

7.10 Zusammenfassung der Pfahlfeldanalyse

Insgesamt konnten von 22000 Pfählen und Pfahllöchern ca. 8000 datiert und/oder einer datierten Baustruktur zugewiesen werden. Der Erklärungsgrad des Pfahlfelds liegt damit bei etwa 35%. Zum Vergleich sei daran erinnert, dass in Zürich-Mozartstrasse auch bei optimistischer Zählweise nur etwa 16% der Pfähle datierbaren Strukturen zugewiesen werden konnten. Von den nicht zugewiesenen Pfählen sind 88% rund belassen. Immerhin 21% sind aus Eiche, 19% aus Pappel und 15% aus Erle.

7.10.1 Dendroarchäologische Ergebnisse zu Bauweisen und Bebauungsstruktur

Die Pfähle liessen sich in acht separate Siedlungsphasen der Horgener und der schnurkeramischen Kultur unterteilen. Während die Dorfpläne für die Phasen 1 und 3 recht exakt rekonstruiert werden konnten, gelang dies für die jüngeren Phasen nicht mit gleichem Erfolg. Der Grund liegt zum einen in der Holzauswahl. In Phase 4 beispielsweise wurden regelmässig runde Erlen mit wenigen Jahrringen verbaut (vgl. Kap. VIII.7.4), die nicht datiert werden können. Zum andern haben taphonomische Prozesse scheinbar die Mehrzahl der Pfähle von Phase 5 und 8 entfernt. Trotz dieser Schwierigkeiten konnten für alle Phasen ausser der nur randlich angeschnittenen Phase 2 mindestens grobe Angaben zu Raumaufteilung, Gebäudegrössen und -anordnung gemacht werden. Die Gebäudegrössen sind in Abb. 144 zusammengefasst.

Beim Vergleich von Phase 1 (–3234 bis –3226) und 3 (–3176 bis –3153) ist auffällig, dass sich die Jochabstände deutlich verringern. In Phase 1 sind die Joche innerhalb der Gebäude deutlich ausgeprägt, und der Abstand zwischen den Jochen beträgt zumeist ca. 1,5 m (Abb. 127). In Phase 3 dagegen sind die Abstände der Pfähle mit oft deutlich unter einem Meter sehr gering, und es ist kaum möglich, einzelne Joche zu identifizieren (Abb. 134). Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Grössenvariabilität in Phase 3 deutlich grösser ist als in Phase 1 und dass in den grossen Gebäuden 302, 308 und 312 im Mittelbereich zuweilen doppelte Pfostensetzungen auftreten (Abb. 134). Dieses technische Detail ist in Phase 1 nicht vertreten. Um weitere Informationen über die Konstruktionsweise der Gebäude zu erhalten, wurde in einem nächsten Schritt geprüft, ob die Pfähle der Mittelreihen grössere Querschnitte aufweisen als jene der Aussenreihen. Dies wäre zu erwarten, wenn die Pfähle das Dach direkt tragen und die Mittelreihe daher höher sein und mehr Gewicht tragen muss als die Aussenreihen. Abb. 145 zeigt, dass dies weder in Phase 1 noch 3 der Fall ist.

Bei der Raumordnung fällt auf, dass in Phase 1 (–3234 bis –3226) nur eine Gebäudezeile vollständig ausgeführt ist, während eine zweite Zeile nur teilweise besteht (Abb. 128). Die Gebäude von Phase 1 sind landseitig durch einen Weg erschlossen. Seewärtig bestand eine Palisade, die mindestens einreihig, wahrscheinlich aber sogar dreireihig ausgeführt war. In Phase 3 (–3176 bis –3153) hingegen sind mindestens drei dicht besetzte Gebäudezeilen belegt, und es gibt neben einem landseitigen, uferparallelen Weg auch einen rechtwinklig dazu verlaufenden Steg, der die seewärtigen Gebäudezeilen mit dem Land verbindet. Entlang dieses Steges verläuft quer durch die bebaute Fläche ein Pappelzaun, der die nördliche von der südlichen Hälfte trennt (Abb. 135). Eine einfache Schutzpalisade ist seewärts möglich, kann aber nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Phase 2 (um –3204) ist in zu geringen Aufschlüssen untersucht worden, als dass Aussagen zur Raumordnung getroffen werden könnten. Es lassen sich aber Aussagen zur Besiedlungsgrösse machen: Das Schlagdatum –3204 ist auch auf dem Kleinen und Grossen Hafner sowie in Zürich-KanSan nachgewiesen und belegt daher ein sehr grossflächiges Besiedlungsereignis. Phase 4 (um –3090) zeigt mit sicher drei uferparallelen Gebäudezeilen (Abb. 137) die grösste Ähnlichkeit zu Phase 3. Allerdings sind die Gebäude von Phase 4 deutlich kleiner. Die Pfähle sind grossteils in erkennbaren Jochen gesetzt, jedoch in kleineren Abständen als in Phase 1. Die Pfahlsetzungen stellen insofern eine Zwischenform zwischen jenen von Phase 1 und 3 dar. Erstaunlich ist, dass diese Gebäudeform offensichtlich auch auf der Basis von rund belassenen Erlenstangen mit meist nur 9 cm Durchmesser errichtet werden konnte.

Die Pfähle von Phase 5 (um –3063) sind nicht erhalten, was bedeutet, dass komplexe taphonomische Prozesse schon in vorgeschichtlicher Zeit stattfanden. Phase 6 (–2885 bis –2877) hingegen ist hinreichend belegt, um eine Reihe von Veränderungen gegenüber den früheren Besiedlungsereignissen festzustellen (Abb. 140). Die Gebäude sind – soweit feststellbar – in klarer Jochstruktur mit zwei Schiffen erstellt. Eine Pfahlsetzung könnte auch mehrschiffig sein. Anders als zuvor sind die Bauten nicht mehr in Zeilen angeordnet, sondern stehen in unterschiedlichen Orientierungen. In mindestens einem Fall steht ein Bau in einem klaren rechten Winkel zu den benachbarten Gebäuden, und in nur zehn Metern Abstand dazu steht ein drittes Gebäude vermutlich im 45°-Winkel. Aber nicht nur das Fehlen der streng gleichförmigen Gebäudeorientierung unterscheidet Phase 6 von den früheren. Es ist auch auffällig, dass diese Phase im Gegensatz zu früheren anstatt einer seewärtigen eine landwärtige Bebauungsgrenze aufweist, die als leichter Pappelzaun ausgeführt ist. Dieser hat mehrere Durchgänge, die scheinbar über Stege aus Esche zu einem uferparallelen Weg führen (Abb. 140).

Phase 7 (–2753 bis –2749) zeigt ein Bebauungsmuster, das aus der jüngeren Schnurkeramik von Zürich-Mozartstrasse

Gebäude-Nr,	max, Länge (m)	Länge vollständig	Breite Mitte (m)	Breite vollständig	Fläche (qm)	Fläche vollständig
101	5,32		3,2	×	14,94	
102	10,39	×	3,16	×	32,69	×
103	7,95	×	3,47	×	25,97	×
104	9,95	×	3,58	×	35,49	×
106	11,95	×	3,77	×	44,96	×
108	12,04	×	3,8	×	45,54	×
109	7,31	×	3,46	×	25,64	×
110	12,03		2,89	×	36,18	
111	11,17	×	3,79	×	41,62	×
112	13,85	×	3,91	×	53,91	×
113	14,83	×	4,19	×	62,56	×
151	6,16	×	3,16	×	19,23	×
152	14,24	×	3,44	×	48,53	×
171	7,9		4,26	×	33,34	
172	6,86	×	3,31	×	22,28	×
301	17,61		3,27		28,46	
302	14,68	×	4,42	×	64,18	×
303	7,47		4,11	×	26,35	
304	8,56		2,45		10,49	
305	18,52	×	4,73	×	87,09	×
306	12,63		3,97	×	48,39	
307	9,4		3,36	×	20,43	
308	16,52	×	4,58	×	73,87	×
309	9,13	×	3,09	×	27,47	×
310	9,49		3,26	×	28,67	
311	6,01		3,25	×	17,48	
312	14,06	×	4,21	×	57,5	×
313	12,06	×	3,79	×	40,23	
314	13,8		4,7	×	58,66	
315	12,38		4,15	×	45,01	
316	13,75		3,99	×	43,04	
317	11,29	×	3,61	×	39,97	×
318	14,62	×	3,9	×	54,1	×
319	16,05		3,98	×	55,68	
320	15,08		3,46	×	46,75	
321	12,09		3,82	×	39,57	
322	10,51		3,84	×	38,76	
323	7,58		4,06	×	23,3	
324	10,08	×	3,75	×	37,79	×
325	6,59	×	3,53	×	23,27	×
326	11,34		3,94	×	42,67	
327	8,15		3,42	×	27,54	
404	9	×	3,1	×	27,9	×
405	8		3,8	×	30,4	
407	7,5		3,5	×	26,25	
408	9,5	×	3,6	×	34,2	×
601	7,8		2,5	×	19,5	
602	12	×	3,8	×	45,6	×
603	11,3	×	3,6	×	40,68	×
604	11	×	3,2	×	35,2	×
605	10,7	×	3,7	×	39,59	×
701	10	×	4,6	×	46	×
702	12	×	4,3	×	51,6	×
703	12,2	×	4,5	×	54,9	×
704	5,7	×	6,7	×	38,19	×
705	2,5	×	4,1	×	10,25	×
706	4,7	×	3,2	×	15,04	×
707	4,1	×	2,6	×	10,66	×
708	6,6	×	2,5	×	16,5	×
709	3	×	2,8	×	8,4	×
801	10		2,1		21	
802	4,7	×	4,7		22,09	
803	7,1	×	3,5	×	24,85	×

Abb. 144. Tabelle der Gebäudeflächen sämtlicher auf Grundlage von Pfählen definierten Gebäude der Siedlungsphasen Opéra 1, 3, 4, 6, 7 und 8 (inkl. Angabe der verwendeten Gebäudelänge, -breite und Vollständigkeit).

bekannt ist. Hier stehen dreischiffige Gebäude rechtwinklig zueinander angeordnet. Daneben gibt es relativ grosse Quadratbauten (Abb. 142). Zusätzlich – und das ist in der Mozartstrasse unbekannt – stehen zwischen diesen grösseren Bauten auch kleine Gebäude. Es deutet sich an, dass sie bewohnt wurden, wie dies von Kleinbauten der Horgener Kultur bekannt ist[205].

Für Phase 8 schliesslich (um –2730) liegen nur fragmentarische Einblicke in die Bebauungsstruktur vor. Es deutet sich die Existenz zwei- und dreischiffiger Gebäudegrundrisse sowie zweier eng beieinander liegender und durch einen Zaun getrennter Siedlungsareale an.

7.10.2 Wiederverwendung und Arbeitsorganisation

Bemerkenswert ist, dass für alle gut repräsentierten Phasen die Verwendung von Altholz belegt ist. In Phase 1 lässt sich der erste Bau erst im Jahr –3234 belegen, das älteste Waldkantendatum stammt aber aus dem Jahr –3243. In Phase 3 müssen etwa 70 Pfähle mit Waldkante als wiederverwendetes Baumaterial angesehen werden. Ihre Schlagdaten reichen 14 Jahre vor den frühesten Bau zurück. In Phase 6 liegt das früheste Schlagdatum sogar 32 Jahre vor dem Beginn dieser Siedlungsphase. Wie diese Hinweise auf Wiederverwendung im Einzelnen zu verstehen sind, ist noch nicht ganz klar. Womöglich nahm man brauchbares Holz aus den Häusern der Vorgängersiedlung mit, um Arbeit zu sparen, vielleicht wurden manche Stücke während des Umzugs auch als Schleppe oder Schlitten verwendet.

Wie in Kap. VIII.1.5.3 dargelegt, tendieren Hölzer derselben DG dazu, in denselben Gebäuden aufzutreten. Besonders interessant ist der Fall von Gebäude 305, das zu einem sehr grossen Anteil aus extrem jahrringarmen Spalteichen errichtet wurde. Nachdem eine Kartierung von gespaltenen Eichen mit etwa 19–25 JR parallele Reihen zwischen zwei bekannten Baustrukturen ergab, wurde die Hypothese auf-

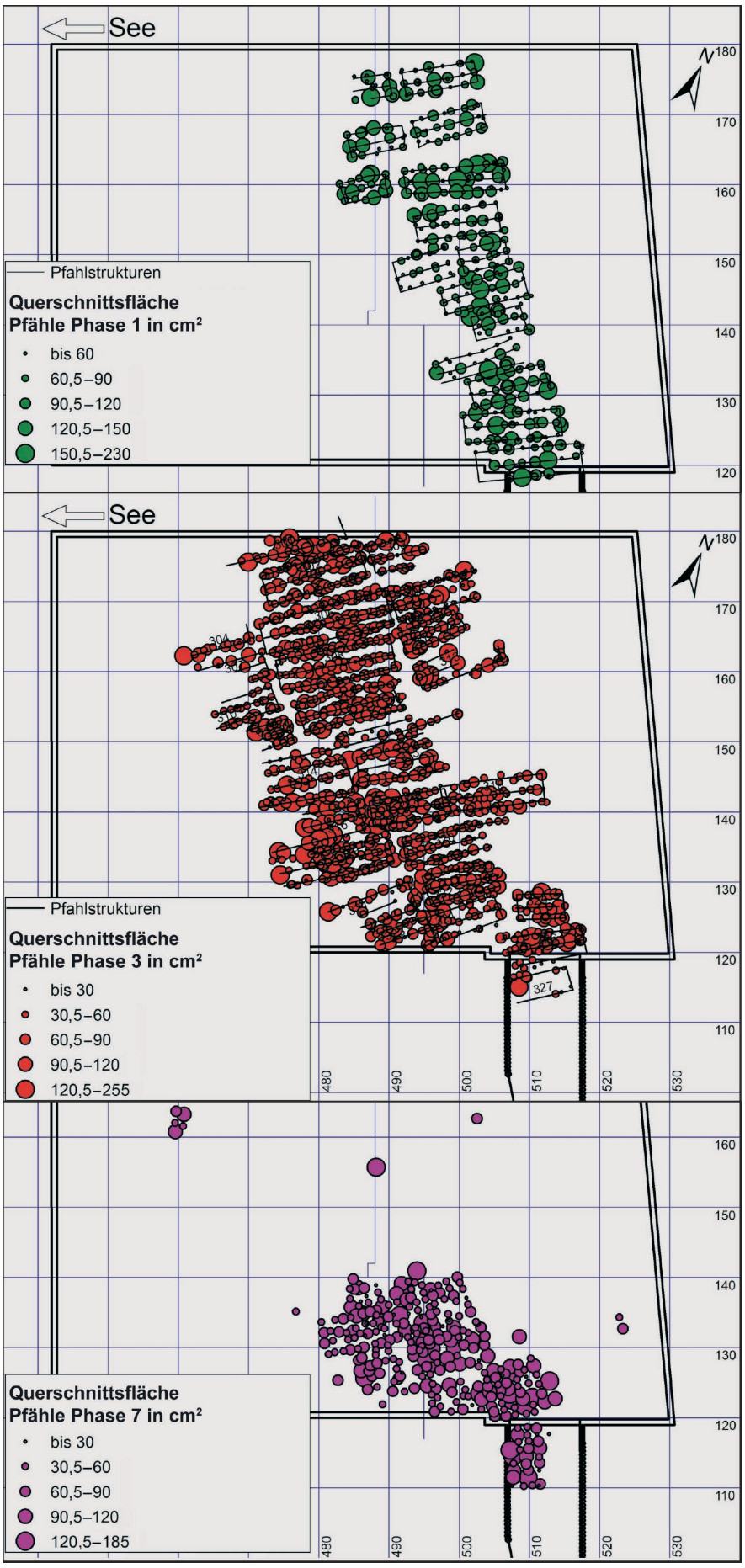


Abb. 145. Kartierung der berechneten Pfahlquerschnittsflächen von allen einer Struktur zugeordneten Pfählen für die Siedlungsphasen 1, 3 und 7 vor dem Hintergrund der Strukturen. Die Querschnittsfläche eines Pfahls wurde für die Formen 1, 2 und 8 als 1/8-, 1/4- und ganze Kreisflächen auf Grundlage des gemessen Radius berechnet, für die Form 4 wurde eine halbe Kreisfläche auf Grundlage der halben gemessenen Breite (entspricht dem halben Durchmesser) berechnet, für die Formen 9 und 10 wurde die Querschnittsfläche als Rechteck angenommen (also Radius mal Breite).

Zum Inhaltsverzeichnis

gestellt, dass es sich hier um einen zusammenhängenden Bau handelt. Da die Zuordnung zur selben DG darauf beruht, dass Bäume denselben Einflüssen ausgesetzt waren, ist es naheliegend, zu folgern, dass sie nahe beieinander gewachsen waren. Das bedeutet für die Rekonstruktion der Chaîne opératoire, dass in gezielten Einzelaktionen Holz geholt und sogleich verbaut wurde. Dass dieselben DG auch in verschiedenen Gebäuden auftreten können, sogar in solchen, die nicht benachbart sind, bedeutet aber, dass die Bauhölzer offenbar nicht immer spezifisch für den Bau eines bestimmten Gebäudes geerntet wurden, denn dann wären eine grössere Einheitlichkeit der verwendeten DG innerhalb von Gebäuden und deutlichere Unterschiede zwischen den Gebäuden zu erwarten. Die Verteilung der DG in den Baustrukturen lässt sich recht gut mit der Organisation von Bauprojekten, aber nicht mit an Haushalte gebundenem Zugang zu Holzquellen erklären. Dennoch liessen sich Unterschiede im Bauholz auch innerhalb einer Siedlungsphase feststellen. So fanden sich in Phase 3 in manchen Gebäuden Pappel- und Erlenpfähle, während in anderen keine solchen Weichhölzer vorgefunden wurden.

7.10.3 Fazit der Pfahlfeldanalyse

Da es erst selten gelungen ist, acht separate Phasen in einem Pfahlfeld effektiv voneinander zu trennen, kann festgehalten werden, dass das beschriebene Vorgehen letztlich erfolgreich war. Der erreichte Erklärungsgrad von über 30% (obwohl nur 25% der Pfähle Eichen sind und viele Eichen nicht datiert werden konnten) unterstreicht die Bedeutung der systematischen Analyse sämtlicher Hölzer sowie die Möglichkeiten, die sich daraus ergeben. Dies wird besonders deutlich im Vergleich mit dem Pfahlfeld von Zürich-Mozartstrasse. Hier waren die Daten des Pfahlfelds lückiger, und Informationen zur Jahrringanzahl waren nicht aufgenommen worden. Der Erklärungsgrad liegt dort bei optimistischer Zählweise nur bei 16%[206].

8 INTERPRETATIONEN ZUR ENTWICKLUNG DER BAUHOLZNUTZUNG

(Niels Bleicher, Maria Burger, Urs Gut)

Die Siedlungen der Fundstelle Parkhaus Opéra waren in ein dichtes lokales Netzwerk weiterer Siedlungen eingebunden. Von diesen sind zwar schon viele bekannt, doch sind die Daten der Grossgrabungen Zürich-AKAD/Pressehaus, Kanalisationssanierung Seefeld und einiger kleinerer weiterer Fundstellen noch nicht dendrotypologisch aufgearbeitet worden. Die Betrachtung der Bauholznutzung am Ort kann daher im Augenblick nur eingeschränkt erfolgen, weil die benachbarten Siedlungen dieselben Waldbestände genutzt haben. Dennoch zeichnen sich bereits ein paar interessante Aspekte ab.

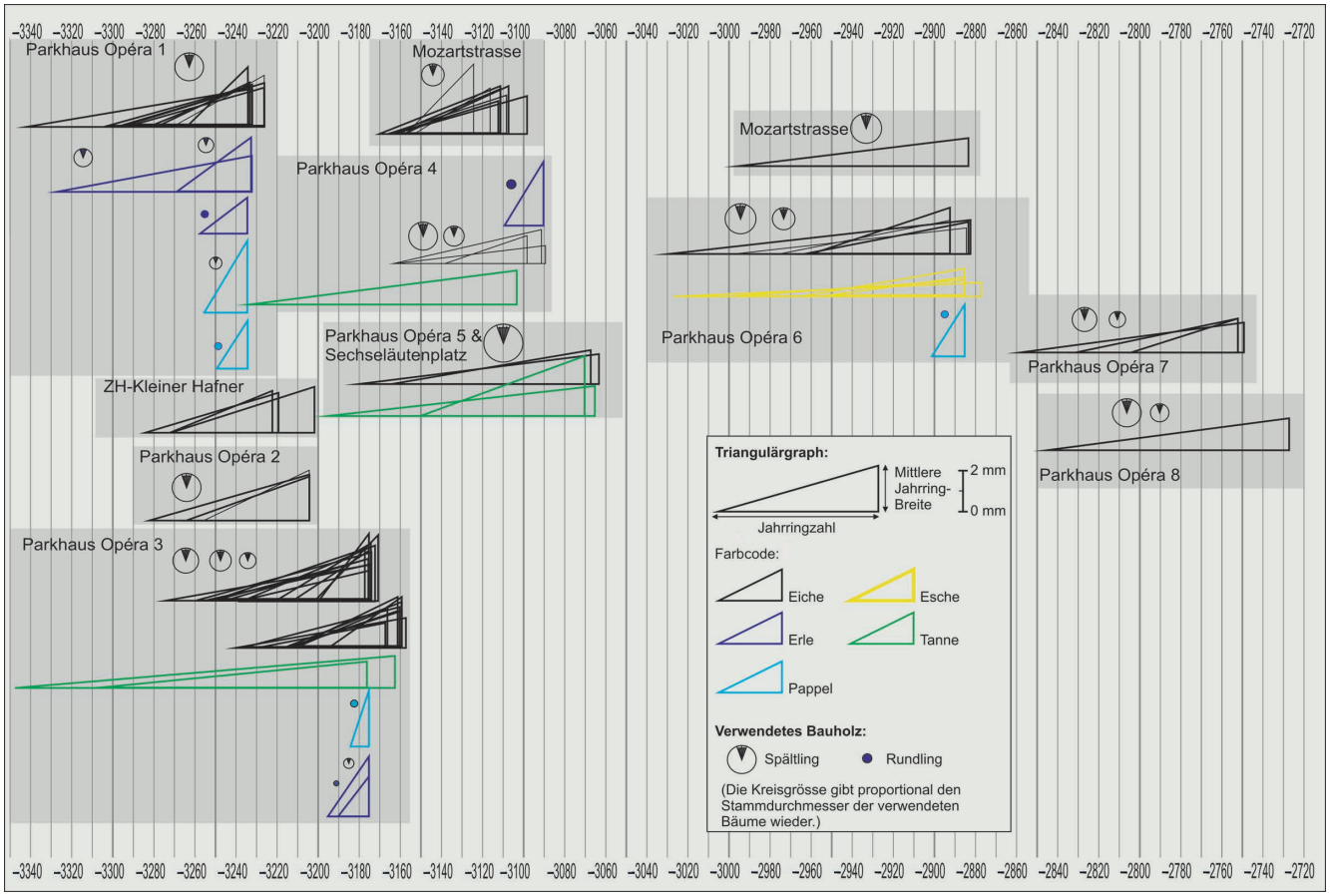


Abb. 146. Im Triangulärgraphen sind Datensätze der Horgener und der schnurkeramischen Kultur der Fundorte Parkhaus Opéra, Mozartstrasse und eine Selektion vom Kleinen Hafner dargestellt. Die einer Siedlungsphase zugeordneten Hölzer mit Waldkante wurden dafür nach Holzart getrennt und nach gemeinsamen Anfangs- und Schlagdaten in Klassen eingeteilt. Für die so ermittelten Gruppen wurde die mittlere Jahrringbreite berechnet. Zudem wird angegeben, ob es sich um Rundlinge oder Spältlinge handelt und wie gross der Stammdurchmesser der verwendeten Bäume ist.

In Abb. 146 sind die Datensätze der Horgener und der schnurkeramischen Kultur der Fundorte Parkhaus Opéra, Mozartstrasse und einer Selektion vom Kleinen Hafner in einem Triangulärgraphen dargestellt. Abb. 147 zeigt die Durchmesser und die mittlere Jahrringbreite der verwendeten Bäume während der einzelnen Siedlungsphasen. Obwohl sich der Stammdurchmesser der genutzten Bäume über die Zeit nicht oder kaum ändert, ändern sich die Länge der Serien und die mittlere Jahrringbreite deutlich. Die Horgener Jahrringserien zwischen −3235 und −3090 weisen konstant bis zu 70 JR und mittlere Jahrringbreiten um 2 mm auf. Daneben werden immer auch jüngere und schnellwüchsige Bäume verwendet. Betrachtet man die massierten Anfangsjahre der jüngeren Bäume von Phase Opéra 3, so fallen sie weitgehend mit den Schlagdaten von Phase Opéra 1 zusammen. Die Anfangsjahre von Phase Horgen A in Mozartstrasse sowie von Phase Opéra 4 entsprechen wiederum den Schlagdaten von Phase Opéra 3. Hier liegt es nahe, eine durch die Holzernte initiierte Waldverjüngung zu rekonstruieren, etwa durch Stockausschläge. Daneben wurden die schnellwüchsigen Hölzer der Auen recht intensiv genutzt. Besonders Erlen und Pappeln finden systematische Verwendung, wenngleich nur als Ergänzung in Gebäuden und für leichtere Konstruktionen wie Zäune und Wege. Die Tanne als Schattholzart der trockeneren Böden wurde fast ausschliesslich für Schindeln genutzt. Auch ihre Anfangsjahre scheinen jeweils mit früheren Siedlungsphasen zusammenzufallen, was andeutet, dass

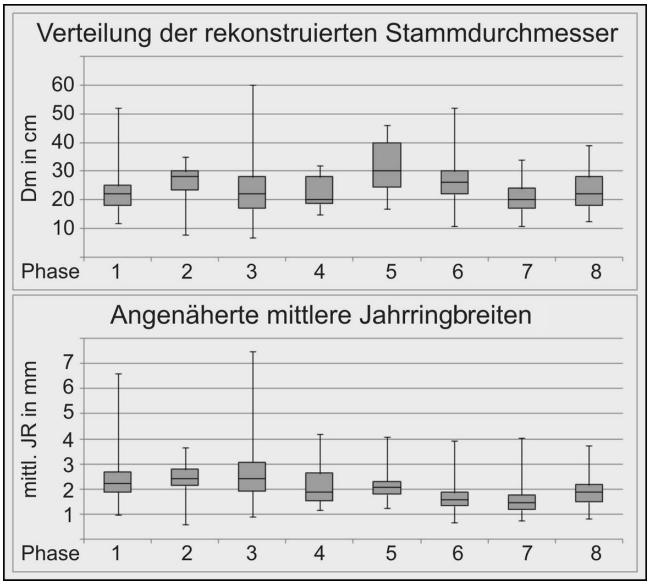


Abb. 147. Die Eigenschaften der als Bauholz verwendeten Bäume pro Siedlungsphase Opéra 1–8. Oben: Durchschnittlicher Stammdurchmesser. Unten: Berechnete mittlere Jahrringbreite.

die menschliche Nutzung auch die Waldbestände auf diesen Böden betraf. Während Phase Opéra 4 jedoch ändert sich das Verhältnis von Hauptholzart zu Nebenholzart: Die Gebäude werden jetzt aus dünnen runden Erlenstämmen errichtet, und Eiche wird nur rudimentär verwendet. Dies könnte bedeuten, dass Eichenholz in der gewünschten Qualität knapp geworden war. Weshalb die Eichen von Phase Opéra 5, die zu diesem Zeitpunkt bereits respektable Grössen erreicht hatten, nicht schon in Phase 4 verwendet wurden, ist unklar. Angesichts der Schweineknochen im Fundgut von Parkhaus Opéra könnten diese Eichen als Masteichen genutzt und deswegen geschont worden sein. Die Eichen von Phase Opéra 5 sind grösser und weisen längere Jahrringserien auf als die Eichen aller vorherigen Phasen. Auf der Fläche von Parkhaus Opéra sind danach für über 150 Jahre keine weiteren Siedlungsaktivitäten belegt. Einzig eine Häufung abrupter Zuwachserholungen um −2937 in den Eichen von DG 4 könnte menschliche Präsenz spiegeln, aber ebenso gut auf natürliche Ursachen zurückgehen. Die Jahrringserien der Phasen Opéra 6–8 spiegeln mit oft über 100 deutlich schmaleren Jahrringen im Vergleich zu den Daten vorheriger Siedlungsphasen im Gebiet von Parkhaus Opéra und umliegender Fundstellen eine andere Waldstruktur wider.

Ein weiterer grosser Unterschied zwischen den Jahrringserien der Phasen 1–4 und jenen der Phasen 5–8 liegt im Wachstumstrend sowie in den Indizien menschlicher Störfaktoren, die sich in den Jahrringserien und der Anatomie zeigen[207]. Die DG der Phasen 1–3 (und in Grenzen Phase 4) sind stark von abrupten Zuwachseinbussen mit folgender gradueller Erholung geprägt (Taf. 24–30), Ereignisse vom sogenannten LOC-Typ[208]. Bei einer Reihe dieser Ereignisse konnte im jeweils ersten betroffenen Jahrring eine anatomische Besonderheit festgestellt werden, die sich in einem zweiten Frühholzporenring innerhalb des Spätholzes eines Jahrrings äussert (Abb. 148). Die Kombination dieser Anatomie mit einem LOC-Ereignis wurde als komplexes Jahrringmuster bereits in Horgener Proben aus Zug-Riedmatt beschrieben und als Indikator für Schneitelung identifiziert[209]. Die Synopse der Einzelkurven aus DG 1 (Taf. 24) aus Phase 1 und DG 10, 12, 23 und 31 aus Phase 3 (Taf. 27–30) zeigt, wie viele Bäume jeweils synchron betroffen waren. Es fällt aber auf, dass die Ereignisse nur innerhalb der DG synchron sind, selten zwischen verschiedenen DG (Abb. 97, 101). Es gab also Baumbestände, die systematisch geschneitelt wurden, während andere geschont und erst später geerntet wurden. Interessanterweise ging man dabei sehr systematisch vor: In DG 1 vergehen vom ersten breiteren Jahrring bis zum ersten Ereignis 25 Jahre. Vom ersten bis zum zweiten Ereignis sind es 23 Jahre. Vom zweiten Ereignis bis zum dritten Ereignis sind es abermals 25 Jahre, wobei auch nach 21 Jahren in mindestens einem Baum eines sichtbar ist (Abb. 148). DG 22 beginnt mit dem ersten Ereignis in DG 1, teilt mit ihr das zweite und zeigt ein drittes nach weiteren 22 Jahren (Abb. 97). Auch in DG 3 vergehen zwischen erstem und zweitem Ereignis 22 Jahre. In DG 21 liegen zwischen erstem und zweitem Ereignis 23 Jahre. Daneben gibt es Beispiele, wo zwischen zwei solchen Ereignissen andere, sowohl längere als auch kürzere Zeiträume vergehen, so z.B. DG 12 und 56, oder solche, die nicht rhythmisch, sondern nur ein einziges Mal geerntet wurden (DG 10, 58). Dennoch ist die Häufung von Belegen für etwa 23 Jahre, die zwischen zwei Schneitelungen vergehen, auffällig. Auch in Phase 3 zeigen DG 23 und 37 zwischen erstem und zweitem Ereignis 22 bzw. 23 Jahre. Dabei ist festzuhalten, dass Bäume in deutlich kürzeren Abständen von wenigen Jahren geschneitelt werden könnten, ohne dass der Baum dadurch absterben müsste[210]. Allerdings wird er dadurch Wuchsformen entwickeln, die für die spätere Nutzung als Bauholz nicht unbedingt wünschenswert sind[211]. Ob dies der Grund für die seltene Schneitelung ist, bleibt offen. Setzt man voraus, dass die Schneitelung zum Zweck der Viehfütterung stattfand, sollte man erwarten, dass dies jedes Jahr geschah. Der lange Zeitraum zwischen zwei Nutzungen spricht jedoch eher dagegen. Stellt man hingegen

Zum Inhaltsverzeichnis

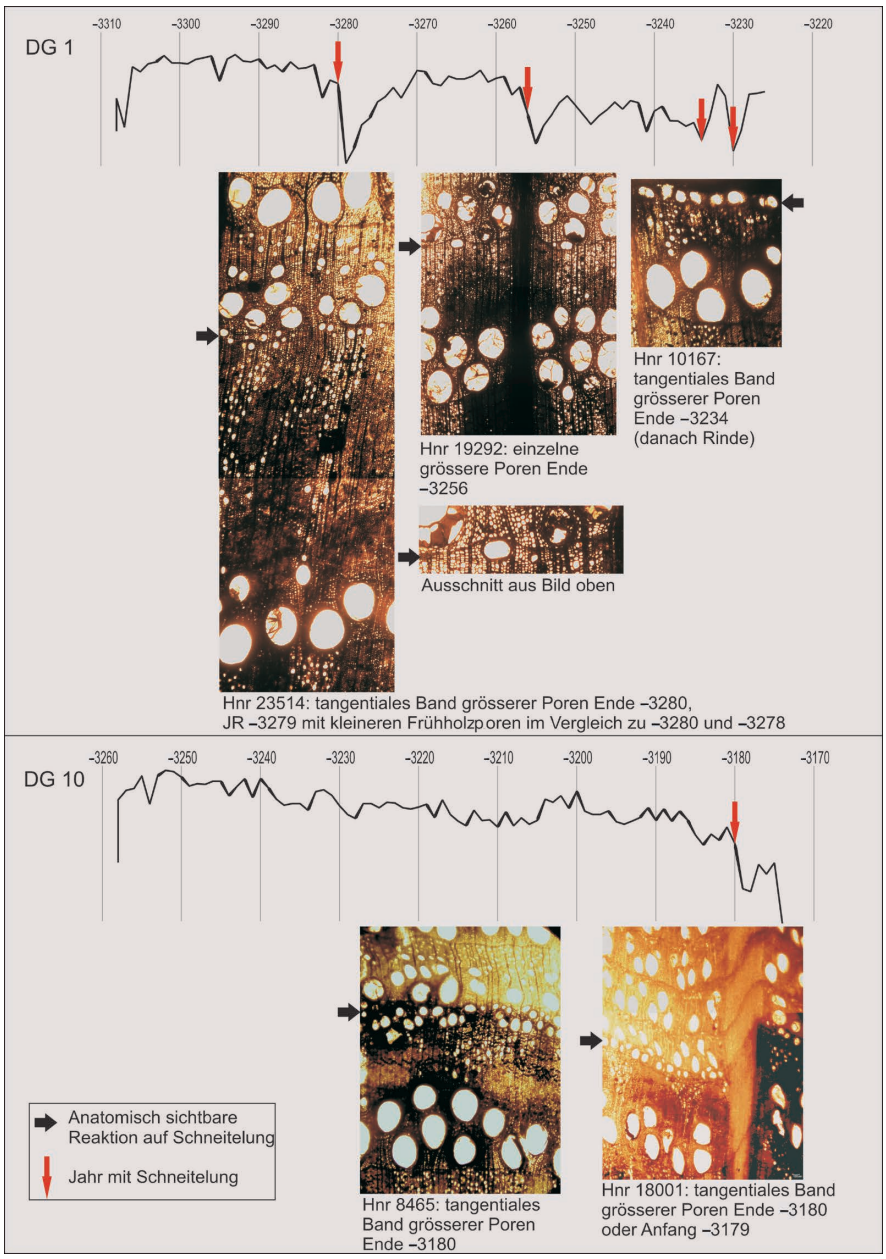


Abb. 148. Schneitelungsereignisse in den DG 1 und 10, dargestellt anhand der anatomischen Reaktion einzelner Bäume der zwei DG. Die Fotos zeigen Dünnschnitte der Querschnittsflächen.

alle Belege für Schneitelung über alle datierten DG hinweg ohne Anschauen der Beleghäufigkeit zusammen (Abb. 149), so zeigt sich, dass für sehr viele Jahre – nicht nur während der Besiedlungsphasen Opéra 1–3, sondern auch zwischen diesen – Belege für Schneitelung existieren. Bedenkt man weiter, dass es noch eine grössere Anzahl undatierter Hölzer gibt und diese Untersuchung sich nur auf die Hölzer der Fundstelle Parkhaus Opéra bezieht, so sind die tatsächliche Dichte und Frequenz der Ereignisse wesentlich höher einzuschätzen und könnten nahe an jährliche Schneitelung heranreichen. Zugleich belegen diese Beobachtungen menschliche Aktivitäten im direkten Hinterland während einiger Jahrzehnte vor Phase 1.

Betrachtet man die Informationen zu bestandesdynamischen Ereignissen aus den einzelnen DG, so ergeben sich im Detail bemerkenswerte Unterschiede (eine Auswahl ist in Abb. 150 dargestellt). Nicht nur sind die einzelnen Schneitelereignisse und die folgenden Erholungsjahre der einzelnen DG asynchron. Verschiedene DG scheinen Bezug auf Ereignisse in anderen DG zu nehmen, wie z.B. der Wuchsbeginn

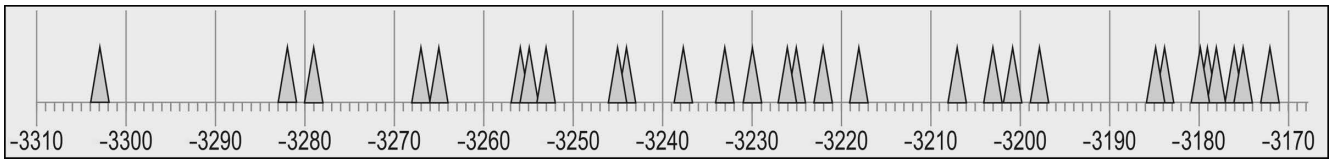


Abb. 149. Alle in den datierten DG der Siedlungsphasen Opéra 1–3 erkannten Schneitelungen (Dreiecke) auf einer Zeitachse.

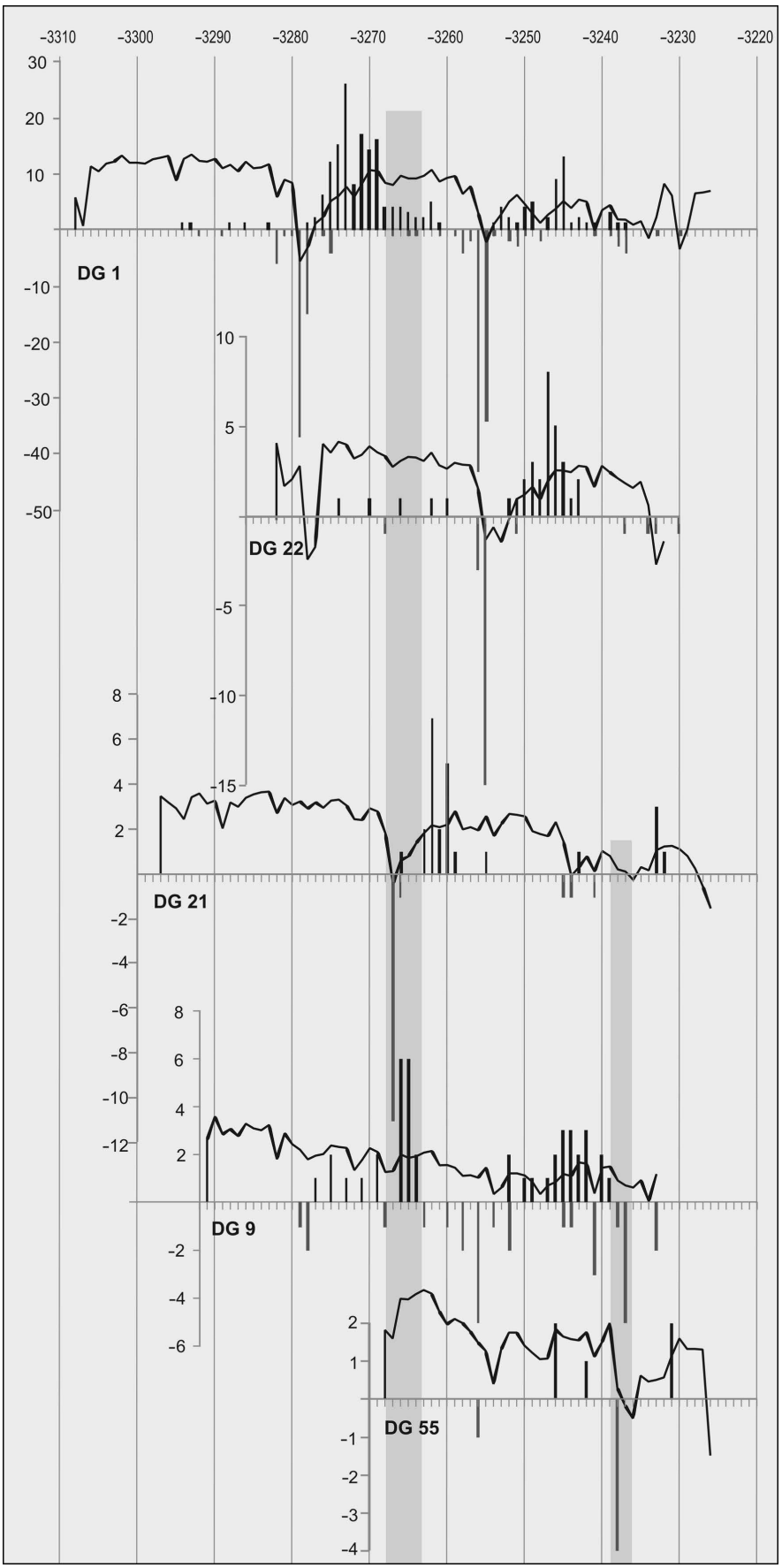


Abb. 150. Abrupte Zuwachsschwankungen in ausgewählten DG. Die grauen Balken geben die Häufigkeit von in einem Jahr dokumentierten abrupten Zuwachseinbussen einer DG an, die schwarzen Balken die Häufigkeit der im entsprechenden Jahr dokumentierten Zuwachszunahmen. Die schwarzen Kurven zeigen die MK der DG.

Zum Inhaltsverzeichnis

von DG 55 mit abrupten Zuwachszunahmen in DG 9 und einem Schneitelereignis in DG 21 zusammenfällt. Ebenso fällt der Wuchsbeginn von DG 22 in dieselben Jahre wie die erste Schneitelung in DG 1. Die Bäume aus DG 22 können gut im selben Bestand wie DG 1 gewachsen sein und sogar eine Folge des menschlichen Eingriffs um −3279 darstellen. Dass in den eben genannten DG aber die abrupten Zuwachszunahmen der Jahre −3276/−3275 in DG 9 (hierbei handelt es sich nicht um Schneitelreaktionen) keinerlei Spuren hinterlassen haben, zeigt, dass diese Bäume anderen Bedingungen ausgesetzt waren und vermutlich an einem anderen Ort wuchsen. Auch DG 9, 21 und 55 könnten zu einem gemeinsamen grösseren Bestand gehört haben, wobei die Bäume von DG 9 von Schneitelung verschont blieben. Jene von DG 55 hingegen können kaum demselben Bestand wie DG 1 zugeordnet werden, denn zum Zeitpunkt des Wuchsbeginns von DG 55 hatten sich die Eichen von DG 1 soeben von einem menschlichen Eingriff erholt und wieder dichte Kronen ausgebildet, unter denen der lichtbedürftige Eichenjungwuchs nicht aufkommt. Fest steht somit, dass DG 9, 21 und 55 nicht aus demselben Bestand stammen wie DG 1 und 22. Ähnliches lässt sich ebenso für die Bäume aus Phase 3 feststellen. So lässt sich rekonstruieren, dass eine Reihe separater Bestände genutzt wurde, innerhalb deren einzelne Baumgruppen unterschiedlich behandelt wurden. Somit differenzierten sich die Holzquellen fortwährend und waren ständig in unterschiedlichen Entwicklungsstadien vorhanden.

Über die Bauholz- und Waldnutzung zur Zeit der Horgener Kultur zwischen etwa −3300 und −3150 lässt sich daher aussagen, dass dieselben Bestände zur Laubfutter- und Bauholzgewinnung genutzt wurden. Die nahen Bauholzquellen waren in einzelne Bestände unterteilt, deren Nutzung und Pflege systematisch erfolgte. Sehr wahrscheinlich handelte es sich in vielen Fällen um Bestände vegetativer Verjüngung, die auf früheren Holzeinschlag zurückgingen. Die Verteilung der Anfangsjahre in Phase 1 legt daher nahe, dass die Bestände auf Verjüngungsphasen infolge Bauaktivitäten im Zeitraum um −3300 zurückgehen. Insgesamt ermöglichte dieses System aufgrund dauerhaft recht hoher Zuwächse und Beständen verschiedenen Alters eine hohe Bauholzproduktion und viehwirtschaftlichen Zusatznutzen. Die Nutzung war aber recht intensiv, und gelegentliche Übernutzung könnte zur oben beschriebenen mutmasslichen Verknappung von Eichenholz geführt haben.

Vorbehaltlich der Ergebnisse der benachbarten Fundstellen erinnert diese Konstellation an die Ergebnisse von Billamboz am Bodensee, wo auf intensive Jungwaldnutzung eine Phase der Degradation der Waldbestände folgte. Diese äusserte sich in der Verwendung grösserer und älterer Bäume, bevor es zu einer längeren Pause der Besiedlung kam. Bei diesen Bäumen handelt es sich mutmasslich um die letzten lokalen Stämme guter Qualität, die zuvor geschont wurden, weil sie beispielsweise für die Schweinezucht als Mastbäume dienten. Diese Degradation ist am Bodensee auffälligerweise weitgehend synchron mit derjenigen am Zürichsee um −3000, und die Wiederbesiedlung erfolgte um −2900[212]. Ob dieses Szenario tatsächlich synchron und in identischer Weise an beiden Seen stattfand, wird die dendrotypologische Analyse der weiteren Zürcher Fundstellen zeigen müssen.

Zum Inhaltsverzeichnis

IX DAS PFAHLFELD VON ZÜRICH-SECHSELÄUTENPLATZ/WASSERSPIEL

(Urs Gut)

1 FRAGESTELLUNGEN UND METHODEN

Die Nähe der Grabung Zürich-Sechseläutenplatz/Wasserspiel zur Grabung Zürich-Parkhaus Opéra und der Nachweis der Ausdehnung der Kulturschichten von Parkhaus Opéra unter den Sechseläutenplatz (vgl. Kap. III) sprechen für eine gemeinsame Betrachtung der Grabungsergebnisse. Der Bericht über Schichtabfolge und Fundauswertung der Grabung Sechseläutenplatz/Wasserspiel ist in Vorbereitung. Im Fokus des vorliegenden Beitrags stehen das dortige Bauholz, die Baustrukturen sowie die daran gewonnenen dendrochronologischen Datierungen. Die Auswertung der räumlichen Beziehungen zwischen den liegenden Hölzern ist ohne Informationen zu Schichtfolge und -genese nicht sinnvoll und erfolgt deshalb erst mit der geplanten Grabungsvorlage.

Untersucht wird hier die Frage, ob die in der Grabung Parkhaus Opéra belegten Bauphasen auch in Sechseläutenplatz/Wasserspiel nachzuweisen sind. Weiter soll geprüft werden, ob sich aufgrund dortiger Schlagdaten Baustrukturhypothesen formulieren lassen und ob diese mit Baustrukturen von Parkhaus Opéra in räumlicher Beziehung stehen.

Für die effiziente Suche nach Gebäudegrundrissen und anderen Baustrukturen ist die GIS-gestützte Pfahlfeldanalyse ein wichtiges Werkzeug. Zahlreiche Dendrodaten mit mässigen statistischen Korrelationsergebnissen oder von kurzen Jahrringserien sind ohne archäologischen Kontext nicht plausibel zu erklären. Die Pfahlfeldanalyse ist folglich integraler Bestandteil des Auswertungsprozesses. Ihre Anwendung lohnt sich selbst bei kleinen Untersuchungsflächen wie im Fall des unter dem Wasserspiel freigelegten Pfahlfelds. Genaueres zu den hier angewendeten Methoden ist Kap. VIII.1 zu entnehmen.

2 AUSGANGSLAGE

Bereits 2010 erbrachten Bohrsondagen im Umfeld der Grabung Parkhaus Opéra deutliche Hinweise auf die Ausdehnung des Pfahlfelds bis hin zum Bellevueplatz. Anlass zu weiteren Sondierungen gab im März 2013 die Errichtung eines Wasserspiels auf dem zwischen Parkhaus und Bellevue liegenden Sechseläutenplatz. Die in der Folge durchgeführten Trockeneissondierungen belegten, dass der geplante Technikraum des Wasserspiels das Pfahlfeld und Siedlungsschichten tangieren würde. Mit der Bauherrschaft (Tiefbauamt der Stadt Zürich) wurde auf Grundlage der errechneten Schichtkoten ein Kompromiss ausgehandelt. Diesem folgend grub man nur die direkt von der Baumassnahme betroffenen Flächen ab. Unter dem Niveau der Baugrube liegende Schichten wurden durch eine doppelte Schicht Geotextil, eine dazwischen liegende Plastikfolie und eine darüber aufgeschüttete Schicht Magerbeton geschützt. Alle durch die Ausgrabung freigelegten Hölzer wurden mit dem Tachymeter eingemessen. Äste zwischen 0,5 und 1,5 cm Durchmesser, von denen anzunehmen war, dass sie eingeschwemmt worden waren, blieben unberücksichtigt[213].

3 DENDROCHRONOLOGISCHE DATIERUNG

Die Untersuchung der Hölzer erfolgte analog jener der Grabung Parkhaus Opéra (vgl. Kap. VIII.1). Zur Bildung von Dendrogruppen (DG) wurden alle Einzelkurven mittels statistischer Verfahren zueinander korreliert. Anschliessend wurden die vielversprechenden Ergebnisse geplottet und visuell überprüft. Die so entstandenen Kurvengruppierungen bildeten den Ausgangspunkt für die Dendrogruppen. Danach war es in einigen Fällen möglich, den bereits gebildeten Gruppen zusätzlich Proben mit wenigen Jahrringen oder schlechteren statistischen Korrelationswerten primär aufgrund visueller Argumente zuzuweisen (vgl. zu diesem Verfahren Kap. VIII.1.5.1). Schliesslich gelang die Bildung von vier Dendrogruppen (DG 150–153). Für jede dieser Dendrogruppen war eine Mittelkurve (MK) zu erstellen, die mit den in Kap. VIII.1.5.1 beschriebenen Referenzchronologien wiederum statistisch und visuell verglichen wurde.

Die Mittelkurven von DG 151 und 152 bestehen aus jeweils vier Einzelkurven (EK), die Mittelkurve von DG 153 aus zwei Einzelkurven. Alle Einzelkurven stammen von Eichenproben. Die Längen der Mittelkurven betragen 32 (DG 153), 35 (DG 151) bzw. 43 (DG 152) Jahre. Für diese relativ kurzen Mittelkurven waren mit den oben erwähnten Referenzchronologien keine überzeugenden Korrelationspositionen zu finden. Sie blieben undatiert.

Die zehn Eichenproben von DG 150 konnten datiert werden. Das Endjahr der 96 Jahre umfassenden Mittelkurve ist das Jahr −3067 (Abb. 151). Auf dieser Position korreliert DG 150 mit der Referenzchronologie der Deutschschweiz ausgesprochen gut. Der t-Wert beträgt 7,1 (Tabelle 5 im Anhang). Die visuelle Prüfung fiel ebenfalls positiv aus und bestätigte das Datum −3067. Eine DG 150 zugeordnete Kurve mit Waldkante (WK) datiert sogar noch etwas jünger ins Jahr −3064 (Kurve auf Abb. 151 nicht abgebildet, da Status «zugeordnet»). A-datierte Waldkantendaten liegen des Weiteren in

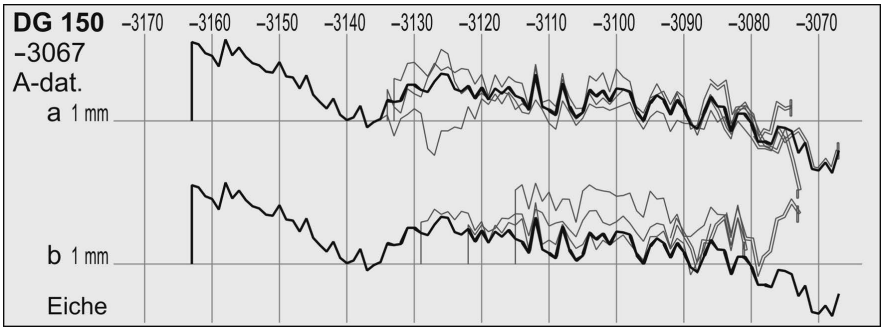


Abb. 151. Zürich-Sechseläutenplatz/Wasserspiel: Aufbau von DG 150, oben die a-datierten, unten die b-datierten EK (grau). Zugeordnete EK sind nicht abgebildet (Doppellinie: Splint; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG).

Zum Inhaltsverzeichnis

den Jahren –3067, –3073 und –3074 vor. Die übrigen Kurven von DG 150 sind aufgrund ihrer Kürze oder mässiger Korrelationswerte b-datiert und kommen hier nicht explizit zur Sprache, werden aber bei der Analyse von Pfahlfeld und Bauholznutzung in den nächsten Abschnitten berücksichtigt.

Die genannten Daten zwischen –3064 und –3074 liegen im Datenspektrum von Siedlungsphase 5 von Parkhaus Opéra (vgl. Kap. VIII.4). Ein Schichtpaket mit Horgener Fundspektrum wurde auch beim Sechseläutenplatz/Wasserspiel gefunden und ist mit den Pfahlfelddaten über das Waldkantendatum –3073 in Verbindung zu bringen. Es stammt von einem in der Horgener Schicht liegenden Spältling. Die übrigen Horgener Daten stammen von Pfählen.

Auf der Ausgrabung Parkhaus Opéra ist die Besiedlung der ersten Hälfte des 31. Jh. v.Chr. im Pfahlfeld nur sehr spärlich belegt (s. Kap. VIII.7.5). Deshalb erscheint besonders bemerkenswert, dass sich im kleinen Grabungsaufschluss von Sechseläutenplatz/Wasserspiel bislang allein diese Siedlungsphase datieren lässt. Mengenmässig werden die Daten der Grabung Parkhaus Opéra für Siedlungsphase Opéra 5 durch Hinzukommen der Datierungen von Sechseläutenplatz/Wasserspiel beinahe verdoppelt. Vor diesem Hintergrund ist der Besiedlungsschwerpunkt dieser Zeit möglicherweise im direkten Umfeld des Wasserspiels zu erwarten.

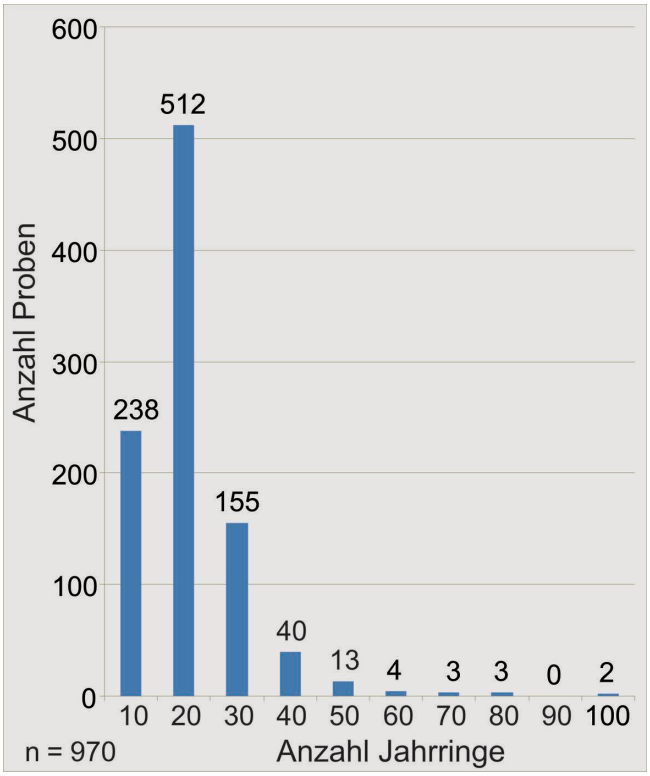


Abb. 152. Häufigkeitsverteilung der Anzahl Jahrringe pro Probe.

4 BAUBEFUNDE

Das ausgegrabene Pfahlfeld umfasst 903 eingemessene Pfähle. Nur zehn Proben sind dendrochonologisch a- oder b-datiert: neun Pfähle und ein liegendes Holz. Hauptgrund dafür ist das extreme Überwiegen von Proben mit weniger als 30 Ringen (Abb. 152; zum Thema Datierung kurzer Jahrringsequenzen siehe Kap. VIII.1.5.3). Dennoch können erste Befunde präsentiert werden.

Die Kartierung aller Eichenpfähle mit Radien von mehr als 3 cm lässt von Südwesten nach Nordosten und von Nordwesten nach Südosten verlaufende Pfahlfluchten erkennen (Abb. 153). Obwohl die Abstände zunächst recht unterschiedlich erscheinen, lassen sich teilweise regelmässige Pfahlabstände beobachten. Die Pfähle von DG 150 streuen zwar weit über die westliche Grabungsfläche, integrieren sich aber häufig in die beschriebenen Fluchten. Da die Waldkanten-

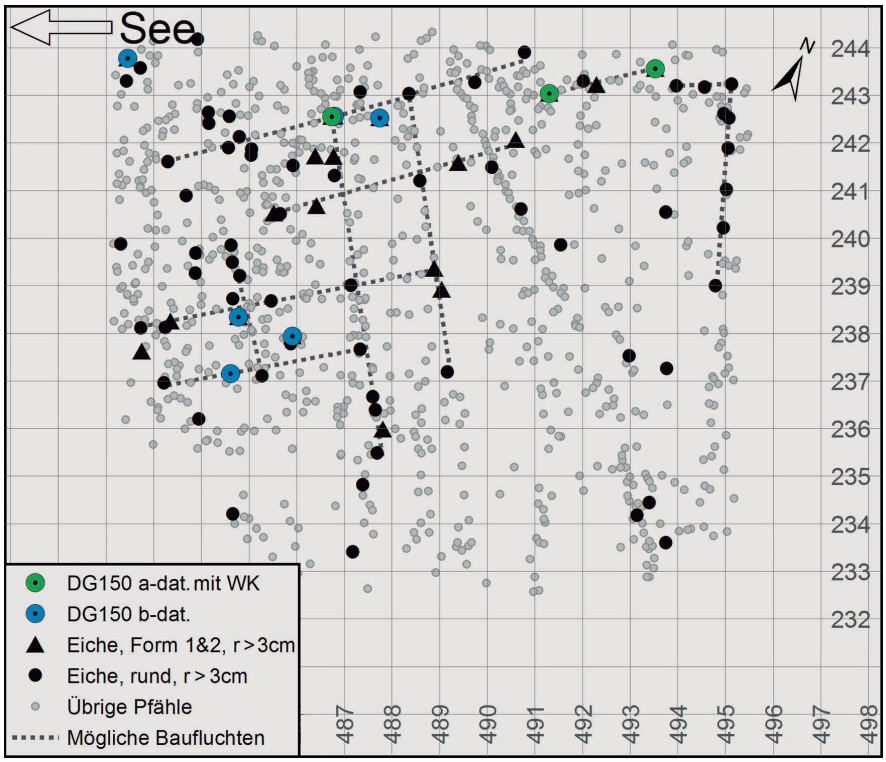


Abb. 153. Kartierung aller Eichenpfähle mit Durchmesser grösser als 3 cm (Rastergrösse 1 m²).

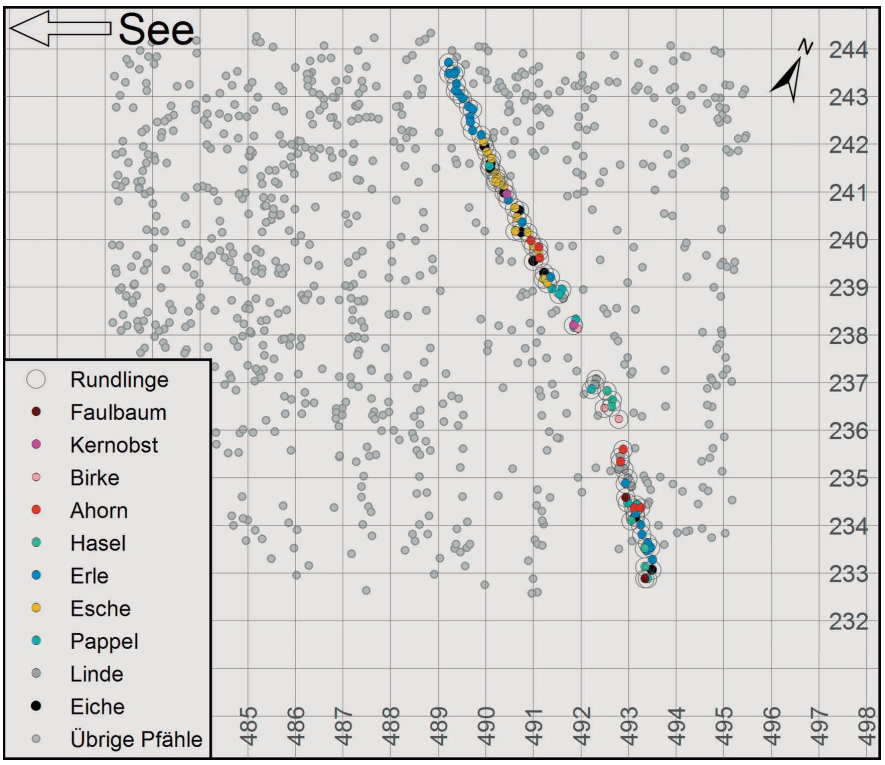


Abb. 154. Holzartenzusammensetzung der von Nordwesten nach Südwesten ziehenden Palisade (Rastergrösse 1 m²).

daten über zehn Jahre verteilt sind, ist von mehreren, nur ganz fragmentarisch erfassten Bauphasen auszugehen. Die Bebauungsstruktur der Horgener Phasen zeichnet sich deshalb nur unscharf ab und folgt grob den oben genannten Fluchten von Südwesten nach Nordosten und von Nordwesten nach Südosten.

Wegen der lückenhaften Datierung und der mehrfachen Überlagerung verschiedener Bauphasen gelingt die Identifikation von Gebäudegrundrissen momentan nicht – mit einer Ausnahme: In der Nordostecke des Pfahlfelds befinden sich acht Eichenrundlinge mit einem Durchmesser von 6 cm oder mehr, die sehr regelmässige Pfahlabstände zwischen meist 0,6 und 0,9 m aufweisen. Sie bilden die nahezu orthogonale Struktur A, sind aber undatiert (Abb. 153, Struktur A). In dieser Struktur kann am ehesten ein Teil eines Gebäudegrundrisses vermutet werden.

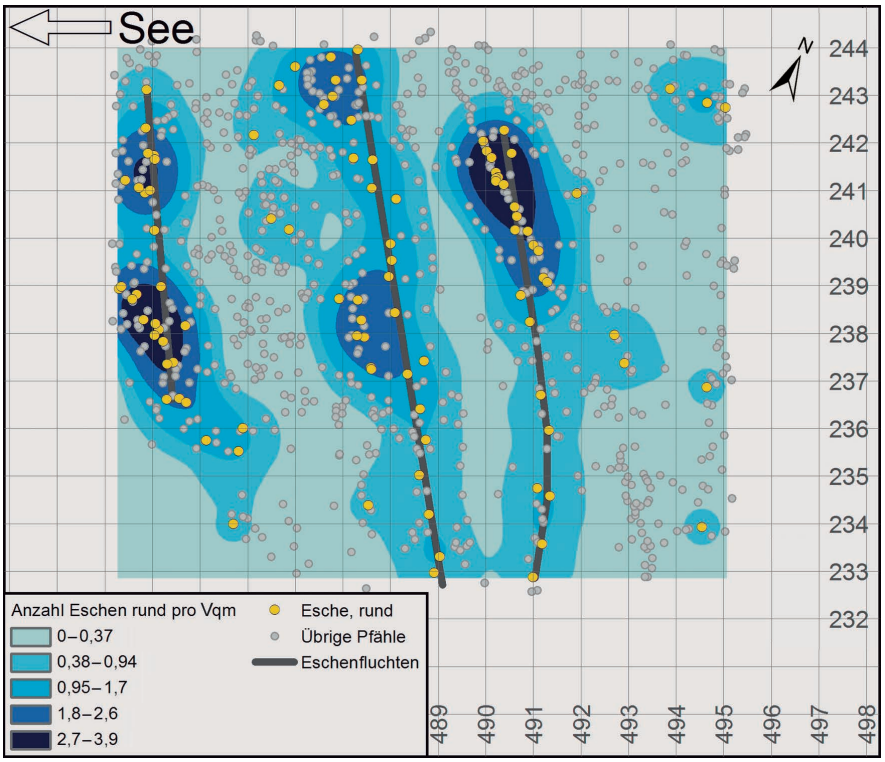


Abb. 155. Lage und Ausdehnung der Eschenrundlingsfluchten A–C. Ebenfalls dargestellt: 5-Stufen-Ergebnislayer der berechneten räumlichen Dichte aller Eschenrundlinge nach der Kernel-Dichtefunktion (Rastergrösse 1 m²).

Zum Inhaltsverzeichnis

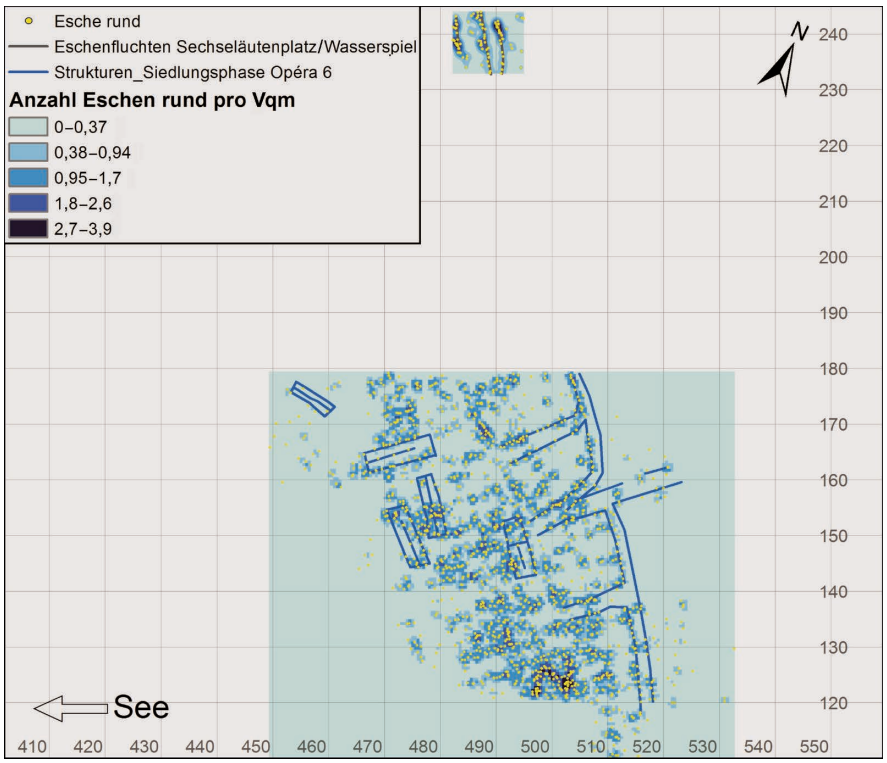


Abb. 156. Strukturen mit erhöhter Dichte runder Eschen in den Pfahlfeldern Parkhaus Opéra und Sechseläutenplatz/Wasserspiel.

Bereits an der dichten Stellung der Pfähle ist die von Nordwesten nach Südosten ziehende Palisade in der nordöstlichen Hälfte des Pfahlfelds erkennbar. Sie besteht überwiegend aus Rundlingen mit einem Durchmesser von unter 7 cm. Es wurden diverse Holzarten verbaut (Abb. 154).

Etwas weniger offensichtlich sind die Eschenfluchten A–C (Abb. 155). Grösstenteils bestehen sie aus 4–8 cm dicken Rundlingen. Pfahlabstände zwischen 0,6 und 0,9 m treten gehäuft auf. Sehr schön zeigt der graphische Output der Kernel-Dichtefunktion[214] die Nordwest-Südost-Orientierung der Fluchten A–C (Abb. 155)[215]. Ähnliche Eschenpalisaden oder -wege sind auf der Grabung Parkhaus Opéra festgestellt worden und werden aufgrund der räumlichen Bezugnahme zu den Baustrukturen von Siedlungsphase Opéra 6 um –2885 zugewiesen (Kap. VIII.7.6). Diese Siedlungsphase ist die einzige, für die der systematische Gebrauch von Eschen nachgewiesen ist. Der übereinstimmende Verlauf der Eschenfluchten auf beiden Grabungsflächen spricht durchaus für eine Zusammengehörigkeit ihrer linearen Strukturen (Abb. 156).

5 BAUHOLZNUTZUNG

Von Sechseläutenplatz/Wasserspiel liegen Proben von neun horgenzeitlichen Spältlingen und einem mehrseitig bearbeiteten Hälbling vor. Alle bestehen aus Eichenholz. Die Spältlinge sind mit Ausnahme eines einzelnen liegenden Holzes als Pfähle verwendet worden. Die Tatsache, dass sich diese innerhalb der oben erwähnten Baufluchten befinden, spricht für eine Interpretation als First- oder Wandpfähle. In dieselbe Richtung weisen die relativ grossen, zwischen 8 und 16 cm liegenden Pfahldurchmesser. Solche Durchmesser wären für das Tragen von Dach- oder Bodenkonstruktionen ausreichend. Der Mindestdurchmesser der Bäume, aus denen diese Pfähle hergestellt wurden, betrug zwischen 17 und 39 cm.

Bei der überwiegenden Mehrheit der Pfähle wurden Rundlinge junger Bäume im Alter zwischen 5 und 30 Jahren mit einem Durchmesser zwischen 3 und 7 cm verbaut (Abb. 157). Über die mögliche Funktion derartiger Pfähle kann am Sechseläutenplatz nur spekuliert werden. Die Pfahlfeldanalyse von Parkhaus Opéra zeigt, dass diese Art von Pfählen besonders schwer Baustrukturen und Siedlungsphasen zugewiesen werden kann (Kap. VIII.7).

Das Holzartenspektrum (Abb. 158) ist charakteristisch für feuchtigkeitsliebende Waldgesellschaften[216]. Allem Anschein nach wurde das Bauholz grösstenteils in ufernahen Wäldern geschlagen. Auffällig ist der hohe Anteil an Kern- und Steinobstarten. Es drängen sich hier die Fragen auf, ob solche Baumarten gezielt gefördert und genutzt wurden und wann

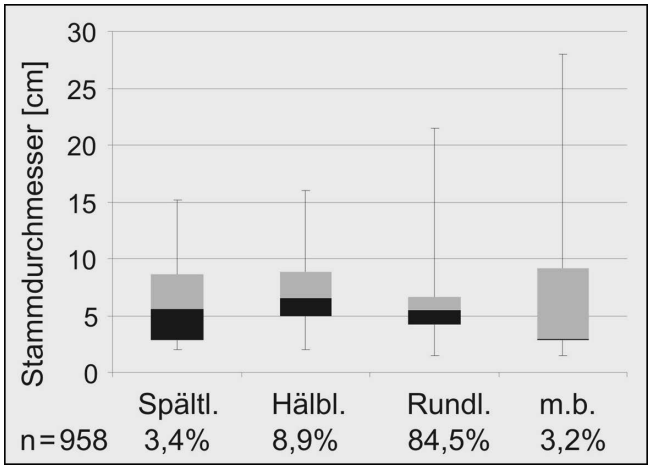


Abb. 157. Boxplot der Mindestdurchmesser und rekonstruierten Durchmesser aller Spältlinge, Hälblinge, Rundlinge sowie mehrseitig bearbeiteten Hölzer (m.b.). Dargestellt sind Minima und Maxima sowie 25%-Quantil, 75%-Quantil und Median.

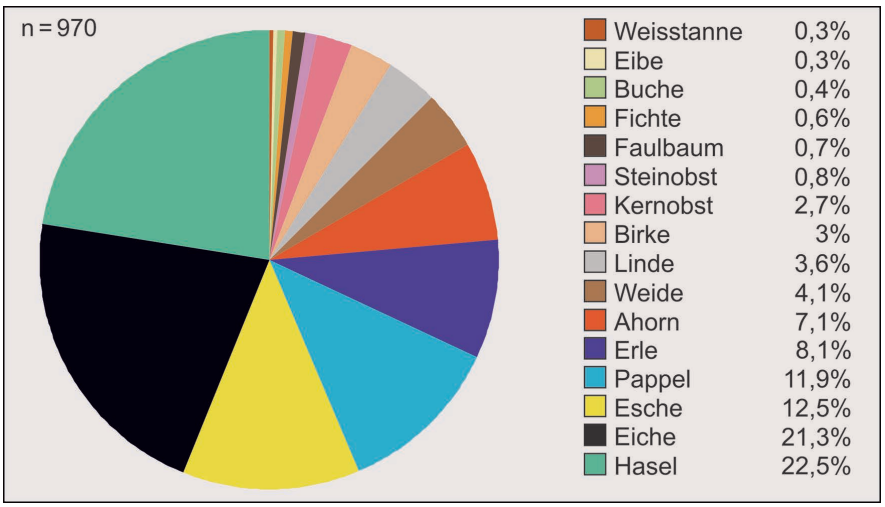


Abb. 158. Holzartenverteilung aller bestimmten Proben aus Sechseläutenplatz/Wasserspiel.

diese Praxis allenfalls einsetzte. Die botanische Untersuchung von Schichtproben aus der Grabung Parkhaus Opéra ergab schon für Schicht 13, die zwischen −3176 und −3153 datiert (Kap. VIII.4), dass Kern- und Steinobst in so grossen Mengen vorhanden ist, dass eine gezielte Förderung dieser Arten naheliegt[217].

6 FAZIT UND AUSBLICK

Im Kontext der Befundvorlage von Zürich-Parkhaus Opéra sind für Zürich-Sechseläutenplatz/Wasserspiel zwei Ergebnisse hervorzuheben: die Datierung einer Siedlungsphase der ersten Hälfte des 31. Jh. v.Chr. und die Entdeckung dreier Eschenrundlingfluchten derselben Art, wie sie für Parkhaus Opéra belegt werden konnten. Das Postulat der zumindest phasenweisen Zusammengehörigkeit beider Pfahlfelder und Siedlungsstellen kann somit weiter gestützt werden. Mit den Schlagdaten zwischen −3074 und −3063 ist für Sechseläutenplatz/Wasserspiel nun eine Siedlungsphase klarer gefasst, die sich bislang nur ansatzweise anhand von vier b-datierten Hölzern mit zwei Schlagdaten im Jahr −3078 aus Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld belegen liess[218]. Inwieweit die Besiedlung unter dem Sechseläutenplatz auf jene im Seefeld folgte oder sogar gleichzeitig war, kann noch nicht entschieden werden. Im zweiten Fall lägen entweder zwei benachbarte Siedlungen in sehr geringer Distanz vor, wie in Alleshausen-Täschenwiesen (D) belegt ist[219], oder es wäre eine sehr grosse Siedlungsfläche zu rekonstruieren, deren Bedeutung für paläodemographische Fragen noch nicht abzusehen wäre, weil die Bebauungsdichte auf der Fläche unbekannt ist. Eine vergleichbare Situation ergab sich in der Pfyner Besiedlung von Sipplingen-Osthafen (D)[220]. Das übrige, noch unberührte Pfahlfeld und die Kulturschichten scheinen unter dem neuen Sechseläutenplatz gut geschützt und bergen Potenzial, Fragen der Besiedlungsdichte bzw. -abfolge klären zu helfen.

X MIKROMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNG DER SCHICHTABFOLGEN

(Christine Pümpin, Philipp Wiemann, Philippe Rentzel)

1 EINLEITUNG

Mikromorphologische Untersuchungen von Feuchtbodensedimenten haben in den vergangenen Jahren, vor allem dank gross angelegter Forschungsprojekte an prähistorischen Seeufersiedlungen, etliche Fortschritte in der Interpretation von Schichtbildungsprozessen erzielt[221]. Aus den oftmals erstklassig überlieferten Sedimentarchiven lassen sich mit dieser mikroskopischen Untersuchungsmethode nicht nur Einblicke in das Bildungsmilieu während der Ablagerung der Schichten gewinnen, sondern auch Prozesse nachweisen, die postsedimentär, d.h. nach der Schichtbildung gewirkt haben, was wiederum Aussagen zur Taphonomie einer Fundstelle erlaubt[222].

Sowohl die natürlichen Ablagerungsvorgänge als auch der menschliche Einfluss auf die Entstehung der Sedimente spielen für die Interpretation archäologischer Befunde nicht nur im Bereich von Seeufersiedlungen eine wichtige Rolle. Die Verwendung der Mikromorphologie, die es ermöglicht, ungestörte Schichtabfolgen mittels in Kunstharz konservierter Profilproben und Dünnschliffen zu analysieren, ist für die Identifikation besonders von kurzfristigen Ereignissen innerhalb der Bildungsgeschichte einer Fundstelle von einiger Bedeutung. Diese die Mikrostratigraphie betreffenden Beobachtungen können auch für die weiteren an der Auswertung beteiligten naturwissenschaftlichen Disziplinen relevant sein.

Die Grabung Zürich-Parkhaus Opéra, deren dokumentierte Schichten sich insgesamt auf einer Fläche von rund 3000 m² erstreckten (vgl. Kap. III)[223], warf in verschiedenen Punkten Fragen auf, die unter anderem die Bauweise der Gebäude (ebenerdig oder abgehoben), den ehemaligen Seepegel oder auch den Einfluss des Sees auf die anthropogenen Sedimente während und nach der Besiedlung betrafen. Zur Diskussion stellte sich zudem die Problematik möglicher syn- und postsedimentärer Prozesse[224] und die genauen Ablagerungsprozesse von Lehmen und der organischen Kulturschicht[225]. Dabei wurde von archäologischer Seite aufgrund der Befunde, bautechnischer Überlegungen und geotechnischer Modelle die Hypothese aufgestellt, dass die organischen Kulturschichten unter Wasserbedeckung abgelagert worden seien. Um diesen spezifischen Fragestellungen nachzugehen und die verschiedenen Sedimenttypen sowie die zugrunde liegenden Schichtbildungsprozesse im Detail zu rekonstruieren, wurden während der Grabung an repräsentativen Profilen systematisch Bodenproben für naturwissenschaftliche Analysen entnommen, darunter auch für die Mikromorphologie. Für den vorliegenden Bericht wurden 5 Profilkolonnen ausgewählt und die Ergebnisse in deskriptiver Form vorgelegt.

2 METHODEN

Für die mikromorphologischen Untersuchungen wurden während der Ausgrabung an ausgewählten Profilen orientierte Bodenproben in unterschiedlich grossen Plastik- und Metallkisten entnommen[226]. Ziel war es, eine möglichst repräsentative und über die gesamte Fläche der Fundstelle reichende Beprobung zu erhalten (Abb. 159). Insgesamt gelangten für die mikromorphologische Auswertung 60 Bodenproben an das Institut für Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie (IPNA) der Universität Basel. Nach genauer Beschreibung und fotografischer Dokumentation wurden die grösseren Bodenproben

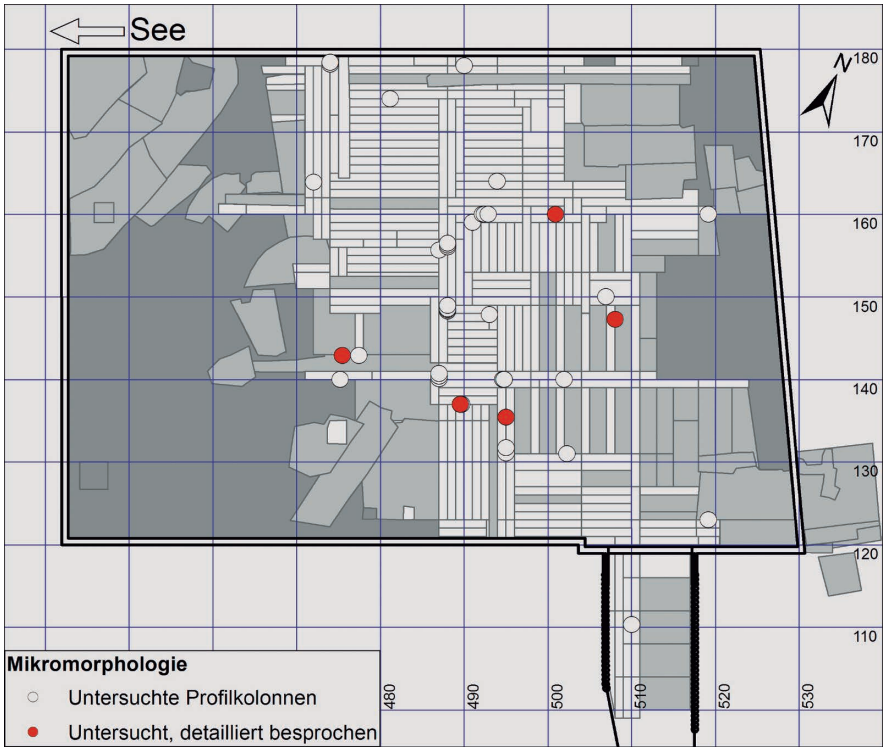


Abb. 159. Grabungsplan von Zürich-Parkhaus Opéra mit Lage der mikromorphologischen Bodenproben. Rot markiert sind die im Text präsentierten Profile.

von 60–80 cm Länge in handlichere, 20 resp. 25 cm grosse Teilproben aufgeteilt, um sie im Folgenden einfacher bearbeiten zu können. Durch die grosse Menge an Bodenproben und das verfügbare Zeitbudget wurde auf das präparativ aufwändigere Trocknungsverfahren mittels Azeton verzichtet. Die Bodenproben wurden deshalb während mindestens zweier Monate bei normaler Raumtemperatur gelagert und so getrocknet. Diese Phase ist besonders bei stark organischen Proben entscheidend, um Artefakte durch den Schwund beim Trocknen soweit als möglich zu vermeiden und die ursprünglichen Sedimentstrukturen bestmöglich zu erhalten.

Nach diesem Prozess wurden die Bodenproben unter Vakuum in einem Zweikomponentenharz aus Araldit (DY 026 SP) und Laromin (C260) eingebettet. Die vollständig ausgehärteten Blöcke wurden anschliessend mit einer Diamantsäge in Tranchen von ca. 1,5 cm Dicke aufgetrennt. Die so erhaltenen 91 grossformatigen Anschliffe (Abb. 160 a) sind gleichzeitig die konservierten Belege des archäologischen Profils. In einem nächsten Arbeitsschritt wurden die Anschliffe zuerst fotografisch dokumentiert, und die makroskopisch auf den Präparaten gut erkennbare Schichtabfolge wurde beurteilt. Anschliessend wurden die Ausschnitte bestimmt, aus denen in einem zweiten Schritt insgesamt 293 Dünnschliffe in der Grösse von 4,7 × 4,7 cm angefertigt werden sollten. Die dazu erforderlichen rechteckigen Blöcke wurden aus den Anschliffen herausgesägt und für die Weiterverarbeitung an den Diplomingenieur Thomas Beckmann nach Deutschland geschickt. Die fertigen, 0,03 mm dünnen und durch Glasträger geschützten Sedimentschnitte (Abb. 160b), wurden nach den in der Mikromorphologie gängigen Richtlinen[227] mit folgenden optischen Geräten ausgewertet und dokumentiert: Leica MZ12 Binokular, Leica DM-RXP Polarisationsmikroskop und Laborlux 12 Pol Fluoreszenzmikroskop. Mithilfe einer eigens für dieses Projekt erstellten Access-Datenbank konnten die Beobachtungen an Binokular und Mikroskop in überschaubarer Form festgehalten und entsprechend dokumentiert werden.

Die erkennbaren Schichten in den Anschliffen wurden mit denjenigen auf den Profilzeichnungen korreliert und



Abb. 160 a. Einblick in einen Teil der Sammlung der Anschliffe von Parkhaus Opéra.



Abb. 160 b. Dünnschliffe von Parkhaus Opéra (weitere Dünnschliffe sind als Scans in den Abb. 174, 183, 192, 196 und 198 zu sehen).

Zum Inhaltsverzeichnis

die jeweiligen Schichtnummern (Snr) für die weitere Dokumentation verwendet. Bei einigen Anschliffen konnten schon von blossem Auge innerhalb bestimmter Niveaus Schichten erkannt werden, die im Feld u.a. wegen ungenügender Lichtverhältnisse oder scheinbar geringer Materialunterschiede nicht zu erkennen waren. Die definitive Untergliederung der Schichtkomplexe fand anhand der Dünnschliffe unter dem Binokular bei 8-facher Vergrösserung statt. Dabei wurden innerhalb der Schichten, je nach Zusammensetzung oder deutlichen Unterschieden in der Sedimentstruktur, zusätzliche Niveaus definiert, die durch eine der Schichtnummer nachgestellte römische Zahl gekennzeichnet wurden (z.B. Snr 403.I).

Anhand der Dünnschliffe wurden mittels Binokular und Polarisationsmikroskop bei 8- bis 100-facher Vergrösserung folgende Merkmale aufgenommen:

- das Gefüge des Sediments[228]
- die Menge der Bestandteile
- das Verhältnis und die Verteilung von groben und feinen Komponenten in der Matrix (die sog. c/f-Ratio)[229]
- die Schichtung und Ausrichtung der Bestandteile
- die Art der Schichtgrenzen
- der mithilfe von Schätztabellen optisch ermittelte Prozentanteil von Kies, Sand, Mikrit, Ton, Holzkohle, organischem Material sowie die Porosität der Schicht (total 100%)

Für die Ansprache der limnischen und terrestrischen Komponenten und die Ermittlung des Erhaltungszustands, d.h. des Verrundungsgrads sowie Form und Verteilung der Bestandteile im Sediment, kam das Polarisationsmikroskop mit bis zu 630-facher Vergrösserung zur Anwendung. Weiter wurden Porenformen, ihre Verteilung und Ausrichtung im Sediment dokumentiert. Dabei wurden auch Hohlräume, die bei der Trocknung der jeweiligen Bodenproben entstanden sind, berücksichtigt. Beobachtungen im Dünnschliff haben gezeigt, dass Material aus den organischen Kulturschichten anders austrocknet als Seekreide bzw. als massive Sedimente mit einem hohen Anteil an mineralischem Feinmaterial. Zum Teil kommt es zur Bildung von deutlichen, makroskopischen Trocknungsrissen, die über die gesamte Breite der Probe gehen (meist am Übergang zur Seekreide) und durch das Schrumpfen des gesamten Sedimentkörpers verursacht wurden. Zudem trocknet jede organische Komponente individuell, wodurch sich umlaufende Porenräume bilden. Diese durch die Präparation bedingten Artefakte sind in den Dünnschliffen deutlich erkennbar und lassen sich von den ursprünglichen Strukturen unterscheiden (Abb. 161). Die Messung der Porosität an luftgetrockneten Proben mit hohem organischem Anteil ist eher zweitrangig, erlaubt aber im Quervergleich innerhalb der unterschiedlichen Materialkategorien dennoch Aussagen.

In einem weiteren Schritt wurden die Proben unter dem Fluoreszenzmikroskop nach dem Vorkommen von Phosphat, nach

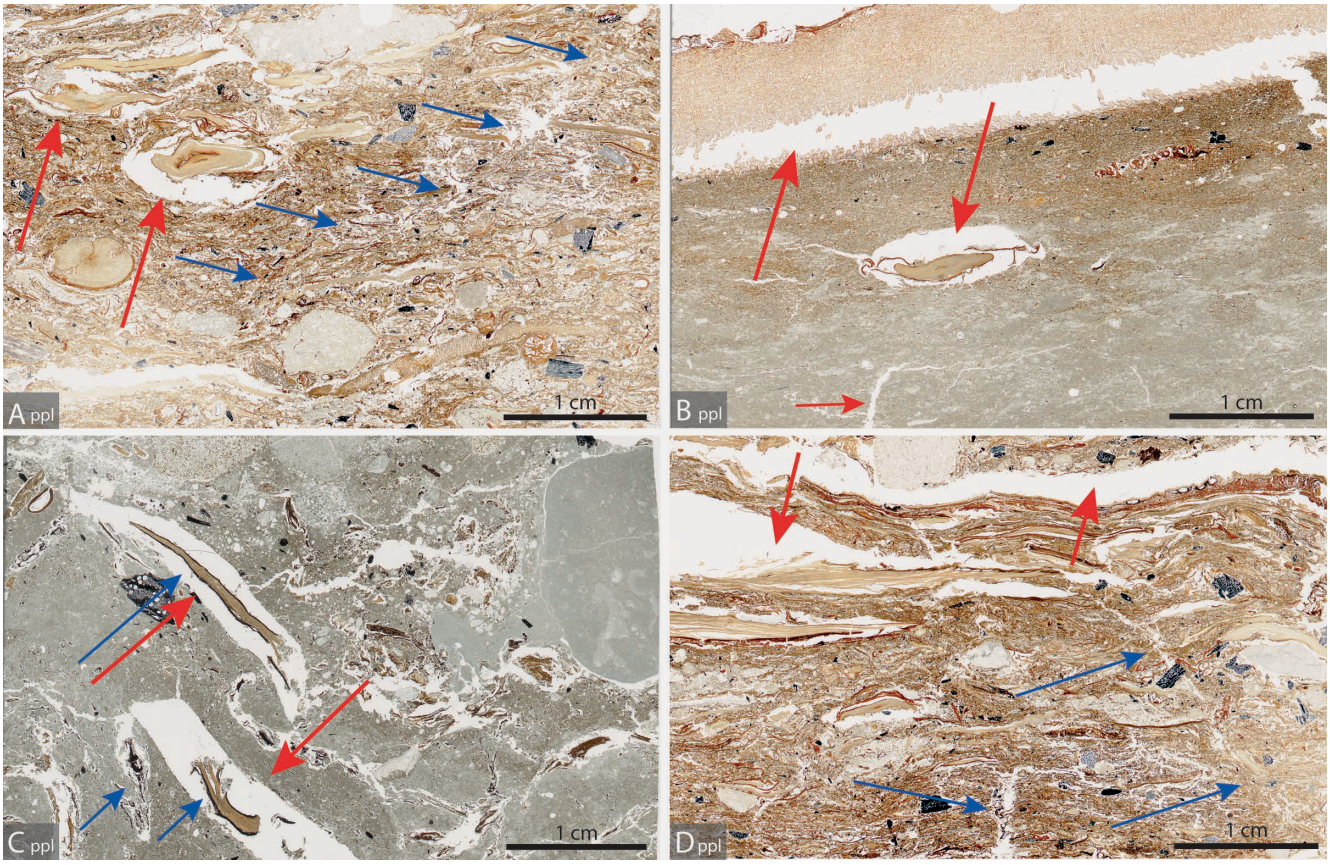


Abb. 161. Beispiele für Schrumpfungsvorgänge des organischen Materials infolge Präparation (Trocknung) der Bodenproben. Rote Pfeile zeigen Schrumpfungen des organischen Materials. Blaue Pfeile zeigen Poren, die von originalen Wurzelgängen stammen. Materialschwund und Wurzelgänge sind sowohl in der organischen Kulturschicht (A, D) als auch in der Seekreide (B, C) zu beobachten. A) Profil 487.00/140.39, ZHOP-1413.1.3 (Snr 405); B) Profil 501.91/140.00, ZHOP-5312.1.4 (Snr 407); C) Profil 495.00/131.74, ZHOP-3046.1.1 (Snr 403); D) Profil 487.00/140.39, ZHOP-1413.1.4 (Snr 405, 406).

Koprolithen und Pollen beurteilt. Diese Bestandteile sind relativ gut zu erkennen, weil sie gelbgrünlich fluoreszieren[230].

Die Analyse der Schichten anhand der Dünnschliffe umfasst eine schrittweise Auswertung der einzelnen mikromorphologischen Feinschichten auf verschiedenen Stufen von 8- bis 630-facher Vergrösserung. Wesentlich für die Charakterisierung der Sedimente sind das Verhältnis von groben organischen Komponenten zu organischem Feinmaterial sowie die Charakterisierung der verschiedenen Anteile. Die Analyse wird mit spezifisch erhobenen Daten wie Verrundung von Holzkohle, Korngrössen von Quarzsand, Vorkommen von schlecht erhaltenem organischem Material, Auftreten von Pilzsporen etc. ergänzt und ermöglicht eine interpretierbare Charakterisierung des Sediments. Dabei beruht die Auswahl der aufgenommenen Daten auf den Erfahrungswerten für Feuchtbodensedimente in der Arbeitsgruppe am IPNA und einer Übertragung von Konzepten aus der terrestrischen Mikromorphologie. Es gibt heute erst wenige international breit abgestützte Methoden für die mikromorphologische Beurteilung von Seeuferablagerungen. Insofern sind die geoarchäologischen Untersuchungen in Parkhaus Opéra auch ein Stück weit Grundlagenforschung. Die Daten werden anhand der Beobachtungen in Schätztabellen resp. Flächenprozenten (fp) erhoben. Dennoch lassen sich spezifische Beobachtungen – so ausschnitthaft sie auch sind – gut mit detailliert beschriebenen und zum Teil auch experimentell nachvollzogenen Prozessen korrelieren. Dieses Verfahren ist seit Jahrzehnten in der Mikromorphologie von Böden anerkannt und seit mindestens dreissig Jahren an archäologischen Sedimenten erprobt.

3 UNTERSUCHTE PROFILE

In seiner Dissertation untersuchte Philipp Wiemann 34 Bodenproben aus Parkhaus Opéra[231]. 57 Bodenproben standen für das weitere Projekt zur Verfügung (Abb. 159). Eine umfassende Vorlage der vollständigen Resultate jeder einzelnen Analyse aus allen geoarchäologischen Proben aus Parkhaus Opéra ist im Rahmen der vorliegenden Publikation und der dafür zur Verfügung stehenden Ressourcen nicht möglich. Um diesen Rahmen nicht zu sprengen, war es unumgänglich, sich auf eine Auswahl von Resultaten und Beobachtungen zu beschränken. Im Folgenden werden deshalb Ergebnisse zu Sedimenttypen vorgestellt, die im Rahmen dieser Studie sowie in der Dissertation von Wiemann (2014) immer wieder auftraten.

Weiterführende Schlussfolgerungen und Synthesen zu den untersuchten Schichten können in einem interdisziplinären Diskurs aber erst nach Abschluss der übrigen naturwissenschaftlichen Untersuchungen vorgestellt werden.

In Kapitel X.4 werden die beschriebenen Sedimentfazies anhand von fünf repräsentativen Profilkolonnen in einen stratigraphischen Kontext gesetzt. Dabei steht bei der Auswahl der hier vorgestellten Bodenproben in erster Linie die vollständige Darstellung der in Parkhaus Opéra vorhandenen Fazies sowie die Variabilität und Vielfältigkeit der Sedimentakkumulationen innerhalb derselben Kulturschicht über nur wenige Meter Entfernung (Profil 489.5/137 und 495/134, Kulturschicht 13) im Vordergrund. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die stratigraphische Entwicklung von der damaligen Uferzone zum seewärtigen Bereich der Siedlung, der durch die Auswahl der fünf Profilkolonnen dokumentiert ist. Für Angaben zur allgemeinen Schichtabfolge sei auf Kapitel III in diesem Band verwiesen.

4 RESULTATE

4.1 Sedimentfazies

Die Beschreibung der Sedimenttypen (Fazies, Abb. 162) orientiert sich weitgehend an den Definitionen, die im Rahmen der Dissertation von Wiemann erarbeitet wurden[232]. Zu Vergleichszwecken standen auch mikromorphologische Bodenproben aus weiteren Seeufersiedlungen, u.a. von Arbon-Bleiche 3, Cham-Eslen und Wetzikon-Robenhausen zur Verfügung.

4.1.1 Limnische Fazies (Seesedimente)

Bei den im Folgenden beschriebenen Fazies handelt es sich um limnische Sedimente, wie sie im Litoral eines Sees entstehen. Sedimente aus grösseren Tiefen wie glaziale Seebodenlehme waren in den untersuchten Proben nicht enthalten.

Seekreide

Als Seekreiden werden Sedimente mit einem Gehalt an Mikrit (mikrokristalliner Kalkschlamm) von mehr als 75% bezeichnet[233]. Der sehr feinkörnige Mikrit als Hauptbestandteil führt in den Bodenproben von Parkhaus Opéra zu einem Verhältnis der groben zu feinen Bestandteilen im Sediment (c/f-Ratio) von 2/8 bis hin zu 1/9. An gröberen Komponenten beinhaltet die Seekreide vor allem Sparitkristalle[234], Molluskenschalen sowie Stängel und Fruchtkörper von Characeen (Armleuchteralgen). In den Seekreiden von Parkhaus Opéra nehmen als allochthoner Eintrag Quarzsand (< 5% fp) und Holzkohlen (< 10%) einen geringeren Anteil ein. Immer wieder lassen sich auch Diatomeen (Kieselalgen) feststellen. Seekreiden entstehen im limnischen Milieu infolge des Stoffwechsels von Algen, die aus kalkreichem Wasser Kalziumkarbonat ausfällen[235]. Der Kalk bildet ausserdem an den Algen Krusten. Werden solche Krusten fragmentiert (etwa durch Wellenschlag), entstehen Karbonatkörner (u.a. Sparitkristalle), die sich zusammen mit dem feineren Kalkschlamm ablagern. Seekreiden zeigen eine Wasserbedeckung von mindestens 0,5 m an (vgl. Kap. V.3).

Gebänderte Seekreide

Gebänderte Seekreiden entsprechen in den wesentlichen Punkten den übrigen Seekreiden. Sie zeigen jedoch eine streifenweise höhere Porosität, was auch makroskopisch als Bänderung wahrgenommen werden kann (Abb. 163). Diese Sedimente werden ebenfalls als autochthon limnische Ablagerung angesprochen[236].

Sandige Seekreide

Wie schon die Bezeichnung nahelegt, unterscheidet sich diese Fazies von den übrigen Seekreiden durch einen höheren Sandanteil. Hier sollen zwei Typen unterschieden werden: Die schwach sandigen Seekreiden weisen einen Sandgehalt von 5–20% (fp) auf, während die stark sandigen Seekreiden bis zu 20–30% Sandanteil beinhalten können. Der Anteil an Kalziumkarbonat (in Form von Mikrit und Sparit) ist jedoch

Zum Inhaltsverzeichnis

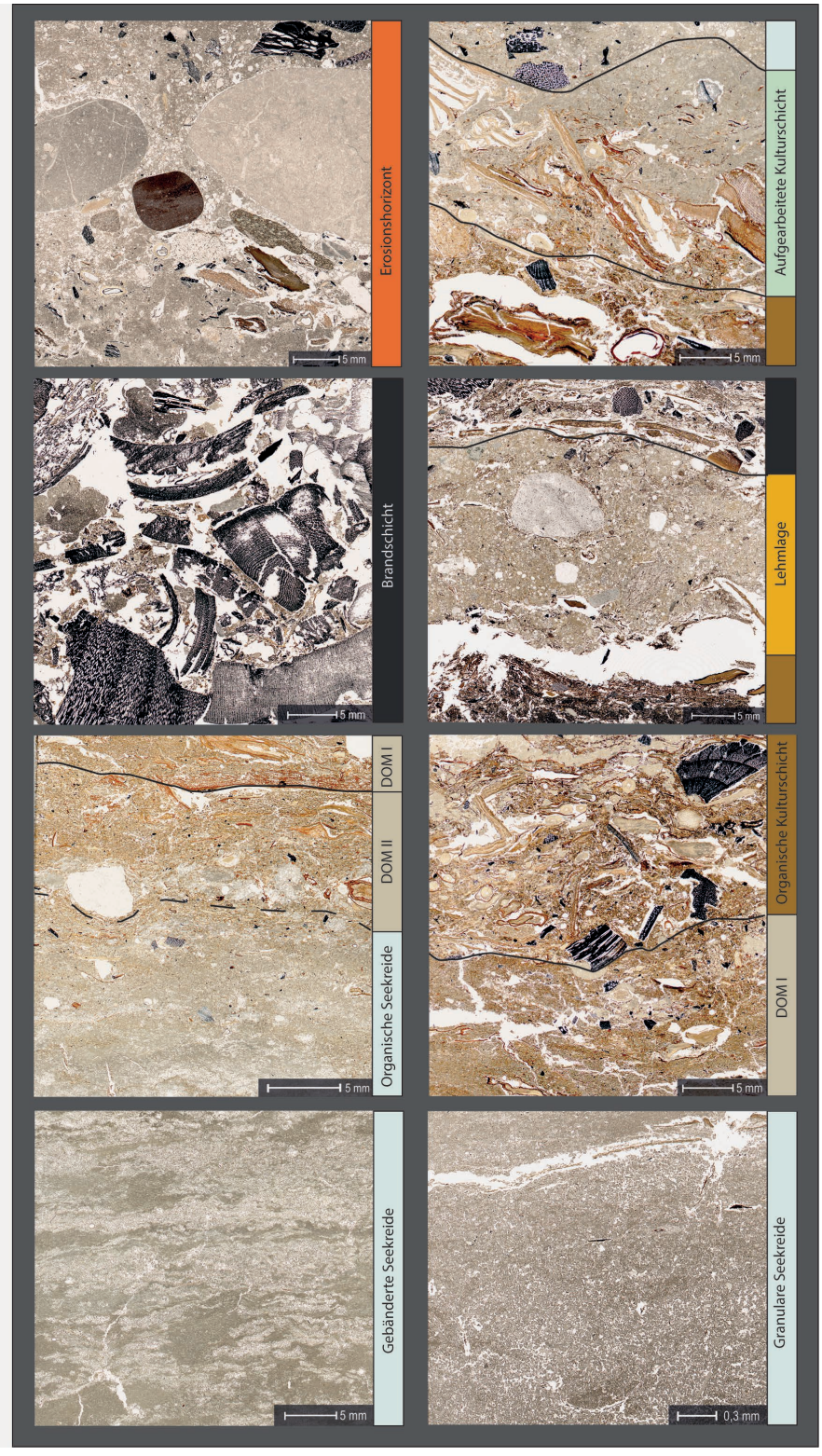


Abb. 162. Zusammenstellung der wichtigsten Sedimenttypen (Fazies). Dünnschliffscans links von oben nach unten: ZHOP-1411.1.2 (Snr 607, 608); ZHOP-1588.1.2 (Snr 217a); ZHOP-408.1.4 (Snr 34.III–I); ZHOP-1415.1.2 (Snr 616.III), und rechts von oben nach unten: ZHOP-408.1.1 (Snr 22, 23, 3); ZHOP-5866.1.1 (Snr 406b, 769, 781); ZHOP-408.1.3 (Snr 34.I, 604); ZHOP-5866.2.3 (Snr 408).

stets dominierend. Für den klastischen Eintrag (Quarzsand) in die Seekreide im Uferbereich kommt sowohl natürliche als auch anthropogen begünstigte Erosion infrage[237].

Organische Seekreide

Ähnlich der sandigen Seekreide werden Seekreiden mit einem höheren Anteil an organischem Material von den «reinen» Seekreiden unterschieden. Auch in diesem Fall soll wieder eine schwächere Ausprägung mit einem Anteil an organischem Material zwischen 5–15% (fp) von einer mit etwa 20–30% stärker organisch geprägten Variante unterschieden werden. Bei den schwach organischen Seekreiden stellt der limnisch ausgefällte Mikrit den grössten Bestandteil dar. Der geringe Anteil an organischen Komponenten wird oftmals durch unspezifische pflanzliche Gewebereste eingenommen. Organisches Material ist im Litoral recht häufig

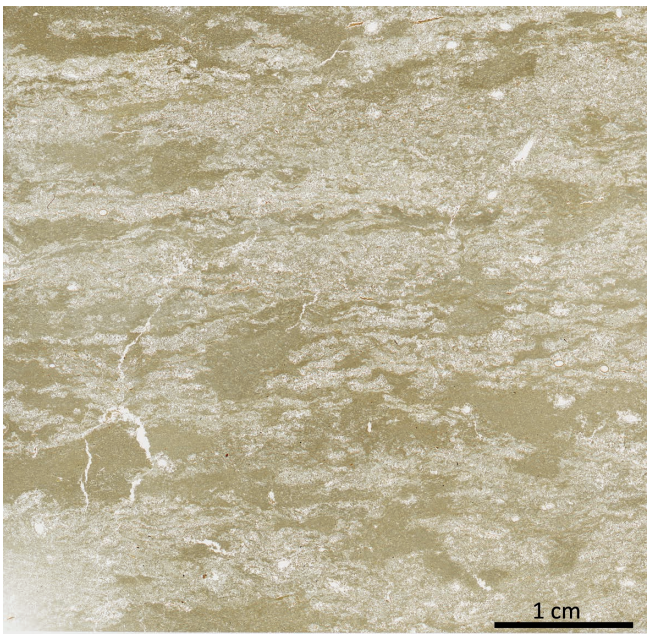


Abb. 163. ZHOP-1415.1.2 (Snr 407) Dünnschliff-Scan einer gebänderten Seekreide aus Profil 487.00/140.74. Helle, poröse Bereiche entsprechen sparitischen Zonen, die grauen, kompakten Bereiche bestehen aus Kalkschlamm (Mikrit).

vertreten[238] und stellt somit nicht unbedingt eine Besonderheit dar. Bemerkenswert ist jedoch, dass diese Schichten zum grossen Teil ganz ähnliche organische Komponenten beinhalten, wie sie etwa in den organischen Kulturschichten (s.u.) angetroffen werden können. So findet man neben Holzkohlen auch organische Makroreste wie Himbeersamen, Brombeersamen und Knochen. Dies legt nahe, dass wohl nicht selten Kulturschichtmaterial aus einer nahe gelegenen Sedimentationsquelle zusammen mit Seekreide zur Ablagerung kam.

Granulare Seekreide

Dieser Sedimenttyp setzt sich hauptsächlich aus karbonatischen Aggregaten[239] zusammen, die sich augenscheinlich aus Mikrit gebildet haben. Die Schichten müssen aber nicht vollständig aus diesen Aggregaten bestehen, dazwischen sind jeweils auch immer massive mikritsche Zonen möglich. Es sind nur wenige gröbere Komponenten wie unsortierter Quarzsand (5–10% fp), sehr wenig Kies, Molluskenschalen (mit Anzeichen von Algenfrass), Characeenstängel und wenig Holzkohle oder organische Reste vertreten. Diese Fazies erinnert an sogenannte «coated grains», die schon in Arbon-Bleiche 3 festgestellt wurden, dort aber aus Aggregaten mit einem sandigen Kernbereich bestehen[240]. Es handelt sich im Fall von Parkhaus Opéra somit nicht um Quarzsandkörner mit einem karbonatischen Überzug, vielmehr haben sich die Aggregate auch ohne Kern gebildet. Aufgrund des ansonsten ähnlichen Erscheinungsbilds wird trotzdem analog der «coated grains» eine Bildung im Flachwasserbereich als eine Art Diagenese mit Rekristallisation des Kalkschlamms als Zement vorgeschlagen[241].

4.1.2 Mineralisch-organische Fazies

In den nachfolgend beschriebenen Fazies und den Kulturschichten (Kap. X.4.1.3) liegt das organische Material in unterschiedlicher Form vor. Die hier verwendeten Begriffe wie «amorphes organisches Material» und «organischer Detritus» sollen im Folgenden näher erläutert werden.

Organischer Detritus (OD)

Als organischer Detritus werden stark fragmentierte botanische Reste bezeichnet, die sowohl terrestrischer als auch lakustriner Herkunft sein können. Diese liegen als kleine Fragmente in der Seekreide (z.B. Membranen von Oogonien) oder in den organischen Kulturschichten vor, sind aber meist noch so gut erhalten, dass die Morphologie (u.a. Zellenstrukturen) erkennbar ist und eine grobe Bestimmung der Pflanzenreste zulässt.

Amorphes organisches Material (AOM)

Der Begriff «amorphes organisches Material» wird hier rein deskriptiv verwendet. Er umfasst klein fragmentierte Reste von organischen Komponenten, deren Morphologie keine sichere Bestimmung des Pflanzentyps erlaubt. Meistens sind diese Fragmente, deren Zellstrukturen vollständig degradiert sind, kleiner als 100 µm (Abb. 164 B, 165 C). Das AOM weist teilweise eine orange bis dunkelbraune Farbe auf und erinnert an Dopplerit[242] oder an Reste von gelifiziertem organischem Material. Gewisse Partikel können aber auch schwarz sein[243]. Sie können isoliert in der Matrix vorkommen und eine scharfe Oberfläche besitzen oder als dunkelbraune, strukturlose, schwammige, amorphe Masse vorliegen[244]. Letztere ist jedoch im Dünnschliff im Bereich von kompakten Schichten meistens schwierig zu erkennen.

Die genaue Herkunft und die Degradierungsprozesse, die zum AOM führten, sind nicht geklärt. AOM kommt in allen Schichten von Parkhaus Opéra vor, in unterschiedlicher Konzentration und unterschiedlicher Ausprägung. Ob AOM im Wellenbereich entstand oder einen Eintrag aus dem Hinterland (Siedlungsstelle) repräsentiert, muss offenbleiben. Retallack beispielsweise beschreibt eine mögliche Bildung des AOM als Zerfallsprodukt von organischem Material in gut durchlässigen und oxidierten Böden[245]. Das organische Material wird schrittweise abgebaut, bis es nur noch als AOM vorliegt oder sogar komplett zerstört ist. Pacton et al. hingegen beschreiben eine weitere Entstehungsmöglichkeit des AOM infolge mikrobieller Aufarbeitung von organischen Fragmenten unter anoxischen Bedingungen[246].

Eine genauere Differenzierung dieser Komponenten darf im Rahmen künftiger mikromorphologischer Untersuchungen nicht ausser Acht gelassen werden. Falls die mikrostratigraphischen Befunde es erlauben, ist eine feinere Untergliederung anzustreben, um präzisere Informationen über Degradierungsprozesse und Schichtgenese im Allgemeinen zu erhalten.

Detritisch-organischer Mikrit (DOM)

Der Begriff «detritisch-organischer Mikrit» bezeichnet eine Fazies, die durchschnittlich 20–50% (fp) Mikrit, 10% Fein- bis Mittelsand, 10% Holzkohle und 20% organisches Material beinhaltet. Auch Kies und Lehmbrocken sind nachgewiesen.

Zum Inhaltsverzeichnis

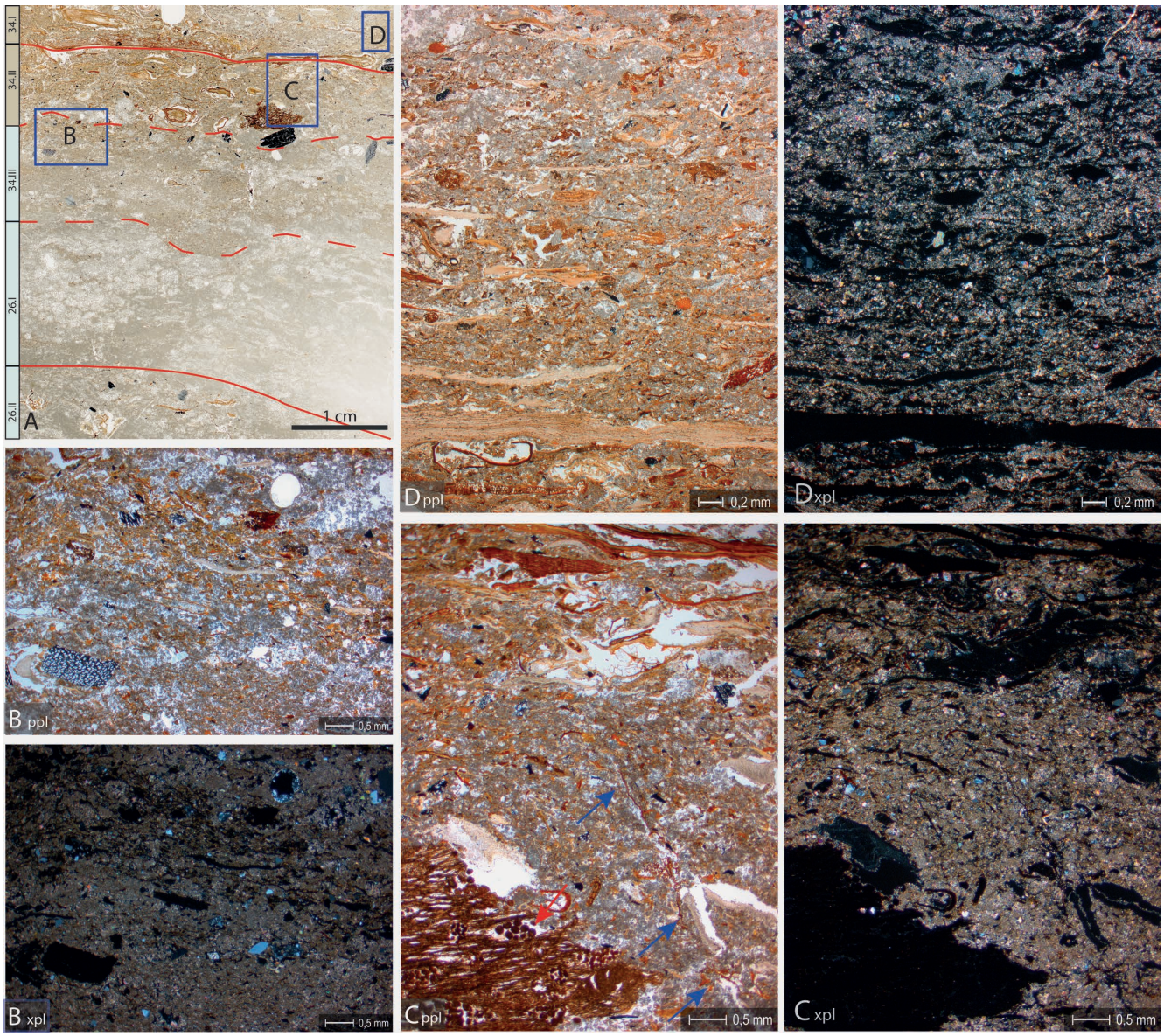


Abb. 164. Profil 500.89/160.00, ZHOP-408.1.4. A: Dünnschliff-Scan mit Snr 26 und 34. B: Detailaufnahme der laminierten, stark organischen Seekreide mit gegen oben zunehmendem organischem Feinanteil (u.a. OD). Bei den rotbraunen Partikeln handelt es sich um AOM, bei den schwarzen Komponenten um Mikroholzkohle. In polarisiertem Licht (xpl) erscheint der organische Anteil dunkel. C: DOM II: Graue Seekreide mit horizontal gelagertem OD und verwittertem Holzfragment mit Milbenfrass (roter Pfeil). Im obersten Abschnitt Übergang zu DOM I mit horizontal eingeregelten Bestandteilen. Der blaue Pfeil zeigt eine diagonal verlaufende Wurzel. D: DOM I: Geringerer Seekreideanteil, deutlich erkennbar unter polarisiertem Licht (xpl). Charakteristisches Merkmal ist die horizontale Ausrichtung der Bestandteile (ppl).

Nur wenige Makroreste, dafür aber viel organischer Detritus stehen für die organische Komponente dieses Sedimenttyps (Abb. 164). Ein wesentliches Charakteristikum ist die Einregelung der Komponenten, die einhergeht mit einer leichten Verrundung von Holzkohlen, was für einen Wassereinfluss bei der Sedimentation dieser Schichten sprechen könnte. Das Vorhandensein von horizontal eingeregeltem organischem Detritus kann dabei auf eher niedrigenergetische Bedingungen hindeuten, da ansonsten wohl mit einem Auswaschen dieses feinen organischen Materials zu rechnen wäre.

In gewissen Bereichen der Stratigraphie und des Grabungsareals war es möglich, den detritisch-organischen Mikrit in zwei übereinander liegende Niveaus bzw. unterschiedliche Fazies (DOM I und DOM II) zu unterteilen, so z.B. in Probe ZHOP 408.1.

DOM II

Beim DOM II (das stratigraphisch tiefere Niveau) liegt das Verhältnis zwischen den organischen Komponenten (darunter auch AOM und OD) und dem mikritischen Kalkschlamm bei 1:1. Der organische Anteil in der Fazies DOM II beträgt jeweils rund 30–35% (fp). Der Anteil an minerogenem Material wie Kies und Quarzsand ist gering und liegt unterhalb von 10%. Anthropogene Zeiger wie u.a. Holzkohle, Lehmaggregate, Keramikfragmente und Samen von Kulturpflanzen kommen ebenfalls vor. Die c/f-Ratio liegt bei 6/4. Charakteristisch an dieser Schicht ist die Laminierung, die durch die gute Sortierung und homogene Verteilung der horizontal gelagerten Komponenten gegeben ist. Zudem ist eine nach oben zunehmende Kompaktheit zu beobachten (Abb. 164 A–C).

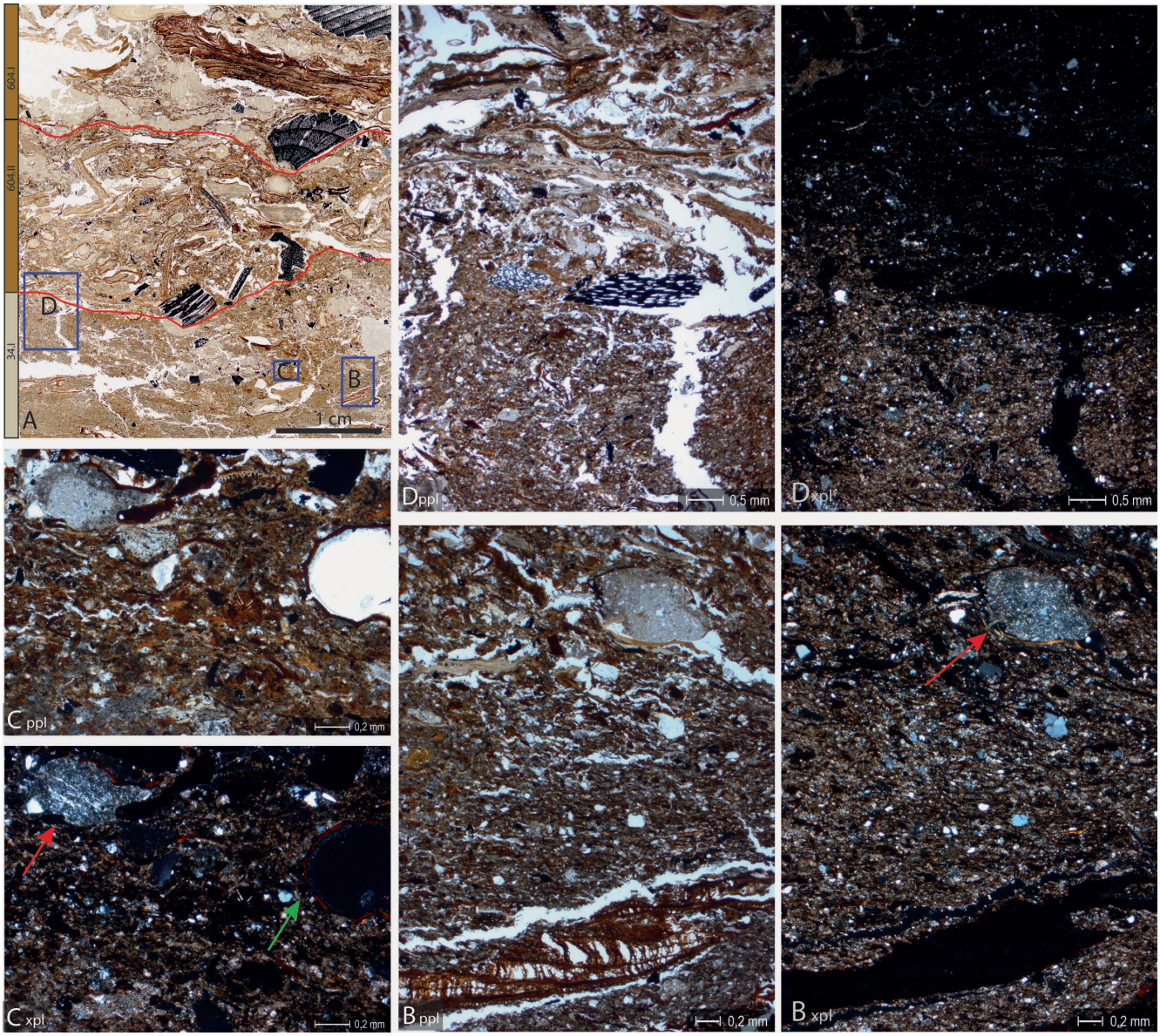


Abb. 165. Profil 500.89/160.00, ZHOP-408.1.3. A: Dünnschliff-Scan mit Snr 34 und 604. B: Detailansicht DOM I: Kompaktes, schwach seekreidehaltiges Sediment mit viel organischem Material (u.a. AOM und OD), feingeschichtet. Wenige grau-weisse Quarzkörner und Lehmbrocken (T8, roter Pfeil) sind unter gekreuzten Polarisatoren (xpl) deutlich erkennbar. C: DOM I mit hohem Anteil an AOM (rotbraune Partikel) und OD. Unter polarisiertem Licht (xpl) erscheint das AOM schwarz. Grosser Mohnsamen (grüner Pfeil) und Lehmaggregat (T8, roter Pfeil). D: Übergang vom DOM I (Snr 34.I) zur lockeren, organischen Schicht Snr 604 mit zwei Holzkohlefragmenten in der Bildmitte und rechts davon vertikal verlaufendem Trockenriss in Snr 34.I. Unter polarisiertem Licht (xpl) ist die Grenze am Fehlen von Kalkbestandteilen im oberen Teil des Bildes deutlich erkennbar.

DOM I

Der DOM I ist durch einen vergleichsweise deutlichen Rückgang von Mikrit gekennzeichnet. Der Anteil des Kalkschlamms liegt hier nur noch bei ca. 20% (fp), während die organischen Komponenten (darunter auch AOM und OD) weiterhin bei 30–35% liegen. Die Verteilung von groben und feinen Komponenten (c/f-Ratio) liegt in einem Verhältnis von 6/4 vor. Die Laminierung und die Kompaktheit sind weiterhin präsent, und der Eintrag an anthropogenen Komponenten aus der Siedlung (u.a. Lehmaggregate, Holzkohle, Knochenfragmente, Samen von Kulturpflanzen) nimmt deutlich zu (Abb. 164 D, 165 A–D).

Heterogener Mikrit

Beim sogenannten «heterogenen Mikrit» handelt es sich um eine besondere Fazies, die immer wieder innerhalb der Kulturschicht vorkommt. Sie besteht zu etwa 20% (fp) und mehr aus Mikrit, der in seiner Ausprägung dem limnisch entstandenen Kalkschlamm ähnelt. In geringerem Mass sind Kies, Sand, unverbrannter wie auch verbrannter Lehm, Holzkohle, vereinzelte Aschepartikel und organisches Material regelmässig und zu mehr oder weniger gleichen Teilen vertreten. In dieser Vielzahl von verschiedenen Bestandteilen zu gleichen Teilen liegt auch im Wesentlichen die namengebende heterogene Schichtcharakteristik begründet. Heterogene Mikrite sind in der Regel horizontal geschichtet und enthalten oft Holzkohlen und Lehmbrocken mit Rundungserscheinungen, die auf dynamische

Zum Inhaltsverzeichnis

Prozesse vor oder während der Ablagerung dieser Schichten hinweisen. Es handelt sich grundsätzlich um stark anthropogen geprägte Sedimente mit vielen Knochen und Keramikfragmenten. Isoliert vorkommende Ostrakodenschalen unterstützen eine Deutung, wonach zumindest ein Teil des Sediments einen Seekreidegehalt besitzt. Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass Holzaschen ebenfalls aus einem feinkristallinen Kalkanteil bestehen. Bei guter Erhaltung können sich die Holzstrukturen abzeichnen, was eine sichere Identifikation als Asche erlaubt[247]. Entsprechende kleine Aschepartikel sind denn auch in kleinen Mengen in der Schicht nachgewiesen. Werden die Holzaschen allerdings mechanisch beansprucht, so ist eine Unterscheidung von Seekreiden und Asche auf lichtmikroskopischem Weg nur schwer durchzuführen. Für die Genese der heterogenen Mikrite ist festzuhalten, dass diese Ablagerungen einen Anteil an Material von Feuerstellenabraum als auch einen Gehalt an Seekreide aufweisen.

Aufgearbeitete Kulturschicht

Der oberste Abschnitt von Kulturschicht 13 ist in den untersuchten Bodenproben vielfach wellenförmig ausgebildet. Die Komponenten sind oft unregelmässig gelagert und zeigen Verrundungserscheinungen. Davon sind in erster Linie Holzkohlen und Lehmbrocken betroffen. Organisches Feinmaterial kommt nur zu einem geringen Teil vor. Die entsprechenden Schichten zeichnen sich in der Regel durch einen Mikritanteil von über 30% (fp) und eine heterogene Verteilung der übrigen Schichtkomponenten aus. Eindeutig limnische Schichtbestandteile wie Mollusken kommen genauso vor wie Lehmbrocken oder Knochen. Stellenweise kann diese Sedimentfazies neben dem dominierenden Mikritanteil auch viele organische Komponenten und Holzkohlen beinhalten. Die Einregelung kann sowohl leicht horizontal wie auch unregelmässig ausfallen. Organische Makroreste sind in dieser Fazies häufig vertreten, während das organische Feinmaterial eher selten ist.

4.1.3 Organische Fazies (Kulturschichten)

Organische Kulturschichten

Bei den organischen Kulturschichten handelt es sich um die typischen, sehr komplexen anthropogenen Ablagerungen, die

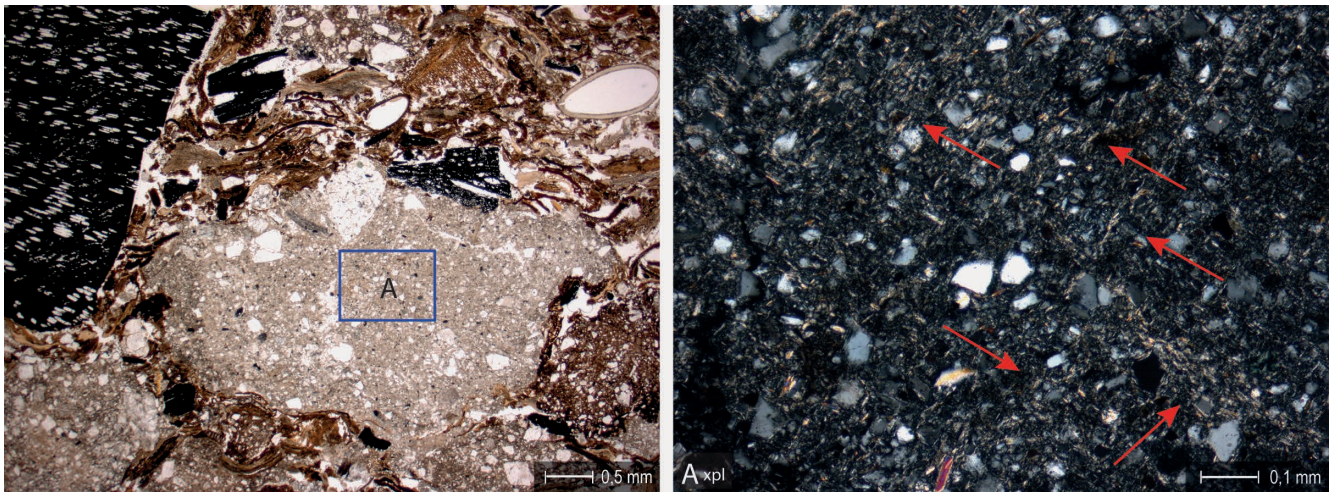


Abb. 166. ZHOP-1406.1.3 (Snr 405.II). Lehmtyp T1 im Profil 489.68/137.00 (ppl). Detailansicht A: Unter polarisiertem Licht (xpl) ist die dunkelgelbe, tonige Matrix erkennbar (rote Pfeile).

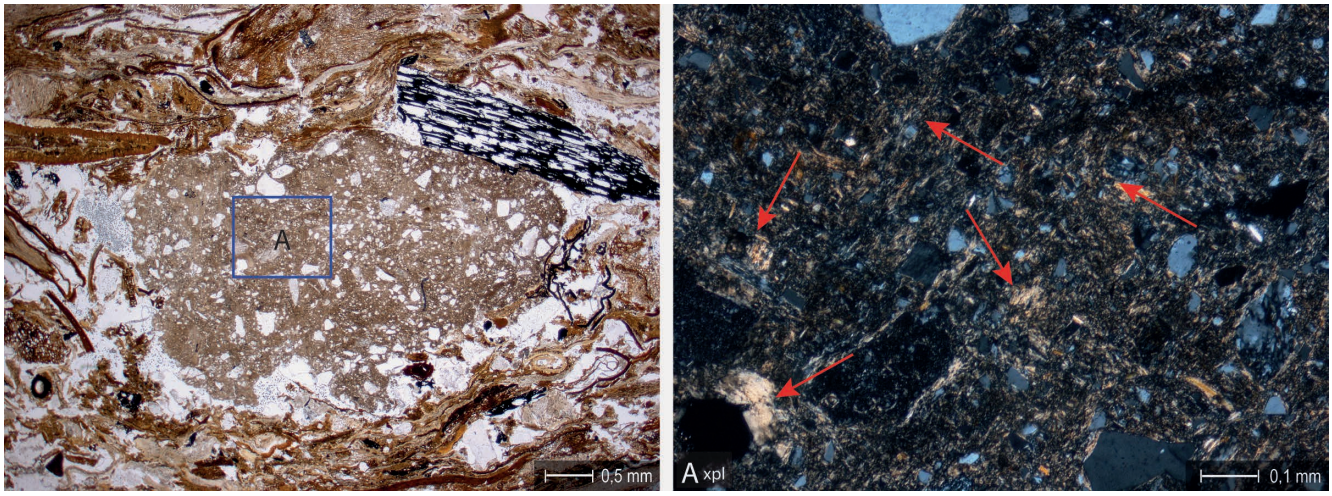


Abb. 167. ZHOP-1406.1.4 (Snr 406). Lehmtyp T2 im Profil 489.68/137.0, der aus einem Bt-Horizont der Moräne stammt (ppl). Detailansicht A: Unter polarisiertem Licht (xpl) sind die dunkelgelben Tonbeläge deutlich zu erkennen (rote Pfeile).

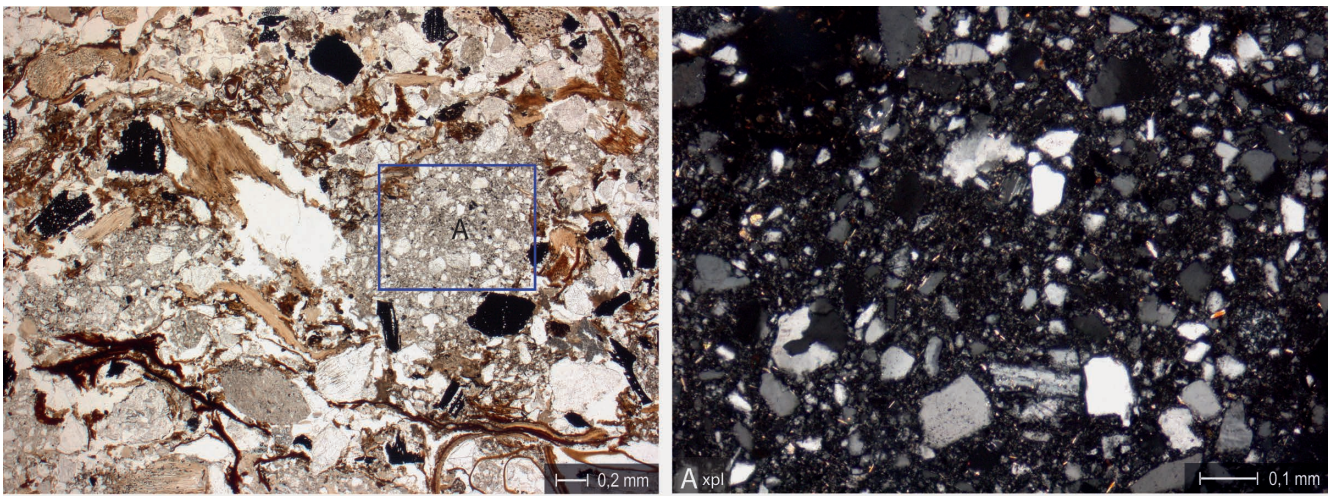


Abb. 168. ZHOP-1413.1.2 (Snr 405.II). Lehmtyp T3 im Profil 487.00/140.39. Lehmaggregat aus dem Al-Horizont der Moräne (ppl). Detailansicht A: Mit isotroper Tonmatrix (xpl).

während der Besiedlungszeit von Seeufersiedlungen akkumuliert wurden. Sie weisen stets einen organischen Anteil von über 30% (fp) auf. Ihre Komplexität widerspiegelnd, sind die Anteile anderer Komponenten verschieden. So finden sich darin vor allem Sand, kleine Lehmbrocken (Abb. 166–168, 173) sowie Holzkohlen.

In den untersuchten Dünnschliffen fanden sich Zweige, Holzreste, Rinde, Moos, Tannennadeln und Blätter. Nachgewiesen sind ferner kalkhaltige Holzaschen, Holzkohlen, Makroreste und Fischknochen sowie Dung und Koprolithen. Ein grosser Teil der organischen Kulturschichten liegt als feinstes organisches Material vor. Es wird zwischen organischem Detritus (OD), der teilweise noch Zellen und Zellreste erkennen lässt, und amorphem organischem Feinmaterial (AOM) ohne jegliche Struktur unterschieden.

Brandschichten

Man kann davon ausgehen, dass Brände ein häufiges Phänomen in Seeufersiedlungen waren[248]. So verwundert es nicht, dass Brandschichten häufig auch mikromorphologisch nachgewiesen werden können. Den grössten Anteil am Sediment nehmen dabei meist Holzkohlen mit bis zu 70% ein. Neben Sand kommen aber auch nicht selten verbranntes und unverbranntes organisches Material sowie Mikrit, Kies und Lehm in Brandschichten vor, was in Versturz- oder Verlagerungsprozessen begründet sein mag. Ein wesentliches Merkmal von Brandschichten ist die Dominanz der groben Komponenten, vor allem Holzkohlen in der Kiesfraktion. Oftmals beträgt das Verhältnis von feinem zu grobem Material 2/8 und mehr.

4.1.4 Mineralische Fazies (Lehmlagen)

Lehmtypen

Im Folgenden werden die mikroskopisch unterscheidbaren Lehmtypen ausgewählter Schichtbefunde von Parkhaus Opéra vorgestellt. Die Einteilung in die Typen T1 bis T8 beruht auf geologisch-petrographischen Kriterien wie Zusammensetzung und Gefügemerkmalen. Weiterhin ermöglichen strukturelle Merkmale der Lehmfragmente Aussagen zur geologischen Herkunft, zur Taphonomie und zum Ablagerungsmilieu.

Typ 1 (T1): Schwach entwickelter Bt-Horizont aus Moräne (Abb. 166)
Kompakter, braun-beiger, schwach toniger Lehm mit vielen eckigen sowie abgerundeten Quarzkörnern der Fein- bis Grobsandfraktion mit einem Anteil von 15–20% (fp). In der kalkfreien Matrix treten Glimmer, wenige Glaukonitkörner und Feldspäte auf. Die Sortierung der minerogenen Komponenten ist gut, und die Porosität im Lehm kann 5–10% erreichen. Die Tonsubstanz in der Matrix ist schwach netzstreifig angeordnet, und die typischen, illuvialen Tonbeläge fehlen.

Lehmtyp T1 stammt aus einem Bt-Horizont eines Luvisols (Parabraunerde). Entsprechende Böden finden sich u.a. auf den letzteiszeitlichen Moränen, wie sie beispielsweise unmittelbar im Hinterland der Siedlung anstehen[249].

Typ 2 (T2): Stark entwickelter Bt-Horizont aus Moräne (Abb. 167)
Kompakter, braun-beiger, toniger Lehm mit vielen eckigen sowie abgerundeten Quarzkörnern der Fein- und Mittelsandfraktion (Anteil ca. 15%). Die kalkfreie Matrix führt zudem einige Glimmer und wenige Feldspäte. Die minerogenen Komponenten weisen eine gute Sortierung auf, und der Tongehalt liegt deutlich höher als beim Lehmtyp T1. Charakteristisch ist ein netzstreifiges Gefüge. Neben schwachen, siltig-tonigen Einschwemmungen dominieren stark ausgeprägte, feingeschichtete Tonbeläge (illuvialer Ton) als Brocken der Matrix und in den Porenräumen. Die Porosität schwankt bei diesem Lehmtyp zwischen 5 und 10%.

Das Material entspricht einem stark entwickelten Bt-Horizont eines Luvisols. Lehmtyp T2 stammt aus dem tonigen Mineralbodenhorizont, wie er unter anderem verbreitet auf Moränenablagerungen vorkommt. Aufgrund der charakteristischen Tonbeläge wurde das Rohmaterial in einer Tiefe von 30–80 cm unter der ehemaligen Geländeoberfläche abgebaut. Woher die sogenannten staubigen Einschwemmungen stammen, ist nicht vollständig geklärt. Der Eintrag von mikroholzkohlehaltigem Feinmaterial könnte einerseits zu einem späten Zeitpunkt, d.h. während der Verarbeitung des Lehms in der Siedlungsstelle, entstanden sein. Andererseits ist es durchaus möglich, dass es sich um ein ererbtes Merkmal handelt, dass

Zum Inhaltsverzeichnis

also der holzkohlehaltige Feinanteil sich zum Zeitpunkt der Lehmgewinnung in Form staubiger Einschwemmungen bereits im Mineralbodenhorizont befand. Letzteres wäre ein Hinweis auf einen (zeitweilig) offen liegenden, anthropogen genutzten Oberboden im Umfeld der Siedlung[250].

Typ 3 (T3): Al-Horizont aus Moräne (Abb. 168)
Kompakter, hellgrau-beiger, schwach siltiger Lehm mit geringem Tonanteil. Er führt wenige sowohl gerundete als auch eckige Quarzkörner der Fein- und Mittelsandfraktion. Der Anteil der Quarzkörner schwankt zwischen 5 und 10%. Vereinzelt können auch Glimmerplättchen und Glaukonitkörner auftreten. Die Porosität beträgt bei diesem Lehmtyp knapp 5%. In der kalkfreien Matrix kommen vereinzelt auch Mikroholzkohlen und Sporen vor, ansonsten ist dieser Lehm auffällig homogen. Das netzstreifige Gefüge ist aufgrund der isotropen Tonsubstanz sehr schwach ausgeprägt.

Das Material stammt ursprünglich aus einem Oberboden (Al-Horizont) eines Luvisols, höchstwahrscheinlich ebenfalls aus der lokal anstehenden Moräne. Die isolierten Mikroholzkohlen und Sporen deuten auf ein Sediment hin, das wenig unterhalb des Humushorizonts abgebaut wurde. Analog zu Lehmtyp T2 könnten die Mikroholzkohlen entweder bei der Verarbeitung in den Lehm gelangt sein oder aber ein Indiz für ältere Landnutzung und Bodenbearbeitung sein.

Typ 4 (T4): Heterogenes Lehmgemisch (Abb. 169)
Heterogener Lehm aus Material des Al- und Bt-Horizonts. Es handelt sich um ein Gemisch von überwiegend Lehmtyp T3 und in geringerem Mass Lehmtyp T2. Dieses Gemisch weist einen hohen Gehalt an Quarz auf, der vor allem aus der Feinsandfraktion und weniger aus der Mittelsandfraktion stammt. Siltige, staubige Einschwemmungen sowie Mikroholzkohlen sind ebenfalls vorhanden, und vereinzelte pflanzliche Reste lassen einen ehemaligen organischen Anteil erahnen. Der Lehm besitzt eine kalkfreie, kompakte Matrix und weist eine Porosität von 5–10% auf.

Typ 5 (T5): Heterogenes Lehmgemisch mit Seekreide (Abb. 170)
Heterogenes, ungeschichtetes Sediment, das sich aus brockigem Material eines Bt-Horizonts (T1 und T2), eines Al-Horizonts sowie eines kalkhaltigen Mikrits (Seekreide) zusammensetzt. Dieser Lehmtyp unterscheidet sich von den anderen Lehmen durch seinen karbonatischen Anteil in der Matrix.

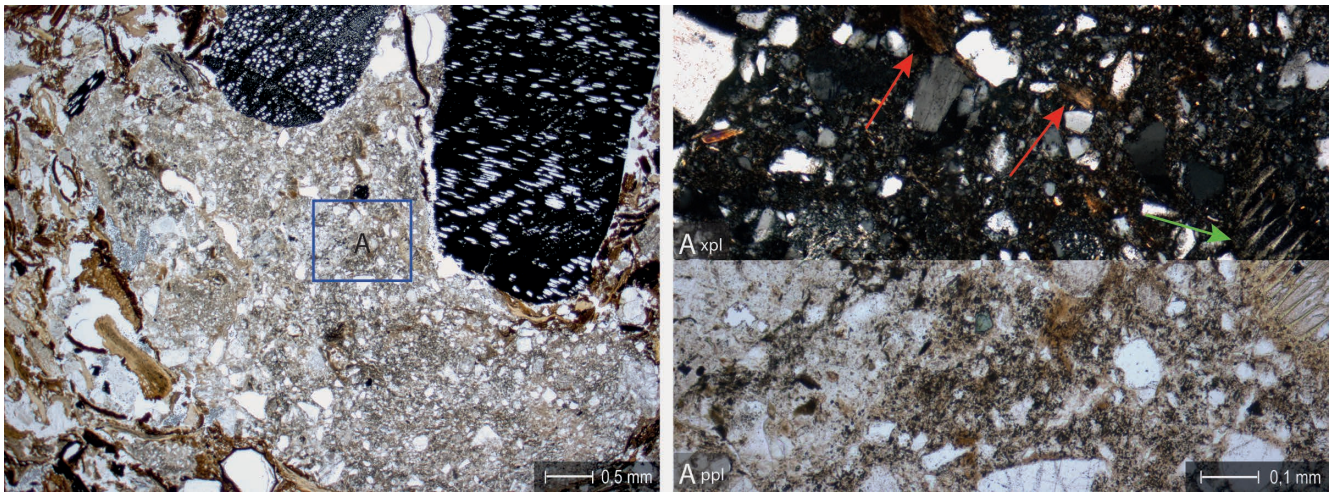


Abb. 169. ZHOP-1406.1.3 (Snr 405). Heterogenes Lehmgemisch (T4). Deutlich erkennbar sind der hohe Anteil an Quarz sowie staubige Einschwemmungen (ppl). Detailansicht A: Mit Bt-Material (rote Pfeile) und organischen Komponenten (grüner Pfeil).

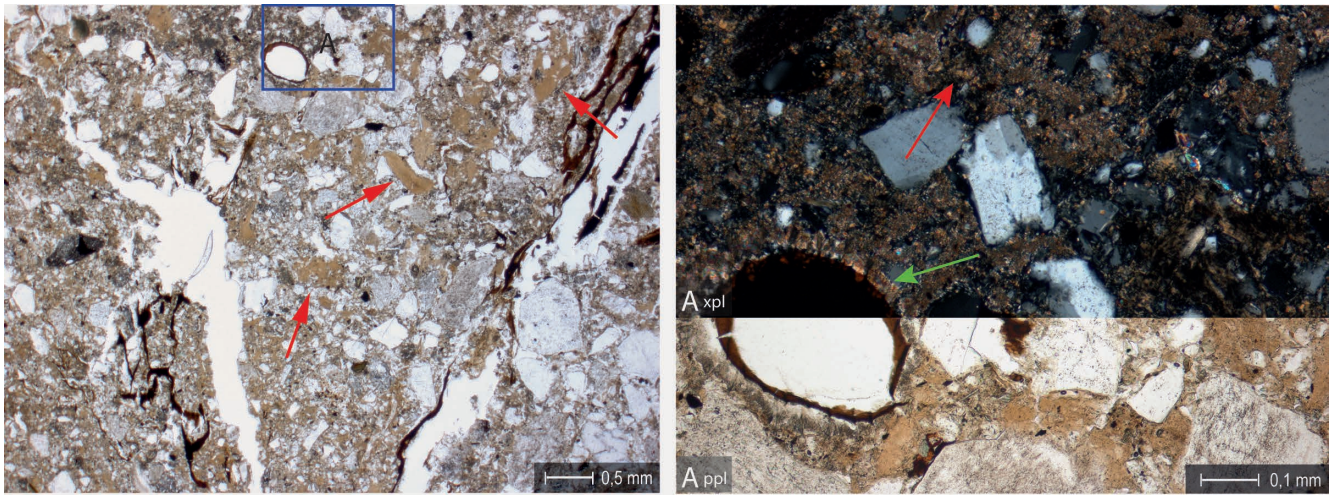


Abb. 170. ZHOP-1405.1.3 (Snr 423.I). Heterogenes Lehmgemisch mit Seekreide (T5) im Profil 489.68/137.00 (ppl). Detailansicht A: Erkennbar sind eine Oogonie (grüner Pfeil), die dunkelgelben Tonbeläge (rote Pfeile) und die graubraune, kalkhaltige Matrix.

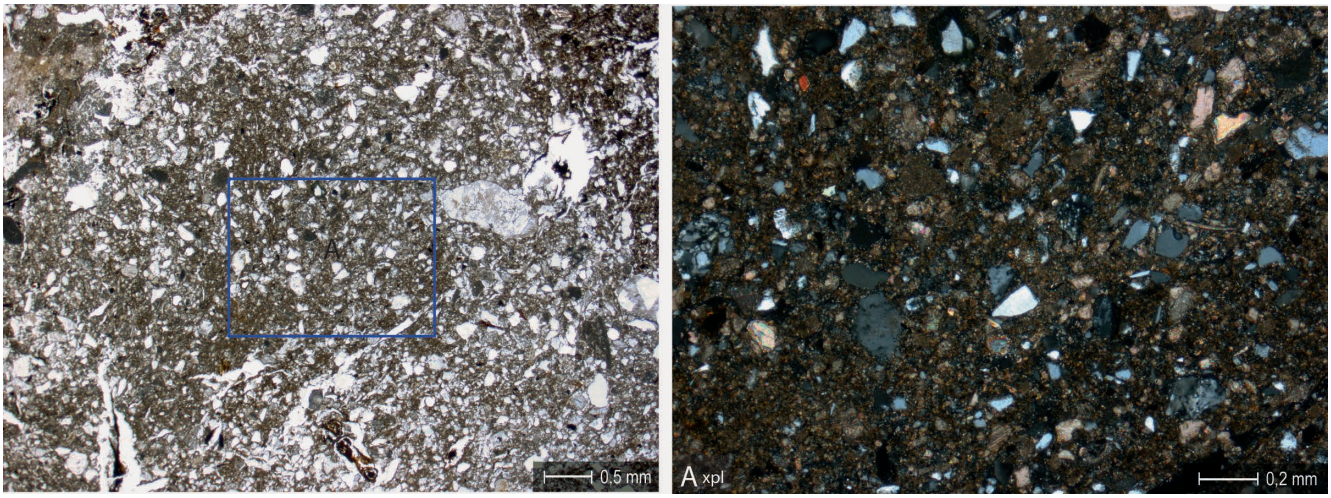


Abb. 171. ZHOP-1405.1.2 (Snr 403.II). Lehmtyp T6 aus dem Reduktionshorizont im Profil 489.68/137.00 (Kulturschicht 10, ppl). Detailaufnahme A: Unter polarisiertem Licht (xpl) sind die grau-weissen Quarzkörner sowie die braungraue, kalkhaltige Matrix gut erkennbar.

Typ 6 (T6): Homogener, kalkhaltiger, sandiger Silt
(Abb. 171)
Kompakter, graubrauner, kalkhaltiger Fein- bis Grobsilt mit viel Sand (Fein- bis Grobsand). Der regelmässig in der Matrix verteilte Sandanteil liegt bei 35%. Neben eckigen und verrundeten Quarzkörnern treten mit einem Anteil von 15% vermehrt auch verrundete karbonatische Sandpartikel auf. Glaukonit ist ebenfalls nachgewiesen. Das Material ist sehr kompakt und weist eine Porosität von nur 5% auf. In der kalkhaltigen Matrix kommen vereinzelt Mikroholzkohlen, Fragmente von Molluskenschalen und sehr wenige, nicht näher bestimmbare organische Komponenten vor.

Die kalkhaltige Matrix und die Molluskenschalen lassen eine Herkunft des Materials aus einer Seekreide vermuten. Ein Teil des leicht verwitterten Sandes könnte aus der Moräne oder aus einem Bachbettsediment stammen.

Typ 7 (T7): Grauer Lehm mit Oberbodenmaterial
(Abb. 172)
Kompakter, grauer, schwach siltiger Lehm mit isotroper Tonmatrix, wie sie für einen gebleichten Al-Horizont eines Luvisols charakteristisch ist. In den Lehm integriert findet sich zudem ein hoher Anteil (20–25%) an Sklerotien[251], stark abgebauter organischer Detritus und Mikroholzkohlen. In der kalkfreien und tonarmen Matrix sind, mit einem Anteil von ca. 25%, eckige und schwach verrundete Quarzkörner der Fein- bis Grobsandfraktion vorhanden. Vereinzelt können auch Glimmerplättchen und Glaukonitkörner auftreten. Diese minerogenen Komponenten sind unsortiert und zeigen keine bevorzugte Orientierung.

Die mineralische Grundsubstanz stammt aus einem ehemaligen Oberboden, wobei die pedologischen Merkmale mit dem lessivierten Ton auf eine Zone unterhalb des Humushorizonts bzw. des darunter folgenden Al-Horizonts hindeuten. Somit ist auch hier festzuhalten, dass der Lehm höchstwahrscheinlich den nahe gelegenen Moränen entnommen wurde. Ob die übrigen Oberbodenanzeiger wie Sklerotien und die abgebauten organischen Komponenten ebenfalls aus dem ehemaligen Humushorizont stammen und gemeinsam mit dem Lehm in die Siedlung gelangten, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Dasselbe gilt für die vorhandenen Mikroholzkohlen, die auch hier die Frage aufkommen lassen, ob sie als Nutzungszeiger (Brandrodung? Landwirtschaft?) gelten können.

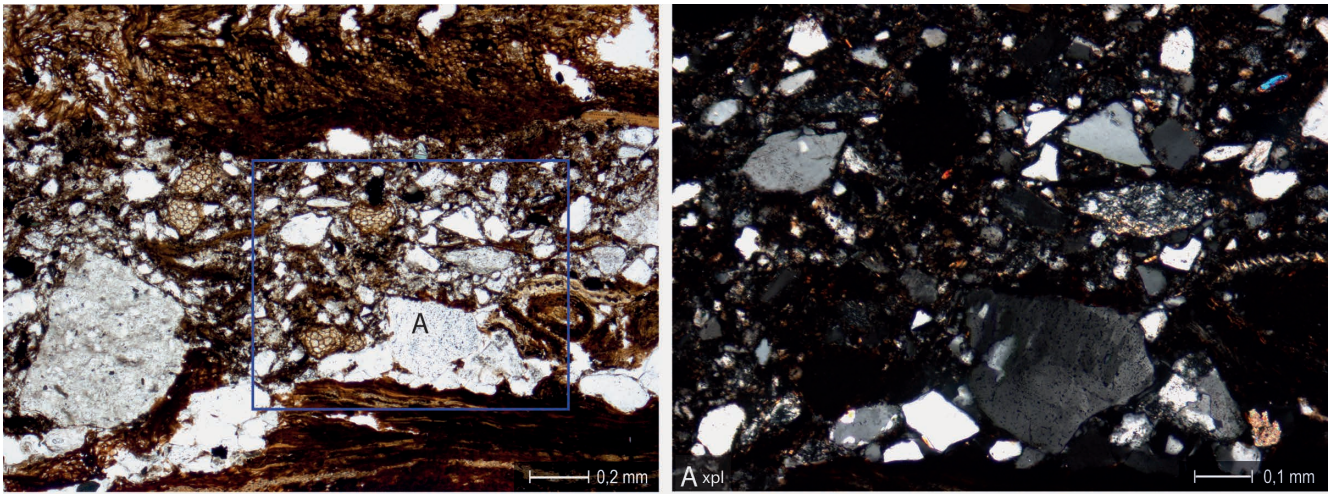


Abb. 172. ZHOP-1413.1.5 (Snr 406.IV, Profil 487.00/140.39). Lehmtyp T7 aus der organischen Kulturschicht 13 (ppl) mit mehreren gelb-braunen Sklerotien im humosen, sandigen Lehm. Detailansicht A: Mit den gut erkennbaren grau-weissen Quarzkörnern (xpl). Tonbeläge sind nicht vorhanden.

Zum Inhaltsverzeichnis

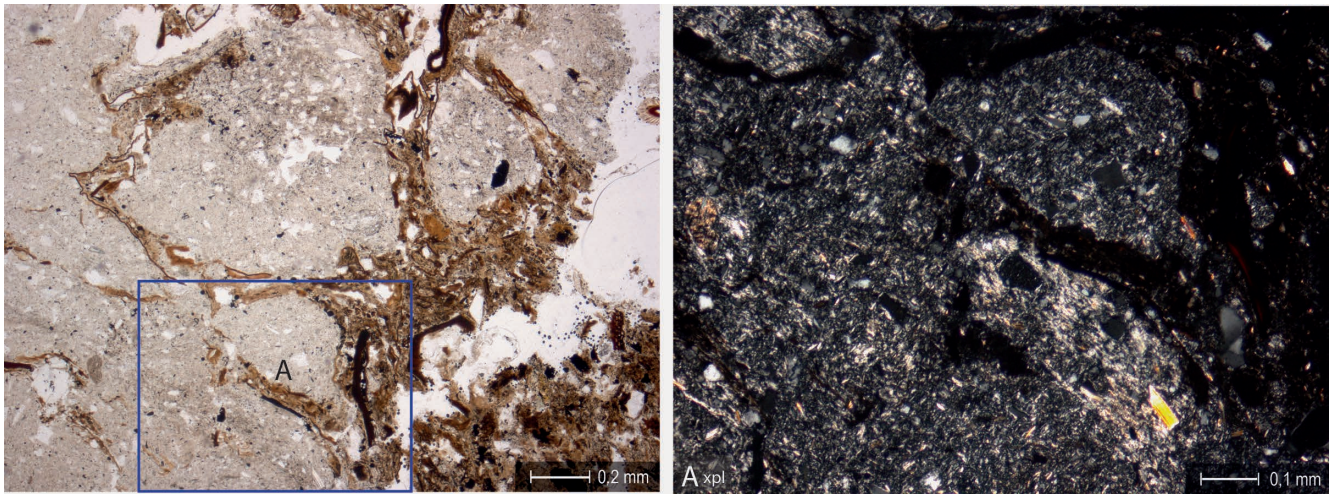


Abb. 173. ZHOP-408.1.3 (Snr 34.1). Lehmtyp T8 aus Profil 500.89/160.00. Lehmaggregate aus hellbeigem, verwittertem, tonigem Molassenmergel (ppl). Detailaufnahme A: Unter polarisiertem Licht (xpl) deutlich erkennbar ist die typische hellgelbe, tonige Matrix.

Typ 8 (T8): Verwitterter Molassemergel (Abb. 173)
Kompakter, kalkfreier, siltiger Ton. Darin eingebettet sind vereinzelte Glimmer sowie wenige gerundete und eckige Quarzkörner der Fein- und Mittelsandfraktion, meistens mit einem Anteil von ca. 2%, lokal bis 10%. Glaukonitkörner sind selten. Der Ton ist sehr homogen, weist ein netzstreifiges bis parallelstreifiges Gefüge auf und besitzt eine sehr niedrige Porosität, die in der Regel weniger als 2% beträgt. Grössere Lehmbrocken brechen polyedrisch. Kleinere Lehmbrocken von 1–2 mm Grösse sind meistens abgerundet und besitzen oft dünne Säume mit anhaftendem organischem Material, was auf schwache Umlagerung hindeutet.

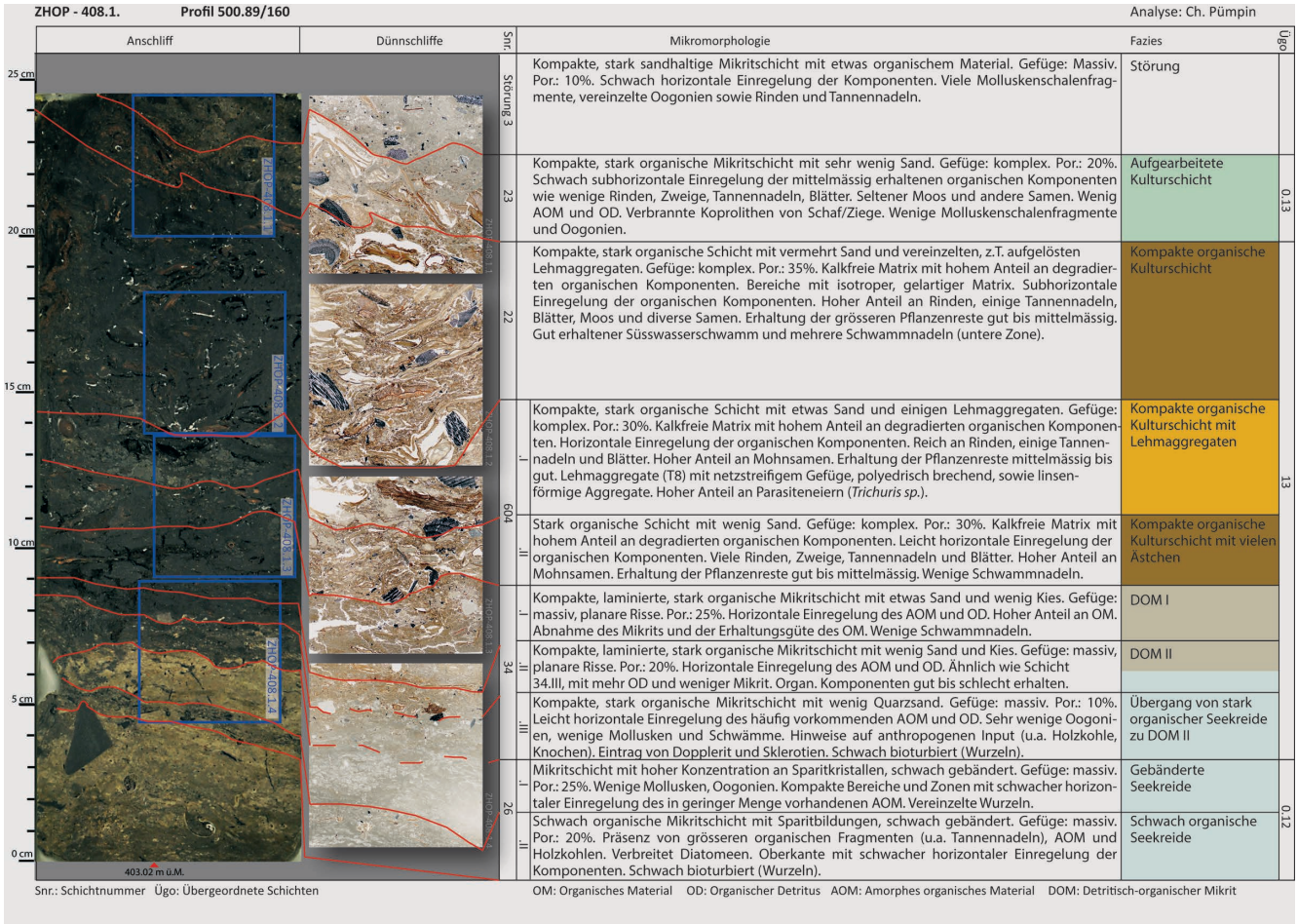


Abb. 174. ZHOP-408.1. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen.

Zur Herkunft des Tones kommen u.a. die verwitterten Mergel der Oberen Süsswassermolasse infrage, die in etwas mehr als 1 km Luftlinienentfernung von Parkhaus Opéra auftreten[252]. Diese Hypothese ist jedoch durch RFA/XRF-Analysen und Geochemie (Mikrosonde) zu verifizieren.

4.2 Analyse ausgewählter Profilkolonnen

4.2.1 Profil 500.89/160 – Probe ZHOP-408.1

Aus Profil 500.89/160 wurden insgesamt drei Bodenproben entnommen, wobei die beiden untersten Blockproben (ZHOP-409, 410), die mehrheitlich aus Seekreideablagerungen bestehen, zurückgestellt wurden. Mit der Bodenprobe ZHOP-408 wurde die gesamte Mächtigkeit von Kulturschicht 13 von deren Basis bis zur überlagernden Seekreideschicht (Snr 23) gefasst. Die jüngeren Schichten in Profil 500.89/160 fehlen, da sie vermutlich durch einen jüngeren Reduktionshorizont gekappt wurden (vgl. Kap. III).

Die Beobachtungen und Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchung an den verschiedenen Sedimenten werden im Folgenden in stratigraphischer Abfolge, d.h. von unten nach oben, vorgelegt (Abb. 174).

Schichtnummer 26 (übergeordnete Schicht 0.12)

Snr 26 kann aufgrund der unterschiedlichen Seekreideablagerungen in zwei Niveaus unterteilt werden: in Snr 26.II sowie in die darüber liegende Snr 26.I.

Schichtnummer 26.II
Snr 26.II ist eine mikritische Seekreide mit Sparitausfällungen, bei der sich im unteren Bereich eine deutliche Bänderung abzeichnet. Die Porosität liegt bei 20% (fp). In der Mikritschicht sind häufig horizontale sparitische Ausblühungen vorhanden, die von Algen stammen und blumen- oder kettenförmig angeordnet sind oder einen einfachen rhomboedrischen Habitus aufweisen. Reste von Kalkanlagerungen, die an Characeen gebildet wurden, sind immer wieder in den sparitischen Bereichen anzutreffen. Auch Diatomeen sind hier nachgewiesen und kommen verbreitet vor. In der kalkhaltigen Matrix ist ein allochthoner Anteil von 2% Feinquarzsand vorhanden. Die Grösse der Quarzkörner lässt einen Eintrag in diesem Niveau durch Wind postulieren. Anders sind die Voraussetzungen für die framboidalen Pyrite, die in geringer Menge in der Seekreide auftreten und das Produkt chemischer Prozesse sind (s.u., X.5.2). Im oberen Bereich des Niveaus treten gehäuft eckige bis schwach gerundete Holzkohlen und organische Komponenten (u.a. eine Tannennadel, Wurzelreste) auf, die eine Grösse von bis zu 0,5 cm aufweisen. Diese biogenen Reste, die ca. 15% des Sediments bilden, weisen eine mittelmässige Erhaltung auf und sind stark fragmentiert. Vereinzelt sind Pilzsporen und Sklerotien vorhanden, zudem auch Fragmente von Dopplerit. In den obersten 0,5 cm des Niveaus beobachtet man eine Gradierung[253] von grob fragmentiertem organischem Material über immer feiner werdendem organischem Detritus (OD) bis hin zu amorphem organischem Material (AOM). Das AOM und der OD sind im obersten Abschnitt des Niveaus horizontal eingeregelt. Eine Verdichtung des Sediments konnte nicht beobachtet werden.

Bei Snr 26.II handelt es sich um eine schwach organische Seekreide, die vermutlich unter ruhigen limnischen Bedingungen ausgefällt wurde.

Schichtnummer 26.I
Der Übergang von Snr 26.II zur Seekreideschicht Snr 26.I ist sowohl unter normalem als auch polarisiertem Licht fliessend. Dieses schwach gebänderte karbonatische Niveau mit einer Mächtigkeit von 16 mm ist in den untersten 5–6 mm etwas kompakter ausgebildet. Der Übergang zum lockeren oberen Bereich mit einer Porosität von 25% (fp) wird durch einen feinen, 1–2 mm mächtigen Saum aus AOM gebildet. Darüber folgt eine Seekreide, die eine hohe Konzentration an Sparitkristallen und einen «wolkigen» Habitus aufweist. Darin sind sparitische Ketten zu beobachten sowie Negative von Pflanzen, die vermutlich von verschiedenen Algenarten stammen. Das Vorkommen von Characeen ist durch wenige, jedoch gut konservierte Oogonien mit Stärkeerhaltung in der Seekreide nachgewiesen (s.u., X.5.3). Für eine gute Erhaltung und geringen Transport sprechen auch die wenigen Molluskenschalen, die zwar fragmentiert sind, aber keine Degradation oder Algenfrass aufweisen. Diatomeen konnten keine beobachtet werden, hingegen einige Pollen (u.a. von Koniferen). Auffallend sind die organischen Komponenten, die mit nur 5% in geringer Konzentration in der Seekreide eingebettet sind. Darunter befinden sich ähnlich wie in Snr 26.II einige nicht näher bestimmbare organische Komponenten, kleinere Holzkohlefragmente, ein stark verwittertes Knochenfragment und einzelne Sklerotien. Ein sehr geringer Anteil an allochthonem Quarzsand (< 2%) ist charakteristisch für die minerogene Matrix. An der Oberkante dieses Niveaus wird die Seekreide kompakter. In diesem Bereich wurde wieder AOM akkumuliert, das eine schwache horizontale Einregelung aufweist und zusammen mit der Seekreide einen 1–2 mm dünnen Saum bildet (Abb. 175).

Beim Niveau Snr 26.1 handelt es sich um eine gebänderte Seekreide. Die Erhaltung von Stärke in den Oogonien weist auf eine schnelle Überdeckung hin[254], was für eine stete und ungestörte Ausfällung von Kalziumkarbonat spricht.

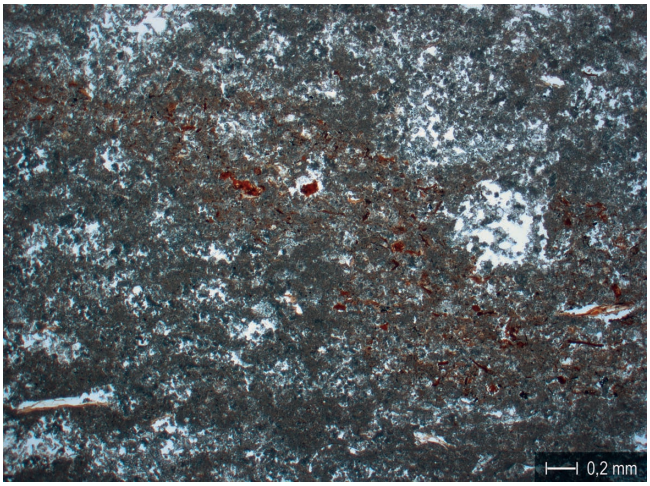


Abb. 175. ZHOP-408.1.4 (Snr 26.1). Mikrofoto des feinen Saums aus AOM und vereinzeltem OD in der schwach organischen Seekreide (ppl).

Zum Inhaltsverzeichnis

Schichtnummer 34 (übergeordnete Schicht 13)

Im Dünnschliff ist der Übergang zu Snr 34 sowohl unter normalem als auch im polarisierten Licht fliessend. Unter dem Fluoreszenzmikroskop dagegen hebt sich die Grenze durch einen gut sichtbaren orange-rötlichen Saum ab. An gewissen Stellen wirkt dieser Übergang wie eine Kruste. Durch den jeweiligen Anteil an organischem Material und Seekreide kann Snr 34 in drei verschiedene Niveaus unterteilt werden, deren Grenzen diffus sind. Makroskopisch unterscheiden sich diese drei Niveaus von einer reinen grauen Seekreide durch ihre dunkelbraune Färbung. Auf den Anschliffen sind Grenzen besser zu erkennen als in den Dünnschliffen.

Schichtnummer 34.III
Snr 34.III besteht zu ca. 45% (fp) aus einer kompakten Seekreide, deren Porosität nur noch 10% beträgt. Die Komponenten sind horizontal ausgerichtet, und eine Zunahme von AOM ist gegen oben deutlich erkennbar. In der feinkörnigen, karbonatischen Matrix sind mit einem Anteil von 25% auch grössere Fragmente organischer Komponenten wie Blattreste, Moos und Mohnsamen sowie 15% Mikroholzkohle und ein paar isolierte, kantige Holzkohlefragmente eingelagert. Vereinzelt konnten auch ein kleines Knochenfragment sowie eine Sklerotie und Fragmente von Dopplerit beobachtet werden. In der karbonatischen Matrix ist die Anzahl der vorhandenen Molluskenschalen eher gering. Neben wenigen fragmentierten, jedoch gut erhaltenen Schalen ist auch ein vollständiges, in situ zerbrochenes Gastropodengehäuse in der Mikritschicht eingebettet (Abb. 176). Bei einigen Fragmenten sind eine randliche Ausfransung und eine gräuliche Farbveränderung der Schale zu beobachten. Bei den in sehr geringer Menge vorhandenen Oogonien – darunter einige mit Stärkeerhaltung – ist die Oberfläche sehr gut und vollständig konserviert. Als allochthoner Eintrag ist mit knapp 5% der Quarzsand zu sehen, dessen Körner schwach eckig bis gerundet sind. Im Dünnschliff konnten wenige Wurzelreste beobachtet werden, was auf eine schwache Bioturbation hinweist.

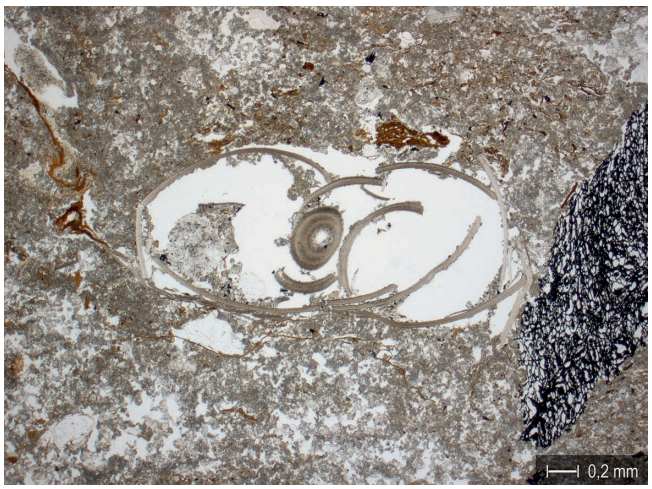
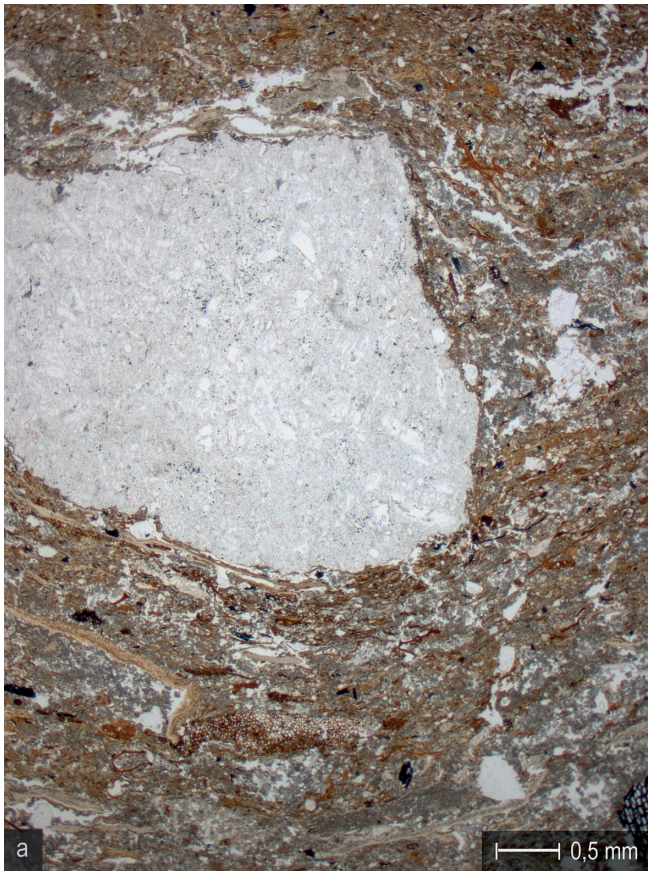


Abb. 176. ZHOP-408.1.4 (Snr 34.III). Mikrofoto der organischen Seekreide mit einer vollständigen Molluskenschale und Holzkohlefragment auf der rechten Bildseite (ppl).



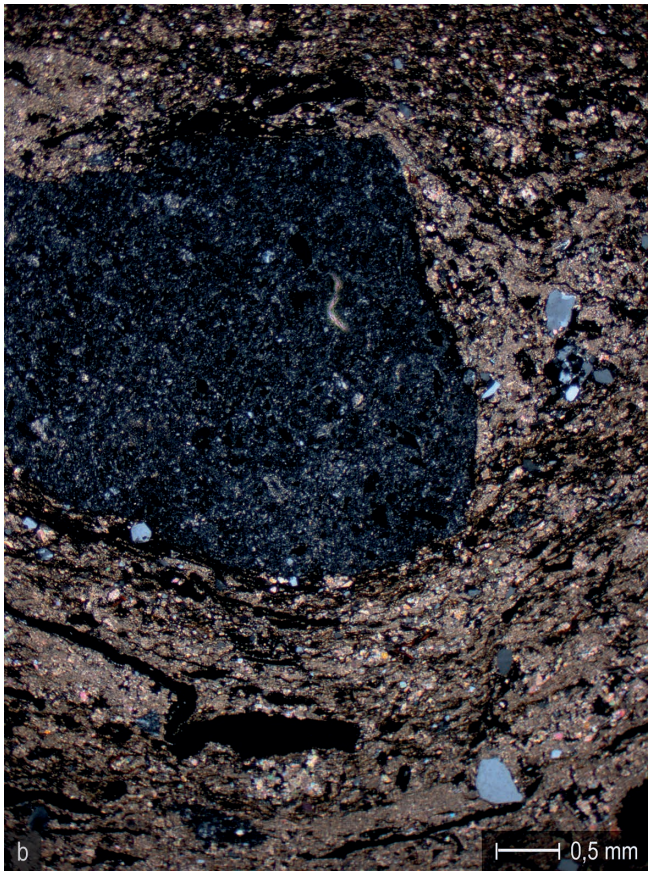


Abb. 177 a–b. ZHOP-408.1.4 (Snr 34.II). Mikrofoto des DOM II mit einem in Snr 34.III eingedrückten Kiesel. a) ppl. b) xpl.

Snr 34.III befindet sich im Übergangsbereich einer stark organischen Seekreide zu einem an DOM II reichen Niveau. Die Akkumulation von karbonatischem Mikrit ist weiterhin dominant, doch der Eintrag von organischen Komponenten terrestrischer Herkunft nimmt deutlich zu.

Schichtnummer 34.II
Der Übergang von Snr 34.III zu Snr 34.II ist im Dünnschliff fliessend und durch einen höheren organischen Eintrag (35% fp) sowie die Abnahme des limnisch gebildeten Mikrits (30%) gekennzeichnet. Der Eintrag an minerogenen Komponenten wie Quarzsand oder Kies ist weiterhin gering und liegt unterhalb von 10%. Bei einem kleinen Kiesel liess sich erkennen, dass er durch Druck in das Niveau Snr 34.III eingesenkt wurde und sich das umgebende Sediment dabei plastisch verformte (Abb. 177). Der Anteil an organischen Komponenten nimmt in diesem Niveau gegen oben deutlich zu. Die pflanzlichen Reste sind mehrheitlich horizontal eingebettet, gut sortiert und verleihen dem Sediment einen feingeschichteten Aspekt (Abb. 164 A, 164 C). Das pflanzliche Material ist mehrheitlich infolge Degradierung der Zellstrukturen mässig gut erhalten, lokal kommen aber auch einige nicht abgebaute Komponenten vor (u.a. Blätter). Der Anteil an AOM und OD ist hoch. In sekundärer Position befinden sich Pilzsporen, Sklerotien und ein stark degradiertes Holzfragment, das Losungen von Insekten aufweist (Abb. 164 C). Grösse und Form der Exkremente deuten auf Milben hin[255]. Verlagert sind auch vereinzelte Parasiteneier der Familie *Trichuris sp.*, die ausserhalb ihres ursprünglichen Kontexts liegen und isoliert in Porenräumen auftreten (Abb. 178)[256]. Ein anthropogener Eintrag ist durch ein verrundetes Keramikfragment, Reste von Kulturpflanzen (u.a. Lein- und Mohnsamen), phosphathaltige Koprolithen, Dungreste und Holzkohle gegeben.

An der Oberkante konnten kompaktere Bereiche sowie vereinzelte kompakte Stellen innerhalb der feinkörnigen, karbonatischen Matrix und die Bildung von planaren Rissen beobachtet werden. Die verbreitete Präsenz von framboidalen Pyriten weist auf eine erhöhte bakterielle Degradation des organischen Materials hin.

Snr 34.II an der Basis von Kulturschicht 13 besteht aus einem feingeschichteten DOM II, dessen Komponenten horizontal ausgerichtet sind und kompaktere Bereiche aufweisen.

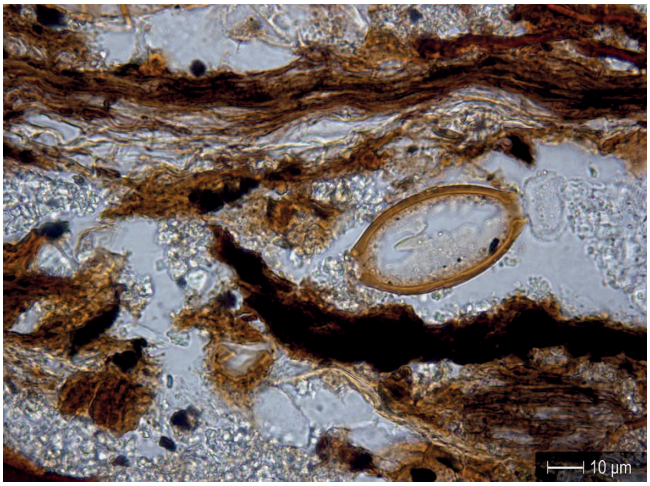


Abb. 178. ZHOP-408.1.4 (Snr 34.II). Parasitenei des Peitschenwurms (*Trichuris sp.*; ppl).

Schichtnummer 34.I
Der Übergang von Snr 34.II zu Snr 34.I ist ebenfalls fliessend. Snr 34.I unterscheidet sich vom Liegenden durch eine starke Abnahme des Mikrits (nur noch 20% fp) und eine stärkere Kompaktheit. Die Feinschichtung (Abb. 164 D) und die gute Sortierung der Komponenten sind weiterhin vorhanden. Die kalkhaltige Matrix ist hier viel dunkler als in den darunter liegenden Niveaus, und die Erhaltung der organischen Komponenten ist vergleichsweise schlechter, was an der deutlichen Degradierung der pflanzlichen Zellstrukturen erkennbar ist. Ferner nimmt auch der Anteil des AOM erheblich zu. Der Anteil an anthropogenen Komponenten ist höher, und es kommt vermehrt grobes Material vor, wie dies unter anderem durch die Präsenz von Holzkohlen, Mohnsamen (Abb. 165 C), Fragmenten von Leinsamen, Knochen- und Keramiksplittern angezeigt wird. Die Oberflächen der Komponenten sind meist verrundet und weisen auf Umlagerung hin. Gegenüber den älteren Niveaus treten neu auch verrundete Lehmbrocken (T3, T8, Abb. 165 B, C) auf. Snr 34.I ist recht kompakt, und an einzelnen Stellen beträgt die Porosität knapp 10%. Trockenrisse, die als Artefakte beim Präparieren der Bodenprobe entstanden sind (Abb. 165 D) sowie isolierte Kammern und Wurzelkanäle erhöhen im gesamten Sediment die Porosität auf einen Wert von 25%. Der minerogene Anteil nimmt in diesem Niveau mit 10% von mehrheitlich gröberem und unsortiertem Quarzsand deutlich zu. Dieser kann entweder auf einen verstärkten natürlichen Eintrag aus dem Hinterland[257] hinweisen, er kann aber auch von zersetztem Baulehm stammen. In diesem Niveau kommen zudem vereinzelte Sklerotien sowie isolierte Eier von Eingeweideparasiten[258], Pilzsporen und Losungen (vermutlich von Insekten) vor. Es ist jedoch festzuhalten, dass der sonst übliche Milbenkot nicht beobachtet wurde.

Bei Snr 34.I handelt es sich um ein stellenweise feingeschichtetes, detritisch-organisches Sediment mit starker Abnahme des Mikritanteils (DOM I) gegen oben.

Schichtnummer 604 (übergeordnete Schicht 13)

Der Übergang von Snr 34.I zur Basis von Snr 604 ist sowohl am Anschliff wie auch im Dünnschliff diffus bis deutlich und schwach wellig ausgeprägt. Unter polarisiertem Licht hebt sich die Grenze durch das Fehlen der karbonatischen Matrix in Snr 604 deutlich ab (Abb. 165 D). Aufgrund der unterschiedlichen Zusammensetzung des Materials liess sich die Schicht in die zwei Niveaus Snr 604.II und Snr 604.I unterteilen.

Schichtnummer 604.II
Direkt über Snr 34.I folgt das 11 mm mächtige Niveau Snr 604.II, dessen Untergrenze zum Teil diffus, jedoch in gewissen Bereichen als Folge der Häufung von grösseren organischen Komponenten (u.a. Blätter, Rinden etc.) deutlich ausgeprägt ist (Abb. 165 D). Die Erhaltung des pflanzlichen Materials ist im Allgemeinen gut; an gewissen Stellen sind aber eine Degradation der Zellstrukturen der organischen Komponenten und Fragmente von Dopplerit festzustellen. Durch den hohen organischen Anteil liegt die Porosität (30% fp) höher als in Snr 34.I. In gewissen Bereichen kommen kompaktere Zonen vor, die aus AOM und OD bestehen. Das organische Material weist eine subhorizontale Einregelung auf, in gewissen Bereichen sind jedoch einige Rindenstücke, Himbeer- und Brombeersamen schräg bis vertikal eingebettet. Die hohe Anzahl von kleinen Tannen- oder Fich-

Zum Inhaltsverzeichnis

tenzweigen[259], die einen Durchmesser von 2–3 mm aufweisen, ist kennzeichnend für dieses Niveau. Ferner finden sich einige grössere Holzkohlefragmente, vereinzelte kleinere Tonbrocken (T8) sowie gut bis mässig erhaltene Knochen. Die hier vorhandenen Rindenstücke scheinen am Ort fragmentiert worden zu sein (Abb. 179). Framboidale Pyrite sind nicht mehr so häufig wie in Snr 34.I.

Snr 604.II entspricht einer organischen Kulturschicht, die durch das häufige Vorkommen von kleinen Ästen und Rinden charakterisiert ist.

Schichtnummer 604.I

Snr 604.I unterscheidet sich vom darunter liegenden Sediment durch einen hohen Anteil an Tonbrocken (T8). Der Übergang zum Liegenden ist schwach wellenförmig. Die Erhaltung der organischen Reste ist mittelmässig bis gut, und die Komponenten sind deutlich horizontaler eingebettet als in Snr 604.II. Das organische Niveau weist trotz der hohen Porosität (30% fp) ebenfalls kompakte Zonen mit einem hohen Anteil an OD und AOM auf. Rinden sind vermehrt vertreten, und neben Tannennadeln und Blättern kommen auch Moos- und Mistelreste sowie häufig Mohnsamen vor. Zudem sind im Dünnschliff wenige Leinsamen und ein Getreidekorn vorhanden. Zwischen den organischen Resten ist eine markante Häufung von isoliert eingelagerten Parasiteneiern der Gattung *Trichuris sp.* (mind. 6 Eier von Peitschenwürmern) zu finden, in einem Niveau, in dem weder Dung noch Koprolithen festgestellt werden konnten. Der minerogene Anteil in diesem Niveau liegt bei 10% und besteht aus Gips- und Quarzkörnern der Fein- und Mittelkornfraktion. Weiter kommen Tonbrocken (Typ 8) vor, die in grösseren und kleineren Fragmenten vorhanden sind (s.u., X.5.6.1). Neben grösseren Tonbrocken kommen auch längliche, linsenartige Aggregate aus dem gleichen Material vor. In der tonigen Matrix wurden sekundär rhomboedrische Gipskristalle ausgefällt (Abb. 180, s.u., X.5.2). Die Häufigkeit framboidaler Pyrite bleibt im Vergleich zu Snr 604.II unverändert.

Dieser Bereich der organischen Kulturschicht 13 (Snr 604.I) ist durch eine hohe Anzahl an Rinden und Tonaggregaten (Typ 8) charakterisiert.

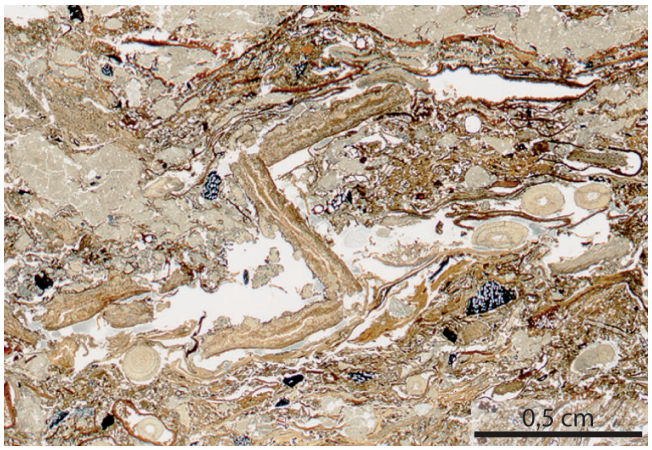


Abb. 179. ZHOP-408.1.3 (Snr 604.II). Detailaufnahme des Dünnschliff-Scans mit einer Rinde, die durch Druck fragmentiert wurde. In der Bildmitte rechts sind viele kleine Äste vorhanden.

Schichtnummer 22 (übergeordnete Schicht 13)

Der Übergang von Snr 604.I zu Snr 22 zeichnet sich sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch am abrupten Fehlen von Tonbrocken ab. Im Dünnschliff ist die Grenze nur partiell erfasst worden, teilweise in diffuser Ausprägung. Dieses 56 mm mächtige Stratum besteht im Wesentlichen aus organischen Resten. Auffallend ist aber der hohe Anteil an Hölzern und Rinden, darunter auch solche, die an der Aussenseite verbrannt sind. Durch die Bioturbation von Wurzeln, erkennbar anhand des Kanalgefüges, sind die Komponenten nur noch schwach horizontal ausgerichtet. Die Zusammensetzung der organischen Komponenten ist ähnlich wie in den darunter liegenden Schichten, nur der Anteil an Mohnsamen ist deutlich geringer. Anders sieht es in Bezug auf die Erhaltung des organischen Materials aus, die hier als gut bis mittelmässig bezeichnet werden kann. So tritt neben sehr gut erhaltenen Blättern, Rinden und Hölzern auch sehr schlecht erhaltenes und stark degradiertes Material auf, dessen Zellstrukturen nur noch schwach erkennbar sind. Kompakte organische Zonen mit viel AOM und OD kommen auch hier vor, zudem konnten in einzelnen Bereichen amorphe gelartige Fliessstrukturen (GFS) beobachtet werden (s.u., X.5.4), wobei es sich um Reste von schlecht erhaltenem Dung handeln könnte. Der Gips- und Sandanteil ist gering, doch lässt sich eine leichte Zu-

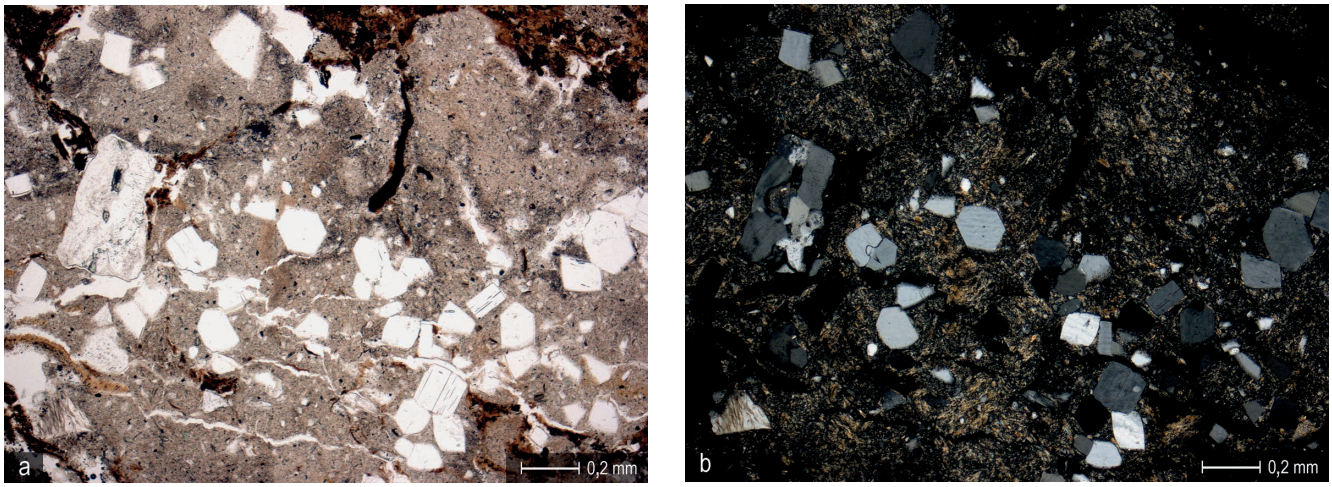


Abb. 180 a–b. ZHOP-408.1.3 (Snr 604.I). Lehm (T8) mit Ausfällungen von rhomboedrischen Gipskristallen. a) ppl. b) xpl.

nahme von 10 auf 15% (fp) beobachten. Bemerkenswert sind hier die Gipsausfällungen in den Zellen von Holzkohlen sowie im Sediment selber. Lehmaggregate der Typen T3 und T8 kommen in geringer Anzahl vor. In gewissen Bereichen liegen sie schlierenartig in der organischen Grundmasse. Ferner kommen diffuse Lehmkonzentrationen vor, die mit OD und AOM vermischt sind. Auffallend ist das Auftreten von Süsswasserschwämmen und ihren Nadeln (Abb. 181 a–c).

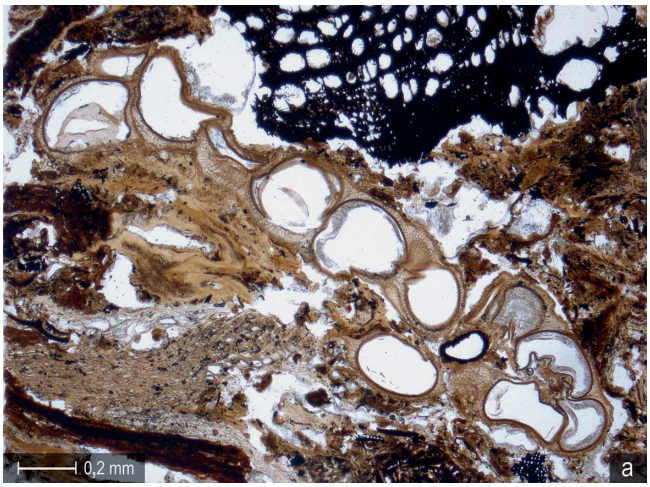
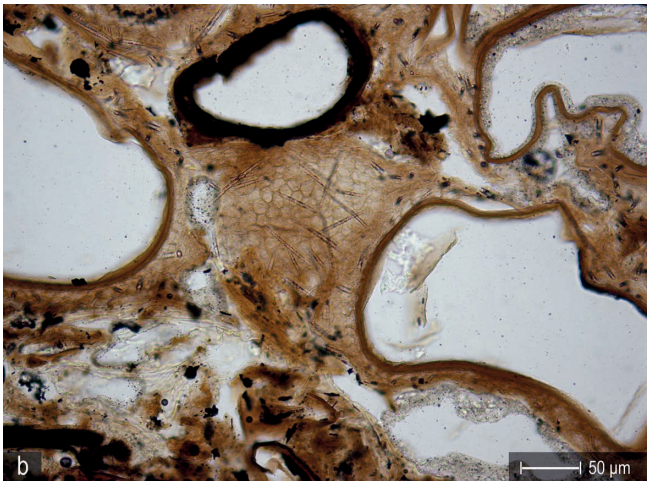
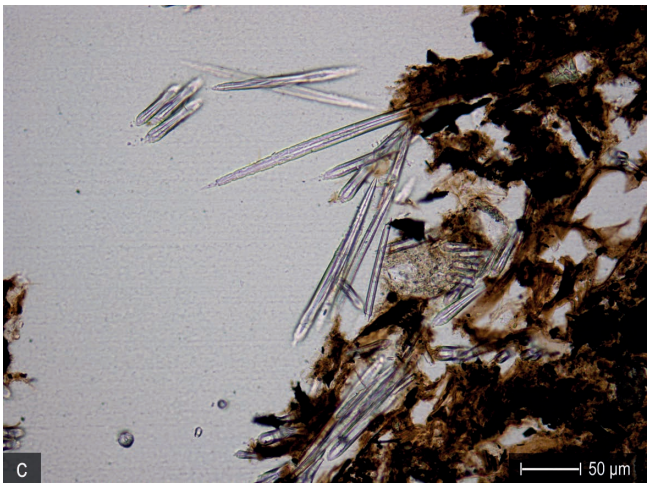


Abb. 181 a–c. ZHOP-408.1.2 (Snr 22). Gut erhaltener Süsswasserschwamm mit Gemmulae sowie Schwammnadeln (ppl).





Snr 22 kann als organische Kulturschicht angesprochen werden. Sie zeichnet sich durch eine Ansammlung von organischem Material mit heterogener Erhaltung aus.

Schichtnummer 23 (übergeordnete Schicht 0.13)

Der Übergang von Snr 22 zu Snr 23 ist makroskopisch und mikromorphologisch durch das Auftauchen von Seekreide charakterisiert. Eine deutliche bis scharfe Grenze im Übergangsbereich ist vor allem im Dünnschliff unter polarisiertem Licht durch das Vorkommen von Mikrit (45% fp) gegeben. Im unteren Bereich der 23 mm mächtigen Schicht ist der organische Anteil noch deutlich vorhanden und nimmt zur Oberkante hin markant ab. Die Komponenten sind stark fragmentiert, und der Anteil an OD und AOM ist geringer als in Snr 22. Neben gut erhaltenen, subhorizontal und teilweise schräg eingeregelten organischen Resten ist auch stark degradiertes Material vorhanden. Der Anteil an Rinden, Tannennadeln und Blättern ist geringer, und vereinzelt sind Moos, Erdbeer-, Himbeer- und Brombeersamen sowie Mohn- und Leinsamen präsent. Ferner liegt ein gut erhaltener ovaler Koprolith von Schaf oder Ziege vor (Abb. 182). Der minerogene Anteil ist mit 2% Sand und Gips deutlich geringer als in Snr 22. Letzterer ist auch hier in den Zellen von Holzkohlen vorhanden. Limnische Komponenten sind durch den kompakten Mikrit sowie durch

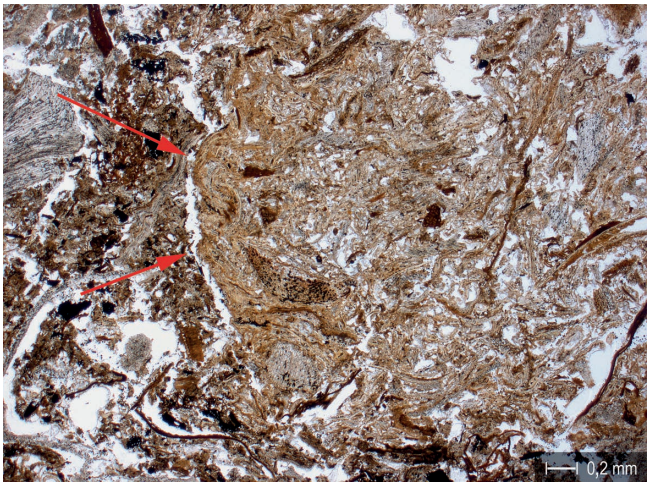


Abb. 182. ZHOP-408.1.1 (Snr 23). Mikrofoto eines Schaf-/Ziegenkoprolithen mit stark fragmentierten organischen Resten, der sich durch seine kompakte Randzone deutlich vom umgebenden Sediment abhebt (roter Pfeil; ppl).

Oogonien (ohne Kalkhülle), Schwammnadeln und Gastropodenschalen vertreten. Die Molluskenschalen sind fragmentiert, und ihre Erhaltung ist mittelmässig; sie weisen aber keinen Algenfrass auf. Ein einziger Gastropode ist vollständig vorhanden, jedoch zerdrückt. Framboidale Pyrite sind seltener als in der darunter liegenden Schicht.

Der Eintrag von limnischen Komponenten und die Durchmischung mit Material aus der organischen Kulturschicht lassen Snr 23 in die Fazies der aufgearbeiteten Kulturschicht einordnen.

Zum Inhaltsverzeichnis

4.2.2 Profil 489.68/137 – Proben ZHOP-1405 und ZHOP-1406

Das Profil 489.68/137 ist insgesamt mit vier Bodenproben dokumentiert, von denen für die mikromorphologischen Untersuchungen die Blockproben ZHOP-1406 und ZHOP-1405 zur Verfügung standen. Erfasst wurden damit die Seekreideablagerung unterhalb von Kulturschicht 13, die gesamte Kulturschicht 13, die Ablagerungen > 13 und > 14 unterhalb des Reduktionshorizonts 10 sowie der Reduktionshorizont selber. Die Kulturschichten 14–17 fehlen in diesem Bereich (Abb. 183 a, 183 b).

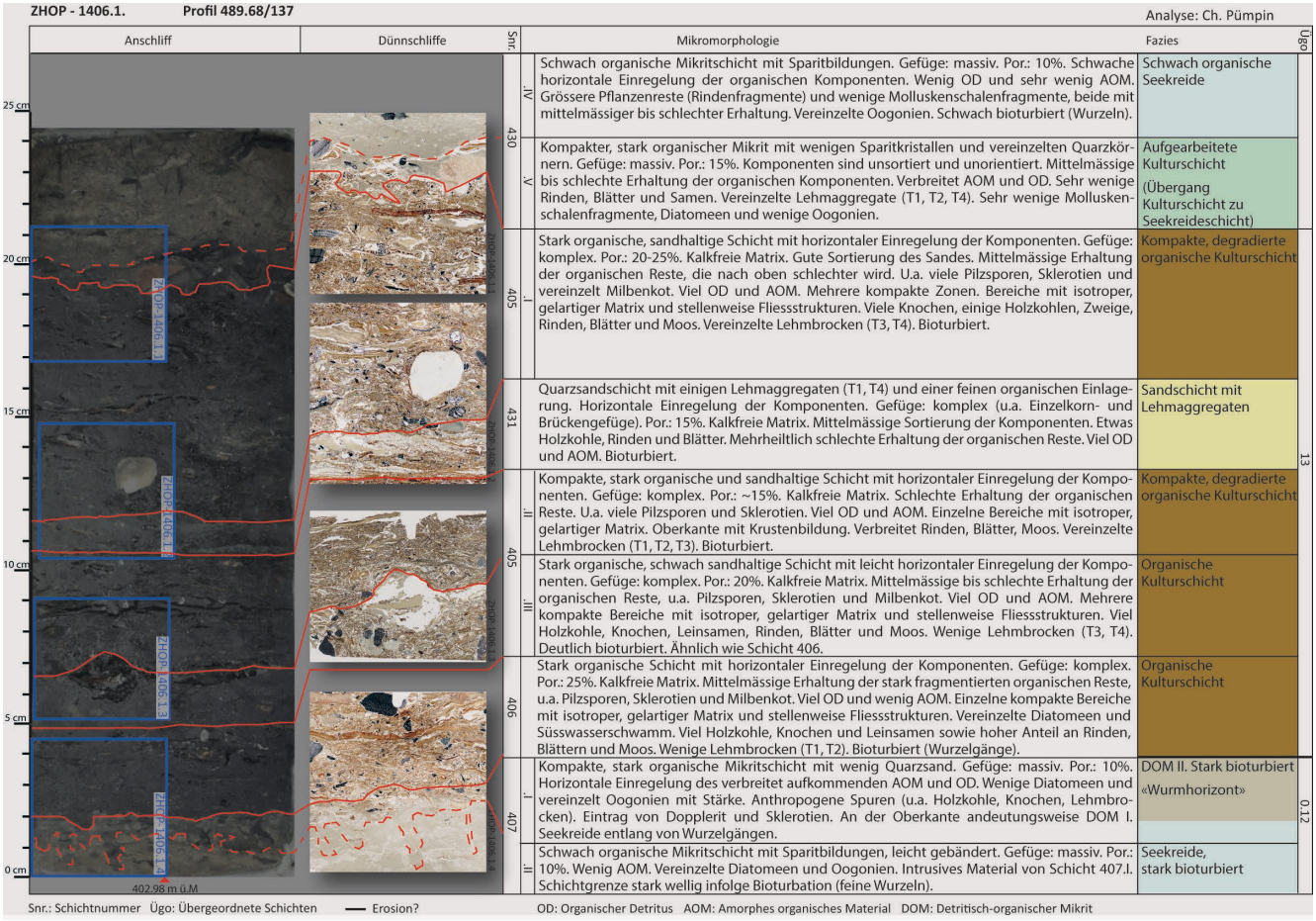


Abb. 183 a. ZHOP-1406.1. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen.

Schichtnummer 407 (übergeordnete Schicht 0.12)

Snr 407 konnte makroskopisch in die hellere Snr 407.II und die darüber liegende dunklere Snr 407.I unterteilt werden. Mikromorphologisch ist der Unterschied durch den höheren Anteil an organischen Komponenten gegeben. Er wird im Folgenden genauer erläutert.

Schichtnummer 407.II
Bei diesem Sediment handelt es sich um eine kompakte, schwach organische Seekreide mit einer Porosität von 10% (fp). In gewissen Bereichen kommen porösere sparitische Zonen vor, die teilweise blumenartige Kalkausfällungen oder rhomboedrische Formen aufweisen. Einige meist fragmentierte Sparitkristalle stammen von Kalkanlagerungen an Characeen. Im Mikrit sind vereinzelte Fruchtkörper von Characeen (ohne Stärkeerhaltung) sowie Diatomeen eingebettet. Andere minerogene Komponenten sowie Molluskenschalen fehlen, und der Anteil an organischem Material (OD und AOM) ist mit 8% sehr gering. Vereinzelt sind Mikroholzkohlen (2%) vorhanden. Framboidale Pyrite, die postsedimentär durch chemische Prozesse entstanden sind, kommen in geringer Menge vor (s.u., X.5.2). Auffallend sind Bioturbationsspuren in Form von oben eingreifenden vertikalen Gängen. Zudem kommen in der Seekreide horizontale, blockartige Einschlüsse von OD, AOM und Quarzsand vor, die aus Snr 407.I stammen und u.a. durch Wurzeln hierherverlagert wurden (Abb. 184D). Makroskopisch sind diese Einschlüsse sowohl als punktförmige, kreisrunde, 0,7 mm grosse, dunkle Partien im Anschliff (Abb. 183 a, Snr 407.II) als auch als horizontale, ca. 1 cm lange und ca. 1 mm breite Einschaltungen zu erkennen (Abb. 184 A–C).

Bei diesem Sediment (Snr 407.II) handelt es sich um eine schwach organische Seekreide, die durch Bioturbationsvorgänge in den obersten Bereichen überprägt wurde.

Schichtnummer 407.I
Der Übergang von Snr 407.II zu Snr 407.I ist makroskopisch deutlicher erkennbar als im Dünnschliff. Der organische Anteil nimmt mit 35% (fp) markant zu, und eine sichtbare Abnahme der Seekreide ist zu beobachten. Algen sind

durch vereinzelte Oogonien (mit Stärkeerhaltung) und durch eine hohe Anzahl an Diatomeen belegt. Die organischen Komponenten sind nicht nur durch OD und AOM vertreten, sondern auch mit Lein- und Mohnsamen, Moos, Rinden- und Blätterfragmenten sowie einer Haselnussschale, die alle horizontal in diesem Niveau eingeregelt sind. Ihre Konservierung ist mittelmässig bis schlecht, und Verwitterungszeiger wie isolierte Pilzsporen und Sklerotien sind ebenfalls vorhanden. Framboidale Pyrite kommen etwas häufiger vor. Der minerogene Anteil besteht aus 5% Quarzsand. Der anthropogene Eintrag ist an der Präsenz von vereinzelten verrundeten Lehmbrocken (T3), Holzkohlen, kleineren verbrannten Knochenfragmenten und Keramiksplittern sowie Mohn- und Leinsamen erkennbar. Auffallend sind Lagen von stark degradiertem pflanzlichem Material, dessen Phytolithen[260] noch im ursprünglichen Verband sind (Abb. 185). Die Oberkante des Niveaus ist sehr kompakt, und in einzelnen Bereichen sind rudimentäre Sedimentreste der Fazies DOM I vorhanden. Im unteren Bereich des Niveaus zeigen sich im Anschliff vertikale Gänge, die ca. 2 cm tief in das darunter liegende Niveau (Snr 407.II) reichen. Im Dünnschliff sind diese tunnelartigen Strukturen nicht erkennbar (Abb. 184 A–B). Einzig Zonen mit einer wolkenartigen Anreicherung an OD, AOM und wenig Quarzsand entlang von fein erhaltenen Wurzelhaaren deuten auf eine durch Bewuchs verursachte Bioturbation hin (siehe auch Abb. 184 D). OD und AOM stammen aus dem Niveau Snr 407.I und wurden in das tiefer liegende Sediment Snr 407.II verlagert (Abb. 184).

Bei diesem Sediment (Snr 407.I) handelt es sich um eine als DOM II angesprochene Fazies.

Schichtnummer 406 (übergeordnete Schicht 13)

Der Übergang von Snr 407.I zu Snr 406 ist je nach Abschnitt diffus bis deutlich. Das organische Sediment ist vor allem durch das Fehlen von karbonatischem Mikrit gekennzeichnet, jedoch sind vereinzelte Diatomeen und Süsswasserschwämme vorhanden. Anders als in der darunter liegenden Schicht dominiert hier mit 45% (fp) der Anteil von grösseren organischen Komponenten, deren Erhaltung mittelmässig ist. Ein grosser Teil der Pflanzenreste ist fragmentiert mit Zellstrukturen (darunter viele Blattfragmente), die meist deformiert oder weitgehend abgebaut sind. Gut konserviert sind hingegen Reste von Laubmoos und die sehr häufig vorhandenen Rinden- und Holzfragmente. Ferner kommen auch Phytolithen im Verband vor, die z.T. noch von organischem Gewebe umgeben sind. Verbreitet sind Pilzsporen und Hyphen sowie einzelne Milbenlosungen. Die Porenräume zwischen den organischen Komponenten sind meistens sedimentfrei. Stellenweise treten auch Zonen mit amorphen GFS (Abb. 186) und kompakte Bereiche mit einer Feinmasse aus OD und AOM auf (s.u., X.5.4). Diese

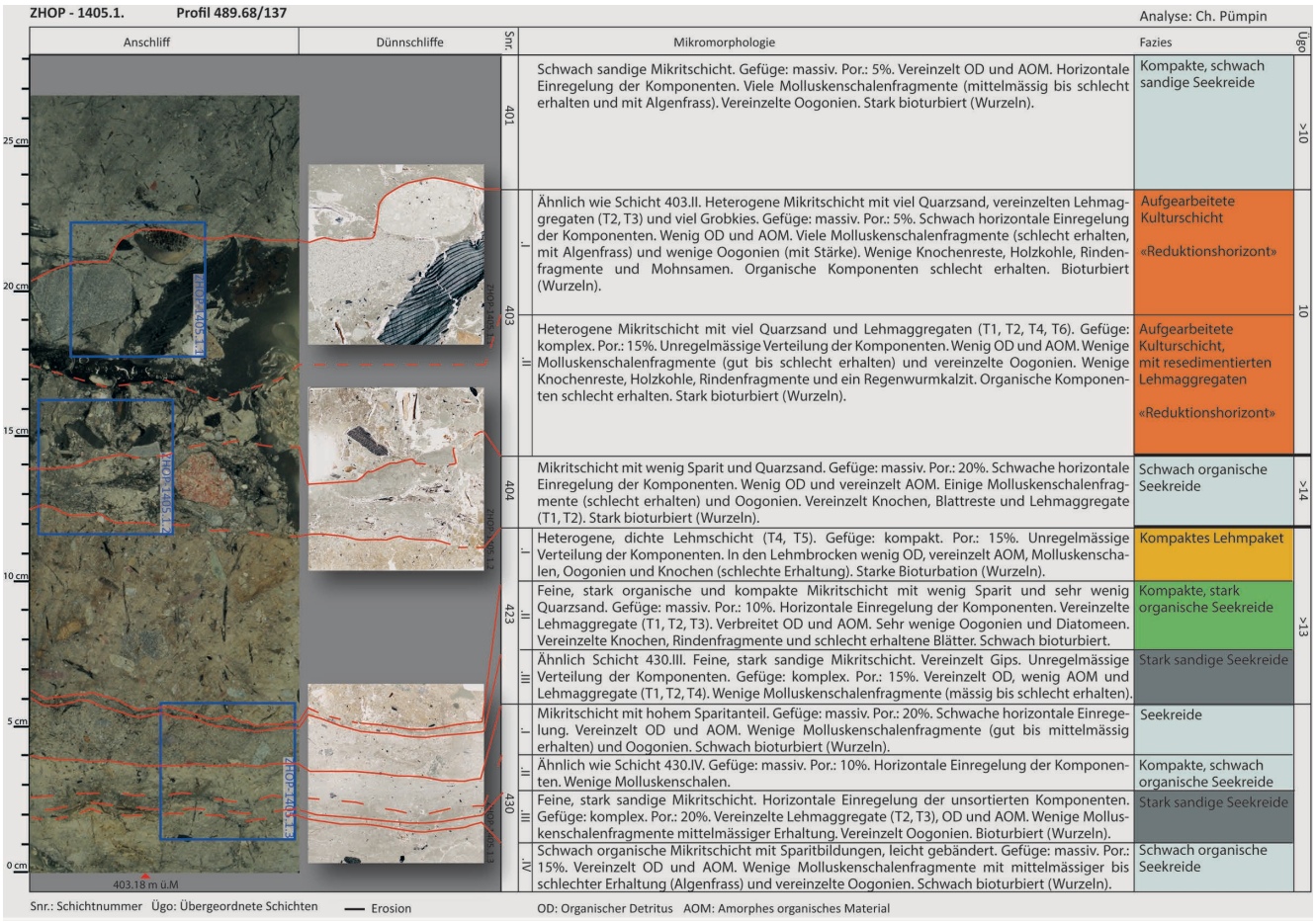


Abb. 183 b. ZHOP-1405.1. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen.

Zum Inhaltsverzeichnis

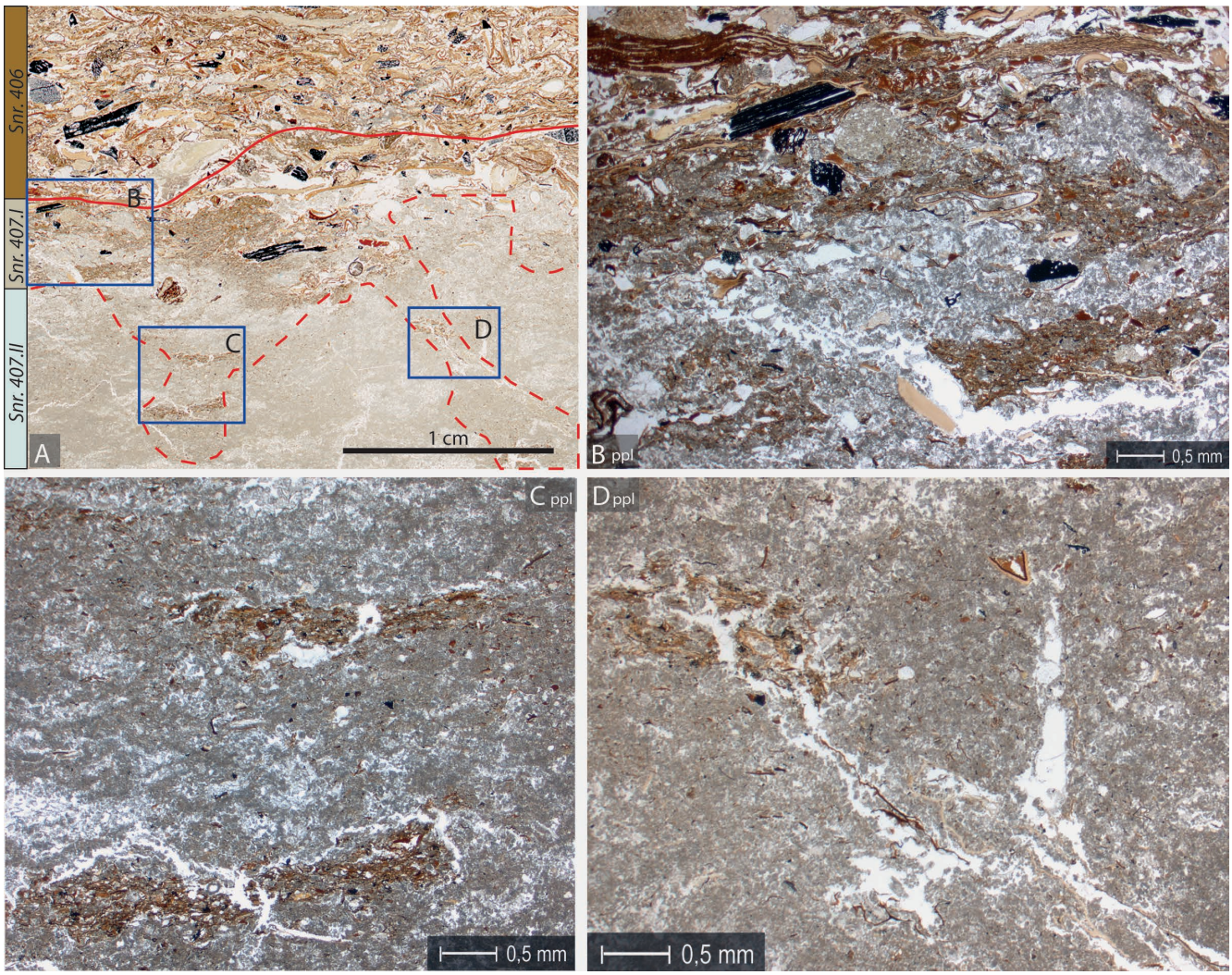


Abb. 184. Profil 489.68/137.00, ZHOP-1406.1.4. A: Dünnschliff-Scan mit Snr 407 und 406 im sogenannten «Wurmhorizont». B: Detailansicht des «Wurmhorizonts» mit grauen Seekreide-Einschaltungen und braunem DOM II. C: Detailansicht der Basis des «Wurmhorizonts» mit grauer Seekreide und länglichen Einschaltungen von DOM II. D: Detailansicht des «Wurmhorizonts» mit erhaltener, diagonal verlaufender Wurzel und Verfüllung des Ganges mit DOM II (obere linke Bildhälfte).

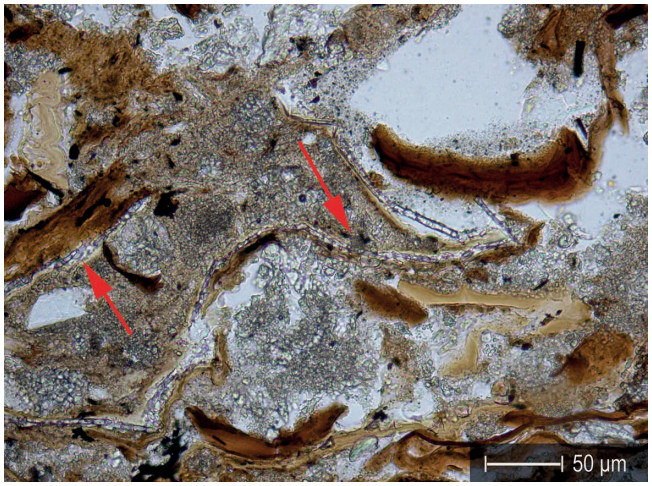


Abb. 185. ZHOP-1406.1.4 (Snr 407.I). DOM II mit Phytolithen im Verband (rote Pfeile; ppl).

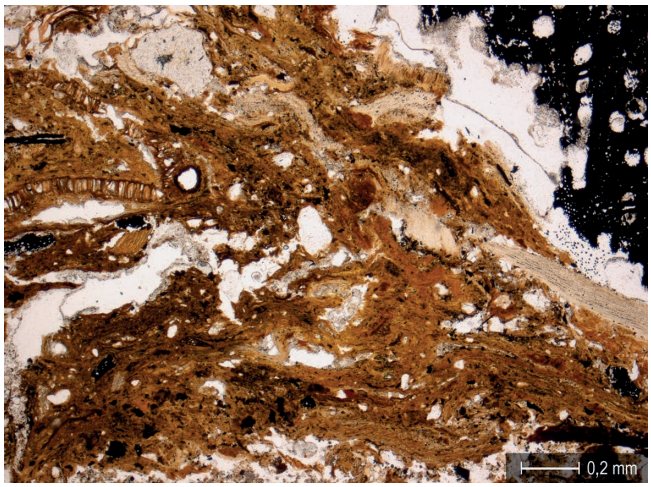


Abb. 186. ZHOP-1406.1.4 (Snr 406). Organische Kulturschicht 13 mit amorpher, gelartiger Fliessstruktur (orange; ppl).

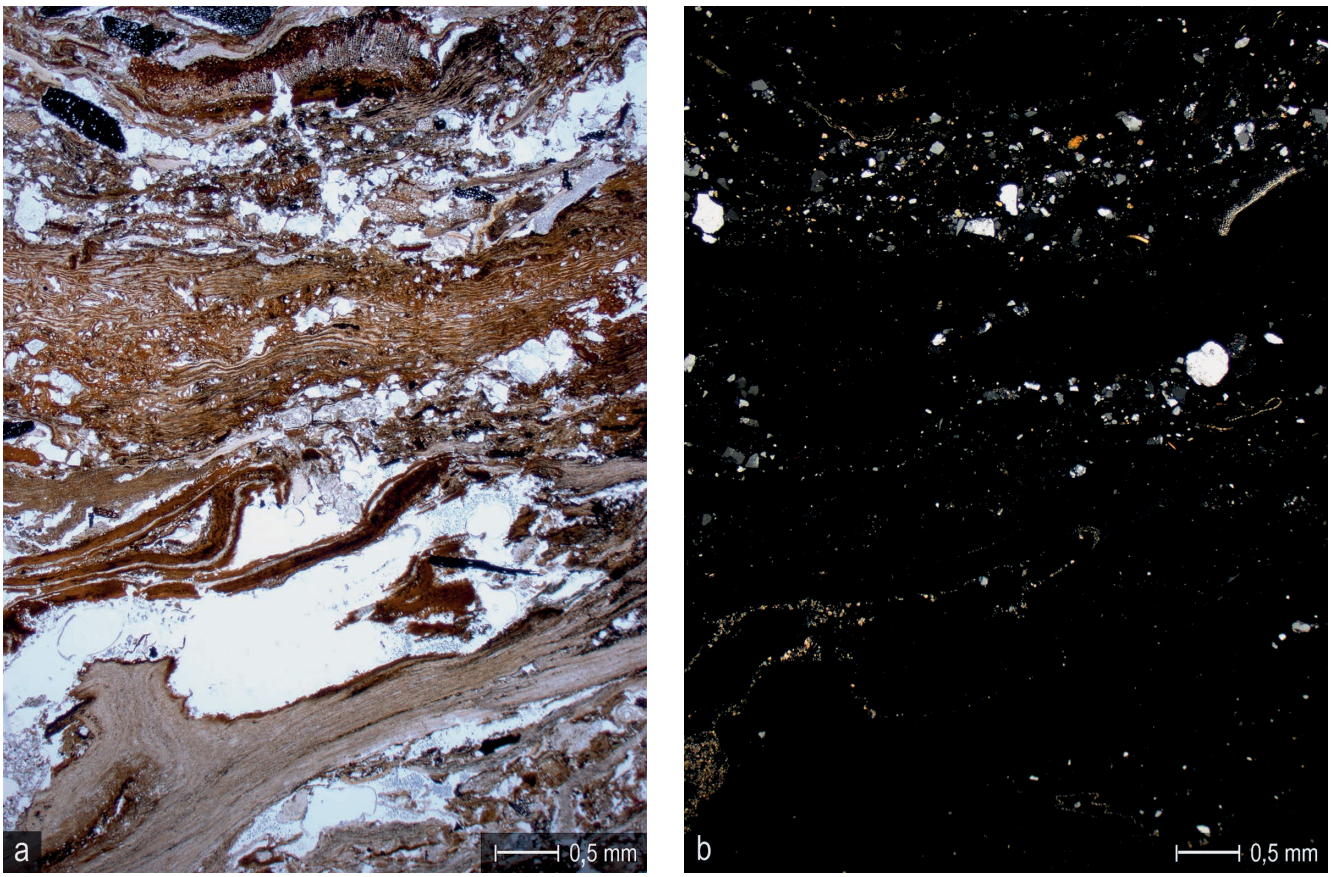


Abb. 187 a–b. ZHOP-1406.1.4 (Snr 406). Kulturschicht 13 mit stratifiziertem organischem Material und Sandkonzentration in der oberen Bildhälfte (helle Zonen in Abb. 180 b). a) ppl. b) xpl.

kompakten Zonen sind in der ganzen Snr 406 zu beobachten, nehmen aber in der oberen Hälfte markant zu. Der minerogene Anteil besteht aus knapp 10% Quarzsand (Abb. 187). Wenige kleinere verrundete Lehmaggregate (T1 und T2, darunter auch verbrannte) sind in der Schicht nachgewiesen. Vereinzelt kommen schwach kalkhaltige Zonen mit Konzentrationen von kleineren Kalzitkristallen vor, die von einem zersetzten Kalkstein stammen. Siedlungsabfälle wie verbrannte und unverbrannte Knochenreste, ein Keramikfragment, silikatische Schlacken biogenen Ursprungs, einige Holzkohlen, Samen von Lein und Mohn sowie Koprolithen[261] und verbrannter Dung von Schaf oder Ziege weisen auf anthropogene Präsenz hin.

Diese Schicht (Snr 406) entspricht einer organischen Kulturschicht, die unterschiedliche Erhaltungsstadien des organischen Materials terrigener Herkunft aufweist. Vereinzelt sind zwischen den pflanzlichen Resten auch limnische Anzeiger vorhanden.

Schichtnummer 405 (übergeordnete Schicht 13)

Snr 405 lässt sich mikromorphologisch in drei individualisierbare Niveaus unterteilen (Snr 405. III, Snr 405. II und Snr 405.I). Alle drei Niveaus unterscheiden sich in ihrer Kompaktheit sowie in der Zusammensetzung und Ausrichtung der vorwiegend organischen Komponenten. Zwischen Snr 405.II und Snr 405.I sind vermutlich noch Reste von Snr 431 erhalten, die auch durch eine hellere Zone mit Grobsand makroskopisch erkennbar ist. Die Differenzierung der verschiedenen Niveaus wird im Folgenden dargelegt.

Schichtnummer 405.III

Die rund 2 cm mächtige Snr 405.III ist sehr ähnlich aufgebaut wie das darunter liegende Sediment (Snr 406). Sie unterscheidet sich einzig durch ihre braune bis braun-rötliche Farbe und durch eine geringere Porosität von 20% (fp). Die Erhaltung der organischen Reste ist weiterhin mittelmässig bis schlecht; auch Pilzsporen sowie Sklerotien kommen weiterhin vor. Der Anteil an Rinden und Moos nimmt geringfügig[262] ab, jedoch bleibt der Anteil von Tannennadeln und Blättern gleich wie in Snr 406. Zwischen den grösseren pflanzlichen Bestandteilen sind auch hier kompakte Zonen mit GFS und Feinmasse, bestehend aus OD, AOM und etwas Feinsand, vorhanden. Als anthropogene Reste sind verkohlte Reste von Nahrungsmitteln, Makroreste, Holzkohle sowie Knochenfragmente zu notieren. Mohn-, Lein-, Erdbeer-, Himbeer- und Brombeersamen sind ebenfalls präsent. Der minerogene Anteil in diesem Niveau ist mit knapp über 10% etwas höher als im liegenden Sediment und besteht aus Fein- bis Grobsandfraktion. Vereinzelt kommen verrundete und längliche Lehmaggregate vor (0,7 × 0,7 cm; T3 und T4), die zum Teil auch schwach verbrannt sind. Framboidale Pyrite liegen ebenfalls vor.

Snr 405.III stellt weiterhin eine Akkumulation von organischem Material dar und gehört als Kulturschicht 13 zur Fazies organische Kulturschicht.

Zum Inhaltsverzeichnis

Schichtnummer 405.II
Die charakteristischen Merkmale in diesem Niveau sind ein stärkerer Abbau der organischen Reste und eine zunehmende Kompaktheit des Sediments mit horizontal eingeregelten Komponenten. Zudem ist der Anteil an Sand (15% fp) etwas höher als in Snr 405.III. An der Unterkante des Niveaus sind kleinere, linsenförmige Lehmbrocken (Grösse 5 × 1 mm vom Typ T3, vereinzelt T1 und T2) vorhanden. In diesem Bereich ist auch eine Konzentration von Sand der Mittel- und Grobfraktion erkennbar (Abb. 188). Die Erhaltung der organischen Komponenten nimmt stark ab und ist im Vergleich zum darunter liegenden Niveau schlecht. Die organischen Komponenten sind stark fragmentiert, und ihre Zellstrukturen sind meistens in sich kollabiert. Die noch im Verband liegenden Phytolithen werden von geringen Resten des ursprünglichen Gewebes zusammengehalten. Die Matrix zwischen den organischen Komponenten besteht zum Teil aus GFS. Die Farbe dieser gelartigen Strukturen variiert zwischen Dunkelbraun und Braun-Gelb. Darin eingelagert ist neben stark fragmentierten Blattresten und anderen organischen Komponenten auch Sand. Mehrere Sklerotien und Pilzhyphen (Letztere meistens an Rinden und Hölzern) sind auch in Snr 405.II vorhanden. An der Oberkante dieses Niveaus sind eine deutliche horizontale Ausrichtung der Komponenten, geringe Porosität und vereinzelte längliche Porenräume zu beobachten.

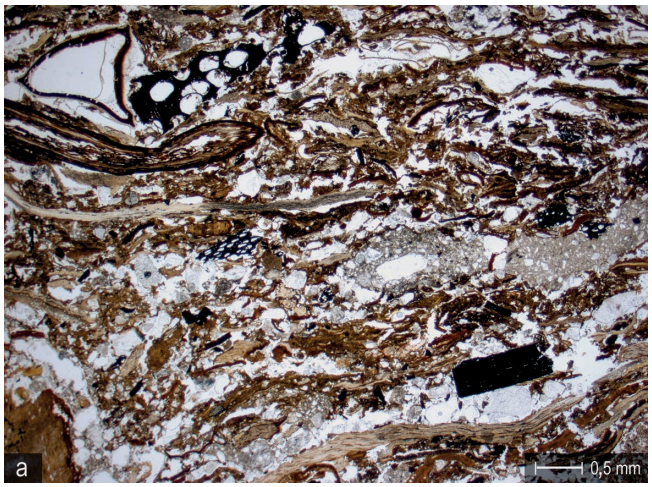
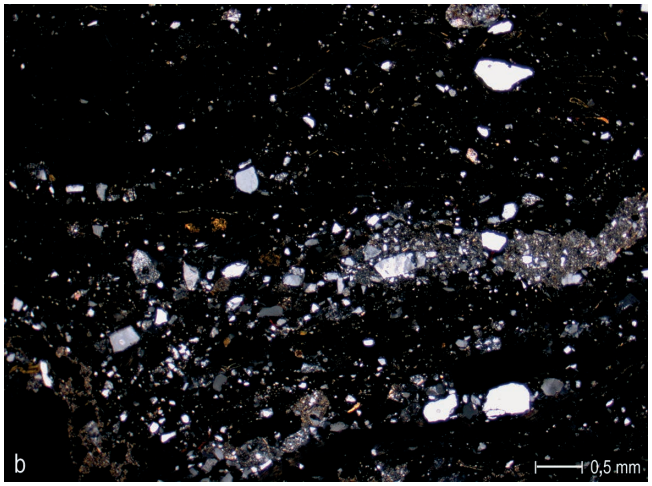


Abb. 188 a–b. ZHOP-1406.1.3 (Snr 405.II). Organische Kulturschicht mit aufgelösten Lehmaggregaten und Sandpartikeln. a) ppl. b) xpl.



Die Zusammensetzung von Snr 405.II entspricht der Fazies organische Kulturschicht und ist zusätzlich durch eine Verdichtung des Sediments sowie eine deutliche Degradierung der organischen Komponenten charakterisiert.

Schichtnummer 405.I
Snr 405.I unterscheidet sich nicht wesentlich vom organischen Niveau Snr 405.II. Einzig der Anteil an minerogenen Komponenten der Sandfraktion nimmt mit 15–20% (fp) zu. Der Feinsand ist wie in den anderen organischen Niveaus dieser Probe gut sortiert, nimmt jedoch im oberen Drittel um 5% ab. An der Oberkante von Snr 405.I ist eine feine Konzentration von gut sortiertem Mittelsand vorhanden, im unteren Bereich dagegen kommen wenige Sandlinsen der Mittel- und Grobfraktion vor, die vermutlich von verwitterten Baulehmen stammen. Verrundete Lehmaggregate des Typs 3 und 4 konnten vor allem an der Unterkante dieses Sediments beobachtet werden, selten sind sie auch in höheren Abschnitten anzutreffen. Dieses Niveau wird hauptsächlich aus horizontal ausgerichteten organischen Komponenten gebildet, deren mittelmässige Konservierung zur Schichtobergrenze hin zunehmend schlechter wird. Sporen von Pilzen, aber auch Hyphen und Sklerotien sind in diesem Niveau vorhanden und konnten auch an Rinden und Hölzern beobachtet werden. Einen weiteren Hinweis auf Degradierungsprozesse liefert die nur noch schwach vorhandene Doppelbrechung im Lignin und im zellulosehaltigen amorphen Material. Auch hier kommen Phytolithen vor, die noch im Verband sind und nur noch teilweise von Gewebe zusammengehalten werden. Ähnlich wie in den liegenden Snr 405.II und 405.III ist die Feinmasse aus stark zerfallenem organischem detritischem Material, AOM und Feinsand zusammengesetzt. Mit dieser Masse sind zusätzlich Mikroholzkohlen vermischt, die dem Niveau eine dunklere Farbe geben. GFS-Zonen kommen, anders als in den tieferen organischen Schichteinheiten, nicht mehr so häufig vor. Die Siedlungsaktivität wird durch Samen von Kulturpflanzen (Lein, Mohn sowie verkohlte Makroreste) und durch Reste von verkohltem Brot oder Brei angezeigt. In der Mitte und an der Oberkante des Niveaus konnten kompakte Zonen im Sediment beobachtet werden, die eine vergleichsweise geringe Porosität von 10% aufweisen. Der Nachweis von Eiern des Peitschenwurms *(Trichuris sp.)* zeigt einen Befall von Eingeweideparasiten bei Tieren oder Menschen an.

Mit dieser Ablagerung wurde, wie in den liegenden Niveaus (Snr 405.III und 405.II), die Fazies der organischen Kulturschicht gefasst.

Schichtnummer 431 (übergeordnete Schicht 13)

Eingeschaltet zwischen den organischen Ablagerungen Snr 405.II und 405.I liegt Snr 431, die hauptsächlich aus Sand (40% fp), Lehmaggregaten und einer feinen organischen Lage besteht. Die Konzentration von Sand, die dominierend ist, weist im Allgemeinen eine mittelmässige Sortierung auf. Es gibt jedoch auch Zonen mit einer guten Sortierung des Mittel- und Feinsands. Der minerogene Hauptanteil besteht aus Quarz, gefolgt von Feldspäten, etwas Glimmer und vereinzelt stark aufgelöstem Kalk. Das Gefüge dieser Schicht ist komplex und setzt sich in gewissen Bereichen aus einem Einzelkorngefüge zusammen, in anderen Zonen werden die Körner von einer feinen Schicht Ton umlagert[263] oder sind von Lehm umgeben. Auch verrundete Lehmaggregate von Typ T1 und T4 sind vorhanden. Zwischen dem Sand kommen im-

mer wieder feine, kompakte, krustenähnliche Lagen aus organischem Material vor. Diese setzen sich aus verschiedenen horizontal eingeregelten Pflanzenteilen zusammen, die eine mittelmässige Erhaltung aufweisen. Darunter kommen einerseits stark degradierte Komponenten vor, deren Zellstrukturen nur noch schwach erkennbar sind (u.a. Rinden und Holz). Andererseits finden sich vereinzelt auch stark fragmentierte Blattreste von Laubbäumen und Gräsern, die kaum abgebaut sind. Zonen mit einer hohen Konzentration an AOM, Feinsand und Mikroholzkohle konnten beobachtet werden. Hinweise auf Siedlungsaktivität sind nicht nur durch den vorhandenen Lehm oder die Holzkohlen, sondern auch an den verbrannten Komponenten erkennbar wie Knochen oder einem Quarzkorn mit Schmelzsaum[264].

Mit dieser Schicht wurden vermutlich noch knapp die Ausläufer einer Lehmschicht (Snr 431) erfasst. Im Dünnschliff besteht sie im Wesentlichen aus einer Akkumulation von Sand sowie vereinzelt Lehm und organischen Komponenten.

Schichtnummer 430

Die Unterteilung von Snr 430 in fünf verschiedene Niveaus (Snr 430.V, Snr 430.IV, Snr 430.III, Snr 430.II, Snr 430.I) basiert hauptsächlich auf mikromorphologischen Kriterien. Makroskopisch sind diese feinen Schichten, die sich durch den unterschiedlichen Gehalt an Mikrit, organischem Material, Sand sowie im Gefüge unterscheiden, kaum erkennbar. Die Eigenschaften dieser Ablagerungen im Dünnschliff werden im Folgenden beschrieben.

Schichtnummer 430.V

Im Vergleich zur liegenden Schicht ist hier ein deutlicher Wechsel in der Zusammensetzung des Sediments zu beobachten. Letzteres ist im Wesentlichen durch den markanten Anteil von Kalkschlamm (Mikrit, 35% fp) gekennzeichnet. Der Schichtwechsel an der Basis ist abrupt und teilweise wellig ausgebildet. In diesem Bereich kommen vor allem grössere Komponenten wie Kies, verrundete Lehmaggregate (T1, T2, T4), Keramiksplitter und Holzkohlen sowie organisches Material (u.a. Zweige, Rinden, Fragmente von Blättern, Mohn- und Leinsamen) vor. Diese Komponenten liegen unorientiert in der Matrix, was auf eine Verlagerung unter einer verstärkten Dynamik hinweist. Der organische Anteil, dessen Erhaltung mittelmässig bis gut ist, fällt auf 20% markant ab. Selten konnten Sporen von Pilzen beobachtet werden. Im kompakteren Kalkschlamm sind neben limnischen Anzeigern wie Oogonien (ohne Stärkeerhaltung), Diatomeen, Trichopterahüllen und Molluskenschalen auch AOM und OD vorhanden. Die Schalen der Mollusken sind fragmentiert, zeigen aber keine Auflösungserscheinungen oder Algenfrass.

Dieses Schichtpaket (Snr 430.V) ist durch einen abrupten Sedimentwechsel mit anschliessend verstärkter Akkumulation von Kalkschlamm sowie dem Eintrag von grösseren, aufgearbeiteten Bestandteilen aus Kulturschicht 13 charakterisiert.

Schichtnummer 430.IV

Der Übergang von Niveau 430.V zu 430.IV, das sich aus einer kompakten mikritischen Seekreide (ca. 70% fp) zusammensetzt und eine durchschnittliche Porosität von 10% aufweist, ist fliessend. Zur Oberkante hin wird das Sediment infolge Ausfällung von Sparit in unterschiedlichen Formen[265] etwas poröser. Andeutungsweise sind auch Pflanzennegative zu beobachten, die vermutlich von Characeen stammen. Die Präsenz von Characeen ist jedoch auch durch das Vorkommen von Oogonien mit geringer Stärkeerhaltung bestätigt. Vereinzelt sind zudem die silikatischen Skelette von Diatomeen vorhanden. Die meist fragmentierten Schalen von Mollusken zeigen eine schwache Degradation des Kalkes, und einige sind von Algen angefressen. Der minerogene Anteil (ca. 5%) ist in der Feinsandfraktion mit Quarzsand sowie mit vereinzelten, kleineren Lehmaggregaten (T2) vertreten. Die hellgraue Farbe der Seekreide erlaubt es problemlos, die dunklen framboidalen Pyrite zu erkennen. Der Anteil an organischen Komponenten (10%) nimmt nach oben ab und wird hauptsächlich von AOM und OD gebildet. Letzterer ist schwach horizontal eingeregelt. Holzkohle (5%) und ein Holzfragment sind die einzigen grösseren gut erhaltenen Komponenten in der karbonatischen Matrix.

Snr 430.IV entspricht einer schwach organischen Seekreide.

Schichtnummer 430.III

Dieses Niveau unterscheidet sich von der umgebenden Seekreide durch den Eintrag einer feinen Lage aus Sand (20% fp) und Ton (5%) sowie durch das vermehrte Auftreten von OD. Die Porosität beträgt 20%, und in den Porenräumen zwischen dem Quarzsand kann zum Teil schlierenförmiger Ton beobachtet werden. Die tonige Feinsubstanz haftet in gewissen Bereichen noch schwach an der Oberfläche der Körner oder ist zwischen den Komponenten eingebettet (Abb. 189). Auch

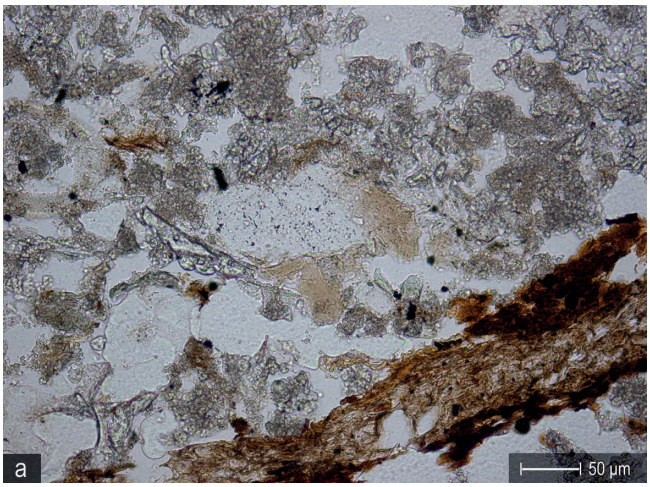
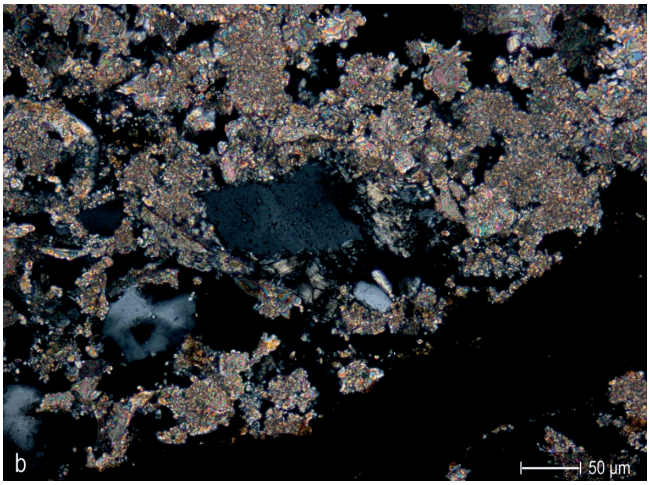


Abb. 189 a–b. ZHOP-1405.1.3 (Snr 430.III). Quarzkorn mit Anlagerungen toniger Feinsubstanz. a) ppl. b) xpl.



Zum Inhaltsverzeichnis

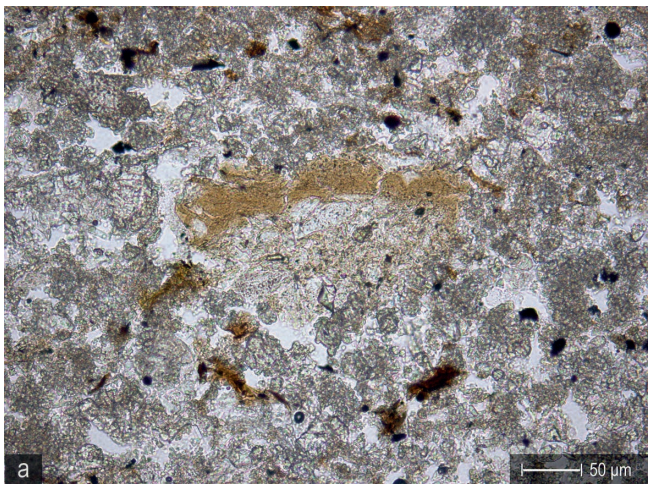
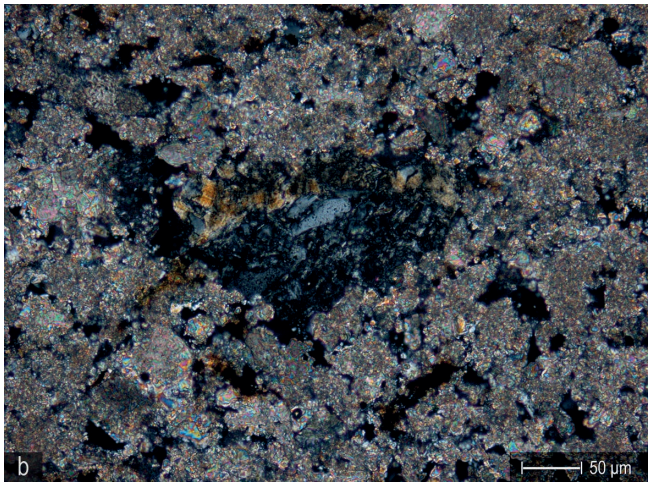


Abb. 190 a–b. ZHOP-1405.1.3 (Snr 430.III). Seekreide mit in Auflösung befindlichem (ausgefranstem) Lehmaggregat. a) ppl. b) xpl.



kleinere, ausgefranst wirkende Lehmaggregate (T1, T2) kommen in diesem Niveau immer wieder vor (Abb. 190). Der Anteil der in der Matrix eingebetteten organischen Komponenten ist mit 10% weiterhin relativ gering. Neben OD und AOM kommen auch Mikroholzkohle, Mistelreste, kleinere Rindenfragmente und Sklerotien vor. Feine, hellbraune und dunkelbraune Wurzelhaare sind immer wieder zu beobachten. Diese durchschlagen die sandige Seekreideschicht an verschiedenen Stellen und führen in einigen Bereichen zu einer Durchmischung des umliegenden Sediments und zur Verwischung der Schichtgrenzen (siehe auch Abb. 202).

Die Zusammensetzung dieses Niveaus (Snr 430.III) mit seinem markant hohen minerogenen Anteil erlaubt eine Zuweisung zur Fazies der stark sandigen Seekreide.

Schichtnummer 430.II
Die sandige Seekreide von Snr 430.III wird von einem 3 mm dünnen Bändchen aus einer kompakten Seekreide (ca. 70% fp) überlagert, die eine Porosität von 10% aufweist. Die wenigen organischen Komponenten (5%), u.a. Rindenfragmente, vereinzelte Sporen und Sklerotien sowie OD und AOM, sind in der kalkhaltigen Matrix horizontal eingebettet. Vereinzelt kommen auch Mikroholzkohlen (10%) vor. Der minerogene Anteil ist mit 2% Quarzkörner der Fein- und Mittelsandfraktion unbedeutend. Der limnische Anteil mit Sparitbildung sowie wenigen fragmentierten Molluskenschalen und Oogonien (ohne Stärkeerhaltung) dominiert weiterhin.

Bei diesem feinen Bändchen (Snr 430.II) handelt es sich um eine kompakte Seekreide mit wenig organischem Material.

Schichtnummer 430.I
Der Übergang von Snr 430.II zur lockeren Snr 430.I ist trotz des unteren kompakten Bereichs diffus. Sie unterscheidet sich von den anderen Niveaus durch eine erhöhte Porosität von 20% (fp), die durch die Ausfällung von Sparitkristallen unterschiedlichster Formen entstanden ist[266]. Zwischen den kalzitischen Ausblühungen konnten vereinzelte Tonaggregate und Quarzkörner (ca. 2%) der Feinsandfraktion beobachtet werden. Die grösseren Komponenten wie fragmentierte Molluskenschalen, Oogonien, schwach verrundete Holzkohlen (5%) und kleinere Rindenfragmente liegen schwach eingeregelt im Sediment. Der Anteil an organischem Detritus ist mit 2% sehr gering. Dasselbe gilt auch für den framboidalen Pyrit.

Mit diesem Niveau wurde die Fazies der sparitreichen Seekreide gefasst.

Schichtnummer 423 (übergeordnete Schicht > 13)

Makroskopisch und mikromorphologisch lässt sich der Übergang von der sparitreichen Seekreide (Snr 430.I) zu Snr 423 mit einer scharfen Grenze zu einem erhöhten Anteil an minerogenen Komponenten terrestrischer Herkunft sowie einer deutlichen Farbänderung gut dokumentieren. Im Dünnschliff konnte diese Strate zusätzlich anhand ihrer Zusammensetzung, der Verteilung der Komponenten sowie dem allgemeinen Aufbau der Schicht in drei unterschiedliche Niveaus (Snr 423.III, Snr 423.II, Snr 423.I) unterteilt werden.

Schichtnummer 423.III
Der basale Übergang zu Snr 423.III ist vor allem durch den erhöhten Anteil an Quarzsand (20% fp), Kies (15%), wenig Gips und Lehmaggregaten gekennzeichnet, die in einem Mikrit (30%) eingebettet sind. Eine deutliche Sortierung der minerogenen Komponenten konnte nicht beobachtet werden. An gewissen Stellen liegen die Quarze der Fein- bis Grobsandfraktion jedoch schwach horizontal eingeregelt in der karbonatischen Matrix, die eine Porosität von 15% aufweist. Sie erwecken den Eindruck einer ansatzweisen schwachen Laminierung. Auffallend ist zudem der Anteil an Lehmbrocken (10%) unterschiedlicher Grösse. Diese gehören zu den Lehmtypen T1, T2 und T4 und sind zum Teil als längliche, seltener auch als verrundete Formen in diesem Niveau eingelagert. Ähnlich wie in Snr 430.III weisen einige davon eine ausgefranst wirkende Oberfläche auf. Auch schlierenförmige Tonaggregate kommen zwischen den Quarzkörnern vor oder bilden ein Brückengefüge. Unter den limnischen Anzeigern sind vor allem Oogonien und vermehrt fragmentierte Molluskenschalen in mittelmässiger und schlechter Erhaltung vorhanden. Ein vollständiger Gastropode, dessen Gehäuse in situ zerbrochen ist, liegt vor. Der organische Eintrag ist gering und besteht hauptsächlich aus OD und AOM (5%). In ähnlicher Häufigkeit (5%) sind Mikroholzkohlen in der Matrix vorhanden. Mehrere vermutlich als Wurzelreste anzusprechende mittel- bis dunkelbraune Strukturen durchziehen das Sediment in horizontaler und vertikaler Richtung.

Mit Snr 423.III wurde eine Fazies gefasst, die zu einer stark sandigen Seekreide gehört.

Schichtnummer 423.II
Die 2 mm feine Snr 423.II ist durch eine Verdichtung der Seekreide (ca. 70% fp) und durch das Fehlen von Quarzkörnern der Grob- und Mittelsandfraktion gekennzeichnet. Quarzkörner der Feinsandfraktion sind mit ca. 2% vertreten. Die verschiedenen Komponenten, die in diesem Niveau auftreten, liegen mehrheitlich horizontal eingeregelt im kompakten Sediment (Porosität 10%). Es kommen sehr wenige Oogonien und vereinzelte Diatomeen vor. Der Anteil an organischem Material nimmt in diesem Niveau mit 15% markant zu und ist vor allem durch OD und AOM vertreten. Die Erhaltung der pflanzlichen Reste wie Misteln, Rinden, Blätter und Moos ist schlecht und u.a. durch den Abbau der Zellstrukturen und ihre starke Fragmentierung belegt. Neben kleineren, schlierenförmigen Tonbrocken kommen auch einige verrundete Lehmaggregate (T1, T2 und T3) im Sediment vor. In einzelnen Bereichen sind diese Aggregate als längliche und linsenförmige Strukturen in der Matrix eingebettet. Vereinzelt sind Knochenfragmente und Mikroholzkohlen (ca. 2%) vorhanden. Die Bioturbation durch feinere und grössere Wurzeln hatte lokal eine Durchmischung des Sediments zur Folge.

Bei Sn 423.II handelt es sich um eine Fazies, die als stark sandige Seekreide angesprochen werden kann.

Schichtnummer 423.I
Snr 423.II wird durch ein kompaktes heterogenes Lehmpaket überlagert, das grösstenteils aus Lehmtyp T4 besteht. Der Ton (30% fp) ist darin heterogen verteilt. Die Ausrichtung der Feinsubstanz ist in erster Linie netzstreifig, seltener auch parallelstreifig[267] (Abb. 166, 167, 173). Letzteres ist vor allem entlang von Porenräumen zu beobachten als Folge von Einspülprozessen. In der Matrix kommen mit 20% verbreitet unsortierte, schwach eckige bis verrundete Sandkörner vor, sowie verwitterter Kies (25%) aus einem Moränenlehm (Bt-Horizont, Luvisol). Die Quarzkörner unterschiedlicher Korngrössenfraktion liegen ohne Orientierung im Lehm, und zur Obergrenze dieses Niveaus nimmt ihr Anteil zu. In diesem Bereich ist auch Lehm vom Typ T5 vorhanden. Sklerotien, wenig OD, vereinzelt AOM sowie Mikroholzkohle (5%) und ein Knochenfragment sind im Lehm eingebettet. Eine erhöhte Bioturbation gibt diesem Niveau eine Porosität von 15%. Wurzelgänge kommen in unterschiedlicher Grösse vor und enthalten dunkelbraune Gewebereste. Entlang der grösseren Gänge wurde zudem kalkhaltiges Material aus der darüber liegenden Schicht eingelagert.

Mit Snr 423.I ist eine mineralische Fazies erfasst, die aus einer heterogenen Mischung der Lehmtypen T4 und T5 besteht.

Schichtnummer 404 (übergeordnete Schicht > 14)

Der Übergang von Snr 423.I zu Snr 404 kann makroskopisch und mikromorphologisch deutlich gefasst werden. Im Anschliff wird der Schichtwechsel im Wesentlichen durch eine markante Farbänderung von Rotbraun zu Grau markiert (Abb. 183 b). Im Dünnschliff ist der Übergang vor allem durch die Akkumulation einer porösen Seekreide mit wenig Sparit gekennzeichnet (ca. 55% fp). Die Porosität der Matrix liegt bei 20%, und der darin eingelagerte organische Anteil beträgt ca. 15%. Im unteren Teil der Schicht sind vermehrt Quarzsand (5%) und vereinzelt kleinere Lehmaggregate (T1, T2) vorhanden (ca. 2%), die nur in diesem Bereich im Mikrit auftreten. Hier sind auch viele feine, hellbraune und dunkelbraune Wurzelhaare vorhanden, die horizontal in der Schicht liegen und diese durchschlagen (siehe dazu auch Abb. 202). Bei einer grösseren Wurzel ist es zudem zur Verlagerung von gröberem Material aus dem überdeckenden Sediment (Snr 403.II) gekommen. Die Erhaltung der wenigen, schwach horizontal gelagerten Pflanzenreste ist schlecht, und meistens lässt das Gewebe keine Zellstrukturen mehr erkennen. Organische Komponenten limnischer Herkunft sind durch einige Fruchtkörper von Characeen (ohne Stärkeerhaltung) vertreten. Ihre Kalkschalen sind mässig gut erhalten und liegen oft fragmentiert in der kompakten Matrix. Die Gehäuse der Gastropoden sind zerbrochen und weisen Algenfrass auf. Einzig bei den Bivalven scheint es eine vollständige Erhaltung zu geben. Zur Oberkante der Schicht nimmt die Porosität markant ab (5–10%), und die Seekreide wird deutlich kompakter.

Aufgrund ihrer Zusammensetzung lässt sich Snr 404 der Fazies einer schwach organischen Seekreide zuweisen.

Schichtnummer 403 (übergeordnete Schicht 10)

Der Übergang zu Snr 403 ist makroskopisch nicht überall fassbar (Abb. 183 b). Unter dem Mikroskop ist die Grenze hingegen deutlich erkennbar und durch die Akkumulation von heterogenem Material gekennzeichnet. Anders als im Anschliff lässt sich diese Schicht mikromorphologisch in zwei Niveaus (Snr 403.II und Snr 403.I) untergliedern.

Schichtnummer 403.II
Der Übergang von Snr 404 zu Snr 403.II wird durch einen erhöhten Anteil von Sandkörnern (30% fp), Kies (10%) und verschiedenen Lehmaggregaten (T1, T2, T4 und T6) sowie verlagerten Brocken aus sparitischer Seekreide und einem Eintrag an Mikrit (15%) gekennzeichnet. Ihre Verteilung ist chaotisch, und eine Einregelung der Komponenten ist nicht zu erkennen. Die Mehrheit der Lehmaggregate (5%) ist stark verrundet, einige davon weisen einen schlierenförmigen Habitus auf (Abb. 191). Weiter kommen einige verrundete, dunkelbraune Aggregate vor, die neben vielen Quarzkörnern der Fein- und Mittelsandfraktion einen erhöhten Anteil an vergangenem organischem Material aufweisen. Dieses ist so stark abgebaut, dass es nur noch als AOM vorhanden ist. Auch die isoliert vorkommenden pflanzlichen Reste, die nur mit 10% (fp) vorhanden sind, weisen eine schlechte Erhaltung auf. Ihre

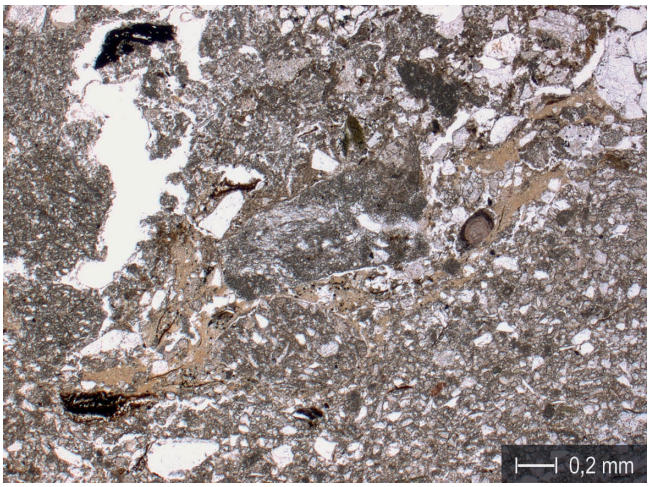


Abb. 191. ZHOP-1405.1.2 (Snr 430.II). In der Bildmitte gelber, schlierenförmiger, toniger Lehm (ppl).

Zellstrukturen sind meistens nicht mehr erkennbar, und oft lassen sie sich nicht von den intrusiven jüngeren Wurzeln unterscheiden. Letztere kommen in recht grosser Menge vor und sind eine Folge späterer Durchwurzelung. Entlang der Wurzelgänge ist es zudem zur Verlagerung von Sediment aus höher gelegenen Schichten gekommen, was unter anderem am Eintrag von Regenwurmkalzit erkennbar ist. Dieses Niveau ist trotz der Bioturbation mit 15% Porosität recht kompakt. Im Mikrit kommen vollständig erhaltene Bivalven, viele fragmentierte Molluskenschalen sowie Oogonien (ohne Stärkeerhaltung) vor, die chaotisch in der Seekreide verteilt sind und eine sehr schlechte Erhaltung aufweisen. Weiter kommen auch anthropogene Komponenten wie Holzkohlen (15%), verrundete Knochen, ein Keramikfragment, kleinere Partikel von Holzasche (Pseudomorphosen) sowie vereinzelte Quarzkörner mit Schmelzsäumen vor.

Anders als bei der darunter liegenden, schwach organischen Seekreide (Snr 404) handelt es sich bei diesem Niveau um den sogenannten Reduktionshorizont (s. Kap. III), der sich aus einem heterogenen Sediment zusammensetzt, das mit vielen Komponenten minerogenen und organischen Ursprungs durchsetzt ist. Es kann in die Fazies der aufgearbeiteten Kulturschicht eingeordnet werden.

Schichtnummer 403.I

Der Übergang von Snr 403.II zu Snr 403.I wurde im Dünnschliff nicht gefasst. Dieses Niveau unterscheidet sich jedoch vom darunter liegenden Sediment durch einen höheren Anteil an Mikrit (25%), das Vorkommen von reichlich Grobkies (25% fp) und grossen Holzkohlestücken (ca. 20%) sowie durch eine sehr niedrige Porosität (5%). Quarzsand ist weiterhin vorhanden, nimmt jedoch mit 20% deutlich ab. Eine Sortierung der minerogenen Komponenten konnte nicht beobachtet werden, abgesehen von einer schwachen subhorizontalen Einregelung. Ein Kiesel mit Toneinschwemmungen weist darauf hin, dass dieser ursprünglich aus einem Moränenlehm (Bt-Horizont, Luvisol) stammt und somit allochthon ist. Organische Komponenten sind mit 5% kaum noch vorhanden und durch AOM, OD und vereinzelte, schlecht erhaltene Mohnsamen sowie Fragmente von Rinden vertreten. Weiter kommen sehr wenige verrundete und schwach ausgefranste Lehmaggregate (T2, T3) sowie vereinzelte grössere Keramik- und Knochenfragmente vor. Komponenten limnischer Herkunft sind durch wenige Oogonien (mit Stärkeerhaltung) und viele fragmentierte Molluskenschalen, darunter einige vollständig erhaltene Bivalven, vertreten. Auch stark fragmentierte, von Algenfrass befallene Gastropodenschalen wurden beobachtet. Auffallend ist der hohe Anteil an framboidalen Pyriten.

Mit Snr 403.I wurde die Fortsetzung des Reduktionshorizonts gefasst, wo grössere Komponenten und mehr Kalkschlamm vorhanden sind.

Schichtnummer 401 (übergeordnete Schicht > 10)

Die oberste erfasste Schicht in Profil 489.68/137 ist Snr 401, die aus einem sehr kompakten und schwach sandhaltigen Mi-

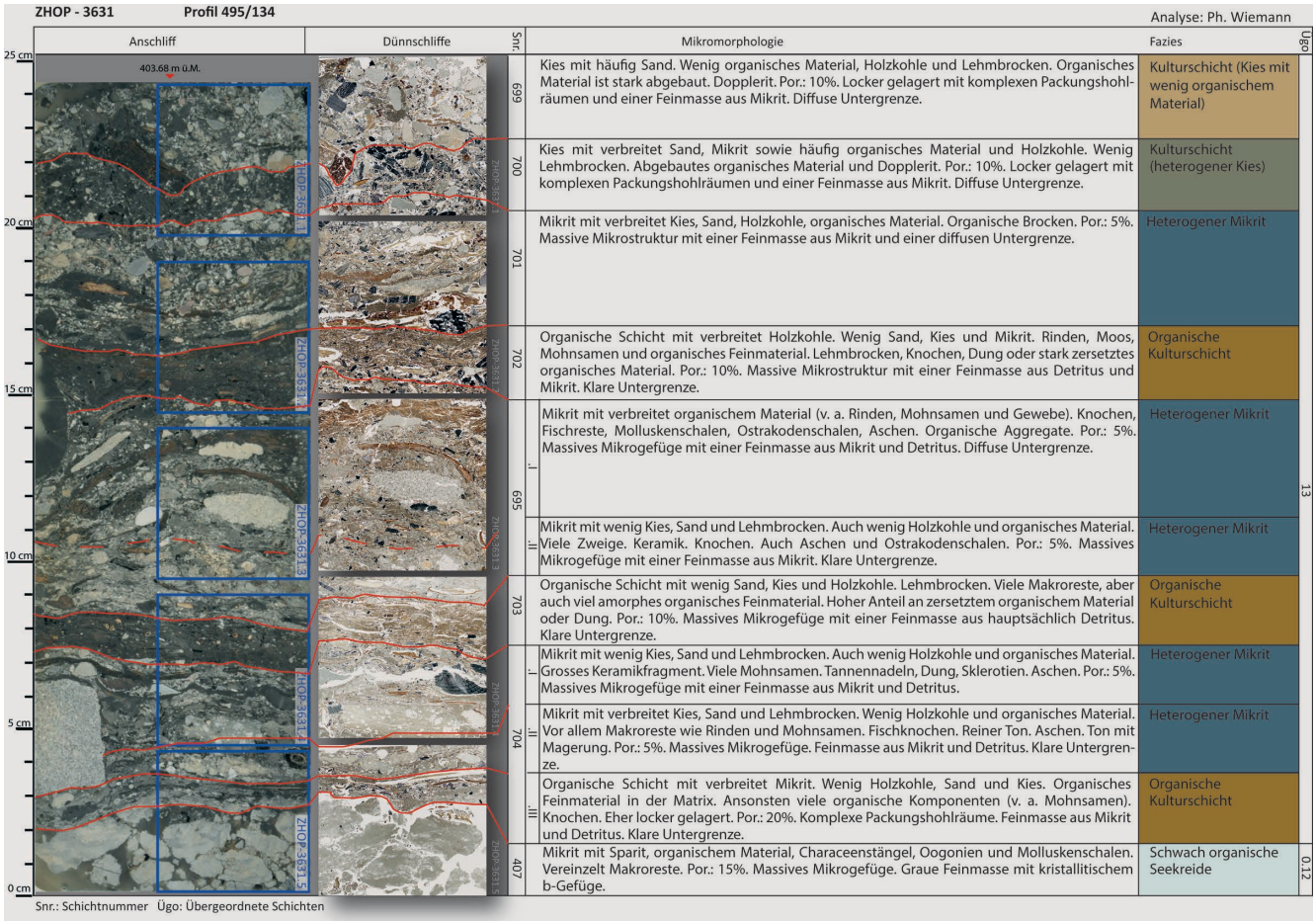


Abb. 192. ZHOP-3631. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen.

krit besteht. Der Übergang lässt sich makroskopisch und mikromorphologisch deutlich durch das Fehlen von grösseren Komponenten fassen. Der minerogene Anteil im Dünnschliff (ca. 15% fp) wird vereinzelt durch Kies und etwas Quarzsand der Mittel- und Grobkornfraktion gebildet, die in der Schicht gleichmässig verteilt sind. Der Mikrit bildet mit einem Anteil von ca. 65% die Hauptkomponente der Schicht. Die Porosität liegt weiterhin bei sehr niedrigen 5%. Neben vereinzelten Oogonien (ohne Stärkeerhaltung) ist die hohe Anzahl an fragmentierten Molluskenschalen auffallend. Ihre Erhaltung ist mittelmässig bis schlecht, und die tunnelartigen Gänge an ihren Oberflächen sind das Produkt von Bakterienfrass. Organische Reste kommen mit 10% vor und bestehen im Wesentlichen aus OD und AOM. Holzkohle ist nur noch mit 5% vertreten. Alle Komponenten liegen horizontal in der Schicht, punktuell wurden sie durch die starke Wurzelaktivität gestört. Der Abbau von organischem Material führte zur Bildung von wenig framboidalem Pyrit.

Snr 401 wird zur Fazies schwach sandige Seekreide gefasst, die hier infolge der äusserst geringen Porosität sehr kompakt ist.

4.2.3 Profil 495/134 – Probe ZHOP-3631

Das untersuchte Profil liegt bei Qm 495/134, etwas südlich von der Mitte der Grabungsfläche. Hier konnten zwei Proben aus ungefähr der gleichen Höhe entnommen werden. Von diesen Proben stand eine für die mikromorphologische Analyse zur Verfügung (Abb. 192). Auffallend war eine besonders fein stratifizierte Kulturschicht 13, die sich hier aus mehreren sandig-siltigen und organischen Lagen zusammensetzt.

Schichtnummer 407 (übergeordnete Schicht 0.12)

Die unterste erfasste Schicht (Snr 407) ist ein Mikrit (63% fp), der organische Zonen beinhaltet. Die Porosität beträgt 15%. Neben wenig Sand (5%) der Fein- bis Grobsandfraktion, Kies (2%) und Holzkohle (5%) kommen auch Characeenstängel, Oogonien und Molluskenschalen vor. Nur vereinzelt lassen sich organische Makroreste (10%) feststellen. Interessanterweise können an den Molluskenschalen Korrosionsspuren in Form von Algenfrass erkannt werden.

Aufgrund ihrer Zusammensetzung lässt sich Snr 407 der Fazies einer schwach organischen Seekreide zuweisen.

Schichtnummer 704 (übergeordnete Schicht 13)

Eine recht deutliche Grenze trennt den Mikrit Snr 407 von der darüber liegenden Snr 704. Im Dünnschliff konnte diese Schicht anhand ihrer Zusammensetzung, der Verteilung der Komponenten sowie des allgemeinen Aufbaus in drei unterschiedliche Niveaus (Snr 704.III, 704.II, 704.I) unterteilt werden.

Schichtnummer 704.III
Bei Snr 704.III handelt es sich um ein Sediment mit vielen gröberen organischen Komponenten (30% fp) und Holzkohle (10%). In weit geringerem Umfang kommen Lehmbrocken (T3, T6 und T7 mit 5%), Quarzsand (10%) und Kies (5%) vor. Die gröberen Komponenten dominieren das Niveau, sodass es ein vergleichsweise lockeres Mikrogefüge aufweist. Betrachtet man die verschiedenen organischen Komponenten im Sediment, so fallen besonders die zahlreichen Mohnsamen auf. Bei dem gehäuften Auftreten von Mohnsamen handelt es sich um ein verbreitetes Phänomen, das auch in anderen Proben an der Basis von Kulturschicht 13 angetroffen wurde[268]. Das Sediment, in dem auch verbreitet noch Mikrit vorkommt (20%), weist eine Porosität von 20% auf.

Niveau Snr 704.III lässt sich aufgrund seiner Ausprägung als organische Kulturschicht bezeichnen.

Schichtnummer 704.II
In Snr 704.II geht der organische Anteil der Komponenten etwas zurück (10%), und Lehmbrocken (20%) sowie eine mikritische Matrix (30%) nehmen zu. Im Mikrit selbst sind aber stets noch amorphes organisches Feinmaterial und 10% Holzkohle eingebettet. Die Porosität geht auf 5% zurück. Kies ist mit 10%, Sand mit 15% vertreten. Was die grösseren organischen Komponenten betrifft, so kommen immer noch viele Mohnsamen vor. Die Lehmbrocken liegen hier in insgesamt vier verschiedenen Ausprägungen vor: karbonatischer Lehm (T6), Lehm aus einem Al-Horizont (T3) sowie Lehm aus einem Bt-Horizont (T1). Daneben kommt auch ein fast reiner Ton vor. Ein Brocken zeigt eine besondere Art von Magerung (Abb. 193), die in Material und Grösse einen ähnlichen Zuschlagsstoff (grober, kantiger Quarzsand) aufweist wie die an dieser Fundstelle vertretene Keramik. Damit unterscheidet sich der Brocken von den anderen hier vertretenen Lehmtypen. Ausserdem konnten in der Schichteinheit auch Aschen und verkohlte Makroreste identifiziert werden. Dieses Niveau fällt besonders dadurch auf, dass hier die verschiedenen Gruppen von Schichtbestandteilen bei dominierendem Mikrit in mehr oder weniger gleichen Teilen vorkommen. Dies trägt dazu bei, dass Snr 704.II heterogen erscheint und folglich der Fazies der heterogenen Mikrite zugeordnet wird.

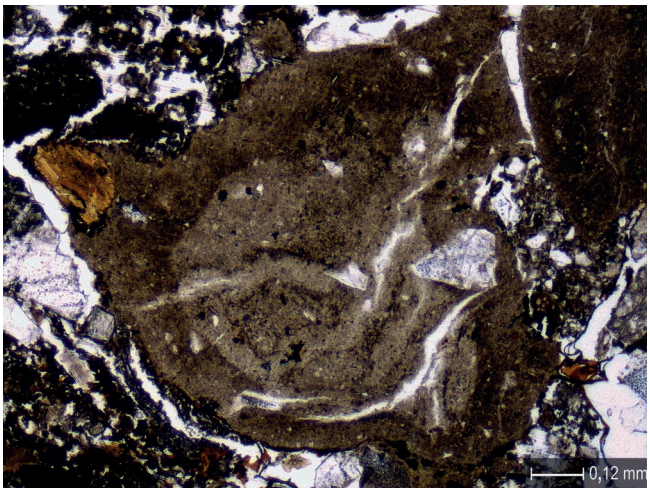


Abb. 193. ZHOP-3631.5 (Snr 704.II). Gerundeter Tonbrocken mit wenig kantigem Quarzsand, umgeben von Mikrit, der mit amorphem organischem Material und Quarzsand durchsetzt ist. Die flachen, spitz auslaufenden Risse sind mutmassliche Trocknungsartefakte (ppl).

Schichtnummer 704.I
Snr 704.I im Hangenden ist dem eben beschriebenen Niveau relativ ähnlich, beinhaltet aber weniger Lehmbrocken (10%) und Quarzsand (10%). Der Anteil an Mikrit nimmt dafür mit 45% leicht zu. Daneben fallen besonders viele Mohnsamen

Zum Inhaltsverzeichnis

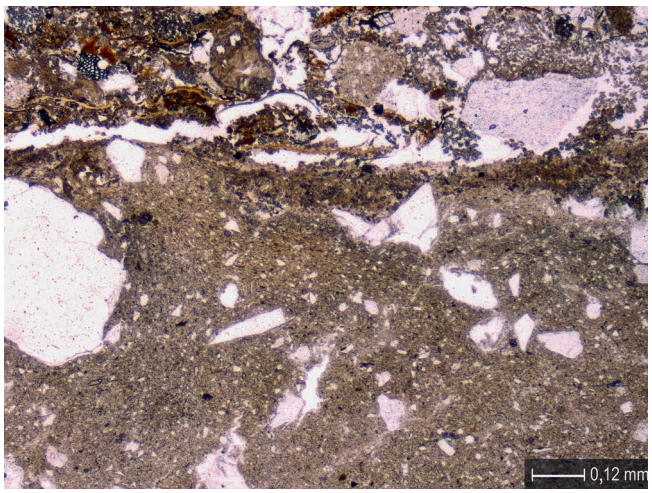
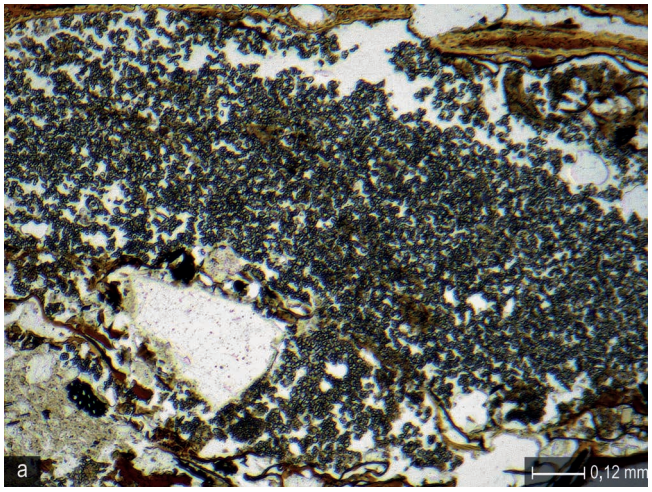


Abb. 194. ZHOP-3631.4 (Snr 704.I). Untere Bildhälfte mit grossem Keramikfragment, das in seiner Zusammensetzung an den Tonbrocken in Abb. 193 erinnert. Darüber liegt die heterogene Snr 704.I.

und ein grosses Keramikfragment auf. Letzteres bietet einen guten Vergleich zu dem zuvor postulierten Töpferton (Abb. 194). Auffällig ist auch das stark rötlich eingefärbte organische Material. Im oberen Bereich dieses Niveaus liessen sich einige Knochen, Sklerotien, Dung und weitere Makroreste feststellen. Bemerkenswert ist der Nachweis von körnigem Karbonat, das als Holzasche gedeutet werden könnte (Abb. 195 a, 195 b). Trotz der starken Ähnlichkeit zu Snr 704.II im Liegenden zeichnet sich eine klare Grenze ab.

Wie bereits Snr 704.II wird auch dieses Sediment als heterogener Mikrit angesprochen.



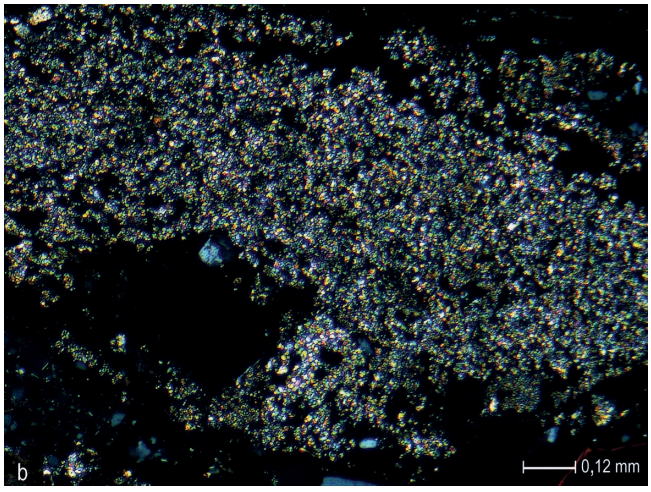


Abb. 195 a–b. ZHOP-3631.4 (Snr 704.I). Detail einer Zone mit grauem, körnigem Karbonat. Unter polarisiertem Licht (xpl) treten die charakteristischen Interferenzfarben von Kalzit deutlich zum Vorschein. a) ppl. b) xpl.

Schichtnummer 703 (übergeordnete Schicht 13)

In Snr 703 tritt der Mikritanteil (10% fp) zugunsten einer ausgeprägten Häufung von organischen Makroresten (55%) zurück. Zwischen den gröberen Komponenten liegt jeweils auch organischer Detritus. Die Schicht hat einen hohen Anteil an rötlich gefärbtem, mutmasslichem Dung oder sehr stark zersetztem organischem Material. Daneben liegen auch Molluskenschalen und ein verkohlter Makrorest vor. Den grössten Anteil am im Sediment enthaltenen Quarzsand (10%) nimmt die Feinsandfraktion ein. Daneben kommen aber auch Kies und Ton mit 5% vor. Holzkohle ist mit 5% nur wenig vertreten. Die Schicht weist insgesamt eine Porosität von etwa 10% auf.

Der geringere Mikritanteil und das verstärkte Vorkommen von organischen Makroresten erlauben es, Snr 703 als organische Kulturschicht anzusprechen.

Schichtnummer 695 (übergeordnete Schicht 13)

Snr 695 ist, wie teilweise auch in Snr 704 festgestellt, durch Mikrit als hauptsächlichem Bestandteil gekennzeichnet. Diese Schicht lässt sich somit deutlich von Snr 703 abgrenzen. Innerhalb von Snr 695 können wieder zwei Substrata unterteilt werden. Es handelt sich allerdings um einen eher diffusen Übergang zwischen den einzelnen Niveaus, wobei sich das Substratum Snr 695.I im Hangenden vor allem durch einen höheren Anteil an organischem Material unterscheidet.

Schichtnummer 695.II

Die Matrix von Snr 695.II setzt sich mit 45% (fp) vor allem aus Mikrit und weniger aus organischem Feinmaterial sowie Holzkohlen zusammen, die beide mit 10% vertreten sind. Als minerogene Komponenten kommen in dem mit einer Porosität von 5% recht kompakten, kalkhaltigen Niveau vor allem Kies (10%), Grobsand (15%) und wenig Ton (5%) vor. Das organische Material entspricht in seiner Ausprägung und nicht zuletzt auch in der rötlichen Farbe weitgehend demjenigen aus Snr 703. Im Vergleich zum rötlich verfärbten und abgebauten Material sind die häufig auftretenden Zweige auffällig, da sie noch deutliche Interferenzfarben zeigen. Dies kennzeichnet sie als weniger stark abgebaut als das umgebende Material und belegt den oft beobachteten, uneinheitlichen Erhaltungsgrad des organischen Materials innerhalb einer Schicht. Daneben kommen Holzaschen so-

wie kalzinierte Knochen vor. Auch vereinzelte Ostrakodenschalen liessen sich nachweisen.

Schichten mit den oben beschriebenen Charakteristika werden der Fazies der heterogenen Mikrite zugeordnet.

Schichtnummer 695.I
Im Vergleich zur relativ ähnlich wirkenden Snr 695.II steigt der Anteil an organischem Material in Snr 695.I auf bis zu 20% (fp). Es handelt sich dabei vor allem um Rinden, Mohnsamen und unbestimmbare Reste von organischem Gewebe. Der Anteil an Mikrit liegt mit 35% etwas tiefer als in Snr 695.II, und Ostrakoden- sowie Molluskenschalen lassen sich als Komponenten wahrscheinlich limnischen Ursprungs nachweisen. Ebenfalls limnischen Ursprungs, aber über den Umweg der menschlichen Nahrungszubereitung in das Sediment gelangt sind Fischreste, die zum Teil Spuren von Hitzeeinwirkung zeigen. Denselben Weg nahmen wahrscheinlich die ebenfalls vorhandenen Knochen. Beim minerogenen Anteil nimmt der Sand auf 10% ab, während der Ton (10%) etwas besser vertreten ist als in der liegenden Snr 695.II. Unverändert bleibt der Anteil an Kies (10%). Gleich wie im liegenden Niveau ist hier die geringe Porosität (5%) auffallend.

Anhand dieser Merkmale lässt sich Snr 695.I dem heterogenen Mikrit zuordnen.

Schichtnummer 702 (übergeordnete Schicht 13)

Snr 702 im Hangenden ähnelt der bereits beschriebenen Snr 703. Es handelt sich ebenfalls um eine organische Schicht, in welcher der Anteil an Kalkschlamm (10% fp) deutlich zurücktritt. Der minerogene Anteil des Sediments wird von 5% Kies, 10% Sand und 5% Ton gebildet. Das massive Mikrogefüge ist ähnlich wie in den hangenden Schichten und weist eine Porosität von 10% auf. Der untere Bereich der Schicht ist geprägt von stark abgebautem bzw. dunghaltigem, rötlich gefärbtem organischem Material. Im oberen Teil der Schicht findet sich vor allem braun gefärbtes organisches Material mit verschiedenen Makroresten wie Rinden, Mohnsamen sowie Knochen mit Brandspuren. Auch hier hat der feine organische Detritus einen hohen Anteil am Schichtvolumen, und Holzkohlen nehmen ca. 5% ein. Die Untergrenze zu Snr 695.I fällt klar aus.

Der hohe Anteil an organischem Material (55%) kennzeichnet das Sediment als organische Schicht.

Schichtnummer 701 (übergeordnete Schicht 13)

Die mit diffuser Untergrenze folgende Snr 701 fällt sehr heterogen aus. Es handelt sich um einen Mikrit (25% fp), der von relativ viel Kies (15%), Quarzsand (15%), Holzkohle (15%) und etwas Ton (10%) durchsetzt ist. Organisches Material kommt in viel geringerem Mass (15%) und mehrheitlich in Form von Brocken bzw. Aggregaten vor. Es zeigt zum Teil einen starken Abbaugrad. Das Mikrogefüge in dieser Schicht ist massiv und weist eine Porosität von nur 5% auf. Die heterogene Verteilung der Schichtbestandteile mit einem leichten Überhang von Mikrit kennzeichnet das Sediment als heterogenen Mikrit.

Schichtnummer 700 (übergeordnete Schicht 13)

Ganz ähnlich und folglich mit diffusem Übergang präsentiert sich Snr 700, in der zum minerogenen Anteil (Kies 10%, Sand 15% und Ton 10%) ein höherer Anteil an organischem Material (20%) und Holzkohle (20%) kommt. Die Feinmasse ist mit 15% Mikrit weiterhin schwach kalkhaltig und weist eine geringe Porosität von 10% auf. Bemerkenswert ist wiederum der unterschiedliche Erhaltungsgrad des organischen Materials, der sich hier anhand von Moosen zeigen lässt. Die Moose sind im Gegensatz zum stark abgebauten organischen Material in dieser Schicht deutlich besser erhalten. Ausserdem konnte unter den organischen Komponenten gelifiziertes organisches Material nachgewiesen werden. Das Sediment ist nur schwer einer der definierten Fazies zuzuweisen. Insbesondere der hohe Kies- und Sandgehalt erschwert eine Zuweisung zu den organischen Kulturschichten. Mit Mohnsamen und anderen organischen Bestandteilen erinnern gewisse Komponenten aber deutlich an die hier vertretenen organischen Kulturschichten. Aus diesem Grund soll dieses Sediment auch dieser Fazies zugewiesen werden.

Schichtnummer 699 (übergeordnete Schicht 13)

Die oberste in der Probe erfasste Schicht ist Snr 699. In diesem Sediment nehmen sowohl Mikrit als auch das organische Material immer mehr ab, bis schliesslich der Kiesanteil stark dominiert. Das wenige in dem Sediment enthaltene organische Material ist in der Regel stark abgebaut. Daneben können auch Holzkohle und Lehmbrocken festgestellt werden. Auch dieses Sediment kann nur grob den Kulturschichten zugewiesen werden.

4.2.4 Profil 508/147 – Probe ZHOP-5866

In der östlichen Mitte der Grabungsfläche liegt die übergeordnete Kulturschicht 13 als kompakte organische Schicht mit vielen liegenden Hölzern über einer dünnen gebänderten Seekreide (Snr 407). Die Seekreide überdeckt einen grauen Sand (Snr 408). Kulturschicht Snr 406 ihrerseits ist von der Lehmlage Snr 769 unterteilt. Die Kulturschichtablagerung darüber wird als Snr 781 bezeichnet. Es handelt sich um die oberste in dieser Probe erfasste Schicht. Im Profil selber folgen noch eine Seekreide (Snr 410) und jüngere Verfüllschichten (Snr 1), die beide aber für die vorgenommenen Untersuchungen nicht relevant waren. Aus der 60 cm messenden Probe wurden zwei Teilproben entnommen und für die mikromorphologische Analyse präpariert (Abb. 196 a, 196 b).

Schichtnummer 408 (übergeordnete Schicht 11)

Eine grosse Überraschung bot gleich zu Beginn der mikromorphologischen Analyse die zuvor makroskopisch als Sand angesprochene Snr 408. Die mikroskopische Betrachtung zeigte nämlich, dass es sich dabei eigentlich um einen Mikrit (ca. 75% fp) handelt, in dem sich die siltigen Karbonate zu grösseren Aggregaten formten. Die Schicht besteht aber nicht ausschliesslich aus diesen Aggregaten. Dazwischen sind auch immer wieder vollständig mikritische Zonen vorhanden. Weiterhin finden sich in dem Sediment wenig sortierter Quarzsand (5%), Kies (ca. 2%), Molluskenschalen mit Spuren von Algenfrass sowie sehr wenig Holzkohle (ca. 2%) und wenige organische Reste (5%). Vereinzelt sind auch schlecht erhaltene Characeenstängel erkennbar. Alle Komponenten sind unregelmässig in der Schicht eingelagert, die eine Porosität von 10% aufweist. Es handelt sich um eine granulare Seekreide (s. 4.1.1).

Zum Inhaltsverzeichnis

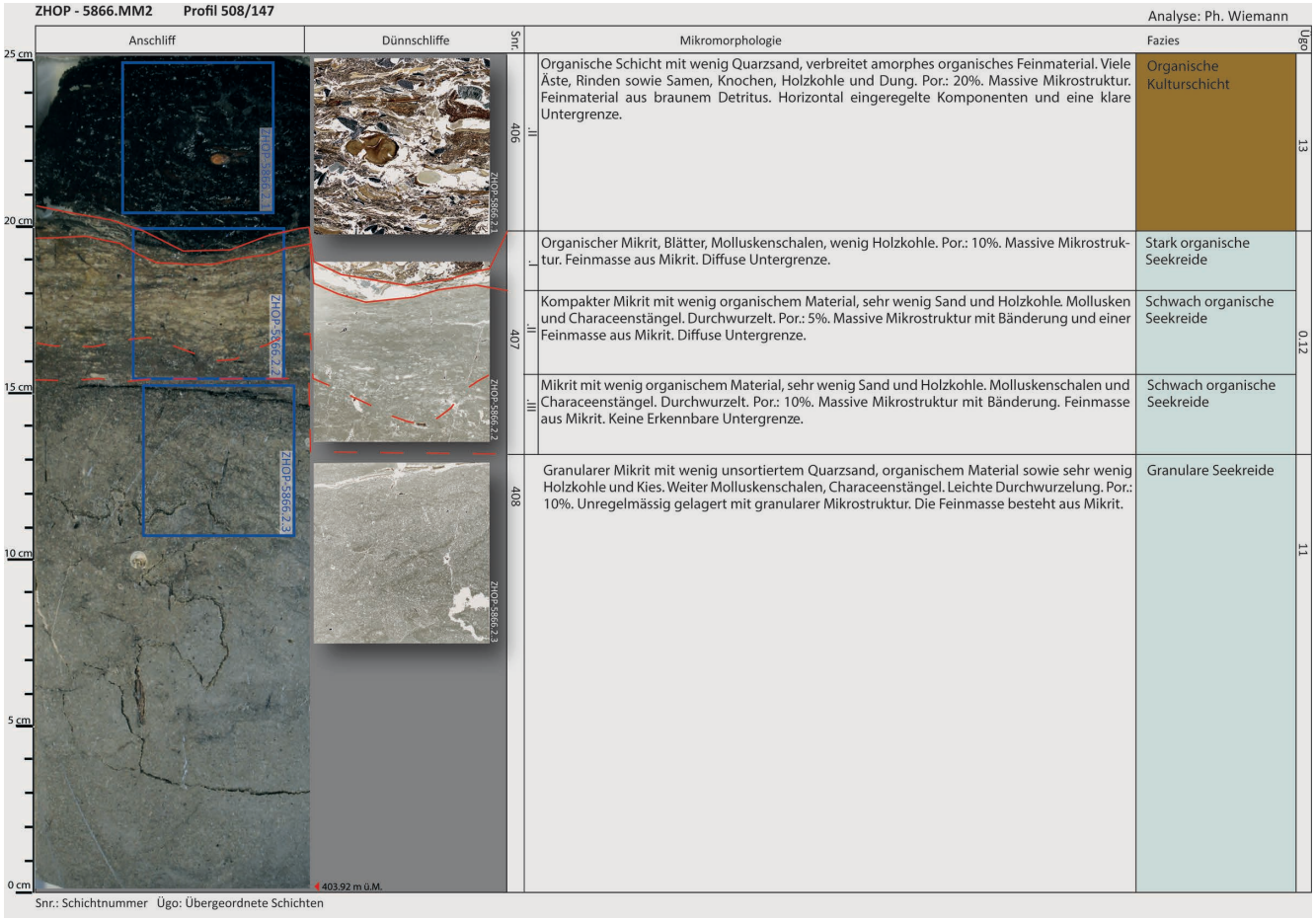


Abb. 196 a. ZHOP-5866 MM2. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen.

Schichtnummer 407 (übergeordnete Schicht 0.12)

Über der granularen Seekreide folgt die gebänderte Seekreide Snr 407. Es gibt jedoch keine klar erkennbare Untergrenze. In der mikromorphologischen Analyse konnte diese Schichteinheit in drei Niveaus (Snr 407.III–I) unterteilt werden.

Schichtnummer 407.III
Snr 407.III stellt gewissermassen ein Übergangsniveau zwischen Snr 408 und Snr 407 dar. Es ist ein Mikrit (ca. 80% fp) mit wenig organischem Material (5%), der darüber hinaus nur sehr wenig Sand und Kies (jeweils ca. 2%) sowie Holzkohle (ca. 2%) beinhaltet. Daneben konnten Molluskenschalen und Characeenstängel identifiziert werden. Das massive Mikrogefüge weist eine Porosität von 10% auf. Es handelt sich bei diesem Niveau nicht mehr um eine granulare Seekreide im eigentlichen Sinn. Auch der Sandgehalt ist leicht zurückgegangen. Somit – und auch aufgrund des hohen Anteils an Kalkschlamm bei wenig organischem Material – ist dieses Niveau als schwach organische Seekreide anzusprechen.

Schichtnummer 407.II
Snr 407.II mit diffuser Grenze ist kaum von dem Substratum im Liegenden zu trennen. Das Sediment besteht weiterhin zu über 80% (fp) aus einem dichten, massiven Kalkschlamm, der eine Porosität von 5% (fp) besitzt. Darin sind organische Fäden zu erkennen, die an Wurzeln erinnern. Daneben kommen wieder Molluskenschalen und Characeenstängel vor. Der minerogene Anteil, der in Form von ca. 2% Kies und ca. 2% Sand vorliegt, ist weiterhin niedrig. Kaum verändert hat sich der organische Anteil (5%) und die Menge an Holzkohle (ca. 2%). Dieses Niveau weist eine Bänderung auf, die es in die Nähe der gebänderten Seekreiden stellt. Nimmt man das organische Material als wichtigstes Kriterium, liegt hier eine schwach organische Seekreide vor.

Schichtnummer 407.I
Wiederum mit diffuser Grenze folgt Snr 407.I, ein geringmächtiger Mikrit (ca. 60% fp) mit horizontal eingeregelten Komponenten, der bei einem massiven Mikrogefüge eine Porosität von 10% aufweist. Das Sediment besteht zu 20% aus organischen Bestandteilen (z.T. Blättern) und zu 10% aus Holzkohlen. Das Vorkommen von Quarzsand ist mit nur ca. 2% weiterhin sehr gering. Der relativ hohe Anteil an organischem Material weist das Sediment als organische Seekreide aus.

Schichtnummer 406 (übergeordnete Schicht 13)

Snr 406 stellt wiederum einen starken Wechsel zum Organischen in der Schichtabfolge dar. Es ist ein relativ deutlicher Übergang mit klarer Untergrenze erkennbar. Snr 406 lässt sich in der mikroskopischen Betrachtung in zwei Niveaus (Snr 406.I, 406.II) aufteilen.

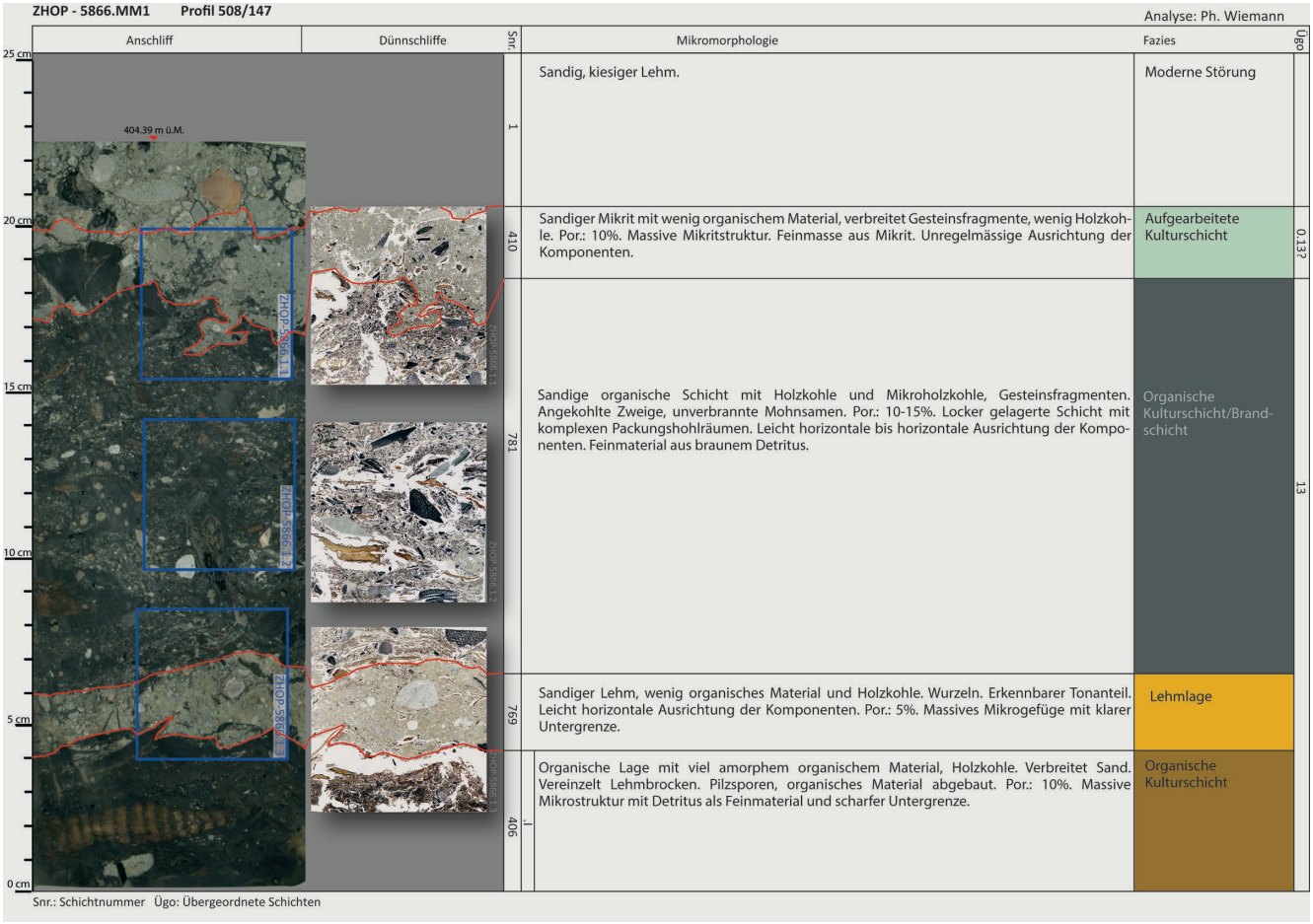


Abb. 196 b. ZHOP-5866 MM1. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen.

Schichtnummer 406.II
Am Übergang zu Snr 406.II tritt der Mikrit (um 5% fp) nur noch in Form von Einschlüssen auf. Die Schichteinheit selber ist stark organisch geprägt und beinhaltet einen leichten Quarzsand- sowie einen geringeren Kiesanteil (10% und 5%). Das organische Material (um 50%) besteht hauptsächlich aus Zweigen, Rinden, Blättern sowie diversen anderen Makroresten. Zwischen den gröberen Komponenten liegt jeweils amorphes organisches Feinmaterial, das mit Mikroholzkohle und grösseren Holzkohlen (10%) durchsetzt ist. Knochen und ein deutlicher Dunganteil komplettieren die Erscheinung dieses Sediments. Die Porosität ist, anders als in den hangenden Seekreideablagerungen, höher und liegt bei 20%. Ein Anteil von organischem Material um 50% kennzeichnet das Niveau klar als organische Kulturschicht.

Schichtnummer 406.I
Im Hangenden folgt Snr 406.I mit deutlicher Untergrenze. Das Sediment beinhaltet sehr viel organisches Feinmaterial (25% fp). Der organische Detritus ist von Feinsand (25%) durchsetzt und weist nur einen geringen Teil an Holzkohle (15%), Gesteinsfragmenten (10%) und Ton (10%) auf. Die Porosität ist etwas niedriger als in der darunter liegenden Snr 406.II und liegt bei 15%. Vereinzelt können Zweige und Misteln als organische Reste identifiziert werden. Der Erhaltungszustand des organischen Materials ist eher schlecht. Auch dieses Niveau lässt sich klar als organische Kulturschicht ansprechen.

Schichtnummer 769 (übergeordnete Schicht 13)

Der stark sandhaltige Lehm Snr 769 folgt mit klarer Grenze auf die organische Kulturschicht im Liegenden. Das Mikrogefüge ist massiv und weist eine Porosität von nur 5% (fp)

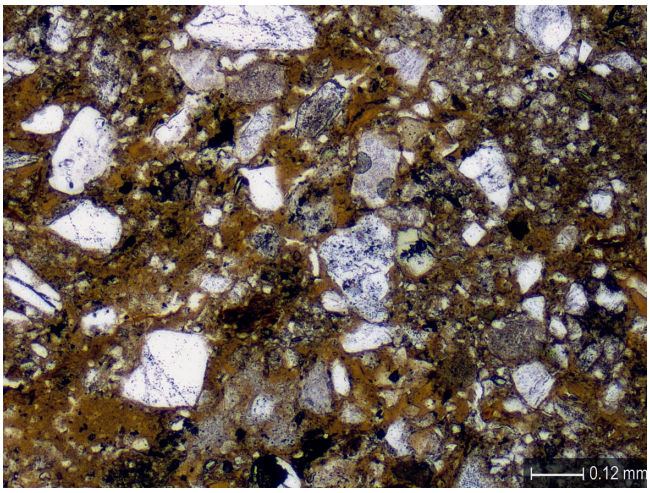


Abb. 197. ZHOP-5866.1.3 (Snr 769). Heterogenes Lehmgemisch mit einer besonders tonhaltigen Zone (gelbe Bereiche und Anlagerungen an Quarzkörnern). Im rechten oberen Bildbereich ist eine tonärmere Zone zu erkennen (ppl).

Zum Inhaltsverzeichnis

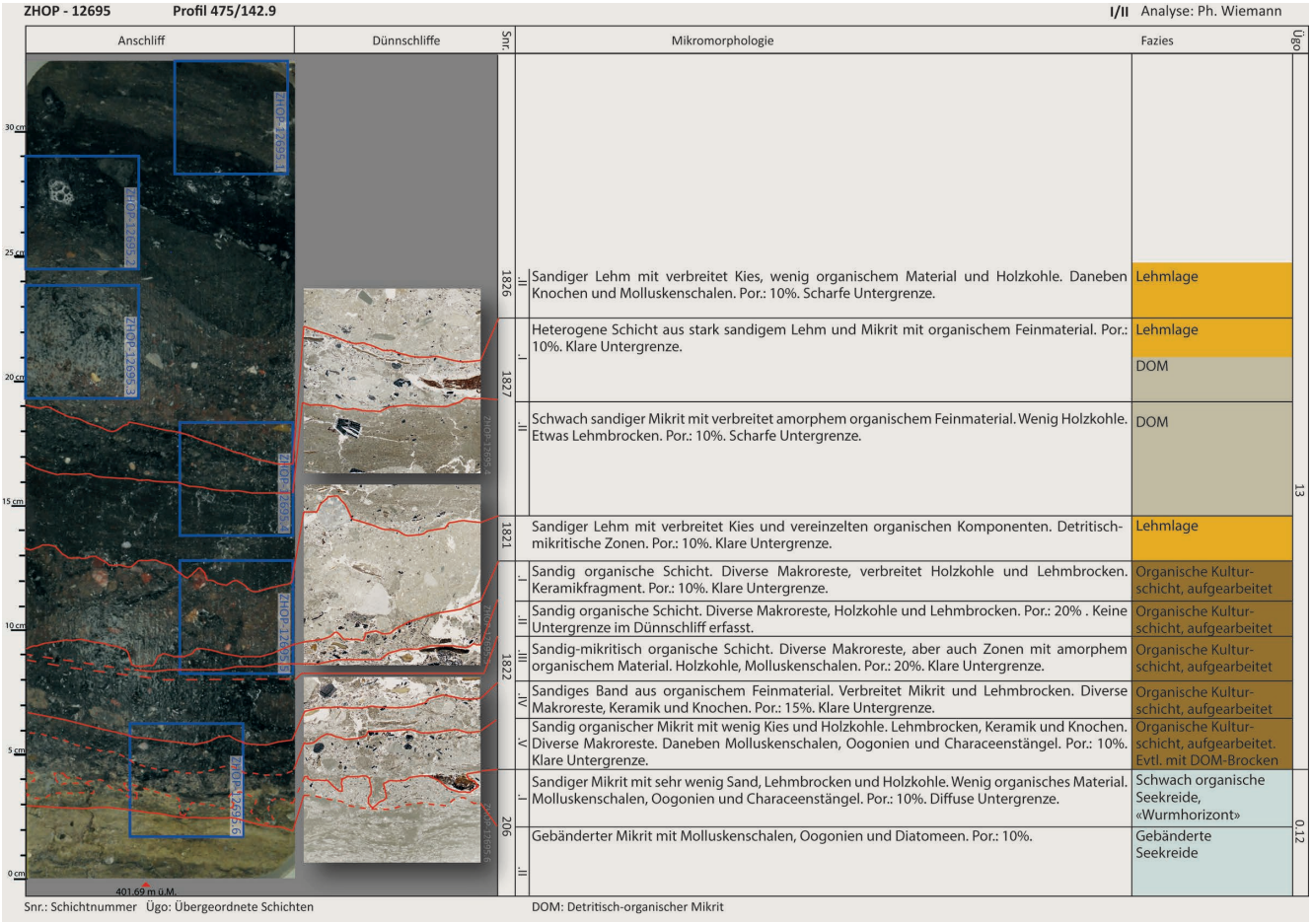


Abb. 198 a. ZHOP-12695. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen (unterer Bereich).

auf. Die Lehmlage (T4, Abb. 197) selber enthält nur wenig organisches Material (5%) und Holzkohle (5%). Vermehrt kommen Kies (20%) und Quarzsand (45%) der Grob- bis Feinkornfraktion vor. Der Anteil an Ton liegt bei 20%. Vereinzelt liessen sich in der Matrix auch Knochen nachweisen. Einige organische Reste erinnern in ihrer länglichen und fadenartigen Form an die andernorts besser identifizierten Wurzeln. Bei diesem Sediment handelt es sich eindeutig um eine Lehmlage.

Schichtnummer 781 (übergeordnete Schicht 13)

Auf den Lehm folgt erneut ein hauptsächlich organisches Sediment (Snr 781) mit viel Mikroholzkohle und grösseren Holzkohlen (15% fp). Die Schicht besteht aber vor allem aus organischen Fasern (25%). Immer wieder finden sich dazwischen auch Lehmbrocken und Kies (jeweils 10%). Der Quarzsand ist mit einem Anteil von ca. 25% unsortiert in der Schicht vorhanden. Einige Holzreste zeigen Spuren von Feuereinwirkung, daneben sind aber auch unverbrannte Makroreste zu erkennen. Die Komponenten zeigen eine leicht subhorizontale bis horizontale Ausrichtung in einer Matrix, die je nach Stelle nur 10–15% Porosität aufweist. Zusammen mit dem unverbrannten organischen Material ergibt sich die Ansprache als organische Kulturschicht mit einer Tendenz in Richtung Brandschicht.

Schichtnummer 410 (übergeordnete Schicht 0.13?)

Die Grenze zu Snr 410 fällt klar, aber unregelmässig bis wellenförmig geformt aus. Dies kann ein Indiz für Erosionsprozesse sein. Das Sediment selbst hat einen hohen Sandanteil und beinhaltet vor allem gröberes organisches Material. Generell erscheint die Schicht relativ unruhig. Am organischen Material kann Milbenfrass nachgewiesen werden. Unter den nur unregelmässig ausgerichteten Komponenten finden sich auch diverse Gesteinsfragmente. Die Schicht lässt sich als aufgearbeitete Kulturschicht ansprechen.

4.2.5 Profil 475/142.9 – Probe ZHOP-12695

Das Profil 475/142.9 befindet sich im äussersten seewärtigen Grabungsbereich. Hier liegt eine organisch ausgeprägte Kulturschicht 13 vor, die von grossen Lehmlagen begleitet wird. Von dieser Situation konnte eine 40 cm messende Probe entnommen werden, woraus wiederum eine etwas kleinere, 35 cm hohe Teilprobe präpariert wurde. Die Schichtabfolge ist flächig in sechs Dünnschliffen erfasst (Abb. 198 a, 198 b).

Schichtnummer 206 (übergeordnete Schicht 0.12)

Im unteren Bereich liegt ein ausgeprägter Mikrit. Es können zwei Niveaus (Snr 206.I, 206.II) unterschieden werden.

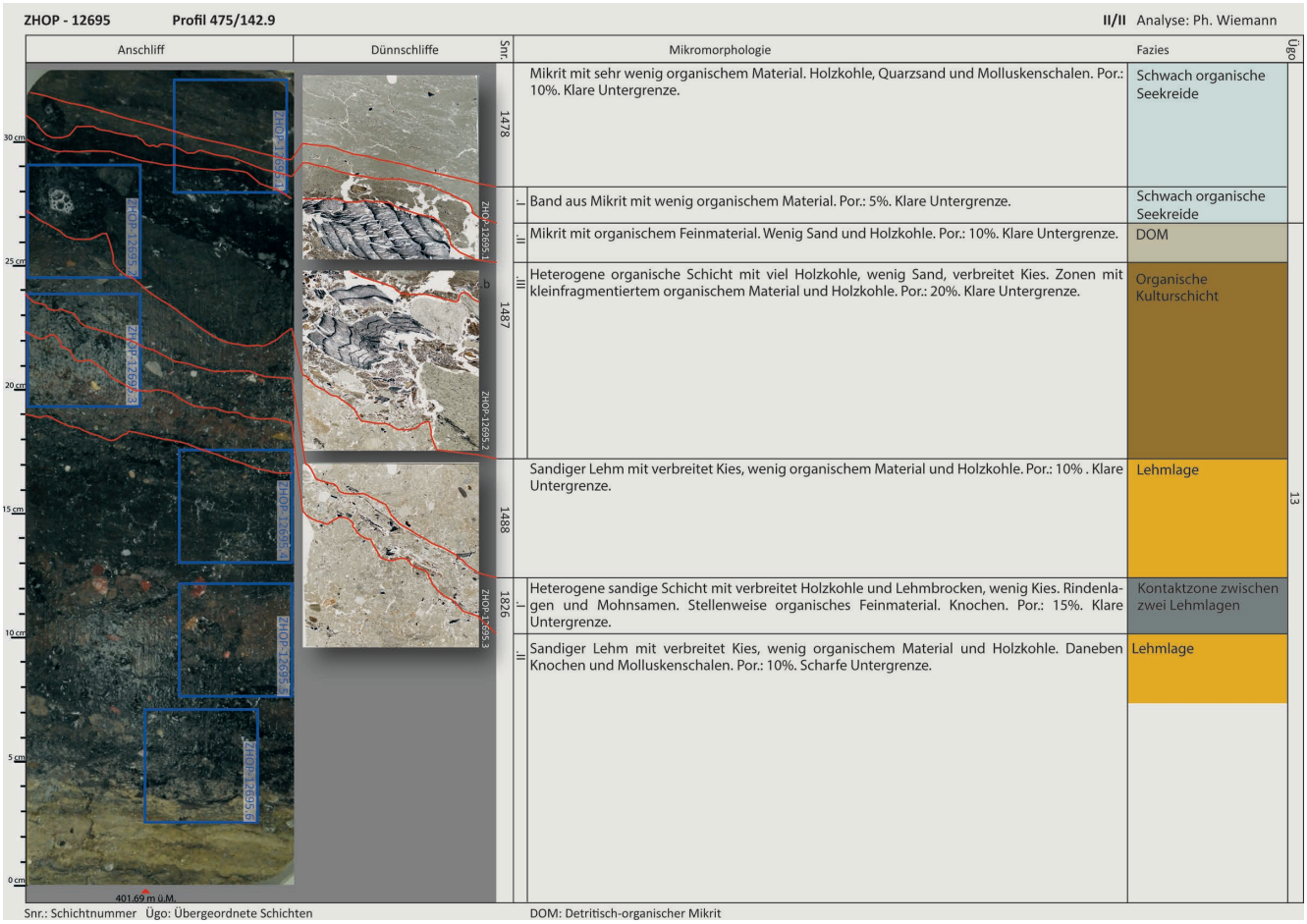


Abb. 198 b. ZHOP-12695. Ergebnisse der mikromorphologischen Untersuchungen (oberer Bereich).

Schichtnummer 206.II
Das untere Niveau 206.II ist ein gebänderter Mikrit mit Molluskenschalen, Oogonien und Diatomeen. Abgesehen von diesen gröberen Komponenten ist dieses Niveau sehr rein und besteht aus fast 90% (fp) feinem Kalkschlamm mit wenig Sparitkristallen. Das massive Mikrogefüge weist eine Porosität von 10% auf. Dieses Sediment lässt sich als gebänderte Seekreide ansprechen.

Schichtnummer 206.I
Über der gebänderten Seekreide folgt mit diffuser Untergrenze ein weiteres, von Mikrit (ca. 80% fp) geprägtes Niveau (Snr 206.I), das sich makroskopisch durch viele Intrusionen aus dem oberen, stärker organischen Bereich auszeichnet (vgl. VII.2.1). Es enthält wenig Sand, Lehmbrocken, organisches Material und Holzkohle (jeweils ca. 2–5%). Daneben kommen Molluskenschalen vor. Die Porosität beträgt wie im darunter liegenden Niveau 10%. Diese Eigenschaften weisen Snr 206.I als schwach organische Seekreide aus.

Schichtnummer 1822 (übergeordnete Schicht 13)

Snr 1822 hat, wie schon die Schichten im Liegenden, eine vorwiegend mikritische Matrix. Sie beinhaltet aber bis zu 25% organisches Material. Das Sediment fällt recht heterogen aus. Deshalb zeichnen sich fünf unterschiedliche Niveaus (Snr 1822.I–V) ab.

Schichtnummer 1822.V
Das sich klar von Snr 206 absetzende Niveau Snr 1822.V besteht primär aus einer sandig-organischen Matrix mit einem relativ hohen Mikritanteil (35% fp) und einer Porosität von 10%. Neben einem steigenden organischen Anteil (15%) mit Makroresten wie Rinden, Mohn-, Himbeer- und Brombeersamen sowie Misteln nehmen auch andere Komponenten anthropogener Herkunft in Form von Lehmbrocken, Knochen und sogar Keramikfragmente zu. Der Holzkohleanteil liegt mit 10% auch deutlich höher als in der darunter liegenden Schicht Snr 206.I. Molluskenschalen, Oogonien sowie Characeenstängel stehen neben dem Mikrit allerdings für einen immer noch hohen Anteil an limnischen Schichtbestandteilen. Der minerogene Anteil setzt sich aus 10% Kies, 15% Sand und 5% Ton zusammen. Diese Komponenten liegen leicht horizontal im Sediment. Das organische Material ist teilweise so stark abgebaut, dass nur noch Phytolithen als silikatische Reste der pflanzlichen Bestandteile zu erkennen sind. Die organischen Bestndteile wurden ausserdem von Milben abgebaut, was an deren Kot deutlich nachzuweisen ist. Snr 1822.V wird trotz des Mikritanteils als organische Kulturschicht bezeichnet, die aber Spuren einer Durchmischung zeigt[269].

Schichtnummer 1822.IV
Darüber folgt mit klarer Grenze ein heterogenes Niveau (Snr 1822.IV), das sich wie ein quarzsandhaltiges Band zwischen die beiden organischen Kulturschichten Snr 1822.V

Zum Inhaltsverzeichnis

und Snr 1822.III legt. Auffällig ist dabei, dass die Niveaus zwar ähnliche Komponenten (verschiedene Makroreste, Knochen und auch Keramikfragmente) enthalten, sich aber im Charakter doch leicht unterscheiden. Snr 1822.IV zeigt einen etwas geringeren Anteil an Mikrit (25% fp), während Snr 1822.V und 1822.III gröbere Komponenten und generell mehr Mikrit enthalten. Anders sieht es beim organischen Material aus, das hier mit 25% am höchsten vertreten ist. In der Matrix, die eine Porosität von 15% aufweist, sind zudem Kies und Holzkohle mit jeweils 10% und 5% vorhanden. Der Fein- bis Grobquarzsand (20%) liegt zudem unsortiert vor. Auch in diesem Fall fällt die Zuweisung zu einer der oben beschriebenen Fazies nicht eindeutig aus. Es wird vorgeschlagen, Snr 1822.IV als Ausprägung einer organischen Kulturschicht mit Spuren von Aufarbeitung anzusprechen.

Schichtnummer 1822.III
Snr 1822.III ist ein sandig-mikritisches Niveau mit diversen organischen Makroresten, das sich klar von dem sandig-organischen Band im Liegenden absetzt. Das organische Material (20% fp) ist ausserdem auch in Form von Zonen mit amorphem organischem Feinmaterial vorhanden. Darüber hinaus fällt auf, dass die Lehmbrocken und Holzkohlen (10%) Verrundungsspuren zeigen, was auf eine gewisse mechanische Beeinflussung der Komponenten hindeuten kann. Der minerogene Anteil terrestrischer Herkunft setzt sich aus 5% Kies und 25% Quarzsand zusammen. Die Komponenten liegen auch hier leicht horizontal im Sediment eingeregelt vor. Der limnische Eintrag ist mit 20% Mikrit vertreten. Die Porosität in diesem Niveau ist mit 20% hoch. Auch Snr 1822.III wird als organische Kulturschicht mit Spuren von Aufarbeitung angesprochen.

Schichtnummer 1822.II
Ganz ähnlich, aber wiederum mit gröberem organischem Material (25% fp) fällt Snr 1822.II aus. Die organischen Schichtbestandteile sind hier teilweise recht stark abgebaut und vereinzelt nur noch in Form von schwarz-opaken organischen Aggregaten erhalten. Das Niveau ist darüber hinaus recht sandig (ca. 20% Quarzsandanteil) und enthält wenig Kies (5%). Weiterhin vorhanden ist der Kalkschlamm, dessen Anteil mit 15% etwas tiefer liegt als in der darunter liegenden Snr 1822.III. Unverändert bleibt hingegen die Porosität (20%), die ähnlich wie im liegenden Niveau aus komplexen Packungshohlräumen[270] zusammengesetzt ist. Eine starke Verrundung zeigen Lehmaggregate (5%) und Holzkohlen (10%) auf. Diese Charakteristika lassen Snr 1822.II ebenfalls den organischen Kulturschichten mit Aufarbeitungsspuren zuweisen.

Schichtnummer 1822.I
Snr 1822.I zeichnet sich vor allem durch einen erhöhten Anteil an Lehm (10% fp) und Holzkohle (15%) zwischen den organischen Komponenten (15%) aus und bildet damit den Übergang zur Lehmlage Snr 1821. In diesem eher sandigen (25%) und mit wenig Kies (5%) durchsetzten Niveau, das eine klare Untergrenze besitzt, konnten diverse Makroreste und Keramikfragmente beobachtet werden. Ihre Ausrichtung im Sediment ist leicht horizontal. Weiterhin vorhanden ist der limnische Eintrag von Mikrit (20%). Das Sediment weist eine Porosität von 10% auf. Auch hier handelt es sich um eine organische Kulturschicht mit Aufarbeitungsspuren.

Schichtnummer 1821 (übergeordnete Schicht 13)

Snr 1821 ist ein stark sandig-kiesiger Lehm (T4) aus Lehmbrocken unterschiedlicher Herkunft. Es scheinen auch Teile der organischen Kulturschicht in die Lehmlage hineinzureichen, wobei die organischen Komponenten (5% fp), Holzkohlen (5%) und Bereiche von ähnlicher Struktur sind wie die Schichten im Liegenden. Der Anteil an Mikrit (5%) liegt jedoch deutlich niedriger als etwa in Snr 1822.I. Die Porosität beträgt allerdings weiterhin 10%. Es handelt sich hierbei eindeutig um eine Lehmlage, die sich aus 10% Ton, 25% Kies und 40% Quarzsand zusammensetzt.

Schichtnummer 1827 (übergeordnete Schicht 13)

Das Sediment Snr 1827 liegt zwischen zwei Lehmlinsen und lässt sich in zwei Niveaus (Snr 1827.I, 1827.II) gliedern.

Schichtnummer 1827.II
Snr 1827.II ist ein schwach sandiger (10% fp) Mikrit, der wenig Holzkohle (10%), Kies (5%) und Lehmbrocken (5%) enthält. Der Kalkschlammanteil liegt bei 35%. Darin verteilt findet sich verbreitet amorphes organisches Feinmaterial. An Makroresten konnten Misteln, Mohnsamen und Blätter identifiziert werden. Der gesamte Anteil an organischem Material, das horizontal im Sediment abgelagert wurde, liegt bei 25%. Die Porosität dieses Niveaus, das unter anderem auch durch planare Risse[271] gegeben wird, unterscheidet sich nicht von der darunter liegenden Snr 1822.I und liegt bei 10%. Bei Snr 1827.II handelt es sich um einen mächtigen DOM.

Schichtnummer 1827.I
Die mit klarer Untergrenze folgende Snr 1827.I ist ein Sediment mit ebenfalls detritisch-organischer Matrix, in dem aber schon recht viel Lehm (10% fp) vorkommt. Der Lehm ist stark sandig (25%) und besitzt wenig Kies (5%). Der Mikrit, dessen Anteil 25% beträgt, hat wie im Substratum im Liegenden einen gewissen Anteil an organischem Feinmaterial (15%) und Holzkohlen (10%). Die Porosität beträgt weiterhin 10%. Hier liegt eine Übergangsfazies vor, deren unterer Bereich an einen detritisch-organischen Mikrit und deren oberer Bereich an eine Lehmlage erinnert.

Schichtnummer 1826 (übergeordnete Schicht 13)

Im Hangenden folgt eine Lage aus sandigem Lehm (Snr 1826.II), der Ähnlichkeit zum Lehm Snr 1821 aufweist. Ebenfalls zu Snr 1826 zählt die mikromorphologisch abtrennbare Snr 1826.I, die nicht als eigentlicher Lehm, sondern vielmehr als Kontaktzone zwischen den Lehmlagen Snr 1826.II und Snr 1488 bezeichnet werden kann.

Schichtnummer 1826.II
Die Lehmlage Snr 1826.II (T4) hat eine scharfe Untergrenze und lässt sich als sandiger Lehm (Anteil Quarzsand 40% (fp) und Ton 10%) mit verbreitet Kies (25%), wenig organischem Material (5%) und Holzkohle (5%) kennzeichnen. Daneben lassen sich auch Knochen und Molluskenschalen verzeichnen. Wie schon in Snr 1821 sind immer wieder Bereiche mit organischem Material feststellbar, das auch Pilzsporen beinhaltet und zum Teil einen schlechten Erhaltungszustand aufweist. Mikrit kommt ebenfalls vor, ist jedoch mit 5% schwach vertreten. Das Sediment, in dem die Komponenten

eine unregelmässige Ausrichtung aufweisen, besitzt eine Porosität von 10%. Dieses Niveau lässt sich den Lehmlagen zuweisen.

Schichtnummer 1826.I
Zwischen den Lehmlagen Snr 1826.II und Snr 1488 im Hangenden liegt das sehr heterogene, sandige Niveau Snr 1826.I, das mit Lehmbrocken, Holzkohle (10% fp), Rinden, Knochen und Mohnsamen viel Material enthält, das sonst vor allem aus den organischen Kulturschichten bekannt ist. Das organische Material (15%) ist ohne Einregelung im Sediment eingebettet, das eine Porosität von 15% aufweist. Der minerogene Anteil besteht aus 10% Kies, 45% Quarzsand und 5% Ton. Hier wurde offenbar nach Sedimentation der unteren Lehmlage Snr 1826.II eine kurze Zeit verstärkt Kulturschichtmaterial abgelagert. Schliesslich kam an dieser Stelle erneut ein Lehm zu liegen. Dieses heterogene Niveau kann nicht direkt einer Fazies zugewiesen werden. Es handelt sich vielmehr um die Kontaktzone zwischen zwei Lehmlagen.

Schichtnummer 1488 (übergeordnete Schicht 13)

Mit klarer Untergrenze folgt der sandige Lehm Snr 1488. In der tonigen Matrix (ca. 15% fp) sind verbreitet Kies (ca. 25%) und nur wenig organisches Material und Holzkohle (je ca. 5%) enthalten. Der Quarzsandanteil (40%) ist nicht sortiert. Auch diese Schicht lässt sich als Lehmlage bezeichnen, die eine Porosität von 10% aufweist. Es bleibt festzuhalten, dass die hier beschriebenen Lehmlagen Snr 1821, Snr 1826.II und Snr 1488 relativ ähnlich sind und eventuell sogar aus der gleichen Quelle stammen.

Schichtnummer 1487 (übergeordnete Schicht 13)

Im Anschluss an die bisher stark von Lehmlagen dominierte Schichtsequenz folgt mit Snr 1487 eine vorwiegend organisch geprägte Schicht, die darüber hinaus einen interessanten Gradienten hin zu einer limnisch geprägten Schicht aufweist. Diese Veränderung lässt sich anhand dreier mikromorphologisch fassbarer Niveaus (Snr 1487.I-III) nachvollziehen.

Schichtnummer 1487.III
Über Snr 1488 folgt mit Snr 1487.III ein heterogenes organisches Niveau, in dem mit viel Holzkohle (30% fp) und verbrannten Makroresten Hinweise auf eine Brandbeeinflussung zu finden sind. Es enthält auch Zonen mit unverbranntem organischem Material (20%), das aber zum grossen Teil schlecht erhalten ist und in dem auch Pilzsporen vorkommen. Dieses Niveau ist mit einer Porosität von 20% eher locker gelagert, und es sind gröbere organische Komponenten wie Zweige und Rinden vorhanden. Daneben kommen auch Moose sowie Himbeer- und Brombeersamen vor. Minerogene Anteile terrestrischer Herkunft sind mit 15% Kies und 10% Quarzsand nur recht schwach vertreten. Beim Mikrit, der mit 5% vorhanden ist, könnte es sich um Aschereste oder um Material handeln, das aus dem hangenden Niveau stammt. Das Sediment besitzt mit 20% eine relativ hohe Porosität. Es wird aufgrund der aufgezählten Charakteristika den organischen Kulturschichten zugewiesen.

Schichtnummer 1487.II
Am klaren Übergang zu Snr 1487.II im Hangenden ist ein zunehmender Mikritanteil zu verzeichnen, der auf bis zu 50% Flächenanteil ansteigt. Daneben kommen mit 10% nur wenig Sand, vor allem aber Holzkohle (10%) und organisches Material (20%) vor. Anders als im liegenden Niveau Snr 1487.III nimmt die Porosität hier mit 10% deutlich ab. Bei diesem Niveau handelt es sich um einen detritisch-organischen Mikrit.

Schichtnummer 1487.I
In Snr 1487.I steigt der Mikritanteil bis auf 75% (fp), wobei auch einige Diatomeen darin eingebettet sind. Alle anderen Bestandteile wie Sand (5%), organisches Material (10%) und Holzkohle (5%) kommen jeweils nur noch in geringem Umfang vor. Der Quarzsand ist gut sortiert und liegt in der Feinsandfraktion vor. Die Porosität beträgt hier noch 5%. Dieses Niveau kann bereits als schwach organische Seekreide angesprochen werden.

Schichtnummer 1478

Snr 1478 zeigt ähnliche Charakteristika wie Snr 1487.I im Liegenden, ist aber lockerer gelagert und weist vereinzelt Molluskenschalen auf. Es handelt sich folglich um einen Mikrit (ca. 83% fp) mit sehr wenig organischem Material (5%), Holzkohle (5%) und Quarzsand (ca. 2%). Auch diese Schicht lässt sich als schwach organische Seekreide bezeichnen. Im oberen Bereich der erfassten Schichtsequenz überwiegen somit wieder Schichtbestandteile limnischen Ursprungs.

4.3 Kartierung von gelifiziertem organischem Material

In den vorliegenden Dünnschliffen wurde immer wieder gelifiziertes organisches Material festgestellt. Es liegt vielfach in Form von kleinen, amorphen rötlichen bis dunkelbraunen oder rotschwarzen Partikeln unterschiedlicher Grösse (Mikro- bis Millimeterbereich) vor. In diesen gelartigen Komponenten können einerseits Reste von pflanzlichen Zellen oder auch Mikroholzkohlen eingelagert sein, andererseits sind auch vollkommen amorphe Formen nachgewiesen (Abb. 199). Entsprechende Gelifikationen können zudem auch an Oberflächen von botanischen Komponenten, oft an deutlich abgebauten pflanzlichen Resten, auftreten. Im Unterschied zu den gelartigen Fliessstrukturen

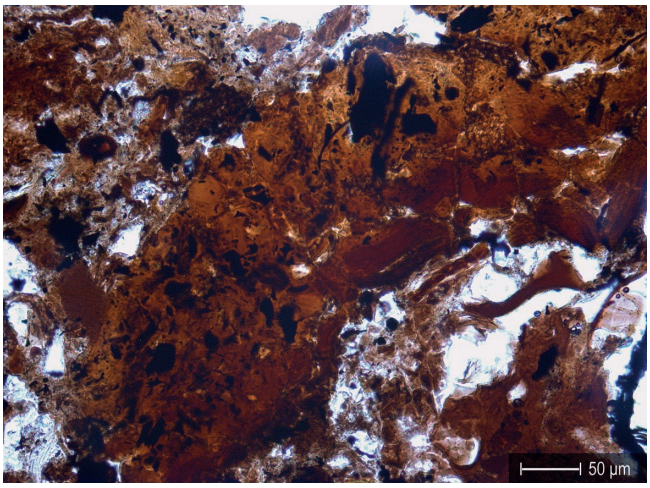


Abb. 199. ZHOP-5312.1.3 (Snr 406). Detailaufnahme von gelifiziertem organischem Material. Eingeschlossen in der rötlichen bis dunkelbraunen, amorphen Matrix sind schwarze Mikroholzkohlen und organisches Material (ppl).

Zum Inhaltsverzeichnis

Abb. 200 a. Verbreitung von gelifiziertem organischem Material.

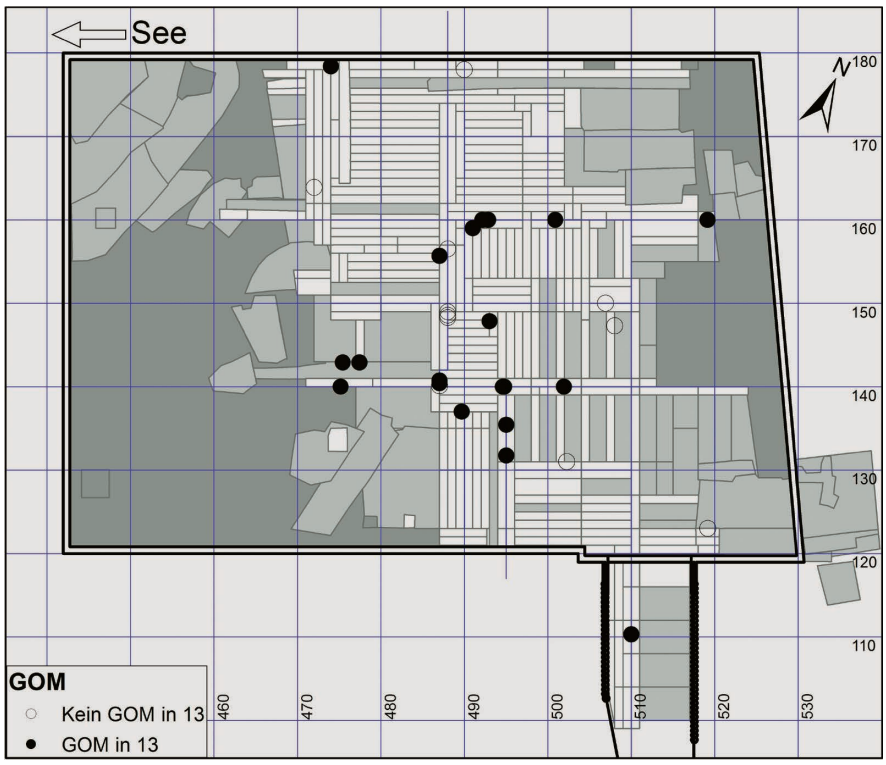
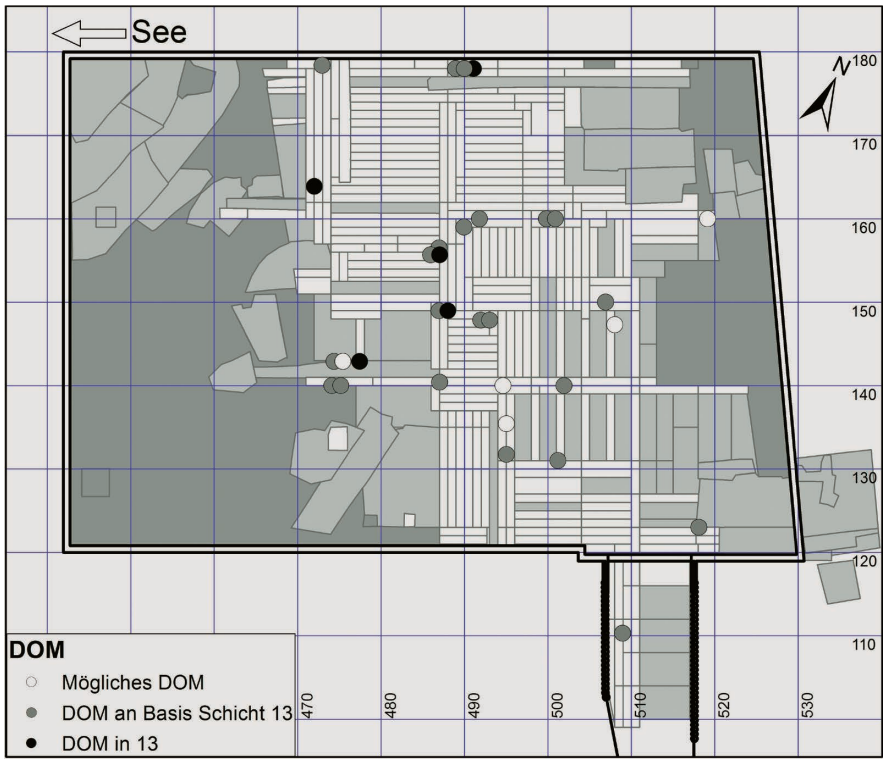


Abb. 200 b. Verbreitung von detritisch-organischem Mikrit.



(GFS) liegt das gelifizierte organische Material in Form von kleinen, meist isoliert in der Schicht auftretenden Partikeln vor (s.u., X.5.4), ist aber in den Dünnschliffen anhand seiner optischen Eigenschaften gut zu erkennen. Es muss noch abgeklärt werden, ob es sich dabei um Dopplerit handelt[272]. In Abb. 200 a wurde das Vorkommen von gelifiziertem organischem Material kartiert, wobei Sedimente mit einem Flächenanteil von mehr als 5% als schwarze Punkte dargestellt sind. Es ist hier nur die übergeordnete Kulturschicht 13 berücksichtigt, in der alle mikromorphologischen definierten Schichten zu einer Einheit zusammengefasst wurden. Diese Vereinfachung ist für eine vergleichende Betrachtung notwendig. Aus mikromorphologischer Sicht handelt es sich jedoch um eine unzulässige Vereinfachung der stets sehr komplexen Mikrostratigraphie mit unterschiedlichen Schichteinheiten.

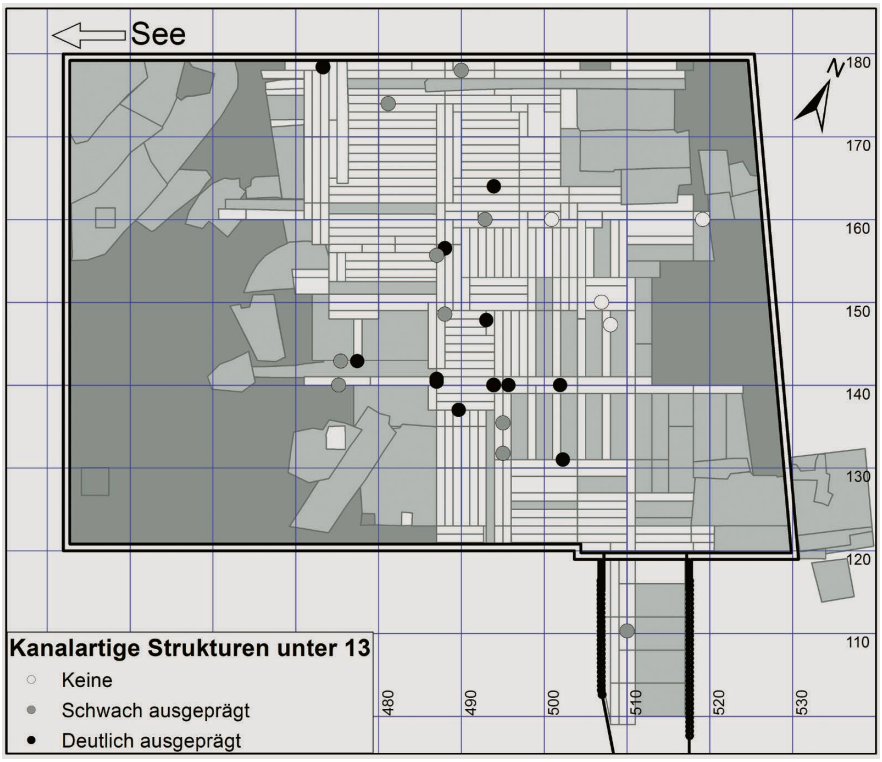


Abb. 200 c. Verbreitung von kanalartigen Strukturen.

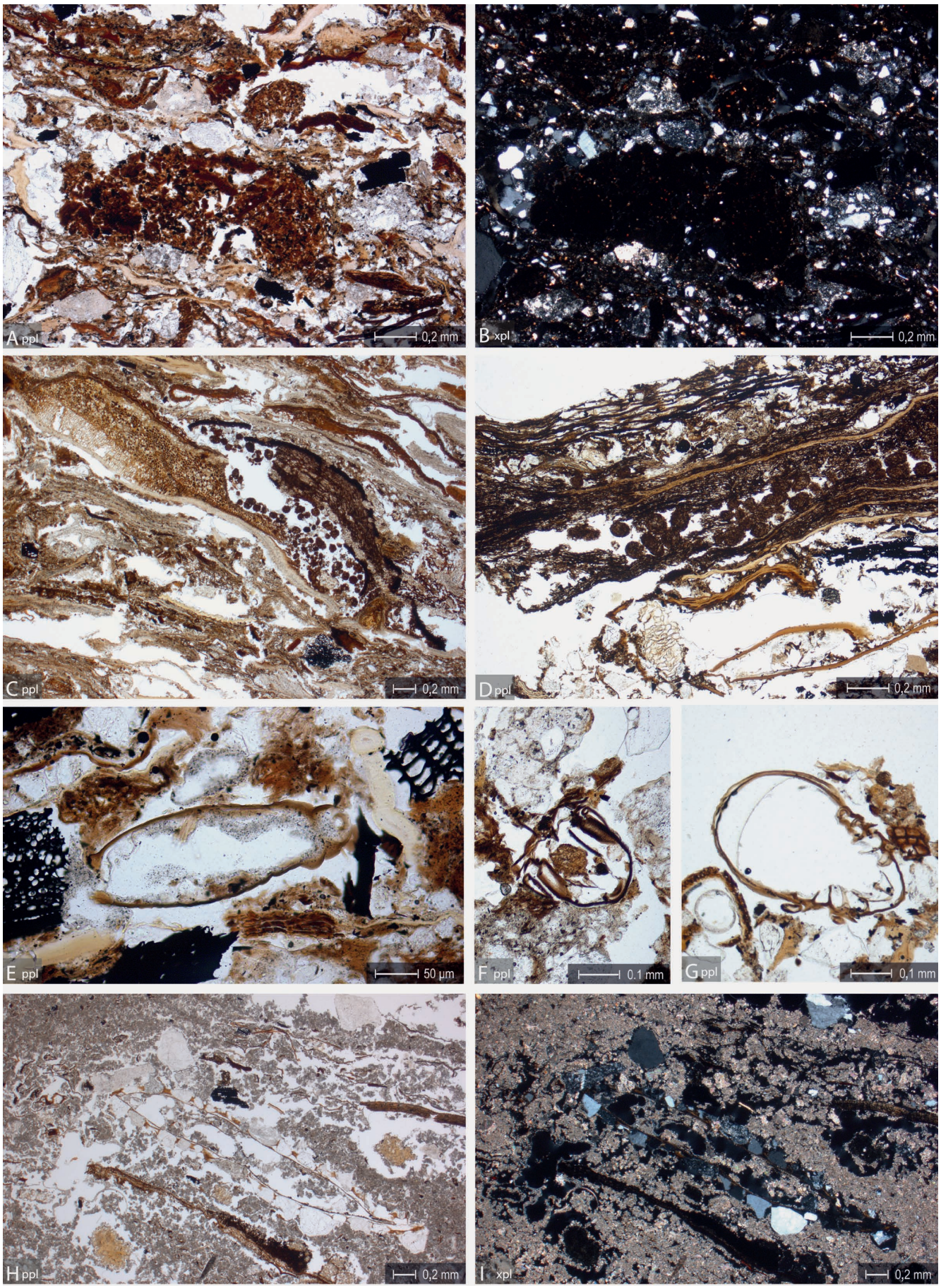
Die Proben wurden gegen die Mächtigkeit von Kulturschicht 13 kartiert. Es zeigte sich, dass die meisten Proben mit deutlichem Anteil an gelifiziertem organischem Material aus dem zentralen Bereich der Ausgrabung mit der höchsten Schichtmächtigkeit stammen. Es gibt aber auch Profile mit einer mächtigen Kulturschicht 13 ohne positiven Nachweis (z.B. Probe 5060, Profil 506.9/150). Gleiches gilt für die eng zusammen liegenden Proben 1584, 1586, 1588, 1590 und 1591 aus dem Zentrum der Fundstelle (Profil 488/148.5). Die Verteilung ist somit nicht eindeutig und korreliert auch nicht mit der Höhe der Kulturschicht. Im Bereich nordwestlich des Kiesriegels nimmt die Mächtigkeit von Kulturschicht 13 auf wenige Zentimeter ab. Der Nachweis von gelifiziertem organischem Material fehlt ebenfalls, allerdings bei deutlich geringerer Probendichte. Etwas deutlicher ist der fehlende Nachweis in den landseitigen Profilen im Osten der Grabungsfläche: Östlich der Linie 505 tritt gelifiziertes organisches Material in Kulturschicht 13 nur noch in geringen Mengen auf. Es scheint somit, als konzentriere sich das Vorkommen des gelifizierten organischen Materials im Zentrum des Bereichs, in dem Kulturschicht 13 am mächtigsten erhalten ist. Die weiterführende Deutung dieses Phänomens kann erst nach einer eingehenden Analyse erfolgen.

4.4 Kartierung des detritischen organischen Mikrits (DOM)

In vielen Bodenproben wurden innerhalb der Kulturschichten 13 und 14 jeweils dünne Bänder eines detritisch-organischen Mikrits (DOM) festgestellt. Wie weiter oben beschrieben, handelt es sich bei diesem braunen Feinsediment um einen limnisch geprägten Kalkschlamm, der einen deutlichen Anteil an fein verteiltem organischem Material führt (s.o., X.4.1.2). Unter dem Mikroskop liess sich dieser Sedimenttyp gut nachweisen, zeigte allerdings eine unterschiedliche Mächtigkeit, die zwischen 4 mm und über 30 mm variierte. Für die vorliegende Kartierung wurde der DOM aus zwei stratigraphisch unterschiedlichen Zonen kartiert (Abb. 200 b)[273]. Die grauen Punkte zeigen den Nachweis dieses limnisch-organischen Feinsediments aus der Basis von Kulturschicht 13, d.h. aus dem Kontaktbereich zwischen der Oberkante der Seekreide (übergeordnete Schicht 0.12) und der unmittelbar darüber folgenden organischen Kulturschicht 13. Die Kartierung ergibt ein insgesamt recht homogenes Bild mit einem positiven Nachweis über nahezu die gesamte beprobte Fläche hinweg, und zwar von den seewärtigen Zonen bis in die landseitigen Areale im Südosten der Grabungsfläche. Dies bedeutet, dass der DOM an der Oberkante der Seekreide mehrheitlich vorhanden zu sein scheint, dass er jedoch aufgrund seiner lokal geringen Mächtigkeit kein eigentliches Leitniveau darstellt, zumindest keines, das sich in der makroskopischen Sedimentansprache fassen lässt. Weiter ist festzuhalten, dass offenbar kein Zusammenhang zwischen dem Nachweis von DOM und der Dicke von Kulturschicht 13 besteht. Aufgrund der Lage des DOM unmittelbar über der Seekreide und aufgrund seines Gehalts an limnisch gebildetem Kalkschlamm lassen sich eine Zunahme des organischen Inputs und ein verändertes Ablagerungsmilieu postulieren. Zu einem späteren Zeitpunkt erfolgte dann die Überprägung der Schicht mit Ausbildung von kanalartigen Strukturen bis in die Seekreide, auf die weiter unten eingegangen wird.

DOM in den höheren Zonen von Kulturschicht 13 zeigt eine gegenüber der Schichtbasis anders geartete Verteilung: Die vier schwarzen Punkte liegen alle weiter seewärts, d.h. westlich der Achse 495, während im landseitigen Bereich keine entsprechenden organischen Feinsedimente (DOM) nachgewiesen sind. Die Karte zeigt somit eine Verschiebung dieser Sedimentfazies im Lauf der Sedimentationszeit: Nach Abschluss der reinen Seekreidebildung streut dieser Sedimenttyp noch nahezu über das ganze Untersuchungsgebiet,

Zum Inhaltsverzeichnis



im Verlauf der Kulturschichtbildung findet er sich hingegen nur im seeseitigen Bereich. Ob es sich dabei um Indizien für eine Regression bzw. für eine anschliessend saisonal überflutete Siedlungszone handelt oder um ein anderes Phänomen, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

4.5 Kartierung von kanalartigen Strukturen

Kanalartig nach unten eingreifende Strukturen sind im Bereich der Seekreideablagerungen unmittelbar unterhalb der Kulturschichten 13 und 14 beobachtet worden. Im Feldbefund und an den Dünnschliffen lassen sie sich meist als wenige Millimeter breite Gänge erkennen, die mit organischem Feinmaterial aus der darüber liegenden Kulturschicht verfüllt sind (s.u., X.5.2). Eine Verteilungskarte dieser Spuren für die Unterkante von Kulturschicht 13 ist in Abb. 200 c dargestellt. Es zeichnet sich ab, dass diese kanalartigen Strukturen östlich einer leicht diagonal verlaufenden Linie mit den Endpunkten 495/180 und 520/100 in insgesamt fünf Bodenproben nicht nachzuweisen sind. Hier stellt sich die Frage, ob die Spuren nie gebildet wurden oder ob sie erodiert worden sind. Westlich dieser Linie sind im seeseitigen Bereich die entsprechenden Strukturen unterschiedlich stark ausgeprägt, jedoch durchgehend nachgewiesen. Offenbar liegt hier eine Grenze zwischen zwei verschieden gearteten Ablagerungsmilieus vor, wobei die seewärtige Zone die Entwicklung solcher Spuren ermöglicht oder zumindest besser konserviert hat.

5 BILDUNGSMILIEU DER KULTURSCHICHTEN UND BEOBACHTUNGEN ZUR TAPHONOMIE

5.1 Bioturbation

Beurteilt man die Bioturbation in den untersuchten Schichten von Parkhaus Opéra, so lässt sich in allen Niveaus eine moderate Durchwühlung der Ablagerungen feststellen. Entsprechende Indizien hierfür liefern vor allem mikroskopische Befunde wie z.B. vergrösserte vertikale Porenräume oder leichte Störungen im horizontal eingeregelten organischen Material. Direkte Hinweise auf grabende Aktivitäten limnischer Fauna wie Würmer, Wasserinsekten oder Muscheln konnten in den limnischen Ablagerungen nicht erkannt werden. Einzig im Wurmhorizont (vgl. Kap. VII.2.1) liessen sich makroskopisch bei der Grabung und im Labor anhand der Anschliffe (Abb. 183 a, 184) Strukturen fassen, die den Eindruck erwecken, dass Tiere das Substrat besiedelt haben. In den Dünnschliffen konnten jedoch keine durch grabende Aktivitäten entstandene Strukturen wie etwa J- oder U-förmige Gänge beobachtet werden (s.o., X.4.2.2 Snr 407.II und 407.I). Letztere werden unter anderem durch *Chironomus plumosus* angelegt. Gänge dieser Art können eine Länge von 10–30 cm sowie einem Durchmesser von ca. 2,25 mm aufweisen[274]. Regenwürmer als Verursacher dieser kanalartigen Strukturen kommen aufgrund verschiedener Kriterien (Fehlen von Regenwurmkalzit oder Verfüllungstyp der Gänge[275]) eher nicht infrage.

Eine mögliche Umlagerung der organischen Sedimente durch Insekten (Larven oder adulte Tiere; Käfer, Fliegen etc.) konnte ebenfalls nicht direkt erkannt werden. Die Präsenz einer solchen Fauna ist in Form von Milbenlosungen (Abb. 201 C–D) sowie durch nicht näher bestimmbare «fecal pellets» (Abb. 201 A–B), aber auch durch die Gehäuse von Köcherfliegenlarven (Abb. 201 H–I) und mit zufälligen Schnitten durch Insekten und Arthropoden (u.a. Hornmilbe) im Dünnschliff bestätigt (Abb. 201 E–G). Die geringe Grösse dieser Fauna dürfte mit ein Grund dafür sein, warum ihre Aktivitäten keine direkt erkennbare Auswirkung auf das Gefüge der Sedimente hatten. Ein entscheidender Faktor für die Erkennbarkeit solcher Strukturen sind die Zusammensetzung und der Zustand des Substrats im Moment der Besiedlung durch diese Lebewesen[276].

Kalzitische Ausscheidungen von Regenwürmern konnten in geringer Menge in den übergeordneten Schichten 13 und 10 beobachtet werden. Es stellt sich hier aber die Frage, ob sie nicht mit den Moränenlehmen in die Siedlung gelangten[277] und somit nicht auf eine autochthone Population hinweisen.

Den in den Dünnschliffen erfassbaren Hauptagenten bei der Bioturbation bilden somit vor allem die Wurzeln unterschiedlichster Pflanzen (Abb. 202 A–E). In den Schichten mit dem sogenannten Wurmhorizont kommen vor allem feine, hellgelbe bis braune Wurzelhaare vor, die zum Teil in der hellgrauen Matrix der Seekreide sichtbar sind (Abb. 184 D). In der Seekreideschicht oberhalb von Kulturschicht 13 (z.B. Seekreideschicht 430.V) sind dagegen die darin vorhandenen feinen Wurzeln mit einer dunklen Epidermis umgeben und heben sich dadurch deutlich vom hellen Mikrit der Seekreide ab (siehe auch Abb. 202 A).

Weiterführende botanische Arbeiten zur mikroskopischen Identifizierung von Wurzeln fehlen bis heute[278]. Somit ist es nicht immer einfach, zu bestimmen, ob sich unter den reichlich vorhandenen und vielgestaltigen organischen Komponenten, vor allem in den Kulturschichten, auch Wurzeln befinden. Ein weiterer Punkt, der bei der Untersuchung der Wurzelgänge nicht ausser Acht gelassen werden darf, ist ihre horizontale und vertikale Ausdehnung im Boden. Dabei sind besonders Flachwurzler zu berücksichtigen, die sich in den obersten Bodenhorizonten ausbreiten, aber auch Tiefwurzler (u.a. Schilf), die sehr tief in den Untergrund eindringen[279]. Letztere können auch Pflanzen aus wesentlich jüngeren Epochen sein, die ältere archäologische Befunde durchschlagen.

5.2 Chemische Prozesse

Die autochthone Bildung von framboidalen Pyriten und ihre Degradierung geben nicht nur wichtige Hinweise auf chemische Prozesse bei deren Entstehung, sondern auch auf die unterschiedlichen diagenetischen Stadien während des Zerfalls[280]. Diese kugeligen, zwischen 10–20 µm grossen opaken, sphärischen Aggregate, die sowohl in der Seekreide als auch in den organischen Kulturschichten von Parkhaus Opéra vorkommen, treten regelmässig in allen untersuchten Schichten auf. Mit nur wenigen Ausnahmen ist ihre relative Häufigkeit

Abb. 201. Indizien für biotische Aktivität. A: länglich-ovales «fecal pellet»; B: Unter polarisiertem Licht erscheint der Koprolith schwarz; C: Rindenfragment mit dunkelbraunen, runden Milbenlosungen (Bildmitte); D: Detailaufnahme eines Rindenfragments mit Milbenlosungen; E: Querschnitt durch eine vermutliche Puparie (Bestimmung M. Schäfer); F: Querschnitt durch einen Insektenkopf, wahrscheinlich Chironomide (Bestimmung M. Schäfer); G: Querschnitte durch eine Hornmilbe (Bestimmung M. Schäfer); H–I: Gehäuse von Trichopteralarven mit anhaftenden Quarzkörnern (A–B: Profil 487.00/140.39, ZHOP-1413.1.2 (Snr 405); C: Profil 487.00/140.39, ZHOP-1413.1.4 (Snr 406); D: Profil 495.00/131.74, ZHOP-3046.1.6 (Snr 405); E–F: Profil 487.00/140.39, ZHOP-1413.1.2 (Snr 405); G: Profil 501.91/140.00, ZHOP-5312.1.1 (Snr 711); H–I: Profil 489.98/178.00, ZHOP-9624.2.2 (Snr 261)).

Zum Inhaltsverzeichnis

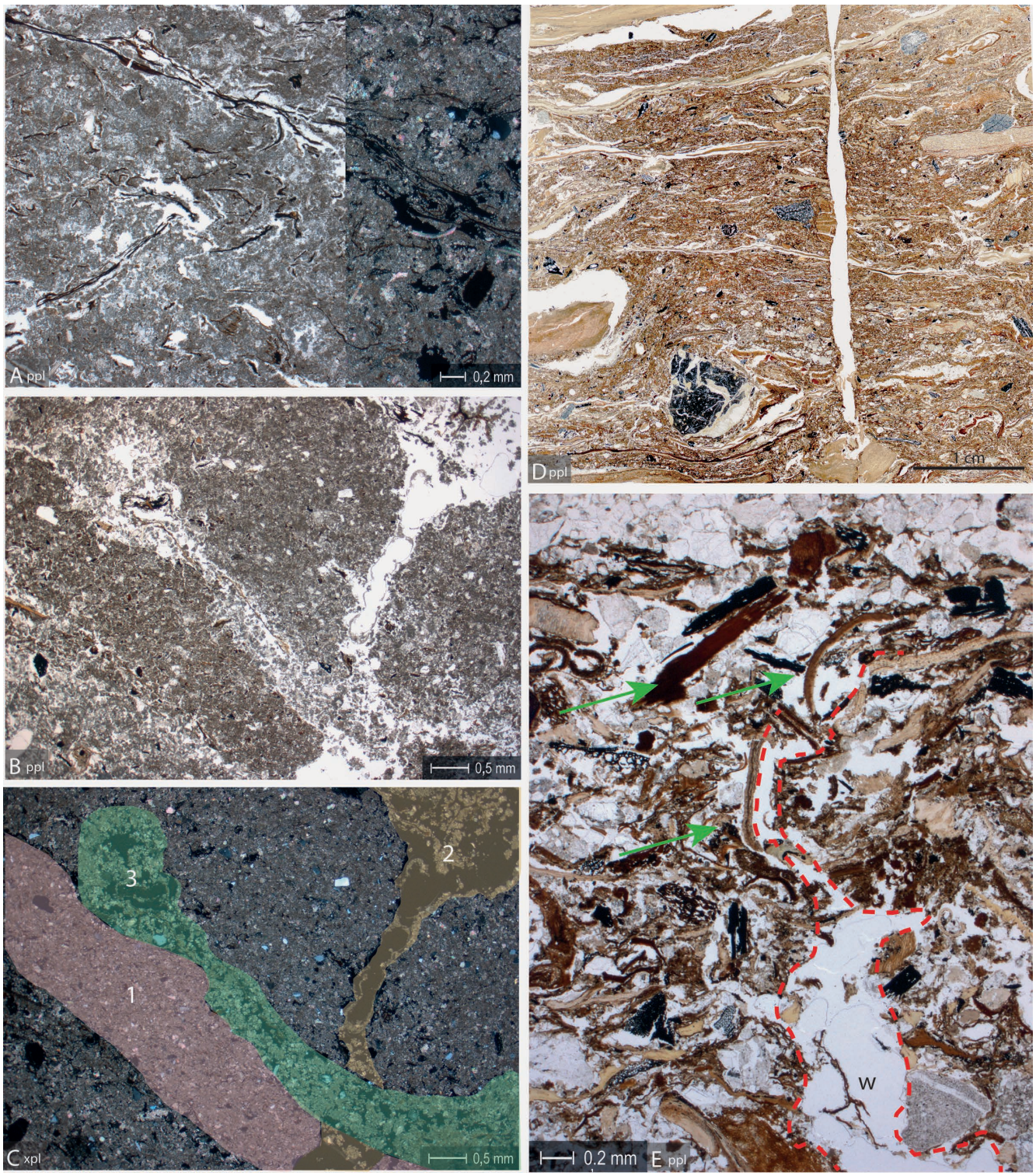


Abb. 202. Beispiele für Bioturbationsspuren. A: Seekreide, durchzogen von subhorizontalen Wurzelgängen mit erhaltener, dunkler organischer Substanz; B–C: Seekreide mit drei Generationen von Bioturbationsspuren (1–3). 1: Ältester Gang, wiederverfüllt. Dieser wird durchschlagen von einer Wurzel (2) und einem jüngeren Wurzelgang (3); D: Horizontal geschichtete organische Kulturschicht, durchschlagen von einem vertikalen Gang (vermutlich durch eine Wurzel); E: Vertikaler Gang (rot gestrichelt) mit erhaltenen Wurzelresten (W) und Randzonen mit leicht schräg gestellten organischen Komponenten (grüne Pfeile; A: Profil 487.00/140.39, ZHOP-1409.1.1 (Snr 411.II); B–C: Profil 487.00/140.09, ZHOP-1411.1.3 (Snr 404); D: Profil 501.91/140.00, ZHOP-5312.1.2 (Snr 711); E: Profil 487.00/140.39, ZHOP-1413.1.2 (Snr 405)).

auffällig stetig und von eher geringer Konzentration. Dazu ist aber festzuhalten, dass die Pyrite in der hellen Matrix der Seekreide einfacher zu erkennen sind als in den dunklen, heterogenen organischen Kulturschichten.

Die Entstehung der framboidalen Pyrite in Parkhaus Opéra ist direkt auf die Zersetzung von schwefelhaltigen Zellkomponenten (Aminosäure, Sulfolipide, Eisen-Schwefel-Proteine, Coenzyme, Vitamine und Antibiotika) von abgestorbenen

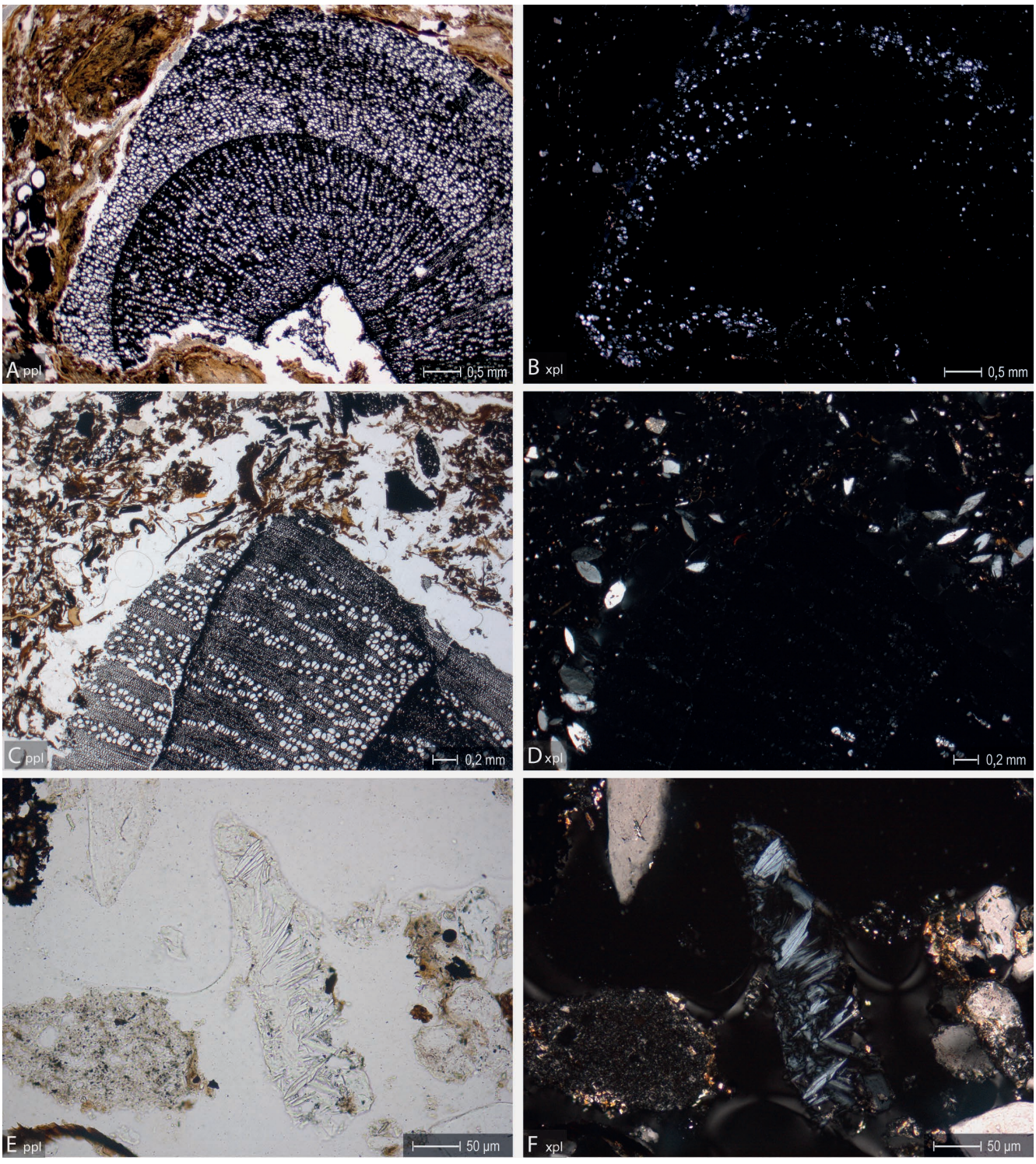


Abb. 203. Gipsbildungen. A: Holzkohle in der organischen Kulturschicht 13; B: Unter polarisiertem Licht sind die weiss-grauen Gipsausfällungen in den Zellräumen erkennbar; C: Farblose Gips-Rhomboeder entlang der Holzkohle; D: Unter polarisiertem Licht sind sie deutlich sichtbar; E–F: Gips-Rhomboeder, in strahliger Ausbildung (A–B: Profil 500.89/160.00, ZHOP-408.1.1 (Snr 22); C–D: Profil 506.91/150.00, ZHOP-5060.1.2 (Snr 84.II); E–F: Profil 487.00/140.09, ZHOP-1411.1.5 (Snr 405.II).

Organismen (sowohl botanischer als auch zoologischer Reste) zurückzuführen. Dabei spielen sulfatreduzierende Bakterien die zentrale Rolle beim Abbau des organischen Materials[281]. Bei diesem Vorgang wird Schwefelwasserstoff (H_2S) freigesetzt, der in einer anorganischen Reaktion mit zweiwertigem Eisen (Fe^{2+}) reagiert, wobei Eisenmonosulfid (FeS) entsteht. Das Eisenmonosulfid ist bei einem pH-Wert zwischen 7 und 8,5 sowie unter niedrigen Eh-Bedingungen stabil. Zudem

Zum Inhaltsverzeichnis

spielt die Umgebungstemperatur bei der Bildung von Eisenmonosulfiden eine wichtige Rolle, wobei erhöhte Werte den Prozess beschleunigen. Dabei können Verhältnisse wie in einem aktiven, anaeroben Komposthaufen die Freisetzung von Schwefelwasserstoff begünstigen. Im Laufe der frühen Diagenese wandelt sich das Eisenmonosulfid in den stabileren Pyrit um und bleibt unter anoxischen Bedingungen erhalten[282]. Mit der Zuführung von Sauerstoff in den Boden beginnt die Oxidierung des Pyrits. Dieser zerfällt in Eisen (Fe^{3+}) und Sulfat (SO_4^{2-}) und verursacht durch die Freisetzung von Wasserstoff (H^+) eine Übersäuerung des Bodens [Formel 1][283]. Das Absinken des pH-Wertes, resp. die Übersäuerung des Sediments, wird durch die Lösung von Kalziumkarbonat gepuffert, solange ein entsprechender Vorrat vorhanden ist [Formel 2]. Es ist zu beachten, dass Huminsäuren und Tannine ebenfalls zu einer Absenkung des pH-Wertes führen. Damit können Karbonate in Kulturschichten mit einem hohen Anteil an organischem Material reduziert und weitgehend aufgelöst worden sein.

$$4FeS_{2(S)} + 15O_{2(g)} + 14H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_{3(s)} + 16H^+_{(aq)} + 8SO^{2-}_{4(aq)} \quad \text{[Formel 1]}$$

$$CaCO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} \rightarrow Ca^{2-}_{(aq)} + H_2O + CO_{2(g)} \quad \text{[Formel 2]}$$

$$CaCO_{3(s)} + 2H^+_{(aq)} + SO^{2-}_{4(aq)} + H_2O \rightarrow Ca\,SO_4 \cdot 2H_2O_{(s)} + CO_{2(g)} \quad \text{[Formel 3]}$$

Das im Wasser freigesetzte Kalzium (Ca^{2+}) reagiert seinerseits mit dem Sulfat (SO_4^{2-}), was zur Bildung von Gips in einem alkalischen Milieu führt [Formel 3][284].

Hexagonale resp. rhomboedrische Gipskristalle konnten als sekundäre Ausfällungen in Kulturschicht 13 in Lehmen, aber auch vereinzelt als schwache Ausblühungen resp. Rosettenbildungen in Porenräumen zwischen dem organischen Material nachgewiesen werden (Abb. 203 A–F). An einzelnen Stellen (vor allem in Snr 604.II und Snr 22 der Bodenprobe ZHOP-408.1) liegen Holzkohlestücke vor, deren äusserste Zellstrukturen mit solchem sekundär ausgefällten Gips ausgefüllt sind (Abb. 203 A–B).

Das Ausblühen von Gipskristallen kann einerseits zur Zerstörung von fragilen organischen Zellstrukturen führen und andererseits infolge von Kristallisationsdruck im Sediment eine Veränderung des Gefüges hervorrufen[285]. Die im nördlichen Teil der Grabung beobachteten schwachen Konzentrationen von Gips hatten insgesamt jedoch keine grossen Auswirkungen auf die Sedimente.

Da Gips im mikroskopischen Präparat sehr ähnliche optische Eigenschaften wie Quarz besitzt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass Gips in gewissen Niveaus unterrepräsentiert ist und als Quarz bestimmt wurde. Eine einfache und eindeutige Unterscheidung ist nur möglich, wenn der Gips eine idiomorphe Kristallstruktur aufweist, was nicht immer der Fall ist.

Die Bildung von framboidalem Pyrit belegt also anaerobe Bedingungen. Dessen Oxidation und die daraus folgende Ausfällung von Gips weisen auf den Zutritt von Sauerstoff hin. Dabei ist es aber nicht möglich, den genauen Zeitpunkt zu bestimmen[286].

5.3 Erhaltung von Stärke in den Fruchtkörpern von Characeen

In der Seekreide von Parkhaus Opéra konnten viele Sparitkristalle beobachtet werden, die spezifische Formen aufweisen (u.a. blumenförmige, kettenförmige und rhomboedrische Kristalle) und die vermutlich von verschiedenen

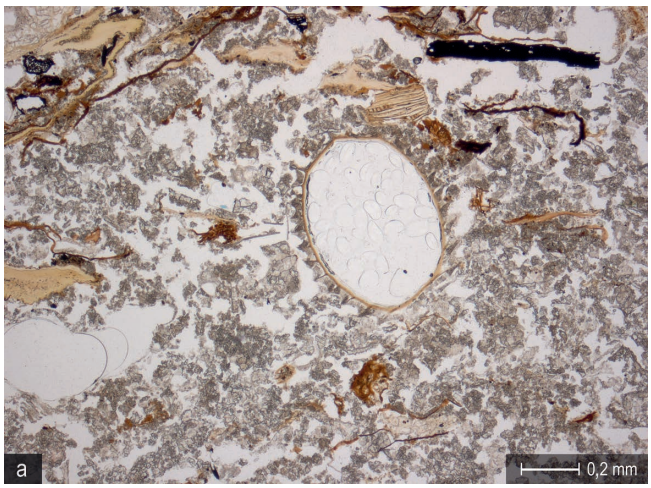
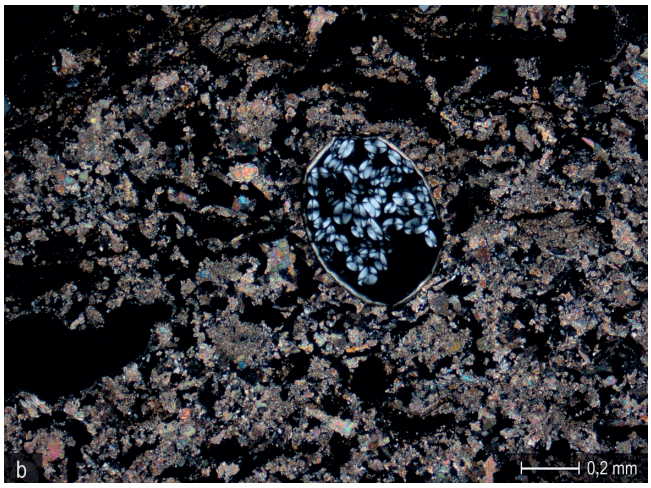


Abb. 204 a–b. ZHOP-1406.1.4 (Snr 407.I). Oogonie mit Stärkeerhaltung. a) ppl. b) xpl.



Algenarten produziert wurden. Häufig vorhanden sind die Reste von Characeen in Form von fragmentierten Kalkkrusten, d.h. Karbonatablagerungen auf der Oberfläche der Pflanzen, sowie die charakteristischen 0,5–1 mm grossen Fruchtkörper (Oogonien). Letztere treten in unterschiedlichen Erhaltungsformen auf: Neben stark zerdrückten Fruchtkörpern sind auch gut erhaltene Oogonien in der Seekreide überliefert. Ein Teil davon stammt von Characeenarten, die um die Fruchtkörper eine kalzitische Schale bilden, während andere Arten stabile Oosporenwände aus organischem Material aufbauen[287]. Beide Formen treten in den Seesedimenten von Parkhaus Opéra immer wieder gemeinsam auf.

Die Fruchtkörper von Characeen können während mehrerer Jahre vital bleiben und längere Trockenheit überdauern – was ihre Keimfähigkeit zum Teil sogar fördert –, bis klimatische und ökologische Bedingungen eine Keimung erlauben[288]. Trotz dieser Eigenschaften ist es überraschend, dass in den mikritführenden Schichten von Parkhaus Opéra zum ersten Mal über 5000 Jahre alte Oogonien mit noch erhaltenen Stärkekörnern beobachtet werden konnten (Abb. 204 a, 204 b). Sie lassen sich in den limnischen Ablagerungen unterhalb und oberhalb von Kulturschicht 13

sowie in der übergeordneten Schicht 10 nachweisen. Eine solche Erhaltung impliziert eine rasche Überdeckung dieser organischen Reste sowie ein reduzierendes Ablagerungsmilieu in einem permanent feuchten Sediment[289]. Da in den Dünnschliffen nicht alle Oogonien solche Stärkekörner besitzen, stellt sich hier die Frage, ob der spezifische Nachweis mit der Characeenart zusammenhängt oder ob bestimmte, lokal auftretende chemische Prozesse im Sediment einen entscheidenden Einfluss auf den Zerfall der Stärke hatten. Ein zusätzlicher noch zu klärender Faktor ist die Behandlung der Bodenprobe vor dem Eingiessen (d.h. die jüngsten taphonomischen Prozesse im Labor). Ein Teil der Proben war zum Zeitpunkt der Härtung noch feucht, was mit ein Grund sein könnte, weshalb die Stärke nicht vollständig degradiert wurde.

5.4 Organisches Material und seine Erhaltung

Anders als bei den Oogonien ist die Erhaltung des organischen Materials in den Kulturschichten von Parkhaus Opéra aus mikromorphologischer Sicht als mittelmässig bis teilweise sogar schlecht zu bezeichnen. Allgemein auffallend ist auch die heterogene Erhaltung der organischen Komponenten. So kommen beispielsweise innerhalb von Kulturschicht 13 im gleichen Niveau neben gut erhaltenem organischem Material auch stark fragmentierte und deutlich abgebaute Komponenten vor, deren Zellstrukturen komplett degradiert sind (dies ist z.B. an Blättern oder Tannennadeln deutlich erkennbar).

Zwischen dem pflanzlichen Material tauchen immer wieder sehr kompakte Bereiche auf, die eine dunkelbraune bis braune Matrix aufweisen und aus stark abgebauten organischen Resten bestehen. Der Hauptanteil setzt sich aus amorphem organischem Material und stark degradiertem organischem Detritus zusammen. Darin eigelagert sind meistens Mikroholzkohlen und minerogene Bestandteile, darunter hauptsächlich Quarz (Abb. 205).

In gewissen Bereichen von Kulturschicht 13 kommen zudem längliche Zonen mit einer amorphen, gelartigen Matrix vor, die plastische Deformationen aufweisen. Sie erinnern an Fliessstrukturen, und ihre Farbe variiert zwischen Dunkelbraun und Braungelb (Abb. 186). Der minerogene Anteil ist meistens gering, und einzelne, stark degradierte organische Komponenten sind schichtparallel eingelagert. Die kompakte Masse ist unter polarisiertem Licht isotrop und dürfte je nach Position eine stärkere oder schwächere Gelifizierung durchlaufen haben. An einigen Stellen befinden sich an der Oberkante dieser GFS horizontal gelagerte Komponenten. Ob es sich bei diesen GFS um eine beginnende Doppleritbildung, um stark degradierte Dungreste oder um ein Produkt eines stark mikrobiell abgebauten Materials handelt, ist Gegenstand laufender Untersuchungen[290]. Ferner kommen in den organischen Kulturschichten vereinzelt auch kleinere Partikel von gelartigem organischem Material vor, die sich in Grösse, Form und Fragmentierungsgrad von den meist flachen GFS unterscheiden. Es ist davon auszugehen, dass diese Partikel aus gelartigem organischem Material eine mechanische Beanspruchung, möglicherweise auch eine geringfügige Umlagerung erfahren haben. Ihre Verbreitung ist auf Abb. 200 a dargestellt.

5.5 Erhaltung von Knochen

Die Mehrheit der in den Dünnschliffen beobachteten Knochen fand sich in den organischen Kulturschichten, vereinzelt wurden sie auch in den limnischen Ablagerungen nachgewiesen. Bei den vorgefundenen Knochen handelt es sich meistens um nicht näher identifizierbare Fragmente, aber auch kleine Knochen von Fischen (darunter Fischwirbel und Schuppen) kommen vor. Dabei fällt die durchwegs schlechte Erhaltung dieser organischen Komponenten auf. Knochen kommen überwiegend fragmentiert vor, weisen einen brüchigen Habitus auf und zeigen zum Teil deutliche Auflösungserscheinungen. Hinweise auf bakterielle Zersetzung, wie z.B. Bohrgänge im oder Frassspuren am Knochen, konnten in unterschiedlicher Ausprägung beobachtet werden (Abb. 206 a–c). Meistens weisen die Knochen unter polarisiertem Licht keine Doppelbrechung mehr auf. Im Durchlicht ist ihre Farbe gelbbraun, und bei einzelnen stark degradierten Knochen tritt in der Kompakta und zum Teil um die Haverschen Kanäle eine hellbraune Zonierung auf. Bei Knochen, die dem Feuer ausgesetzt waren, d.h. kalzinierten, graubraunen bis rotbraunen Objekten, ist die Erhaltung wesentlich besser.

Vermutlich haben verschiedene Prozesse die Knochen von Kleintieren in den Schichten von Parkhaus Opéra in Mitlei-

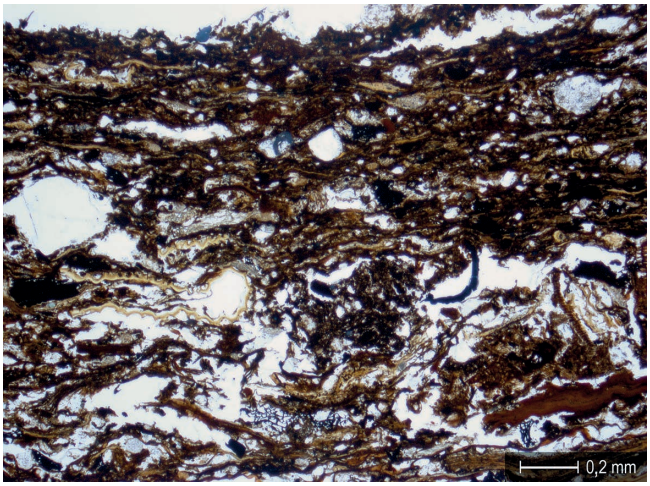


Abb. 205. ZHOP-1406.1.3 (Snr 405.II). In der oberen Bildhälfte erscheint ein kompakter Bereich mit braunem, organischem Material (ppl).

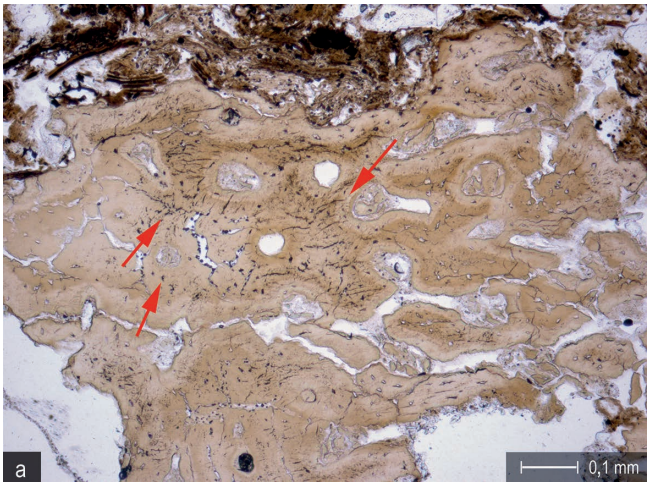


Abb. 206 a. ZHOP-1406.1.3 (Snr 405.II). Knochen in unterschiedlichem Erhaltungszustand, hier mit Frassspuren von Bakterien (rote Pfeile).

Zum Inhaltsverzeichnis

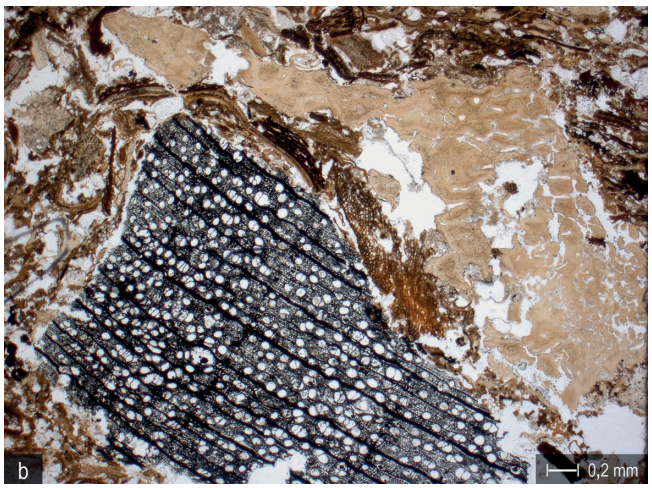


Abb. 206 b. ZHOP-1406.1.3 (Snr 405.II). Knochen mit randlichen Auflösungserscheinungen (ppl).

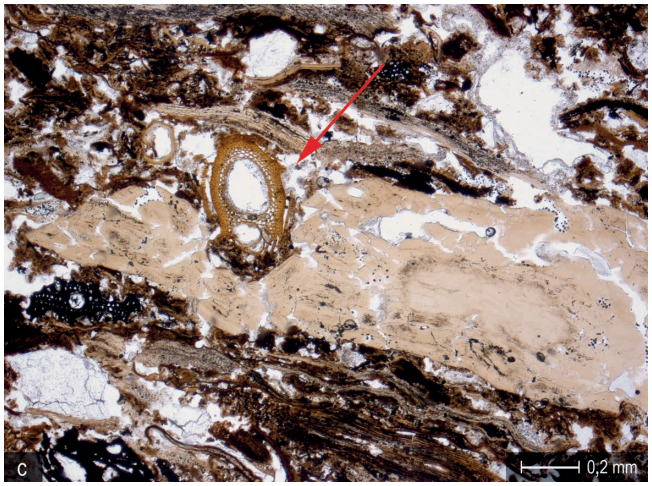


Abb. 206 c. ZHOP-1406.1.1 (Snr 405.I). Knochen mit Auflösungserscheinungen und Moos an der Oberkante (roter Pfeil, ppl).

denschaft gezogen wie z.B. wechselfeuchte Bedingungen im Sediment, die zum Zerfall des Kollagens führen können. Ein weiterer Faktor für die Degradierung der Knochensubstanz sind die chemischen Eigenschaften im Boden[291]. Die Produktion von Schwefelwasserstoff (H_2S), resp. ein niedriger pH-Wert, der durch die Oxidierung von Pyrit hervorgerufen wird, ist möglicherweise ein Auslöser für eine beschleunigte Zerstörung des Kollagens, des Kalzium- sowie des Hydroxylapatits. Die Knochen weisen vielfach bakterielle Frassspuren auf, was nur unter licht- und sauerstoffreichen Bedingungen möglich ist[292].

5.6 Beobachtungen an Lehmen

Die mikromorphologische Analyse der Lehme aus den Kulturschichten erbrachte eine Dominanz von Materialien aus der Moräne, wobei davon ausgegangen werden kann, dass standortnahe Vorkommen mit geringer Transportdistanz bevorzugt wurden[293]. Auffällig ist, dass mit den Typen T1–T5 und T7 nachweislich oberflächennah vorkommende Rohmaterialien gewonnen wurden. Aufgrund der pedologischen Charakteristika sind dies Lehmtypen, die – im Fall von T7 – im bzw. unmittelbar unter dem Humushorizont (T3, T4) anstehen. Mit T2 und T4 gelang der Nachweis, dass man auch etwas tiefer liegende Lehme abgebaut hat. Die unverwitterte, kalkhaltige Moräne, die nach Vergleichsbefunden zu urteilen maximal 0,8–1 m unterhalb der neolithischen Geländeoberfläche anstand[294], wurde hingegen kaum verwendet. Dies deutet auf allgemein untiefe Lehmentnahmegruben hin. Mit dem seekreidehaltigen Lehm (T5) lagen ferner Rohstoffe vor, die sich auch auf frei liegenden Seekreideplattformen (Siedlungsgelände?) – oberflächlich oder in geringer Tiefe – gewinnen liessen. Sie sind gegenüber den Lehmen aus Moränensubstrat jedoch deutlich untervertreten.

5.6.1 Genese der Tonbrocken

In Profil 500/160 wurden Tonbrocken des Lehmtyps T3 und T8 einer gefügekundlichen Analyse unterzogen. Zunächst ist festzuhalten, dass die Abrundung («roundness») und die allgemeine Kornform (Kugelgestalt, «sphericity») den Klassen 2a/2b bis 4a/4b[295] entsprechen. Es herrschen somit polyedrische Formen mit geringem bis mässigem Rundungsgrad der Kanten vor. Gut gerundete oder plattige Formen sind sehr selten. Eine präferenzielle Ausrichtung der Tonbrocken ist nicht nachzuweisen.

Im Dünnschliff ist weiter erkennbar, dass die Tonsubstanz in Lehmfragmenten (Typ T3, T8) netzstreifig angeordnet ist, wobei diese strukturellen Merkmale jeweils bis an den äussersten Randbereich erhalten sind. Dies zeigt, dass eine Konservierung des ursprünglichen Gefüges vorliegt, nachdem die Brocken eine mechanische Zerkleinerung während oder nach der Akkumulation auf dem Boden erfahren haben. Organische Säume sprechen für Kontakt mit umliegenden organischen Sedimenten, wie sie mit der Kulturschicht vorliegen. Im Rahmen der Analyse der Lehmbrocken wurde im Speziellen auf mögliche randliche Fliessstrukturen – etwa im basalen Bereich der Lehmfragmente – geachtet. Entsprechende Fliessstrukturen an Lehmbrocken liessen sich bisher nicht belegen. Ein in Seekreidesediment Snr 403.II befindlicher Lehmbrocken (T1) zeigt hingegen Deformationserscheinungen. Letztere sind ein Indiz für plastische Verformung in wassergesättigtem Milieu.

In Schichten mit horizontal liegendem organischem Material finden sich waagrecht ausgepresste Tonbrocken mit Gefügeveränderungen, was auf eine von oben erfolgte Kompaktion hindeutet. Ob dieses Indiz für die Begehung einer Oberfläche spricht, ist noch abzuklären.

6 BILANZ UND PERSPEKTIVEN: DAS POTENZIAL DER FUNDSTELLE

Im Folgenden sollen aus mikromorphologischer Sicht das Potenzial der Fundstelle und die damit verbundenen Ansätze für weiterführende Auswertungsprojekte skizziert werden.

Zunächst ist festzuhalten, dass die Mikromorphologie als einzige Disziplin – innerhalb des gesamten Spektrums aller beteiligten wissenschaftlichen Disziplinen – die Möglichkeit besitzt, archäologische Sedimente quasi im «anatomischen Verband» zu beobachten. Bei vielen anderen Disziplinen fehlt dieser mikrostratigraphische Kontext infolge der Probenaufbereitung oder der Objektauslese. Andererseits ist auch darauf hinzuweisen, dass die auf mikroskopischen Analysen ba-

sierenden Ergebnisse aufgrund des flächenmässig kleinen Ausschnitts (Dünnschliffe) stark von der Repräsentativität der beprobten Zonen abhängen. Diesem Umstand wurde bei der Fundstelle Zürich-Parkhaus Opéra u.a. durch eine geschickte Wahl der Profile sowie ein dichtes Probennetz Rechnung getragen, wobei in diesem Bericht erst eine kleine Auswahl an Proben vorgestellt werden konnte.

Da es die Mikromorphologie bei entsprechend guten Erhaltungsbedingungen erlaubt, sowohl synsedimentäre Prozesse als auch postsedimentäre Veränderungen zu beurteilen, kann sie ein Hilfsmittel sein, um auch Fragen zur Taphonomie anzugehen, die im Rahmen der Auswertung von anderen beteiligten Disziplinen aufgeworfen werden.

Für Parkhaus Opéra liessen sich, basierend auf der Mikromorphologie, erste Beobachtungen zur Zusammensetzung der Sedimente machen. Fernziel dieser Analysen ist es, unter Berücksichtigung von mikromorphologisch untersuchten Befunden anderer archäologischer Seeufersiedlungen auch Aussagen zum Ablagerungsmilieu vor, während und nach der Akkumulation der organischen Kulturschichten zu machen. Dabei gilt es, die vielen aus verschiedenen Forschungsbereichen stammenden Indizien gegeneinander abzuwägen, um eine Annäherung an das Problem der Wasserbedeckung und den Einfluss des Sees zu schaffen. Ein aus mikromorphologischer Sicht ebenfalls noch nicht abschliessend behandeltes Forschungsfeld ist der Chemismus der Sedimente, der offenbar starken lokalen Veränderungen unterworfen sein kann, was sich vermutlich in unterschiedlichen Erhaltungsbedingungen äussert. Einen weiteren interessanten Forschungsbereich mit Aussagepotenzial zur Taphonomie stellt die Fundkategorie Lehm dar. Da diese Fundgruppe mittels einer feldmässigen Ansprache nicht in jedem Fall abschliessend zu interpretieren ist, bieten sich auch hier weiterführende mikroskopische Analysen an, um die Vorgeschichte von Lehmbrocken oder auch die Genese ganzer Lehmschichten zu entschlüsseln. Empfehlenswert wäre hier die Auswahl einer Serie makroskopisch definierter, grösserer Lehmbrocken (Wandlehm, Herdlehm etc.), die etwa zur Herstellung von Referenzdünnschliffen dienen könnte. Die optischen Untersuchungen liessen sich dabei durch Analyse mittels Mikrosonde (Geochemie) ergänzen. In diesem Zusammenhang wäre auch Fragen zu Gewinnung, Verarbeitung und Recycling von Lehm nachzugehen. Dazu gehört – neben der gezielten geologisch-pedologischen Beurteilung von Baugrubenaufschlüssen oberhalb der Fundstelle (Moräne, Molasse) – das Studium des Verhaltens (Abwitterungsspuren) der Lehmbrocken unter diversen Einflüssen (Wasser, Frost, Verwitterung). Letzteres liesse sich beispielsweise mittels Literaturrecherchen in Kombination mit experimentellen Ansätzen realisieren.

Dank

An dieser Stelle möchten wir Kristin Ismail-Meyer für die grosse Unterstützung und die anregenden Diskussionen u.a. über taphonomische Prozesse in Seeufersiedlungen unseren Dank aussprechen. Ausserdem haben uns Judit Becze-Deák, Roger Langohr und Hans Huisman im Rahmen der Problematik der Entstehung von Dopplerit weitergeholfen. Für die Herstellung der Dünnschliffe sei zudem Thomas Beckmann gedankt.

XI THEORIEN UND INTERPRETATIONEN ZU TOPOGRAPHIE UND ARCHITEKTUR

(Niels Bleicher)

1 THEORIEN ZUR TOPOGRAPHIE

Wie in Kapitel V.3.5 ausgeführt wurde, deutet einiges darauf hin, dass das Parkhaus im Bereich einer ehemaligen kleinen Bucht liegt. Betrachtet man die Isolinien der Oberkante des glazialen Untergrunds, so erkennt man, dass sich diese Buchtsituation dort bereits andeutet und über das Areal der Oper, die Mozartstrasse und unter dem Sechseläutenplatz weiter in Richtung Seemitte zieht. Dem entsprechen die anhand der Seekreidemächtigkeiten rekonstruierten Höhenkoten zur Besiedlungszeit, die an der nordwestlichen Wand des Parkhauses ansteigendes Terrain anzeigen (Abb. 29). So ist erklärlich, wieso die Lehmbefunde in Schicht 15 im Verhältnis zu jenen der Schichten 12, 13 und 14 um etwa 30–45° geneigte Zeilen ergeben (Abb. 128, 135, 138 und 139). Diese Gebäude lagen offensichtlich am nördlichen Ufer der kleinen Bucht, das hier nach Westen bog.

Die in Abb. 43 dargestellte Linie der unscharfen Basis könnte ebenfalls topographisch zu erklären sein. Wie in Kap. VII.7.1 dargelegt wurde, erscheint es zwingend, dass die Gebäude im Grabungsareal mindestens saisonal im Wasser standen. Wie tief das Wasser zu welcher Jahreszeit war, kann im Augenblick noch nicht festgestellt werden. Es liegt aber nahe, zu folgern, dass es hoch genug war, um für Menschen bei ebenerdiger Fortbewegung hinderlich zu sein, weil sonst der Aufwand für die mutmasslichen Wegkonstruktionen in den Phasen 1 und 3 nicht erklärbar wäre. In ihrer Studie über afrikanische Pfahlbausiedlungen beschreiben Anne-Marie und Pierre Pétrequin, wie Fussspuren im feuchten Ufersediment und im flachen Wasser erhalten bleiben, wenn dieses nicht bereits durch Kulturschicht geschützt ist. Im tieferen Wasser dagegen verschwinden die Fussspuren bald. Die Bewohner gehen aber nicht tiefer als 80 cm ins Wasser[296]. Das Ende der unscharfen Basis könnte also jene Grenze der Wassertiefe bezeichnen, bis zu der Menschen häufig genug ins Wasser gingen, um die Kontaktzone vom Seegrund zur Kulturschicht sichtbar zu perturbieren.

2 THEORIEN ZUR ARCHITEKTUR DER HORGENER ZEIT

Oben wurde bereits dargelegt, dass die Häuser vom Erd- bzw. Seeboden abgehoben gewesen sein müssen und dass die Lehme mindestens zum Teil von Herd- oder Ofenstrukturen stammen. Es stellt sich die Frage, ob sich hinter den Lehmablagerungen eventuell auch Fussbodenlehme oder die Reste von Wandbewurf verbergen könnten. Im Folgenden werden einige Beobachtungen und Argumentationsketten zu dieser Frage dargestellt.

Einen ersten Hinweis zur Klärung des Sachverhalts bieten die Positionen der meisten Lehme. Sie befinden sich zumeist innerhalb der dendrochronologisch erschlossenen Gebäudegrundrisse und oft in der Nähe der jeweiligen Gebäudezentren, und es liegen oft mehrere Phasen übereinander. Daher wurde argumentiert, dass sie sich in loco befinden, dass also die x/y-Koordinaten aussagekräftig sind, die z-Koordinate hingegen bei der Ablagerung verändert wurde. Es besteht bei diesen Lehmen keine Kongruenz zwischen dem ursprünglichen Ort der Anwendung im Bau und dem Ort der ersten Ablagerung. Hätte man die Reste einer Ruine vor sich, so gäbe es hauptsächlich die beiden Szenarien, dass der Lehm bei einem plötzlichen Kollaps der Ruine als Versturz abgelagert wird oder sich allmählich durch die Witterung von der Holzkonstruktion löst. Wenn eine Ruine seitlich kippt und folglich eine Wand mit Lehmbewurf zur Seite stürzt, müsste man erwarten, dass parallel zur Gebäudeachse ausserhalb des Grundrisses ein Lehmbefund mit länglichem Umriss abgelagert wird. Dies ist in Parkhaus Opéra nicht der Fall. Ein flächendeckender Bodenestrich würde bei einem seitlichen Kollaps der Baustruktur ebenso mit einiger Wahrscheinlichkeit zumindest teilweise ausserhalb des Grundrisses abgelagert werden. Wenn die Ruine nicht seitlich kippt, sondern der Boden zentral nach innen verstürzt, so kann ein Bodenlehm zwar innerhalb des Grundrisses abgelagert werden. Es wäre aber ein erstaunlicher Zufall, dass dies in mehreren Ruinen nacheinander exakt identisch passieren sollte, sodass die Lehme mehrerer Phasen übereinander abgelagert würden.

Bei einem Szenario sukzessiven Zerfalls ohne plötzlichen Versturz wäre nach Verlust der Dachkonstruktion der Lehm von Boden und Wänden über längere Zeit der Witterung ausgesetzt. Der Lehmbefund würde sich in kleineren Mengen durch die Bodenkonstruktion hindurch und entlang der Wände abwärts verlagern, wie es sowohl im archäologischen Befund von Torwiesen 2 (D) nachgewiesen ist[297] als auch experimentell nachvollzogen wurde[298]. Auch dieses Ablagerungsszenario entspricht nicht dem Befundbild in Parkhaus Opéra. Ausserdem lassen sich die mehrphasigen Lehme aufgrund der dendrochronologischen Resultate kaum so interpretieren, dass in den nur etwa 20 Jahren Besiedlungszeit von Phase 3 mehrfach Bau, Nutzung, Ruinenphase und Neubau stattgefunden hätten, weil keine entsprechenden Neubauphasen im Pfahlfeld gefunden wurden.

Das Befundbild entspricht also primär nicht dem, was man bei Wand- oder Bodenlehm erwarten könnte. Daher bleibt in einem nächsten Schritt zu fragen, ob überhaupt genug Lehm abgelagert wurde, um eine ursprüngliche Nutzung als Wandbewurf oder Bodenbelag anzunehmen. Um dieser Frage nachzugehen, soll zuerst die Lehmmenge in einem idealisierten Lehmbefund von Parkhaus Opéra mit 15 m² Fläche und 10 cm Mächtigkeit im Zentrum als Beispiel angenommen werden. Trägt man der Tatsache Rechnung, dass die Lehmstärke zur Peripherie hin meistens stark ausdünnt, kommt man auf ein geschätztes Lehmvolumen von ca. 750 Litern, falls man von reinem Lehm ausgehen möchte. In vielen Fällen ist die tatsächliche Lehmmenge geringer, weil der Lehm mit organischem Material vermischt ist. Die ursprüngliche Lehmmenge kann nicht bedeutend grösser gewesen sein, weil die Lehmbefunde von Detritus versiegelt sind und daher gegenüber späteren Abtragprozessen geschützt lagen.

Als Nächstes muss der Frage nachgegangen werden, ob Lehm in grösseren Mengen aufgearbeitet und abtransportiert worden sein könnte. Die Lehmbefunde aus Schicht 12 erlauben die Annahme, dass Derartiges stattgefunden hat. Die Situation während der Ablagerung von Schicht 13 war aber völlig anders. Die Wasserströmungen im Flachwasser sind nicht

kontinuierlich und eindirektional wie in einem Bach, sondern treten in einzelnen Wellenpulsen auf. Was an Sediment in Suspension geht, ist bis zur neuerlichen Ablagerung den Orbitalbewegungen unterworfen. Zudem gibt es den Rückfluss, der auf jede Welle folgt. Zwischen zwei Wellen sinkt die Strömungsgeschwindigkeit ab, und Material wird deponiert. Solange ringsum Detritus liegt, in dessen Faserfilz sich feines Sediment verfangen und ablagern kann, ist schwer zu erklären, wie grössere Lehmmengen verschwunden sein sollen, ohne dass dies im Befundbild sichtbar wäre. Zudem wäre zu klären, welchem Zufall es zu verdanken sein soll, dass bei sämtlichen 27 Gebäuden in Phase 3 und weiteren in Phase 1 vornehmlich die in den Gassen befindlichen Wandlehme abgetragen wurden, während die zentral liegenden Lehmbefunde in mehreren Phasen erhalten geblieben sind. Aus diesen Gründen wird im Folgenden davon ausgegangen, dass zwar sicher Lehmerosion stattgefunden, aber nicht zu einem regelhaften Verlust grosser Mengen geführt hat.

Nimmt man für den Vergleich mit den Opéra-Befunden einen 5 cm mächtigen Lehmestrich auf einem 50 m^2 grossen Fussboden an, so kommt man auf ein Soll-Volumen von etwa 2500 l Lehm. Die Kalkulation der Wände enthält eine Reihe unbekannter Grössen (organische oder mineralische Magerung, Auftragsstärke, ein- oder beidseitiger Auftrag etc.), könnte aber pro Längswand auch bei etwa 2000 l liegen. Geht man also von Lehmboden und -wänden solcher Dimensionen aus, so muss man mit mindestens 7000 l Lehm rechnen. Da es in Schicht 12 und 13 keine Hinweise auf einen umfänglichen Dorfbrand gibt und die vorhandenen Lehme aufgrund der verziegelten Fragmente mindestens zu einem Grossteil zu Herden oder Öfen gehört haben, stehen Teile der tatsächlich erhaltenen 750 l nicht für die Rekonstruktion der 7000 l Wand- und Bodenkonstruktionen zur Verfügung. Der Befund enthielt damit keinen Hinweis darauf, dass solche Lehmmengen verbaut wurden. Hinzu kommt, dass keine Rutenabdrücke in Lehmfragmenten gefunden wurden, die auf Flechtwerk schliessen liessen. Insgesamt führt dies zur Aussage, dass konsistent durch sämtliche Befunde der Schichten 12 bis 16 keine Hinweise auf Wand- oder Fussbodenlehme existieren und sie daher wohl auszuschliessen sind.

Zum Thema Dachdeckung geben die als Schindeln interpretierten Tannenbretter gute Hinweise (Kap. VII.2.8.1). Es gibt sowohl durchlochte als auch zumindest nicht sichtbar durchlochte Schindeln. Es könnte sein, dass die durchlochten Objekte als Wanddeckungen dienten, die nicht durchlochten Schindeln hingegen zur Deckung von Dächern mit geringer Neigung (wozu die Steine in der Kulturschicht passen würden, die zum Beschweren der Schindeln gedient haben könnten). Eine andere Möglichkeit ist, dass sämtliche Schindeln zur Dachdeckung genutzt wurden und es steilere und weniger steile Dächer gab. Bei steilerer Dachneigung wären die Schindeln dann am Loch eingehängt oder festgebunden worden.

Der Aufbau der Wände und die gesamte Konstruktion des Aufgehenden sind nicht direkt aus dem Befund zu entnehmen. Daher müssen im Folgenden eine Reihe von Indizien gesammelt werden. Da von Feuerstellen in den Gebäuden auszugehen ist und die Lage der Lehme nahelegt, dass diese zentral in den Räumen lagen, ergibt sich aus den Pfahlsetzungen ein Hinweis auf die Konstruktionsweise. Abb. 134 macht deutlich, dass die potenziellen Firstpfosten in Schicht 13/Phase 3 sehr dicht gesetzt sind und keine Unterbrechung aufweisen. Vielmehr zeigen sie bei den grossen Gebäuden 302, 308 und 312 im Zentrum sogar Pfostenverdichtungen. Dass diese Pfähle bis zum Dachfirst reichten, darf ausgeschlossen werden, weil sie dann mitten in der Feuerstelle gestanden hätten. Also müssen sie vorher geendet haben, und zwar unterhalb der Feuerstelle. Möglicherweise bedeutet die Verdichtung im Zentrum sogar, dass das Gewicht der Feuerstelle gesondert unterfangen wurde. Entsprechend haben mindestens die Pfähle der Mittelpfostenreihe in Schicht 13/Phase 3 nicht das Dach getragen, sondern bloss die Böden. Damit stellt sich die Frage, aufgrund welcher Beobachtungen man davon ausgehen könnte, dass die Pfähle der Aussenreihen weiter reichten als nur bis zu den Böden. Stellt man die Hypothese auf, dass solche Pfähle, die höher reichten oder grösseres Gewicht trugen, auch mechanisch stabiler sein sollten, so kann man die Querschnittsflächen der Pfähle auf Anzeichen dafür untersuchen. Die Kartierung der Querschnittsflächen in Abb. 145 belegt, dass weder die Firstpfähle noch die Pfähle der Aussenreihen systematisch grösser dimensioniert waren. Auch hier ergibt sich also kein Hinweis darauf, dass systematisch manche Pfähle bis ins Dach reichten und andere nicht. Dass alle Pfähle zur aufgehenden Konstruktion gehörten, ist also keineswegs zwingend.

Nimmt man die erschlossenen Einzelaspekte zusammen, so ergibt sich erstens, dass die Konstruktion der Gebäude in Schicht 13/Phase 3 keine klassische Jochbauweise mit ins Dach reichenden Mittelpfählen gewesen sein kann, da die mittlere Pfahlreihe wohl nur den Boden des Innenraums getragen hat, und zweitens, dass keine Flechtwerkwände mit Lehmbewurf und keine Fussbodenestriche existierten. Sucht man nach einer Konstruktionsweise, die ohne Wandlehm und Mittelpfähle auskommt, so drängt sich eine Blockbauweise oder eine Konstruktion mit Schwellbalken geradezu auf. Bereits in Kap. VII.1.4 wurde vermutet, dass die «Steigbäume» eine Rolle in der Dachkonstruktion spielten. Der Gedanke an solche Blockkonstruktionen ist insofern gewöhnungsbedürftig, als die zweischiffigen Pfahlkonstruktionen der Seeufersiedlungen traditionell als zweischiffige Pfostenhäuser interpretiert wurden. Tatsächlich spricht jedoch nichts dagegen, sie nur als zweischiffige Plattformen anzusehen. Die Grösse der darauf befindlichen Blockbauten entspricht nicht zwingend der Ausdehnung der Pfahlsetzungen. Im Übrigen bedeutet diese Hypothese keinen Bruch mit der Bautradition. Zwar sind vom Bodensee aus dem Jungneolithikum und dem Übergang von Pfyn zu Horgen Belege für Flechtwerkwände mit Lehmbewurf bekannt[299], doch hat die Fundstelle Ludwigshafen-Seehalde (D) sehr deutliche Belege für zwei verschiedene Wandkonstruktionen aus rund belassenen horizontalen Stämmen und vertikalen Spaltbohlen mit Lehmbewurf geliefert, und auch aus Oberschwaben sind jungneolithische Belege für beide Wandkonstruktionen vorhanden[300]. Es sind demnach technische Vorläufer für Wandkonstruktionen aus Holz ohne Lehmbewurf bekannt. Mit der Annahme von Block- oder Schwellbalkenkonstruktionen, die ohne dachtragende Pfähle auskommen und daher kaum in den Boden eingreifen, befindet man sich im mitteleuropäischen Gebiet durchaus im Rahmen des zu Erwartenden. Das im Spätneolithikum weiträumig bemerkbare Fehlen von Baubefunden zwischen nördlichem und südlichem Rheinland[301] und Süddeutschland, wo ebenso wie in der Schweiz die meisten Baubefunde von Seeufersiedlungen stammen[302], zeigt, dass überregional ein Bruch mit vorherigen Bauweisen vorgeherrscht haben muss. Wenn man keine weitgehende Entvölkerung Mitteleuropas postulieren will, muss man von einer Bauweise ausgehen, die wenig in den Boden eingriff – so wie es bei der Block- und Schwellbalkenbauweise der Fall ist. Die Hypothese, dass überregional eine archäologisch nicht sichtbare Bauweise ohne grössere Pfosten vorgeherrscht haben muss, äus-

serte Schlichtherle schon vor knapp 25 Jahren[303]. Tatsächlich belegen Funde aus dem Rheinland und aus der Schweiz, dass es Landsiedlungen in nennenswerten Mengen gegeben hat, diese aber selten erkannt werden. Ebersbach führt dies darauf zurück, dass die Befunde in der Westschweiz und im Mittelland zumeist sehr undeutlich sind. Zudem seien aufgrund der weich gebrannten und daher fast immer sehr schlecht erhaltenen Keramik die Fundstellen neolithischer Befunde in vielen Grabungen vermutlich gar nicht bemerkt worden[304]. Nortmann argumentiert in eine ähnliche Richtung, dass sich die Forschungstätigkeit auf Epochen mit besser sichtbaren Befundtypen und typologisch einfacher zu klassifizierenden Funden konzentriert habe[305]. Er hält aber fest, dass die neolithischen Funde dennoch letztlich flächendeckend vorhanden seien, jedoch fast ausschliesslich im Bereich von stark fortifikatorisch geprägten Höhenlagen erkannt worden seien – zumeist weil man dort aufgrund der gut sichtbaren archäologischen Strukturen anderer Epochen Ausgrabungen durchgeführt hat. Diese hält er aber für Ausnahmen im ansonsten archäologisch unsichtbaren Siedlungswesen[306]. Wie für die wenigen Befunde von Grubenhäusern auf Mineralböden bereits andernorts erörtert, handelt es sich dabei vermutlich um saisonal genutzte Hütten mit wirtschaftlichen Sonderfunktionen[307]. Grubenhäuser werden deswegen hier nicht als Normalfall der Horgener Bauweise auf Mineralböden betrachtet. Die Befunde von Alleshausen-Täschenwiesen (D) in Oberschwaben belegen, dass es im frühen 3. vorchristlichen Jahrtausend Blockbauten gegeben hat[308]. Bei diesem aufschlussreichen Befund bestand der Boden aus dicht verlegten dünnen Stämmen, und es existierte kein Lehmestrich. Lehm war nur in der zentral gelegenen Feuerstelle verbaut. Das hohe Gewicht der verziegelten Herdplatte wurde durch eine gesonderte Substruktion aufgefangen. Anhand des publizierten Befundfotos lässt sich die Grösse der etwa 30 cm mächtigen Lehmplatte auf etwa 2 × 1,5 m bis 2,2 × 1,7 m schätzen. Nimmt man an, dass die 30 cm Mächtigkeit auf der gesamten Fläche erreicht wurden, so kommt man auf 900–1200 l Lehm. In vielen Lehmstellen liegt die Lehmmenge deutlich darunter. Wenn man dagegen davon ausgeht, dass auch hier die Ränder geringmächtiger waren, so kommt man auf Lehmmengen, die nahe bei jenen liegen, die in Parkhaus Opéra pro Lehmlage gefunden wurden. Das Gebäude von Alleshausen-Täschenwiesen weist also mit dem Fehlen mittiger Pfähle, einer zentralen Feuerstelle, deren Volumen sowie der Verstärkung des Bodens unter der Feuerstelle eine Reihe von Merkmalen auf, die dem entsprechen, was sich für die Häuser in Parkhaus Opéra erschliessen lässt. Es ist daher die bestbelegte Analogie. Die Annahme, dass Blockbauweise an den Seeufern keine exotische Ausnahme im Spätneolithikum in Mitteleuropa war, könnte also zwanglos eine überregionale Forschungslücke erklären. Die Blockbauten auf Plattformen auf Pfählen zu stellen, ist eine naheliegende technische Lösung, um die ansonsten gewohnte Bauweise in unüblichem Terrain fortzuführen. Als Konsequenz werden zum Bau deutlich kürzere Pfähle benötigt. Die volle Höhe bis zum Dachfirst muss letztlich nur bei sekundär angebrachten Stützen erreicht werden. Die anderen Pfähle müssen nur bis zur Höhe der Fussböden reichen.

Der naheliegende Einwand, dass keine Blockbauelemente gefunden wurden, ist aus verschiedenen Gründen kein zwingendes Argument gegen die Hypothese von Blockbauten auf Plattformen. Zum Ersten sind mit durchlochten Hölzern verschiedene Objekte gefunden und vorgestellt worden, die als Teile von Steckverbindungen in Blockbauten oder Schwellbalkenkonstruktionen gedient haben können (Abb. 74–76). Zum Zweiten sind bei dem zitierten Befund in Alleshausen-Täschenwiesen nur die Enden im Bereich der Überkämmungen zu Hälblingen zurechtgeschlagen worden, während der Rest der Hölzer rund blieb. Dass solche Rundlinge mit bearbeiteten Enden auf der Grabung übersehen wurden, ist gut möglich. Schliesslich handelte es sich um eine Rettungsgrabung unter hohem Zeitdruck mit teilweise ungelerntem Personal, und die Hölzer waren durch Schichtdruck stark verformt. Im Gegensatz zu dem in situ befindlichen Befund in Alleshausen gab es in Parkhaus Opéra auch keinen Konstruktionszusammenhang, der die Aufmerksamkeit auf eventuell vorhandene bearbeitete Enden gelenkt hätte. Zuletzt haben die Erfahrungen im Museum von Unteruhldingen gezeigt, dass verstürzte Hausbauteile weit verlagert werden können, wenn sie ins Wasser stürzen[309], und daher nicht unbedingt auf der Grabungsfläche zu erwarten sind. Es kann aber festgehalten werden, dass der erhöhte Anteil von Tanne und Erle in den liegenden Hölzern von Schicht 13 (vgl. Kap. VII.2.8) gut mit der Annahme übereinstimmt, dass gerade gewachsenes Holz bevorzugt wurde. Immerhin ist die Erle die einzige Laubbaumart, die eine dem Nadelholz vergleichbare durchgehende Stammachse mit geringer Bedeutung der Seitenäste aufweist. Für Block- oder Schwellbalkenkonstruktionen wären diese beiden Holzarten möglicherweise geeigneter als viele Eichenstämme, die nur bei entsprechender Waldbewirtschaftung astarme, gerade Stämme mit dominierendem Haupttrieb entwickeln.

Für Schicht 13/Phase 3 wird daher die Deutung vorgeschlagen, dass Block- oder Schwellbalkenkonstruktionen auf Plattformen bestanden, die über keine Lehmböden oder -wände, sondern nur über eine zentrale Feuerstelle verfügten. Diese war mit einer separaten Substruktion über einer Durchbrechung im Prügelboden angelegt und konnte so entsorgt und mit wenig Aufwand neu erstellt werden. Die Dächer waren schindelgedeckt, und die Dachhöhe betrug vom Seegrund aus gemessen mindestens in Einzelfällen etwa 8 m. Die Höhe der Gebäudeteile kann nur mittelbar anhand von Annahmen über den Wasserstand abgeschätzt werden (Abb. 207). Wie in Kap. VII.7.1.2 ausgeführt wurde, kann der winterliche Niedrigwasserpegel nicht unter 404 m ü.M. gelegen haben und lag nach geologischen Daten wahrscheinlich darüber. Nach den historischen Wasserpegelmessungen, die von etwa 2000 Tagen im 18. Jh. vorliegen, ist mit saisonalen Schwankungen im Bereich von etwa 1–2 m zu rechnen, wobei geringere Schwankungen um 1 m die Regel waren[310]. Der niedrigste mögliche sommerliche Seepegel kann daher annäherungsweise bei etwa 405,5 m ü.M. festgelegt werden. Er kann aber ebenso deutlich darüber gelegen haben. Aufgrund gelegentlich auftretender Pegelspitzen muss wohl ein Sicherheitsabstand zwischen Bodenniveau und Seeoberfläche einberechnet werden. Daraus ergibt sich eine mutmassliche Höhe der Fussböden zwischen 406,5 und 407 m ü.M. Setzt man diesen Wert in Bezug zu den geotechnischen Rekonstruktionen und der Länge des Pfahls mit Pfahlschuhkonstruktion (s. Kap. VII.2.8.3), so ergibt sich, dass der Dachfirst eine Höhe von knapp 412 m ü.M. erreicht hat. Das ergibt für das eigentliche Gebäude noch eine Höhe von etwa 5–5,5 m, was beispielsweise einer primären Raumhöhe von 2,5 m und einem Dach derselben Höhe entsprechen könnte. Bei Annahme eines flachen Dachwinkels ist selbst ein niedriges Zwischengeschoss möglich.

Die Zusammenstellung der Flächen der dendrochronologisch erfassten Gebäudegrundrisse in Abb. 145 zeigt, dass in den Phasen 1 und 3, von denen die besten Daten vorliegen, die Grösse zwischen 20 und fast 90 m² variierte. Die beleg-

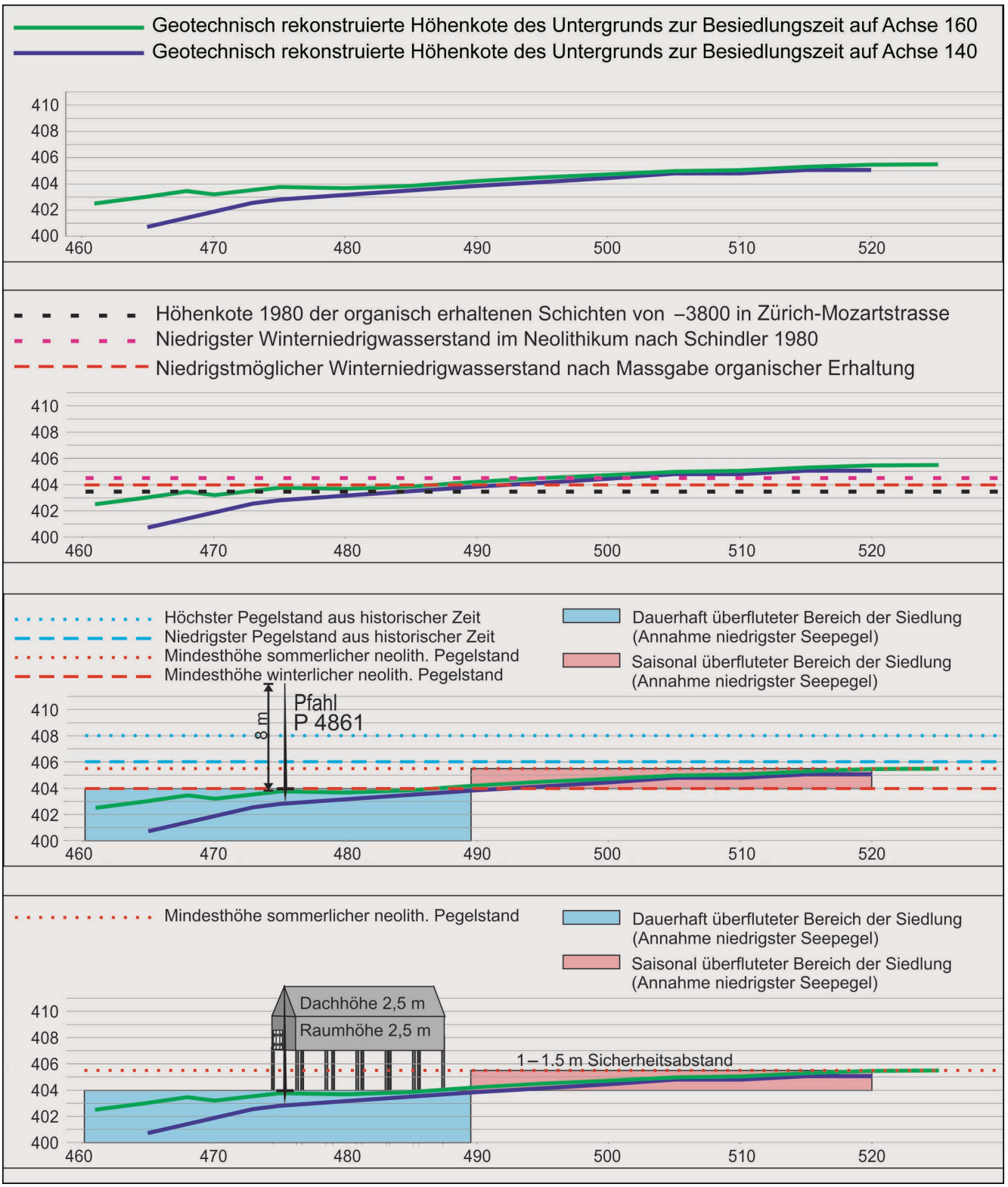


Abb. 207. Rekonstruierbare Geländehöhen und die von Befunden und Informationen zum Seepegel ableitbaren Gebäudeproportionen.

baren Grössen der anderen Phasen schwanken in diesem Rahmen (abzüglich der Kleinbauten in der Schnurkeramik) und liegen häufig bei etwa 40 m². Hier ist allerdings anzumerken, dass diese Flächen nur den Verlauf der Pfahllinien umreissen. Die Pfähle mit U-förmig ausgearbeitetem Ende legen aber nahe, dass sie Querbalken trugen. Eine Bodenkonstruktion muss also seitlich über die Pfähle hinausgereicht haben, und die tatsächlichen Flächen waren noch grösser. Das bedeutet gleichzeitig, dass die Distanzen zwischen den Gebäuden kleiner waren.

Falls die Schlussfolgerung korrekt ist, dass die Horgener Bauweise in Blockbauten oder Schwellbalkenbauten auf Platt-

Zum Inhaltsverzeichnis

formen bestand, dann besteht keine Notwendigkeit (wohl aber die Möglichkeit), die Grösse des Gebäudes mit der Grösse der Plattform gleichzusetzen. Auf der 87 m² messenden Plattform von Gebäude 305 oder den fast 74 m² von Struktur 308 könnten durchaus zwei separate Gebäude gestanden haben. Die Lage der Lehmbefunde legt das zwar nicht nahe, schliesst es aber auch nicht aus (Abb. 135). Selbst dann aber bleibt mit Gebäude 302 die Feststellung, dass einzelne Bauten Flächen von über 60 m² erreichten und damit mehr als doppelt so gross waren wie benachbarte Gebäude (309, 325). Es scheint keinen zwingenden Grund zu geben, hinter den Strukturen 305 und 308 zwei kleinere Bauten zu vermuten, zumal sich die besonders grossen Bauten 302, 305, 308 und 312 in direkter Nachbarschaft befinden. Auch in der Horgener Siedlung von Torwiesen 2 in Oberschwaben standen die grössten Häuser tendenziell beieinander, während die Häuser in der nördlichen Zeile mit zunehmender Distanz zum grössten Bau immer kleiner wurden[311].

Die Befunde der anderen Schichten sind nicht gleich reich an Detailinformationen, doch kann, wie oben bereits dargelegt, auch für sie ausgesagt werden, dass die Lehmbefunde verlagert sind. Auch die erhaltenen Lehmmengen stimmen mit Schicht 13 überein oder sind noch geringer. Für eine grundlegende Veränderung der Topographie gibt es keine Anhaltspunkte, und eine Absenkung des Seepegels unter die genannten Koten erscheint nicht möglich (Kap. VII.7.1.2). Es darf daher angenommen werden, dass vergleichbare Konstruktionen auch in den anderen Horgener Siedlungsphasen bestanden.

3 GEDANKEN ZUM HAUSBAU IN DER SCHNURKERAMIK

Der Hausbau während der schnurkeramischen Siedlungsphasen unterscheidet sich von den Horgener Phasen durch die dreischiffigen Pfahlsetzungen, die grossen Quadratbauten sowie die mutmasslichen beigeordneten Kleinbauten. Ein weiteres auffälliges Merkmal sind die Steinpflaster, die anstelle der Lehme auftreten. Hierbei ist fraglich, ob es tatsächlich keine Lehminstallationen gab oder ob solche nur nicht erhalten sind. Wie in Kap. V.3 ausgeführt, ist die bodennahe Strömung umso grösser, je flacher das Wasser ist. Kulturschichten und Seekreide haben seit Phase 1 zu einer Hebung des Terrains um mindestens einen halben Meter geführt. Auch ohne eine Veränderung im Seepegel anzunehmen, kann sich daraus eine Zunahme der bodennahen Strömung ergeben haben, die zu einer verstärkten Erosion von Lehm geführt hat. Dies könnte auch die Ursache der fehlenden organischen Erhaltung in den Schichten 15–17 sein. Schliesslich wurde in Schicht 17 organisches Material nur in strömungsgeschützten Bereichen gefunden. In diesem Fall könnte man also doch von lehmbasierten Feuerstellen ausgehen. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass Herde und/oder Öfen aus Stein errichtet wurden. Beispiele solcher komplett aus Steinen errichteten Öfen in Holzhäusern sind aus dem neuzeitlichen Finnland bekannt[312]. Dies würde sowohl den fehlenden Lehm als auch die Hitzespuren an den Steinen erklären. Die Pfahlsetzungen alleine geben keine weiteren Hinweise auf die konstruktiven Details der Gebäude.

Zum Inhaltsverzeichnis

XII ZUSAMMENFASSUNG – RÉSUMÉ – RIASSUNTO – SUMMARY

Von April 2010 bis Januar 2011 wurde in der Grabung Zürich-Parkhaus Opéra eine neolithische Feuchtbodenfundstelle dokumentiert. Die Notwendigkeit dieser Grabung hatte sich erst beim Bau der Tiefgarage zum Opernhaus gezeigt. Die Rettungsgrabung fand unter hohem Zeitdruck und technisch schwierigen Bedingungen statt, da sich das Parkhaus bereits im Bau befand und deshalb unterirdisch gegraben werden musste. Auf etwa 3000 m² konnten Kulturschichten dokumentiert werden. Dabei fanden sich die Reste von sechs Siedlungsphasen der Horgener Kultur, zwei Siedlungsphasen der schnurkeramischen Kultur und ein umfangreiches Pfahlfeld.

Auf wenigen Quadratmetern im Bereich der Parkhauszufahrt wies die unterste Schicht 12 organische Erhaltung auf und lieferte Reste des Jungneolithikums (12 S). Dagegen wies Schicht 12 im Parkhausareal keine organische Erhaltung auf und kann der ersten, dendrochronologisch zwischen –3234 und –3226 datierten Siedlungsphase zugeordnet werden (12 PH). In einer uferparallelen Zeile standen 13 Gebäude mit den Giebelseiten zum See. Die kleinflächigen Lehmbefunde ohne Holzsubstruktion liegen regelhaft im Zentrum der dendrochronologisch ermittelten Gebäudegrundrisse. Seeseitig war die Siedlung durch eine Palisade aus gespaltenen Erlen geschützt. Landseitig wurden die Gebäude über einen Weg entlang des Ufers erschlossen. Im Südosten der Grabungsfläche ist das Siedlungsende erfasst. Im Nordwesten deutet der Verlauf der Erlenpalisade an, dass auch hier das Ende der Siedlung nicht weit entfernt lag.

Die zweite Siedlungsphase ist dendrochronologisch um –3204 datiert und wurde nur in der westlichen Ecke der Grabungsfläche erfasst. Baustrukturen lassen sich nur schwer identifizieren. Bis auf wenige Lehmbefunde, die nach Abschluss der Grabung baubegleitend im Profil dokumentiert werden konnten, sind hier keine Schichtbefunde erhalten.

Die dritte Siedlungsphase ist dendrochronologisch zwischen –3176 und –3153 datiert und gehört zu Schicht 13, die auf der gesamten Grabungsfläche organisch erhalten war. In ihr konnten 60 zumeist mehrphasige Lehmbefunde dokumentiert werden, bei denen es sich um die entsorgten Reste von mehrfach erneuerten Herdstellen handelt. Sie zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den dendrochronologisch ermittelten Gebäudegrundrissen und liegen auch hier zumeist in deren Zentrum. Es ist anzunehmen, dass die Reste wie in neolithischen Moorsiedlungen durch eine Öffnung im Fussboden entsorgt wurden. Des Weiteren wurde eine fundreiche Gruppe von hügelartigen Schichtbefunden identifiziert, bei denen es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um Abfallhaufen handelt. Auch diese liegen zumeist in der Nähe der Gebäudezentren und sind häufig mit den Lehmbefunden verzahnt. Eine Brandschicht ist nur sehr lokal dokumentiert. Das Feuer betraf anscheinend nur ein einzelnes Gebäude.

Die Schichtmächtigkeit und -ausprägung sind innerhalb der Fläche sehr unterschiedlich. Im Westen und Nordwesten ist die Schicht weniger mächtig. Im Zentrum weist sie einen Horizont mit erhöhtem Seekreidegehalt auf. Die Analyse der Kulturschichtbasis legt nahe, dass der Siedlungsuntergrund nur auf einem klar definierbaren Streifen am landwärtigen Rand begangen wurde. In situ liegende Holz- oder Rindenbefunde wurden nicht angetroffen. Bemerkenswert sind eine vollständig erhaltene Tür aus Pappelholz und eine türähnliche Konstruktion aus halbierten Lindenstämmen. Während Hinweise auf die Wandkonstruktionen fehlen, deutet eine Reihe von Tannenbrettern mit auffälligen Verkohlungsmustern darauf hin, dass die Dächer mit Schindeln gedeckt waren.

Die Siedlungsstruktur der dritten Phase beruht wie die von Phase 1 auf giebelseitig zum See ausgerichteten Gebäuden, die parallel und eng nebeneinander standen. Die Grundrisse sind zweischiffig, und die Gebäudegrössen schwanken zwischen etwa 6,5 und 18,5 m Länge. Im Gegensatz zur ersten Siedlungsphase sind für die dritte mindestens drei Gebäudezeilen nachgewiesen. Das Siedlungsende ist landseitig im Südosten erfasst. Im Nordwesten lief die Besiedlung im Bereich des heutigen Sechseläutenplatzes weiter. Seeseitig wurde das Ende der Bebauung nicht ausgegraben, doch scheint eine vierte Gebäudezeile aus topografischen Gründen unwahrscheinlich. Wahrscheinlich wurde auch diese Siedlung landseitig durch einen Weg aus Pappeln erschlossen. Bemerkenswert ist, dass die Siedlung etwa in der Mitte der Grabungsfläche mit einem dichten Zaun aus dünnen Pappeln unterteilt war.

Die vierte Siedlungsphase, dendrochronologisch um –3090 datiert, ist nur mit sehr wenigen Pfählen belegt und wohl mit der in einigen Bereichen organisch erhaltenen Schicht 14 zu verbinden. Die Lehmbefunde weisen auf eine ähnliche Bebauungsstruktur und ähnliche schichtgenetische Bedingungen hin wie die von Phase 3. Die Gebäude wurden hauptsächlich aus jahrringarmen Erlenstämmen erbaut.

Die fünfte Siedlungsphase, die wohl mit Schicht 15 zu verbinden ist, datiert um –3063. Schicht 15 war hauptsächlich im Westen der Fläche erhalten. Dendrochronologisch konnten keine Baustrukturen definiert werden. Die Anordnung der Lehme legt auch hier eine Bebauung in Zeilen nahe, doch scheinen die Zeilen nun von West nach Ost und nicht mehr parallel zum Seeufer zu verlaufen. Schicht 15 weist fast keine organische Erhaltung auf. Ein spektakulärer Befund ist eine abgestürzte Herdplatte, die offensichtlich samt Substruktion aus grösserer Höhe in die weiche Seekreide gefallen ist und dabei mehrere Schichten durchschlagen hat.

Die sechste Siedlungsphase ist die jüngste Horgener Besiedlung am Ort. Für sie sind dendrochronologische Schlagdaten von –2885 bis –2877 nachgewiesen. Damit ist sie zeitgleich mit der zweiten Horgener Siedlungsphase der Grabung Zürich-Mozartstrasse. Gebäudegrundrisse und Bebauungsstruktur sind trotz vieler datierter Pfähle relativ unklar. Die Raumordnung erscheint grundlegend geändert. Im Unterschied zu älteren Phasen weist Siedlungsphase 6 eine landseitige Palisade auf. Eschenpfähle ausserhalb der Palisade deuten auf uferparallele Wegkonstruktionen hin. Die wenigen Lehmbefunde aus Schicht 16 lassen sich nur ansatzweise mit den unklaren Gebäudegrundrissen in Zusammenhang bringen. Auch diese Lehmbefunde enthalten Hinweise darauf, dass sie in sekundärer Lage vorliegen.

Mit dem Beginn der Schnurkeramik ist in der siebten Siedlungsphase, für die Schlagdaten zwischen –2754 und –2749 belegt sind, eine weitere Änderung der Baustruktur zu verzeichnen. Die Gebäudegrundrisse sind nun drei- oder zweischiffig, und neben langschmal-rechteckigen Grundrissen gibt es auch einen quadratischen. In der achten Siedlungsphase mit Schlagdaten zwischen –2735 und –2727 ist das Bild weniger klar, doch deuten sich auch hier dreischiffige Gebäudegrundrisse an. Ob Phase 7 oder 8 oder beide zu Schicht 17 gehören, ist nicht zu eruieren. Schicht 17 war nur auf wenigen Quadratmetern erhalten. Auffallend sind flächige Steinpflaster, die zu Schicht 17 gehören und unter denen punktuell organische Erhaltung gefunden wurde. In Sied-

Zum Inhaltsverzeichnis

lungsphase 8 ist eine Palisade aus gespaltenen Eichen bemerkenswert, die nur noch in kleinen Teilen erhalten ist. Sie trennt zwei Gebäude im Westen von der Bebauung im Osten.

Es gibt eine Reihe von Beobachtungen, die für die Interpretation der Befunde von zentraler Bedeutung sind: Die Lehmbefunde der Schichten 12 bis 16 sind eindeutig nicht in situ. Dennoch sind sie mehrphasig und häufig in der Nähe der Gebäudezentren. Eine Herdplatte in Schicht 15 ist offensichtlich abgestürzt, und bei einem kleineren Lehmbefund in Schicht 13 ist dasselbe zu vermuten. Die Abfallhaufen liegen ebenso innerhalb der Gebäudegrundrisse. Auch in situ befindliche hölzerne Baustrukturen wurden in keiner Schicht vorgefunden. Des Weiteren ist bemerkenswert, dass auf einem Grossteil der Fläche die Bänderung der Seekreide im Siedlungsuntergrund intakt ist, was mechanische Durchmischung durch Begehung oder wühlende Tiere ausschliesst. Die geotechnische Rekonstruktion des siedlungszeitlichen Reliefs belegt, dass auf den 50 m zwischen landseitigem Ende und dem äussersten seewärtigen Befund ein Höhenunterschied von mehreren Metern bestand und dass der Untergrund der seewärtigen Gebäude unter der absoluten Ausflussschwelle des Zürichsees lag. Die Hypothese einer ebenerdigen Bauweise lässt sich somit nicht halten. Sie würde Seepegelstände voraussetzen, die in anderen Siedlungen am Zürichsee Spuren hinterlassen haben müssten. Solche Spuren sind keine vorhanden. Zudem wurde ein umgestürzter Pfahl gefunden, der eine Gesamthöhe von etwa 8 m vom Bodenniveau bis zum Punkt der Auflast belegt. Aufgrund all dieser Beobachtungen wird hier die Ansicht vertreten, dass alle Siedlungsphasen von abgehobener Bauweise geprägt waren und dass die Siedlungsfläche mindestens saisonal überflutet war.

Die mikromorphologische Untersuchung einer grossen Zahl von Profilkolonnen konnte eine ganze Reihe wiederkehrender Sedimentfazies identifizieren, deren Bildungsmilieu bislang nicht immer bekannt ist. Ihre Kartierung und interdisziplinäre Auswertung werden weitere Aufschlüsse geben. Bemerkenswert ist das enge Nebeneinander von guter und schlechter Erhaltung. Bei unverbrannten Knochen dominiert im Dünnschliff die schlechte Erhaltung. Ursache dafür können verschiedene chemische Prozesse sein. Die eingehende Analyse der Lehme ergab die Herkunft aus lokalen und untiefen Vorkommen aus der Moräne oberhalb der Fundstelle.

Die dendrotypologische Gliederung der Jahrringserien belegt für das Bauholz in der Zeit bis −3090 die systematische und intensive Nutzung von anthropogenen jungen Eichenbeständen, die in rhythmischen Abständen geschneitelt wurden. Um −3090 scheinen die lokalen Eichenbestände übernutzt gewesen zu sein, denn alle nachweisbaren Bauten dieser Bauphase wurden aus dünnen Erlenstämmen errichtet. Um −3060 wurden ältere und grössere Eichen verwendet. Danach bricht die Besiedlung für etwa 100 Jahre ab. Die Holznutzung des späten Horgens und der Schnurkeramik ist von offeneren Beständen mit wenig Konkurrenzdruck geprägt. Die Bauholznutzung zeigt sich nun auch losgelöst von der Schneitelwirtschaft. Dieser Wandel hängt vermutlich mit der dauerhaften Öffnung der Landschaft zusammen.

Résumé

Dans le cadre du chantier de Zürich-Parkhaus Opéra, une station lacustre néolithique a été fouillée entre avril 2010 et janvier 2011. Comme on ignorait la présence d'un site archéologique à cet emplacement, les investigations n'ont pu être programmées avant la construction du garage souterrain de l'opéra, qui battait alors déjà son plein. L'équipe de recherche a donc été confrontée à des délais très brefs et à des conditions techniques particulièrement difficiles: il a fallu fouiller en dessous des structures en béton déjà installées. Les niveaux archéologiques documentés couvrent une surface de près de 3000 m^2; ils ont livré les vestiges de six phases d'occupation se rattachant au Horgen, de deux phases du Cordé, ainsi qu'un important champ de pieux.

Dans la zone d'accès au parking, le niveau le plus profond (couche 12) présentait sur quelques mètres carrés une conservation organique avec des vestiges datant du Néolithique moyen II (12 S). Sur le périmètre du parking proprement-dit, cette même couche ne recelait aucun élément organique; elle peut être attribuée à la première phase d'occupation du site, datée par la dendrochronologie entre −3234 et −3226 (12 PH). Les 13 maisons étaient ordonnées en une rangée parallèle à la rive, le petit côté tourné vers le lac. Les chapes d'argile peu étendues, dépourvues de substructions en bois, se trouvaient généralement au centre des plans de bâtiments établis grâce à la dendrochronologie. Côté lac, l'occupation était protégée par une palissade constituée d'aulnes refendus. Un chemin desservant les édifices longeait la rive côté terre ferme. Au sud-est de la surface fouillée, on a atteint l'extrémité du village; au nord-ouest, le tracé de la palissade en aulne indique qu'elle n'était plus loin.

La dendrochronologie permet de dater de −3204 la seconde phase d'occupation, repérée uniquement dans l'angle occidental de la zone fouillée. Il est difficile d'y cerner des structures architecturales. À l'exception de quelques structures argileuses documentées dans les coupes lors du suivi archéologique des travaux de construction postérieurs à la fin des fouilles, aucun niveau d'origine anthropique ne s'y est conservé.

La troisième phase d'occupation est dendrodatée entre −3176 et −3153 et se rattache à la couche 13, pour laquelle on a observé une conservation organique sur la totalité de la surface fouillée. On y a documenté 60 chapes d'argile, dont la plupart comportent plusieurs phases: elles correspondent à l'évacuation de vestiges de foyers, structures ayant subi de nombreuses réfections. La position spatiale des chapes révèle une bonne correspondance avec les plans de bâtiments, définis grâce à la dendrochronologie, et se situent généralement au centre des édifices. On suppose que les déchets ont été évacués par une ouverture pratiquée dans le plancher, à l'instar des structures retrouvées dans les habitats palustres datant du Néolithique. Par ailleurs, on a identifié des niveaux formant de petits monticules riches en mobilier, qui correspondent très vraisemblablement à des tas de détritus. Généralement, ils se trouvent à proximité du centre des édifices et s'interpénètrent avec les chapes d'argile. Un niveau d'incendie a été documenté sur une surface très restreinte: le feu n'aurait touché qu'un seul édifice.

L'épaisseur et la composition des strates divergent fortement au sein de la surface. À l'ouest et au nord-ouest, la couche archéologique est moins puissante. Au centre, on trouve un horizon présentant une teneur élevée en craie lacustre. L'analyse de la base du niveau archéologique indique qu'on ne parcourait le site que sur une bande étroite et bien définie, située côté terre ferme. On n'a pas retrouvé de structures in situ en bois ou en écorce. On relèvera la découverte d'une porte entièrement conservée, en bois de peuplier, de même que celle d'une construction similaire, constituée de troncs de tilleul refendus. Si l'on ne dispose pas d'indices permettant de restituer les parois, une série de planches de sapin portant des marques bien visibles indique que les toits étaient recouverts de bardeaux.

Durant la troisième phase d'occupation, le village était organisé selon le même schéma qu'à la phase 1, avec des maisons au petit côté tourné vers le lac, disposées parallèlement et très proches les unes des autres. Les plans au sol révèlent que les édifices étaient bâtis sur deux nefs et que leurs dimensions oscillaient entre environ 6,5 et 18,5 m de longueur. Contrairement à la première, on a pu attester pour la troisième phase d'habitat un minimum de trois rangées de maisons. Côté terre ferme, on a repéré la fin du village au sud-est. Au nord-ouest, son extension se poursuivait sous l'actuelle place du Sechseläuten. L'extrémité de l'occupation n'a pas été dégagée côté lac, mais une quatrième rangée de maisons semble invraisemblable, pour des raisons relevant de la topographie des lieux. Il est probable que cette station ait été elle aussi desservie côté terre ferme par un chemin en peuplier. On relèvera que le village était subdivisé par une palissade faite de fins troncs de peuplier disposés de manière dense, observée vers le milieu de la surface fouillée.

La dendrochronologie permet de dater la quatrième phase d'occupation vers −3090. Elle n'a livré qu'un très faible nombre de pieux et peut sans doute être rattachée à la couche 14, niveau organique conservé en certains endroits. Les chapes d'argile sont déposées selon un schéma semblable à celui de la phase 3, et les conditions de leur genèse paraissent identiques. Pour la construction des édifices, on s'est essentiellement servi de troncs d'aulne ne comptant que peu de cernes.

La cinquième phase d'occupation, qui peut sans doute être mise en relation avec la couche 15, date de −3063 environ. La couche 15 s'est conservée essentiellement dans la partie occidentale de la surface. La dendrochronologie n'a pas permis de définir de structures de construction. La disposition des argiles permet d'évoquer ici aussi des constructions en rangées, mais ces dernières semblent disposées d'est en ouest, et non plus parallèlement à la rive. La couche 15 ne présentait pratiquement pas de conservation organique. Avec la découverte d'un foyer écroulé, on a mis au jour une structure spectaculaire: elle sera tombée dans la craie lacustre molle avec son assise, apparemment d'une hauteur importante puisqu'elle a traversé plusieurs niveaux.

La sixième phase d'occupation correspond au village Horgen le plus récent. Les dates d'abattage s'insèrent dans une fourchette allant de −2885 à −2877. Ce site est donc contemporain de la deuxième phase d'occupation Horgen mise au jour à Zürich-Mozartstrasse. Malgré l'abondance des pieux datés, les plans des bâtiments et les structures demeurent difficiles à cerner. Il semble que la structuration spatiale du village ait diamétralement changé: contrairement aux périodes antérieures, la phase d'occupation 6 est protégée côté terre ferme par une palissade. Des pieux de frêne retrouvés à l'extérieur de cette dernière indiquent la présence de chemins parallèles à la rive. Les rares chapes d'argile de la couche 16 ne peuvent être que partiellement raccordées à des plans de bâtiments mal définis. Ces chapes recèlent des indices évoquant une position remaniée.

Coïncidant avec le début de la Céramique cordée, la septième phase d'occupation se caractérise par de nouvelles modifications dans la structure architecturale de la station. On dispose pour cette période de dates d'abattages allant de −2754 à −2749. Les bâtiments sont construits sur deux ou trois nefs, avec des plans rectangulaires dont se démarque un édifice carré. Pour la huitième phase d'occupation, à laquelle correspondent des dates d'abattage entre −2735 et −2727, la situation est moins claire, avec cependant des plans d'édifices bâtis sur trois nefs. Il est impossible de déterminer si la phase 7 ou 8, voire les deux, appartiennent à la couche 17: cette dernière n'était conservée que sur quelques mètres carrés. On remarquera les empierrements observés dans certaines zones de la couche 17, en dessous desquels on a par endroit découvert des vestiges organiques. Pour la phase d'occupation 8, on relèvera la présence d'une palissade en chênes refendus, conservée seulement sur de petits tronçons; elle séparait deux bâtiments situés dans la partie occidentale de la zone est de la station.

Au cours de l'étude, il s'est avéré qu'une série d'observations spécifiques était d'une importance primordiale pour l'interprétation des structures: les chapes d'argile des couches 12 à 16 ne sont très clairement plus à leur emplacement d'origine. Toutefois, elles comptent plusieurs phases et se trouvent souvent à proximité des centres des maisons. Un foyer appartenant à la couche 15 s'est apparemment effondré, et on postule une situation identique pour une chape d'argile de moindres dimensions retrouvée dans la couche 13. Les tas de déchets se trouvent donc au sein de l'emprise des édifices. De même, aucune couche n'aura livré de structures architecturales en bois encore en place. Par ailleurs, on relèvera le fait que, sur la majeure partie de la surface, la lamination de la craie lacustre constituant le substrat du village demeure intacte, ce qui permet d'exclure un mélange mécanique par piétinement ou par des animaux fouisseurs. La restitution géotechnique du relief au moment de l'occupation atteste qu'un dénivelé de plusieurs mètres existait sur les 50 m séparant l'extrémité de l'occupation côté terre ferme des structures les plus éloignées côté lac; la base des bâtiments côté lac se trouvait en dessous de la profondeur absolue du lac à l'exutoire. On ne peut donc retenir l'hypothèse d'une architecture à même le sol. En effet, cette dernière impliquerait des niveaux qui auraient dû laisser des traces dans d'autres sites établis sur les rives du lac de Zurich. Or, on n'en décèle nulle part. Par ailleurs, on a retrouvé un pieu basculé d'une hauteur totale d'environ 8 m, du niveau du sol jusqu'au point de charge. Sur la base de ces observations, on estime qu'un mode de construction surélevé dominait dans toutes les phases d'occupation et que le village était inondé, du moins à certaines saisons.

L'étude micromorphologique d'un grand nombre de colonnes stratigraphiques a permis d'identifier toute une série de faciès récurrents, dont on ne connaît pas encore systématiquement le milieu de formation. Leur évaluation interdisciplinaire et leur répartition spatiale permettront de fournir davantage d'éléments. On relèvera que bons et mauvais états de conservation se côtoient. Dans les lames minces, les ossements non calcinés sont majoritairement mal conservés, phénomène relevant sans doute de divers processus chimiques. Grâce à une analyse poussée des argiles, on peut établir qu'elles ont été extraites localement et à faible profondeur, dans la moraine surplombant la station.

Pour le bois de construction jusqu'à −3090, l'attribution dendrotypologique des séries de cernes atteste une exploitation systématique et intense des jeunes forêts de chênes d'origine anthropique, émondées périodiquement. Vers −3090, il semblerait que les chênaies locales aient été victimes de surexploitation, puisque toutes les constructions se rattachant à cette phase ont été édifiées avec de minces troncs d'aulne. Vers −3060, on a eu recours à des chênes plus anciens et aux dimensions plus conséquentes. Par la suite, l'occupation du site s'interrompt pour une centaine d'années. L'exploitation du bois à la fin du Horgen et au Cordé est marquée par des forêts plus ouvertes subissant moins de concurrence. L'exploitation des bois de construction n'est dès lors plus tributaire de l'émondage. Cette évolution relève sans doute d'une ouverture durable du paysage.

Traduction Catherine Leuzinger-Piccand

Zum Inhaltsverzeichnis

Riassunto

Dall'aprile del 2010 fino al gennaio del 2011 è stato documentato nell'ambito dello scavo Zürich-Parkhaus Opéra un sito archeologico in terreno umido. La necessità di questo scavo è emersa solo in occasione della costruzione del parcheggio sotterraneo dell'opera. Lo scavo di salvataggio è stato realizzato avendo poco tempo a disposizione e in condizioni difficili dal punto di vista tecnico, perché il parcheggio era già in costruzione e i lavori di scavo sono dovuti avvenire sotto terra. Su una superficie di circa 3000 m² sono stati documentati strati d'insediamento che hanno portato alla luce sei fasi d'insediamento appartenenti alla cultura di Horgen, due fasi d'insediamento della cultura della Ceramica Cordata e un campo di pali esteso.

Su pochi metri quadri, nella zona dell'accesso all'autosilo lo strato 12, situato più in basso presenta una conservazione organica e ha fornito resti del Neolitico recente (12 S). Nella zona del parcheggio invece lo strato 12 non conteneva una conservazione organica ed è stato attribuito alla prima fase d'insediamento datata dendrocronologicamente tra il 3234 e il 3226 a.C. (12 PH). In una fila parallela alla riva c'erano 13 abitazioni con i frontoni rivolti verso il lago. I referti di argilla non molto estesi senza ossatura in legno sono situati di regola al centro delle piantine di edificio datate dendrocronologicamente. Dal lato del lago l'insediamento era protetto da una palizzata eretta con pali di ontano spaccati. Dal lato della terra ferma gli edifici erano accessibili tramite una via situata lungo la riva. A sudest dell'area di scavo sono stati documentati i confini dell'insediamento. A nordovest il tracciato della palizzata di ontano indica che anche qui i confini dell'insediamento non sono molto lontani.

La seconda fase d'insediamento è stata datata dendrocronologicamente attorno al 3204 a.C. ed è stata documentata solamente nell'angolo ad ovest dell'area di scavo. Strutture costruttive sono difficilmente identificabili. Ad eccezione di pochi referti di argilla, che dopo la fine degli scavi sono potuti essere documentati nel profilo parallelamente ai lavori di costruzione, in questo punto non sono conservati referti all'interno degli strati.

La terza fase d'insediamento è stata datata dendrocronologicamente tra il 3176 e il 3153 a.C. e appartiene allo strato 13, che dal punto di vista dei resti organici si è conservato su tutta l'area di scavo. In esso sono stati documentati perlopiù 60 referti di argilla a più fasi che rappresentano i resti eliminati di focolari rinnovati più volte. Essi mostrano un'alta concordanza con le piantine delle abitazioni determinate dendrocronologicamente e anche in questo caso essi sono situati al centro di queste ultime. Si suppone che i resti venissero eliminati tramite un'apertura nel pavimento come nel caso degli abitati in terreni paludosi neolitici. Inoltre è stato identificato un gruppo di referti di strato a forma di collina, ricco di reperti, che indicano con ogni probabilità l'esistenza di un cumulo di rifiuti. Anche questi si trovano perlopiù vicino alla parte centrale delle abitazioni e sono spesso concatenati ai referti di argilla. Uno strato d'incendio è documentato solamente in singoli punti. A quanto pare il fuoco ha interessato solamente un singolo edificio.

Lo spessore e le caratteristiche dello strato all'interno dell'area sono molto differenti. A ovest e a nordovest lo strato è meno spesso. Al centro si trova un orizzonte con un elevato contenuto di sedimenti calcarei. L'analisi delle basi degli strati d'insediamento suggerisce che l'insediamento era calpestato solamente su una striscia ben definita situata dal lato della terra ferma. Non sono stati riscontrati referti di legno o corteccia in situ. Sono notevoli una porta interamente conservata in legno di pioppo e una costruzione simile a una porta fatta di tronchi di tiglio spaccati a metà. Mentre mancano indizi che indichino la presenza di costruzioni di pareti, una serie di tavole di pino con evidenti tracce di carbonizzazione indicano che i tetti erano coperti con scandole.

La struttura d'insediamento della terza fase, come quella della fase 1, è composta di edifici orientati con i frontoni verso il lago costruiti in modo parallelo e vicini uno all'altro. Le piantine sono a due navate e le grandezze degli immobili oscillano fra i 6,5 e i 18,5 m di lunghezza. A differenza della prima fase d'insediamento, nella terza fase sono state scoperte almeno tre linee d'immobili. Il confine dell'insediamento del lato rivolto verso la terra ferma è stato rilevato a sudest. A nordovest l'insediamento continuava nella zona dell'odierno Sechseläutenplatz. Dal lato del lago il confine della zona costruttiva non è stato scavato, ma per motivi topografici è improbabile una quarta linea di abitazioni. Probabilmente anche questo insediamento era accessibile dal lato della terra ferma tramite una via composta di pioppi. Da notare è che circa nella metà dell'area di scavo l'insediamento era diviso da una fitta staccionata composta di pioppi sottili.

La quarta fase d'insediamento, datata dendrocronologicamente attorno al 3090 a.C., è documentata solo da pochissimi pali ed è probabilmente da collegare con lo strato 14, conservato organicamente in alcune zone. I referti di argilla indicano sia una struttura di costruzione sia condizioni di formazione dello strato simili a quelle della fase 3. Le abitazioni sono state costruite essenzialmente con tronchi di ontano con pochi anelli annuali.

La quinta fase d'insediamento, che è da collegare probabilmente con lo strato 15, è datata al 3063 a. C. Lo strato 15 si è essenzialmente conservato nella parte ovest dell'area di scavo. Nessuna struttura costruttiva ha potuto essere definita dendrocronologicamente. L'ordine delle argille suggerisce anche in questo caso un'edificazione a file, anche se le file in questo caso sembrano scorrere da ovest a est e non più parallelamente alla riva. Lo strato 15 non presenta quasi alcuna conservazione organica. Un referto spettacolare è rappresentato da una lastra da forno. Essa sembra precipitata con tutta la struttura portante da una certa altezza nei sedimenti calcarei morbidi passando a traverso più strati.

La sesta fase d'insediamento è l'insediamento più recente della cultura di Horgen sul luogo. Per questa fase sono state provate date di abbattimento tra il 2885 ed il 2877 a.C. Con ciò essa è contemporanea alla seconda fase d'insediamento della cultura di Horgen dello scavo Zürich-Mozartstrasse. Le piantine di edifici e la struttura di costruzione sono relativamente poco chiare, nonostante il numero elevato di pali datati. L'organizzazione dello spazio appare fondamentalmente cambiata. A differenza delle fasi più anziane, la fase d'insediamento 6 mostra una palizzata dal lato della terra ferma. Pali di frassino situati all'esterno della palizzata indicano l'esistenza di costruzioni di vie parallele alla riva. I pochi referti di argilla provenienti dallo strato 16 sono collegati solo in parte alle piantine poco chiare delle abitazioni. Anche questi referti di argilla contengono indizi per il fatto che siano finiti in quel punto in modo secondario.

Con l'inizio della cultura della Ceramica Cordata, per la quale sono definite date di abbattimento fra il 2754 e il 2749 a.C., è da notare un altro cambiamento nella struttura di costruzione. Ora le piantine degli edifici sono a tre o due navate, e accanto a piante rettangolari allungate ve n'è anche una quadrata. Nell'ottava fase d'insediamento con date di abbattimento fra il 2735 e il 2727 a.C., la situazione è meno chiara,

anche se sono accennate anche qui piantine a tre navate. Non è definibile se la fase 7 o la fase 8 o entrambe le fasi appartengano allo strato 17. Lo strato 17 si è conservato su una superficie di pochi metri quadri. Notevoli sono pavimentazioni di pietra estese, appartenenti allo strato 17 e sotto cui in alcuni punti è stata trovata una conservazione organica. Nella fase d'insediamento 8 è notevole una palizzata di pali di quercia spaccati, conservata solamente in piccole parti. Essa divide due edifici a ovest dalla zona di costruzione a est.

Vi è una serie di osservazioni centrali per l'interpretazione dei referti: i referti di argilla provenienti dagli strati 12 a 16 non sono di certo in situ. Tuttavia sono a più fasi e si trovano spesso nei pressi di centri di abitazioni. Una lastra da cucina situata nello strato 15 e apparentemente caduta e per un piccolo referto di argilla nello strato 13 c'è da supporre lo stesso avvenimento. Anche i cumuli di rifiuti si trovano all'interno dei perimetri delle abitazioni. In nessuno strato sono state trovate tracce in situ di strutture costruttive di legno. In oltre è da notare che su una gran parte dell'area la stratificazione a bande dei sedimenti calcarei è intatta per quanto riguarda il sottosuolo dell'insediamento, il che lascia escludere uno stravolgimento dovuto al calpestio o ad animali scavatori. La ricostruzione geotecnica del rilievo riguardante il periodo d'insediamento conferma che c'è una differenza di altezza di diversi metri nei 50 m compresi tra il limite situato sulla terra ferma e l'ultimo referto in direzione del lago e inoltre che il sottosuolo delle abitazioni in direzione del lago si trovava al di sotto della soglia di scolo del Lago di Zurigo. L'ipotesi di una costruzione al livello del suolo non è avvalorata. Essa presupporrebbe dei livelli del lago, che avrebbero lasciato tracce in altri insediamenti sulle rive del Lago di Zurigo, che però non ci sono. Inoltre è stato trovato un palo caduto che misurava in totale 8 m dal suolo fino al punto di carico strutturale. Tutte queste osservazioni conducono all'opinione che la totalità delle fasi d'insediamento fosse caratterizzata da costruzioni sopraelevate e che l'area d'insediamento fosse inondata almeno stagionalmente.

L'analisi micromorfologica di un alto numero di colonne di profilo ha evidenziato tutta una serie di facies di sedimento ripetute. Finora l'ambito in cui esse si sono formate non è sempre chiaro. La loro mappatura e l'analisi interdisciplinare forniranno ulteriori chiarimenti. Da notare è la grande vicinanza tra buona e scarsa conservazione. Nella sezione sottile domina la cattiva conservazione nel caso di ossa non bruciate. Una causa per ciò possono essere processi chimici diversi. Un'analisi dettagliata delle argille ha rivelato la provenienza da riserve locali e poco profonde dalla morena sopra il luogo del ritrovamento.

La suddivisione dendrotipologica delle serie di anelli annuali conferma per il legno da costruzione nello spazio di tempo fino al 3090 a.C. l'utilizzo sistematico e intenso di giovani querce, che venivano scalvate a intervalli regolari. Attorno al 3090 a.C. le querce locali sembrano essere state sfruttate eccessivamente, perché tutte le costruzioni trovate appartenenti a questa fase costruttiva sono state erette con tronchi di ontano. Attorno al 3060 a.C. sono state utilizzate querce più anziane e più grandi. In seguito l'insediamento subisce un abbandono della durata di circa 100 anni. L'utilizzo del legno nella cultura del tardo Horgen e della Ceramica Cordata è caratterizzato da legni che crescono più lontani fra loro che hanno poca pressione competitiva. L'utilizzo del legno ora è indipendente dalla scalvatura. Questo cambiamento è legato probabilmente all'apertura duratura del paesaggio.

Traduzione Piero Carlucci

Summary

The excavation at Zürich-Parkhaus Opéra ran from April 2010 to January 2011 and uncovered a Neolithic wetland site. The fact that an excavation was necessary had only become apparent during the construction of the opera house's underground car park. The rescue excavation took place under immense time constraints and technically challenging conditions because construction work for the car park had already begun, which meant that the archaeologists had to excavate below ground. Archaeological deposits were documented across an area of approximately 3000 m^2. The work unearthed the remains of six settlement phases from the Horgen Culture, two phases from the Corded Ware Culture and an extensive pile-field.

Organic remains from the Late Neolithic had survived in the bottommost layer 12 over an area of just a few square metres at the entrance to the car park (12 S). In the other areas of the car park itself, layer 12 did not yield any organic remains but was associated with the first settlement phase dendrochronologically dated to the period between 3234 and 3226 BC (12 PH). 13 buildings stood in a row with their gables facing the shoreline of Lake Zurich. As a rule, the small clay features without any underlying timber constructions were located in the centre of the floor plans which were identified by dendrochronological means. The settlement was protected on its lakeward side by a palisade made of split alder trees. The buildings could be accessed on the opposite or landward side by a path that ran along the shoreline. The excavation reached the actual boundary of the settlement in the south-east. Judging by the course of the alder palisade the north-western boundary of the settlement was not far from the edge of the excavation either.

The second settlement phase was dendrochronologically dated to around 3204 BC and was only encountered in the western corner of the excavated area. Construction features were difficult to identify. Apart from a small number of clay features that were recorded in the sections during the construction of the car park after the excavation had concluded, no archaeological deposits of this phase had survived.

The third phase of settlement was dendrochronologically dated to between 3176 and 3153 BC and was associated with layer 13, which showed organic preservation throughout the entire excavated area. 60 clay features were recorded, most of which had several phases. These were the discarded remains of hearths that had been renewed several times. They were very often located near the centre of the buildings that had been identified by dendrochronological means. One can assume that the remnants were discarded through an opening in the floor, as is often seen at Neolithic bog settlements. Another group of features were mounds of deposits rich in finds, which can probably be interpreted as middens. These were also mostly located near the centre of each building and were often interlocked with the clay features. A burnt layer was identified in a very small area, which means that the fire had affected just one particular building.

Both the thickness and characteristics of the layer throughout the excavated area varied greatly. In the west and north-west it was thinner than in other areas, whilst it contained an horizon with a higher lake marl content in the centre. The analysis of the base of the archaeological deposit revealed that the actual subsoil of the settlement had only been walked on in a clearly defined strip on its landward side. No in-situ wood or bark features were found. Remarkable finds were a completely preserved door made of poplar wood and a con-

Zum Inhaltsverzeichnis

struction of lime tree trunks cut in half that was reminiscent of a door. Whilst there was no evidence that would have pointed to the construction of the walls, a series of fir wood planks with distinct charring suggests that the roofs were covered with shingles.

As in phase 1, the layout of the settlement in the third phase was also characterised by buildings that stood closely together with their gables facing the lake. Based on the positions of the posts, the constructions were double-aisled and the sizes of the buildings ranged from approximately 6.5 to 18.5 m in length. In contrast to the first settlement phase, the third had at least three rows of houses. The excavation uncovered the edge of the settlement on its landward side in the south-east. On its north-western side the settlement would have continued on into what is today Sechseläuten square. Although the edge of the settlement was not found on the lakeward side the topography makes it highly unlikely that there was a fourth row of houses. This settlement was probably also accessed from its landward side by means of a poplar trackway. Interestingly, the settlement was divided approximately in the centre of the excavated area by a fence made of thin poplar logs placed very closely together.

The fourth settlement phase, dendrochronologically dated to around 3090 BC, was only attested to by a very small number of piles that can probably be associated with layer 14, which had organic preservation in some areas. The clay features indicate a similar layout of the settlement and a similar genesis of the layer as was observed in phase 3. The buildings mainly consisted of alder logs with low tree-ring counts.

The fifth phase of settlement, which can probably be associated with layer 15, dates from around 3063 BC. Layer 15 was mainly preserved in western parts of the excavated area. No constructions were identified by dendrochronological means. The distribution pattern of the clay features suggests that this settlement also consisted of rows of houses but these now seem to have run from west to east and no longer parallel to the lakeshore. Layer 15 yielded almost no organic remains. One rather spectacular feature was a collapsed hearth slab which had obviously crashed with its entire substructure from a considerable height down onto the soft lake marl and penetrated through several layers.

The sixth settlement phase was the most recent Horgen Culture phase on site. The dendrochronological analysis yielded felling dates of 2885 to 2877 BC. This means that this phase was contemporary with the second Horgen Culture settlement phase uncovered in the excavation Zürich-Mozartstrasse. The floor plans of the houses and the settlement layout remained relatively unclear despite the fact that many piles could be dated. The spatial structure appears to have changed fundamentally. In contrast to earlier phases, settlement phase 6 had a palisade on its landward side. Ash posts found outside of the palisade suggest that there was a path that ran parallel to the lakeshore. The few clay features found in layer 16 can only tentatively be associated with the rather indistinct floor plans. These clay features also yielded evidence to suggest a secondary position.

The beginning of the Corded Ware period brought about further change in the architectural structure for the seventh phase of settlement with felling dates between 2754 and 2749 BC. The floor plans now had two or three aisles and, besides elongated narrow rectangular buildings, there was also a square ground-plan. The layout of settlement phase 8 with felling dates between 2735 and 2727 BC was less clear but there is also evidence pointing to three-aisled floor plans. It could not be ascertained whether phase 7 or 8 – or both – were associated with layer 17, which had only survived in an area of a few square metres. Stone-paved areas associated with layer 17, some of which overlay deposits with organic preservation, were among the more striking features. Another remarkable feature of settlement phase 8 was a palisade of split oak logs, only small parts of which had survived. It separated two buildings in the west from the other houses in the east.

A series of observations were made that are of crucial importance for the interpretation of the features: The clay features in layers 12 to 16 were definitely not found in situ. Despite this fact they had several phases and were often located near the centre of the buildings. A slab of a hearth apparently collapsed in layer 15 and the same can be assumed for a smaller clay feature from layer 13. The waste dumps were also located within the ground-plans of the houses. None of the layers yielded any in-situ wooden construction features. Moreover, one of the remarkable findings was that the banding of the lake marl beneath the settlement structures was intact in large parts of the excavated area, thereby excluding the possibility of a mixing due to human trampling or burrowing animals. A geotechnical reconstruction of the relief of the settled area showed that there was an elevation difference of several metres between the feature closest to the lake and the landward edge 50 m away and that the subsoil beneath the lakeward buildings had lain below the absolute level of outflow of Lake Zurich. Therefore, the notion that the houses were built directly on the ground must be rejected, since it would require lake levels to have been such that they would have left traces at other settlements on the shores of Lake Zurich. However, no such traces have ever been found. Moreover, one toppled pile was found that had carried a load at a height of some 8 m above ground. Based on these observations it is our view that all settlement phases were characterised by raised constructions and that the settlement ground was at least seasonally flooded.

A micromorphological study was carried out on a large number of soil columns, which identified a series of recurring sedimentary facies whose genesis is not always known. Their mapping and interdisciplinary analysis should provide further information. A striking fact was that areas of good and poor preservation lay side by side. Thin sections of unburnt bones mainly exhibited signs of poor preservation. This could have been due to various chemical processes. A detailed analysis of the clay proved their provenance from local and not very deep deposits in the moraine above the site.

The dendrotypological study of the tree ring samples showed that anthropogenic young oak populations were systematically and intensively exploited up to 3090 BC and that these were lopped for fodder at regular intervals. By 3090 BC the local oak populations appear to have become overexploited because all the buildings in this phase consisted of thin alder logs. Around 3060 BC older and larger oak trees were used. This was followed by a settlement hiatus of some 100 years. The timber used in the Late Horgen and Corded Ware periods came from more open populations with low competitive pressure. The construction timbers used at that time did not necessarily show evidence of lopping. This change can probably be associated with the permanent opening up of the landscape.

Translation Sandy Hämmerle

Zum Inhaltsverzeichnis

XIII ANHANG

1 ANMERKUNGEN

1 Gross/Diggelmann 1987a.
2 Hier und im Folgenden werden aus Gründen des Leseflusses bei Gruppenbezeichnungen nur die männlichen Bezeichnungen verwendet, obwohl viele Frauen am Projekt beteiligt waren.
3 Im wissenschaftlichen Beirat der Grabung sassen Philippe Della Casa (Universität Zürich), Eda Gross (freischaffend), Ueli Eberli (Museum Zug), Guido Lassau (Kantonsarchäologie Basel-Stadt), Dölf Wild (AfS Stadt Zürich), Andreas Mäder (AfS Stadt Zürich) und Gishan Schären (Kantonsarchäologie Zug).
4 Orcel 1978.
5 Langenegger in Vorb.
6 Dieckmann et al. 2006, z.B. Beilagen 3, 4, 8.
7 Ebersbach et al. 2015.
8 Die Publikation in einem offenen archäologischen Repository ist geplant. Bis zu dessen Freischaltung können die Daten bei der Kantonsarchäologie Zürich angefordert werden.
9 Bleicher 2013.
10 Daten aus dem Baugrundarchiv der Dr. von Moos AG, Zürich (unpubl.); Bolliger 1999, und aus: Erläuterungen zum Geologischen Atlas, Blatt Zürich.
11 Schindler 1968; Schindler 1976.
12 Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25000, Nr. 90, 1091 Zürich, 1992.
13 Schindler 1971.
14 Baugrundarchiv der Dr. von Moos AG.
15 Ebd.
16 Bolliger 1999.
17 Schindler 1971; Baugrundarchiv der Dr. von Moos AG.
18 Schindler 1971.
19 Baugrundarchiv der Dr. von Moos AG.
20 Schindler 1971; Baugrundarchiv der Dr. von Moos AG.
21 Bolliger 1999.
22 Bleicher/Schubert 2015.
23 Lang 2007.
24 Vogt 1955, 118f.
25 Z.B. Gross et al. 1987, 18; Suter 1987, 17.
26 Annen 2003.
27 Lanz 2010.
28 Schindler 1981, 76.
29 Ebd., 80.
30 Brönnimann 2011, 84.
31 Ruoff 1981, 65.
32 Grunder 2005, 108–110.
33 Specker 2002.
34 Die Vorlage der neuzeitlichen Befunde der Grabung Parkhaus Opéra ist noch in Planung.
35 Lang 2007.
36 Baugrundarchiv Stadt Zürich und Baugrundarchiv der Dr. von Moos AG.
37 SN 670010b.
38 Schindler 1971.
39 Duncan 2000.
40 Gyger 1976, 392.
41 Zusammengestellt bei Winiger 1976, 122f.; siehe auch Pia 1933, 141; Rösch 1997, 560.
42 Brochier 1983.
43 Winiger 1976, 123.
44 Rösch 1997.
45 Pia 1933, 141; Rösch 1997, 556.
46 Winiger 1976, 124.
47 Whitehouse 2000, 63f. und Abb. 15.
48 Ebd.
49 Open University 1999.
50 Die Rolle von Palisaden in diesem Prozess ist nie genauer betrachtet worden.
51 Davidson-Arnott 2010, 88–92.
52 Rösch 1997, 554.
53 Ebd., 556.
54 Ebd., Abb. 6.
55 Freytet/Verrecchia 2002, 223.
56 Platt/Wright 1991, 59.
57 Weber 2013, 56.
58 Lang 2007, 57f.
59 Whitehouse 2000, 63f.
60 Weber et al. 2013, 100f.
61 Freytet/Verrecchia 2002, 223.
62 Killops/Killops 1993, 65f.
63 Selley 2000, 92f.
64 Magny 2004; Schindler 1981; Wild 2008.
65 Nipkow 1920.
66 Schindler 1974; Schindler 1976.
67 Hsü/Kelts 1970; Kelts et al. 1978; Giovanoli 1979.
68 Hsü/Kelts 1984.
69 Lister 1988; Pika 1983.
70 Zhao et al. 1984.
71 Sidler 1988.
72 Schindler 1974; Magny 2004; Wild 2008.
73 Strasser/Anselmetti 2008; Strasser et al. 2008; Strasser et al. 2013.
74 Hsü/Kelts 1980; Siegenthaler et al. 1984.
75 Wir danken Andreas Raffinier, der die Bohrung mit dem Eawag-Bohrgerät durchführte. Alois Zwyssig und Irene Brunner halfen bei der Bohrkampagne.
76 Die Publikation in einem offene archäologischen Repository ist geplant. Bis dahin können die Daten bei der Kantonsarchäologie Zürich angefordert werden.
77 Wulf et al. 2013.
78 Van Raden 2012.
79 Strasser et al. 2008.
80 Ebersbach et al. 2015.
81 Leuzinger 2000, 116.
82 Bleuer et al. 1993, Taf. 151.
83 Leuzinger 2000, 116.
84 Ebd.
85 Ebersbach et al. 2015, 39f. und Abb. 227.
86 Ebd.
87 Harb 2016 (in Vorb.).
88 Eine entsprechende Publikation ist in Vorbereitung.
89 Vogt 1955, 105.
90 Grosse-Brauckmann 1976, 103; Keddy 2010, 18f.
91 Vogt 1955, 105.
92 Freundl. mündl. Mitteilung S. Jacomet, L. Wick, M. Rösch.
93 Die Erfassung erfolgte nach dem System, das in Ebersbach et al. 2015, Kap. IV.2 vorgestellt wurde.
94 Die Publikation in einem offenen archäologischen Repository ist geplant. Bis zu dessen Freischaltung können die Daten bei der Kantonsarchäologie Zürich angefordert werden.
95 Zu den Grundformen siehe Ebersbach et al. 2015, Kap. IV.2.
96 Für diesen Hinweis danken wir Manuela Weber.
97 Mainberger/Billamboz 1998, 40.
98 Suter 1987, 69f.
99 Zürn 1965.
100 Freundl. mündl. Mitteilung B. Keller.
101 Winiger 1976; Leuzinger 2000, 39, Abb. 35.
102 Stöckli 1979.
103 Winiger 1976, 28.
104 Stöckli 1979, 52.
105 Leuzinger 2000, 115.
106 Dieckmann et al. 2006.
107 Schöbel 2010, 92.
108 Köninger 2013, 111.
109 Dieckmann et al. 2006, 71, Abb. 22, und Köninger 2013, 106.
110 Winiger 1976, 35, Abb. 23a.
111 Ebd., 71.
112 Die Bergung wurde seitens RGZM von Markus Wittköpper und Waldemar Muskalla durchgeführt, denen aus dem Ausgrabungs-

team Peter Schwörer zur Seite stand. Die Konservierung besorgte Markus Wittköpper in Mainz. Wir danken dem RGZM und dem Leiter der Konservierungslabors, Markus Egg, für die ausserordentliche Grosszügigkeit, die Bergung und Konservierung der Tür zu übernehmen.

113 Bleicher et al. 2011, 21.
114 Eberli 2010, 66f.
115 Altorfer 1999, 219f.
116 Für diesen Hinweis danken wir Stefan Schreyer von der Kantonsarchäologie Zürich.
117 Gross-Klee/Eberli 1997, Abb. 1.
118 Schlichtherle 2004, 28 und Abb. 23.
119 Gross/Diggelmann 1987A, 75; Köninger 2006, 69.
120 Eberschweiler et al. 2007, 141.
121 Ebersbach et al. 2015.
122 Ebd.
123 Zur Terminologie vgl. Bleicher 2013.
124 Schlichtherle 2004, 28 und Abb. 23.
125 Mainberger/Billamboz 1998, 53.
126 Guyan 1968.
127 Madigan et al. 1997, 516f.
128 Pétrequin/Pétrequin 1984, 114, Foto 80.
129 Hochuli et al. 1998, 138.
130 Leuzinger 2000, 168.
131 Freundl. mündl. Mitteilung Ferran Antolin; LeBailly et al. (in Vorb.).
132 Ostendorp 1992, 17.
133 Schindler 1981, 76.
134 Suter 1987, 20f.
135 Ebersbach et al. 2015, 41.
136 Gross et al. 1987, 17.
137 Schindler 1981, 79.
138 Schöbel 2010, 98.
139 Hofmann et al. 2008.
140 Dieckmann et al. 2006, 189f. und Abb. 136.
141 Hofmann et al. 2011, Formel 1.
142 Bleicher 2013.
143 Die Lehmstellen 1352–1355 und 1360 liegen im nicht regulär ausgegrabenen Bereich, die Lehmstellen 1317, 1320, 1325, 1326 und 1350 liegen in einem Areal, in dem keine dendrochronologische Rekonstruktion von Gebäudegrundrissen gelungen ist.
144 Ebersbach et al. 2015, 70f.
145 Lehmstellen 1302, 1305, 1306, 1326, 1332, 1348, 1349, 1350.
146 Vgl. Tabelle 1 im Anhang.
147 In einem kleinskaligen Experiment im Labor sanken Holzkohlestücke innerhalb von zwei Tagen ab.
148 Schöbel 2010.
149 Eine Publikation der Experimentergebnisse ist in Vorbereitung.
150 Whitehouse 2000, 48–50.
151 Brochier 1983.
152 Ebersbach et al. 2015, 41.
153 Madigan et al. 1997, 517.
154 Maerki et al. 2009.
155 Bleicher/Schubert 2015.
156 Killops/Killops 1993, 77f., 82f.
157 Bleicher/Schubert 2015.
158 Keller 1853–1856, 67.
159 Vogt 1955, 97, 100.
160 Ebd., 124. Leider führt er keine Belege für weitere Nennungen an.
161 Ebd., 104.
162 Bleicher 2013, 30.
163 Winiger 1976, 76f.; Furger 1980; John Francuz in Furger 1980, 197f.
164 Billamboz 2004, 105.
165 Bleicher 2015, Kap V.3.3.7, Ebersbach et al. 2015, Kap VI.2.
166 Suter 1987, 74f.
167 Billamboz 2009, 403; Bleicher 2009A, 16.
168 Billamboz 2006, 302.
169 Die Gliederung entspricht weitgehend der im Pfahlbauprojekt Bodensee-Oberschwaben gebräuchlichen Einteilung in Holzindustrie und Grosshölzer (Billamboz 2009, 406). Anders als dort wurden bei Parkhaus Opéra die Kleinhölzer nicht systematisch verprobt.
170 Pillonel 2007.
171 Arnold/Langenegger 2012.
172 Schweingruber 1990.
173 Zum Einsatz kam auf Mikroskop und Binokular eine Moticam 2000 mit 2.0 Megapixel. Als Mikroskop diente ein SM-LUX HL von Leitz mit planachromatischen Objektiven mit Vergrösserungsfaktoren von 3,2 ×, 5 ×, 10 ×, 20 ×, 50 × und Okulare mit einem Vergrösserungsfaktor von 10.
174 Billamboz 2009, 418f.
175 Schweingruber 1983, 86.
176 Ebd., 87.
177 Baillie/Pilcher 1973.
178 Hollstein 1980, 14.
179 Schweingruber 1983, 86.
180 Briffa/Jones 1990, 146f.
181 Cook/Peters 1981.
182 Bleicher 2014.
183 Gross et al. 1987, 18, Abb. 12.
184 Bleicher 2015, 143.
185 Arnold 1984, fig. 5 und 7.
186 Arnold/Langenegger 2012, 48.
187 Bleicher 2015, 125.
188 Billamboz 2006, 314.
189 Eberschweiler et al. 2007, 111f.
190 Vgl. Bleicher 2013.
191 StandDyna verwendet die Methode, die in Bleicher 2009A, 48f. dargestellt ist, erweitert um eine dreijährige Ereignissperre nach jedem detektierten nachhaltigen Ereignis.
192 Arnold/Langenegger 2012, 141f.
193 Bleicher 2015, 137.
194 Weber 2016 (in Vorb.).
195 Billamboz 2006, 312; Bleicher 2009B, 243.
196 Arnold/Langenegger 2012, 82.
197 Bleicher 2009B, 243f.; Ebersbach 2010A, 142f.
198 Vgl. Bleicher 2015, 144.
199 Pétrequin 1997, 310.
200 Hafner/Suter 2004, 22.
201 Schlichtherle 2004, 22.
202 Bleicher 2015, Kap. V.3.3.7.
203 Arnold/Langenegger 2012, 68f.
204 Bleicher 2015, 144.
205 Schlichtherle et al. 2010, 160.
206 Bleicher 2015, 163.
207 Bleicher 2014.
208 Ebd.; das «Loss of crown-type pattern» bezeichnet eine charakteristische Abfolge von Jahrringbreiten nach substanziellem Kronenverlust.
209 Ebd., Abb. 2.
210 Beispiele bei Guibal/Bernard 2002, 470.
211 Rackham 1995, Abb. 2.
212 Billamboz 2014, Abb. 2.
213 Archiv UWAD, Bericht 235.05 und 235.08.
214 Als Werkzeug in ArcMap 10 mit der Erweiterung Spatial Analyst verfügbar.
215 Die hohe Konzentration von Eschenrundlingen am Nordwestende von Flucht C ist durch die dortige Überlagerung mit der bereits auf Abb. 4 dargestellten Palisade erklärbar. Ohne absolute Daten ist es unmöglich, die Eschenrundlinge in diesem Bereich der einen oder anderen Struktur zuzuweisen.
216 Ellenberg 1996.
217 Antolín et al. im Druck.
218 Gross-Klee/Eberli 1997, 22–23, Abb. 1.
219 Bleicher 2009A, 105.
220 Billamboz 2004, 106.
221 Huber/Ismail-Meyer 2007; Huber/Ismail-Meyer 2012; Ismail-Meyer 2010; Ismail-Meyer 2014; Ismail-Meyer/Rentzel 2004; Ismail-Meyer/Rentzel 2007; Ismail-Meyer et al. 2013; Michel et al. 2012; Wiemann et al. 2012.
222 Courty et al. 1989, 104; Macphail et al. 1990, 168.
223 Bleicher/Riethmann 2011, 9.

[224] Wiemann/Rentzel 2015.
[225] Bleicher 2013.
[226] Die Grösse der verschiedenen Profilkisten liegt bei 25 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm und 80 cm.
[227] Bullock et al. 1985; Courty et al. 1989; Fitzpatrick 1993; Stoops 2003; Goldberg/Macphail 2006.
[228] Nach Bullock et al. 1985.
[229] Nach Bullock et al. 1985.
[230] Altemüller/Van Vliet-Lanoë 1990, 567, 569.
[231] Wiemann 2014.
[232] Ebd., 188–208.
[233] Nach der Definition von Freytet/Verrecchia 2002, 223 schwankt der Karbonatgehalt einer Seekreide zwischen 20 und 80%. Gyger et al. 1976, 394 schlagen einen Mindestgehalt von 75% CaCo3 vor. Es handelt sich bei diesen Angaben um Gewichtsprozente. Bei der Mikromorphologie hingegen sind es Flächenprozente, die optisch mithilfe von Schätztabellen ermittelt worden sind (Bullock et al. 1985, 24).
[234] Kalzitkristalle mit einer durchschnittlichen Grösse von 4–63 Mikron (Folk 1962).
[235] Ismail-Meyer et al. 2013, 321 mit weiterführender Literatur.
[236] «Laminated micrite» nach Freytet/Verrecchia 2002, 224.
[237] Wallace 1999, 40.
[238] Ebd.
[239] Die gerundeten, zwischen 100–500 Mikron grossen Aggregate in granularer Seekreide bestehen aus einer Ansammlung von Kalkschlamm und besitzen einen ähnlichen Habitus wie die marin gebildeten «aggregate grains (grapestones, lumps)» tropischer Flachwassermilieus (Flügel 2004, 165).
[240] Ismail-Meyer/Rentzel 2004, 68.
[241] Vgl. Flügel/Munnecke 2010, 38.
[242] Bei Dopplerit handelt es sich um ein organisches Residuat, das durch Degradation im sauren Milieu (meistens in Torfmooren) zu einer amorphen Masse umgewandelt wurde. Siehe dazu Kaufmann 1865, 295–296; Becze-Deák/Langohr 1999, 119 und Stolt/Lindbo 2010, 385.
[243] Siehe dazu Batten 1983, 276.
[244] Siehe dazu auch Pacton et al. 2011, 253 und Boussafir et al. 2012, 92–93.
[245] Retallack 1984, 72.
[246] Pacton et al. 2011, 265.
[247] Braadbaart et al. 2012.
[248] Hochuli et al. 1998; Leuzinger 2000.
[249] Pavoni et al. 1992.
[250] Goldberg/Macphail 2006, 357.
[251] Sklerotium: verhärtete Myzelmasse bei Pilzen, tritt in der Nähe des Oberbodens auf. Babel 1975, 402; Stoops 2003, Fig. 60.71.
[252] Pavoni et al. 1992.
[253] Der sog. «fining-upward cycle».
[254] Stobbe et al. 2014, 89.
[255] Babel 1975, 423; Kooistra/Pulleman 2010, 406.
[256] Mikromorphologische Untersuchungen aus diversen Latrinen in der Schweiz und Grubenverfüllungen aus Basel-Gasfabrik haben eine vertikale Verlagerung der Parasiteneier durch perkolierendes oder fliessendes Porenwasser bestätigt (siehe dazu Pichler et al. 2014, 60, 62 und Pümpin 2013, 180–181). Zudem wird diese Beobachtung durch paläoparasitologische Analysen unterstützt (Bouchet et al. 2003, 49).
[257] Ismail-Meyer et al. 2013, 325.
[258] Eier des Peitschenwurms *(Trichuris sp.)* und evtl. des Haarwurms *(Capillaria sp.)*.
[259] Bestimmung P. Zibulski, 26.2.2014.
[260] Es handelt sich um eine silikatische Ausfällung in und zwischen den Zellen von Blättern oder Pflanzenstängeln. Siehe dazu Mulholland/Rapp 1992, 1.
[261] Möglicherweise stammt der Koprolith von einem Nager (Maus?).
[262] Von ca. 35% auf ca. 30%.
[263] Tonanlagerungen in der Art von «coatings». Siehe dazu Bullock et al. 1985, 101.
[264] Indiz für Temperaturen von über 800°C. Siehe dazu Courty et al. 1989, 109.
[265] U.a. rhomboedrisch, kettenförmig, radial, blumen- oder sternförmig.
[266] U.a. kommen rhomboedrische, kettenförmige, radiale, blumen- oder sternförmige Kristalle vor.
[267] Zur Deutung und Entstehung von netzstreifigem und parallelstreifigem Gefüge siehe Bullock et al. 1985, 112 sowie Kovda/Mermut 2010, 114.
[268] Vgl. Wiemann 2014, 96–97.
[269] In diesem Bereich war womöglich ehemals DOM-Material vorhanden, jedoch durch die Durchmischung des Sediments nicht mehr als solches erkennbar. Hinweise, dass DOM auch in diesem Bereich der Siedlung an der Basis der Kulturschicht abgelagert wurde, sind in der angrenzenden Bodenprobe ZHOP-12696.MM2 deutlich zu sehen.
[270] Poren zwischen Einzelkorngefügen und kleineren Aggregaten. Siehe dazu Bullock et al. 1985, 43.
[271] Ebd.
[272] Kaufmann 1865, 295–296; Becze-Deák/Langohr 1999, 119 und Stolt/Lindbo 2010, 385.
[273] Drei zweifelhafte Fälle oder gestörte Bereiche wurden nicht berücksichtigt. Dabei handelt es sich um die Proben 247, 3465 und 3631.
[274] Morad et al. 2010, 143.
[275] Canti 1998, 275; Canti 2003, 136.
[276] Charbonneau et al. 1997, 1824.
[277] Wiemann 2014, 206, 230.
[278] Freundl. mündl. Mitteilung K. Ismail-Meyer.
[279] Bresinsky et al. 2008, 210.
[280] Flügel 2004, 646.
[281] Bresinsky et al. 2008, 246; Borkenstein 2006, 9.
[282] Füchtbauer/Müller 1977, 222.
[283] Ritsema/Groenenberg 1993, 968.
[284] Ebd; Huisman 2009, 189.
[285] Huisman et al. 2009, 189.
[286] Freundl. mündl. Mitteilung H. Huismann 27. und 29.4.2014.
[287] Siehe dazu Kraus 1986, 297.
[288] Sederias/Colman 2007, 231; Haas 1994, 227.
[289] Stobbe et al. 2014, 89; Soulié-Märsche 2002, 753.
[290] Babel 1997, Tab. 13; Stoops 2003, 89.
[291] Turner-Walker/Peacock 2008, 151.
[292] Turner-Walker 2007, 20.
[293] Vgl. Bonzon 2004.
[294] Vgl. Kloten-Hagenholz 2000.010 (unpubl. Vorbericht z. Hd. Kantonsarchäologie Zürich, Rentzel 2001, 4), Benken-ZH-Hämmenriet (Huber et al. 2011, 104) und Kleinandelfingen, Boden-Buck 2007.007 (unpubl. Vorbericht z. Hd. Kantonsarchäologie Zürich, Pümpin 2009, 3).
[295] Braillard et al. 2004, 351.
[296] Pétrequin/Pétrequin 1984, 119.
[297] Freundl. mündl. Mitteilung H. Schlichtherle.
[298] Die Publikation der Ergebnisse befindet sich in Vorbereitung.
[299] So in Arbon-Bleiche 3 (Leuzinger 2000, 118) und in Hornstaad-Hörnle IA (Dieckmann et al. 2006, 220).
[300] Schlichtherle 2006, 123f.
[301] Arora et al. 2010, 70; Nortmann 2000.
[302] Schlichtherle 1988, 95f.; Ebersbach 2010B.
[303] Schlichtherle 1988, 99.
[304] Ebersbach 2010B, 33f.
[305] Nortmann 2000.
[306] Ebd., 64.
[307] Bleicher 2009A, 158f.
[308] Köninger 1986, 43f.
[309] Schöbel 2010.
[310] Specker 2002, 4; Abb. 13.
[311] Schlichtherle et al. 2010, Abb. 2.
[312] Ein Beispiel für eine solche Konstruktion ist im Freilichtmuseum Seurasaari bei Helsinki zu besichtigen.

2 BIBLIOGRAPHIE

ALTEMÜLLER/VAN VLIET-LANOË 1990 – H.J. Altemüller, B. Van Vliet-Lanoë, Soil thin section fluorescence microscopy. In: L.A. Douglas (Hrsg.), Soil micromorphology, a basic and applied science. Developments in Soil Science 19 (San Antonio, TX 1990) 565–576.

ALTORFER 1999 – K. Altorfer, Neue Erkenntnisse zum neolithischen Türflügel von Wetzikon ZH-Robenhausen. ZAK 56, 4, 1999, 217–230.

ANNEN 2003 – G. Annen, Die Pfahlbauersiedlung Zug-Sumpf. Gefährdung der Fundstellen und Langzeitsetzungen. Unpubl. Diplomarbeit der Hochschule Rapperswil (Rapperswil 2003).

ANTOLIN ET AL. IM DRUCK – F. Antolin, N. Bleicher, C. Brombacher et al., Quantitative approximation to large-seeded wild fruit use in a late Neolithic lake dwelling. The case study of layer 13 of Parkhaus Opéra in Zürich (Central Switzerland). Quaternary International, im Druck.

ARNOLD 1984 – B. Arnold, A propos de Cortaillod-Est (Bronze final): le pilotis, une source d'information trop souvent méconnue. AS 7, 2, 1984, 54–62.

ARNOLD/LANGENEGGER 2012 – B. Arnold, F. Langenegger, Bevaix-Sud: plongée dans le passé, fouille subaquatique d'un village du Bronze final. Plateau de Bevaix 8. Archéologie neuchâteloise 50 (Neuchâtel 2012).

ARORA ET AL. 2010 – S.-K. Arora, E. Biermann, S. Matzerath et al., Mittel- bis endneolithische Besiedlung im Rheinland. In: T. Otten, H. Hellenkemper, J. Kunow et al. (Hrsg.), Fundgeschichten – Archäologie in Nordrhein-Westfalen. Ausstellung Köln, Römisch-Germanisches Museum der Stadt Köln, 19. März bis 14. November 2010; Ausstellung Herne, LWL-Museum für Archäologie – Westfälisches Landesmuseum, 16. April 2011 bis 20. November 2011. Schriften zur Bodendenkmalpflege in Nordrhein-Westfalen 9 (Köln/Mainz 2010) 67–73.

BABEL 1975 – U. Babel, Micromorphology of Soil Organic Matter. In: J.E. Gieseking (Hrsg.), Soil Components. 1 (Berlin 1975) 369–473.

BABEL 1997 – U. Babel, Zur mikromorphologischen Untersuchung der organischen Substanz des Bodens. In: U. Babel, W.R. Fischer, M. Kraupenjohann, K. Roth, K. Stahr (Hrsg.), Mikromorphologische Methoden in der Bodenkunde. Ergebnisse eines Workshops der Deutschen bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), Kommission VII, 9.–11. Oktober 1995 an der Universität Hohenheim. 40 (Hohenheim 1997) 7–14.

BAILLIE/PILCHER 1973 – M.G.L. Baillie, J.R. Pilcher, A simple crossdating program for tree-ring research. Tree-Ring Bulletin 33, 1973, 7–14.

BATTEN 1983 – D.J. Batten, Identification of Amorphons Sedimentary Organic Matter by Transmitted Light Microscopy. In: J. Brooks (Hrsg.), Petroleum geochemistry and exploration of Europe. Special Publication 11 (London 1983).

BECZE-DEÁK/LANGOHR 1999 – J. Becze-Deák, R. Langohr, Podzolisation, peat development and dopplerite soil characteristics of a challenging profile at the Ramskapelle Polder (West Flanders Belgium). In: G. Louwagie, R. Langohr (Hrsg.), Thematic Day. Soils and Palaeoenvironment Reconstruction. Applications in Geo- and Archaeopedology; Belgium, Laboratory of Soil Science Ghent University, Pedologie-Themata, 2000 N° 8 (Ghent 1999) 113–122.

BILLAMBOZ 2004 – A. Billamboz, Dendrochronologische Untersuchungen von Ufersiedlungen im Osten der Sipplinger Bucht. In: J. Köninger, H. Schlichtherle (Hrsg.), Siedlungen der Pfyner Kultur im Osten der Pfahlbaubucht von Sipplingen, Bodenseekreis. Band 2: Naturwissenschaftliche Untersuchungen. Hemmenhofener Skripte 4 (Gaienhofen-Hemmenhofen 2004) 97–109.

BILLAMBOZ 2006 – A. Billamboz, Dendroarchäologische Untersuchungen in den neolithischen Ufersiedlungen von Hornstaad-Hörnle. In: Regierungspräsidium Stuttgart – Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.), Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 98,1 (Stuttgart 2006) 297–414.

BILLAMBOZ 2009 – A. Billamboz, Jahrringuntersuchungen in der Siedlung Forschner und weiteren bronze- und eisenzeitlichen Feuchtbodensiedlungen Südwestdeutschlands. Aussagen der angewandten Dendrochronologie in der Feuchtbodenarchäologie. In: Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart (Hrsg.), Siedlungsarchäologie im Alpenvorland XI. Die früh- und mittelbronzezeitliche «Siedlung Forschner» im Federseemoor. Befunde und Dendrochronologie. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 113 (Stuttgart 2009) 401–455.

BILLAMBOZ 2014 – A. Billamboz, Regional patterns of settlement and woodland developments: Dendroarchaeology in the Neolithic pile-dwellings on Lake Constance (Germany). The Holocene 24, 10, 2014, 1278–1287.

BLEICHER 2009A – N. Bleicher, Altes Holz in neuem Licht. Archäologische und dendrochronologische Untersuchungen an spätneolithischen Feuchtbodensiedlungen in Oberschwaben. Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg 83 (Stuttgart 2009).

BLEICHER 2009B – N. Bleicher, Stabilität und Dynamik von Dörfern und Siedlungsgemeinschaften aus dendroarchäologischer Sicht. JbAS 92, 2009, 239–246.

BLEICHER 2013 – N. Bleicher, On the Concept of in-situ in Lake Site Settlements. Journal of wetland archaeology 13, 1, 2013, 50–58.

BLEICHER 2014 – N. Bleicher, Four levels of patterns in tree-rings: an archaeological approach to dendroecology. Veget Hist Archaeobot 23, 5, 2014, 615–627.

BLEICHER 2015 – N. Bleicher, Dendrochronologie und Pfahlfeldanalyse. In: Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 5. Die neolithischen Befunde und die Dendroarchäologie. Monogr. KA Zürich 47 (Zürich/Egg 2015) 122–165.

BLEICHER ET AL. 2011 – N. Bleicher, A. Mäder, A. Motschi et al., Die Rettungsgrabung Parkhaus Opéra. AS 34, 3, 2011, 16–23.

BLEICHER/RIETHMANN 2011 – N. Bleicher, P. Riethmann, Grabungsbericht. Zürich / gr Parkhaus Opéra (Unpubl. Bericht Stadt Zürich, Amt für Städtebau, Unterwasserarchäologie, 29).

BLEICHER/SCHUBERT 2015 – N. Bleicher, C. Schubert, Why are they still there? A model of accumulation and decay of organic prehistoric cultural deposits. Journal of Archaeological Science 61, 2015, 277–286.

BLEUER ET AL. 1993 – E. Bleuer, Y. Gerber, Ch. Haenicke et al., Jungsteinzeitliche Ufersiedlungen im Zürcher Seefeld. Ausgrabungen Kanalisationssanierung 1986–1988 (Zürich Kan. San. Seefeld). Band 2: Tafeln. Monogr. KA Zürich 23 (Egg/Zürich 1993).

BOLLIGER 1999 – T. Bolliger, Geologie des Kantons Zürich (Thun 1999).

BONZON 2004 – J. Bonzon, Archaeometrical study (petrography, mineralogy and chemistry) of the ceramics. In: S. Jacomet, U. Leuzinger, J. Schibler (Hrsg.), Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon/Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft. Archäologie im Thurgau 12 (Frauenfeld 2004) 294–312.

BORKENSTEIN 2006 – C.G. Borkenstein, Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit von Elementarschwefel und biogenem Schwefel und zur biotechnologischen Sulfidentfernung durch Grüne- und Purpurschwefelbakterien (Graz 2006).

BOUCHET ET AL. 2003 – F. Bouchet, N. Guidon, K. Dittmar, S. Harter, L.F. Ferreira, S.M. Chaves, K. Reinhard, A. Araújo, Parasite Remains in Archaeological Sites. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 98, 2003, 47–52.

BOUSSAFIR ET AL. 2012 – M. Boussafir, A. Sifeddine, J. Jacob, M. Foudi, R.C. Cordeiro, A.L.S. Albuquerque, J.J. Abrao, B. Turcq, Petrographical and geochemical study of modern lacustrine sedimentary organic matter (Lagoa do Caçò, Maranão, Brazil): Relationship between early diagenesis, organic sedimentation and lacustrine filling. Organic Geochemistry 47, 2012, 88–98.

BRAADBAART ET AL. 2012 – F. Braadbaart, I. Poole, H.D. Huisman et al., Fuel, Fire and Heat: an experimental approach to highlight the potential of studying ash and char remains from archaeological contexts. Journal of archaeological science 39, 4, 2012, 836–847.

BRAILLARD ET AL. 2004 – L. Braillard, M. Guélat, P. Rentzel, Effects of bears on rockshelter sediments at Tanay Sur-les-Creux, southwestern Switzerland. Geoarchaeology 19, 2004, 343–367.

BRESINSKY ET AL. 2008 – A. Bresinsky, C. Körner, E. Strasburger, Lehrbuch der Botanik (Heidelberg 2008).

BRIFFA/JONES 1990 – K. Briffa, P.D. Jones, Basic Chronology Statistics and Assessment. In: E. Cook, L. Kairiukštis (Hrsg.), Methods of dendrochronology. Applications in the environmental science (Dordrecht/Boston/London 1990) 137–152.
BROCHIER 1983 – J. Brochier, L'habitat lacustre préhistorique: Problèmes géologiques. Archives des sciences: et Compte rendu des séances de la société 36, 2, 1983, 247–260.
BRÖNNIMANN 2011 – D. Brönnimann, Die Sedimente im Gebiet des Zürcher Fraumünsters. Ein geoarchäologischer Versuch einer Umweltrekonstruktion. Unpubl. Masterarbeit der Universität Basel (Basel 2011).
BULLOCK ET AL. 1985 – P. Bullock, N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, T. Tursina, U. Babel, Handbook for Soil Thin Section Description (Wolverhampton 1985).
CANTI 1998 – M.G. Canti, Origin of Calcium carbonate granules found in buried soils and Quaternary deposits. Boreas 27, 1998, 275–288.
CANTI 2003 – M.G. Canti, Earthworm Activity and Archaeological Stratigraphy: A Review of Products and Processes. Journal of Archaeological Science 30, 2003, 135–148.
CHARBONNEAU ET AL. 1997 – P. Charbonneau, L. Hare, R. Carignan, Use of X-ray images and a contrasting agent to study the behavior of animals in soft sediments. Limnology and Oceanography 42, 1997, 1823–1828.
COOK/PETERS 1981 – E. Cook, K. Peters, The Smoothing Spline. A New Approach to Standardizing Forest Interior Tree-Ring Width Series for Dendroclimatic Studies. Tree-Ring Bulletin 41, 1981, 45–53.
COURTY ET AL. 1989 – M.-A. Courty, P. Goldberg, R. Macphail, Soils and Micromorphology in Archaeology (Cambridge 1989).
DAVIDSON-ARNOTT 2010 – R. Davidson-Arnott, Introduction to coastal processes and geomorphology (Cambridge 2010).
DEGEN 1981 – R. Degen (Hrsg.), Zürcher Seeufersiedlungen. Von der Pfahlbauromantik zur modernen archäologischen Forschung. HA 12 (Zürich 1981).
DIECKMANN ET AL. 2006 – B. Dieckmann, A. Harwarth, J. Hoffstadt, Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee. In: Regierungspräsidium Stuttgart – Landesamt für Denkmalpflege (Hrsg.), Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg 98 (Stuttgart 2006) 8–276.
DUNCAN 2000 – J. Duncan, Factors of Safety and Reliability in Geotechnical Engineering. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 126, 4, 2000, 307–316.
EBERLI 2010 – U. Eberli, Die horgenzeitliche Siedlung Pfäffikon-Burg. Monogr. KA Zürich 40,1 (Zürich/Egg 2010).
EBERSBACH 2010A – R. Ebersbach, Soziale Einheiten zwischen «Haus» und «Dorf» – neue Erkenntnisse aus den Seeufersiedlungen. In: E. Classen, T. Doppler, B. Ramminger (Hrsg.), Familie – Verwandtschaft – Sozialstrukturen: Sozialarchäologische Forschungen zu neolithischen Befunden. Fokus Jungsteinzeit. Berichte der AG Neolithikum, Band 1 (Kerpen-Loogh 2010) 141–156.
EBERSBACH 2010B – R. Ebersbach, About Dynamics – multiscale analyses and theoretical approaches to understand Swiss wetland sites. Über die Dynamik – massstabsübergreifende Auswertungen und theoretische Ansätze zum Verständnis schweizerischer Feuchtbodensiedlungen. Unpubl. Habilitationsschrift der Universität Basel (Basel 2010).
EBERSBACH ET AL. 2015 – R. Ebersbach, B. Ruckstuhl, N. Bleicher, Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 5. Die neolithischen Befunde und die Dendroarchäologie. Monogr. KA Zürich 47 (Zürich/Egg 2015).
EBERSCHWEILER ET AL. 2007 – B. Eberschweiler, P. Riethmann, U. Ruoff, Das spätbronzezeitliche Dorf von Greifensee-Böschen. Dorfgeschichte, Hausstrukturen und Fundmaterial. Monogr. KA Zürich 38/1 (Zürich/Egg 2007).
ELLENBERG 1996 – H. Ellenberg, Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. UTB 8104 (Stuttgart 1996).
FITZPATRICK 1993 – E.A. Fitzpatrick, Soil Microscopy and Micromorphology (Chichester 1993).
FLÜGEL 2004 – E. Flügel, Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application (Berlin/Heidelberg/New York 2004).
FLÜGEL/MUNNECKE 2010 – E. Flügel, A. Munnecke, Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application (Berlin 2010).
FOLK 1962 – R.L. Folk, Spectral subdivision of limestone types. In: W.E. Ham (Hrsg.), Classification of carbonate rocks: a symposium, including papers presented at Denver, Colorado, April 27, 1961 (Tulsa, Ok, 1962) 62–84.
FREYTET/VERRECCHIA 2002 – P. Freytet, E.P. Verrecchia, Lacustrine and palustrine carbonate petrography: an overview. Journal of Paleolimnology 27, 2002, 221–237.
FÜCHTBAUER/MÜLLER 1977 – H. Füchtbauer, G. Müller, Sedimente und Sedimentgesteine. Sediment-Petrologie Teil 2 (Stuttgart 1977).
FURGER 1980 – A.R. Furger, Die Siedlungsreste der Horgener Kultur. Grabungsbericht und Auswertung mit besonderer Berücksichtigung der naturwissenschaftlichen Untersuchungen. Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann 7 (Bern 1980).
GEOLOGISCHER ATLAS der Schweiz, 1:25000, Blatt 90 Zürich, LK 1091 (Wabern 1992).
GIOVANOLI 1979 – F. Giovanoli, Die remanente Magnetisierung von Seesedimenten. Dissertation der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (Zürich 1979).
GOLDBERG/MACPHAIL 2006 – P. Goldberg, R.I. Macphail, Practical and Theoretical Geoarchaeology (Oxford 2006).
GROSS ET AL. 1987 – E. Gross, C. Brombacher, M. Dick et al. (Hrsg.), Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 1. Ber.ZD Monogr. 4 (Zürich 1987).
GROSS/DIGGELMANN 1987A – E. Gross, K. Diggelmann, Die Befunde. In: E. Gross, C. Brombacher, M. Dick et al. (Hrsg.), Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 1. Ber.ZD Monogr. 4 (Zürich 1987) 37–81.
GROSS/DIGGELMANN 1987B – E. Gross, K. Diggelmann, Die Grabung. In: E. Gross, C. Brombacher, M. Dick et al. (Hrsg.), Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 1. Ber.ZD Monogr. 4 (Zürich 1987) 22–31.
GROSSE-BRAUCKMANN 1976 – G. Grosse-Brauckmann, Ablagerungen der Moore. In: K. Göttlich (Hrsg.), Moor- und Torfkunde (Stuttgart 1976) 91–148.
GROSS-KLEE/EBERLI 1997 – E. Gross-Klee, U. Eberli, Die archäologischen Grundlagen. In: J. Schibler (Hrsg.), Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee. Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationssanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenschloss in Zürich. Monogr. KA Zürich 20 (Zürich/Egg 1997) 18–37.
GRUNDER 2005 – K. Grunder, Die Kunstdenkmäler des Kantons Zürich. Die Kunstdenkmäler der Schweiz 105 (Bern 2005).
GUIBAL/BERNARD 2002 – F. Guibal, V. Bernard, Approche dendrochronologique de l'évolution récente du système bocager armoricain. In: H. Richard, A. Vignot (Hrsg.), Équilibres et ruptures dans les écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest, Actes du Colloque international de Besançon, septembre 2000. Annales Littéraires 730. Environnement, sociétés et archéologie 3 (2002) 463–471.
GUYAN 1968 – W.U. Guyan, Die jungsteinzeitlichen Dörfer im Weier bei Thayngen. ZAK 25, 1968, 1–37.
GYGER ET AL. 1976 – M. Gyger, M. Müller-Vonmoos, C. Schindler, Untersuchungen zur Klassifikation spät- und nacheiszeitlicher Sedimente aus dem Zürichsee. Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen 56, 1976, 387–406.
HAAS 1994 – J.N. Haas, First identification key for charophyte oospores from central Europe. European Journal of Phycology 29, 1994, 227–235.
HAFNER/SUTER 2004 – A. Hafner, P.J. Suter, Aufgetaucht. 1984–2004; Begleitschrift zur Ausstellung «5000 Jahre. Abgetaucht» (Bern 2004).
HARB 2016 – Ch. Harb, Jungneolithische Keramik. In: Ch. Harb, N. Bleicher (Hrsg.), Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 2: Funde. Monogr. KA Zürich 49 (Zürich/Egg 2016, in Vorb.).
HOCHULI ET AL. 1998 – S. Hochuli, G.F. Schaeren, J. Weiss, Ein Dorfbrand am Zugersee vor 5700 Jahren: ein archäologischer Glücksfall. AS 21, 1998, 134–141.

HOFMANN ET AL. 2008 – H. Hofmann, A. Lorke, F. Peeters, The relative importance of wind and ship waves in the littoral zone of a large lake. Limnology and Oceanography 53, 1, 2008, 368–380.
HOFMANN ET AL. 2011 – H. Hofmann, A. Lorke, F. Peeters, Wind and ship wave-induced resuspension in the littoral zone of a large lake. Water resources research 47, 2011.
HOLLSTEIN 1980 – E. Hollstein, Mitteleuropäische Eichenchronologie. Trierer Grabungen und Forschungen 11 (Mainz 1980).
HSÜ/KELTS 1970 – K. Hsü, K. Kelts, Seismic investigation of Lake Zurich; part II, Geology. Eclogae geol. Helv. 63, 1970, 525–538.
HSÜ/KELTS 1980 – K. Hsü, K. Kelts, Resedimented facies of 1875 Horgen slumps in Lake Zurich and a process model of longitudinal transport of turbidity currents. Eclogae geol. Helv. 73, 1980, 271–281.
HSÜ/KELTS 1984 – K. Hsü, K. Kelts (Hrsg.), Quaternary geology of Lake Zurich. An interdisciplinary investigation by Deep-Lake drilling (Stuttgart 1984).
HUBER 1938 – R. Huber, Der Schuttkegel der Sihl im Gebiete der Stadt Zürich und das prähistorische Delta im See, Sonderabdruck der Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 83, 1938, 131–209.
HUBER ET AL. 2011 – A. Huber, R. Frosdick, C. Pümpin, P. Rentzel, P. Vandorpe, Ein Grabenwerk der späten Latènezeit in Benken ZH-Hämmenriet. JbAS 94, 2011, 103–148.
HUBER/ISMAIL-MEYER 2007 – R. Huber, K. Ismail-Meyer, Taucharchäologie und Mikromorphologie. Neue Möglichkeiten für die Grabungstechnik in Cham ZG-Eslen. JbAS 90, 2007, 127–134.
HUBER/ISMAIL-MEYER 2012 – R. Huber, K. Ismail-Meyer, Cham-Eslen (Kanton Zug, Schweiz): ein jungneolithisches Haus mit (fast) allem Drum und Dran? Taphonomische Aspekte einer Seeufersiedlung. In: T. Link, D. Schimmelpfenning (Hrsg.), Taphonomische Forschungen (nicht nur) zum Neolithikum. Fokus Jungsteinzeit. Berichte der AG Neolithikum, Band 3 (Kerpen-Loogh 2012) 83–106.
HUISMAN 2009 – D.J. Huisman, Degradation of archaeological remains (Den Haag 2009).
HUISMAN ET AL. 2009 – D.J. Huisman, A.G. Jongmans, D.C.M. Raemaekers, Investigating Neolithic land use in Swifterbant (NL) using micromorphological techniques. Catena 78, 2009, 185–197.
ISMAIL-MEYER 2010 – K. Ismail-Meyer, Mikromorphologische Analyse zweier Profilkolonnen aus den Tauchsondagen von 1999 und 2007. In: K. Altorfer (Hrsg.), Die prähistorischen Feuchtbodensiedlungen am Südrand des Pfäffikersees. Eine archäologische Bestandesaufnahme der Stationen Wetzikon-Robenhausen und Wetzikon-Himmerich. Monogr. KA Zürich 41 (Zürich 2010) 86–96.
ISMAIL-MEYER 2014 – K. Ismail-Meyer, The potential of micromorphology for interpreting sedimentation processes in wetland sites: a case study of a Late Bronze–early Iron Age lakeshore settlement at Lake Luokesa (Lithuania). Vegetation History and Archaeobotany 23, 2014, 367–382.
ISMAIL-MEYER ET AL. 2013 – K. Ismail-Meyer, P. Rentzel, P. Wiemann, Neolithic Lakeshore Settlements in Switzerland: New Insights on Site Formation Processes from Micromorphology. Geoarchaeology 28, 2013, 317–339.
ISMAIL-MEYER/RENTZEL 2004 – K. Ismail-Meyer, P. Rentzel, Mikromorphologische Untersuchung der Schichtabfolge. In: S. Jacomet, U. Leuzinger, J. Schibler (Hrsg.), Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft. Archäologie im Thurgau 12 (Frauenfeld 2004) 66–80.
ISMAIL-MEYER/RENTZEL 2007 – K. Ismail-Meyer, P. Rentzel, Chollerpark 1999/2000: geologische Untersuchungen. In: B. Röder, R. Huber (Hrsg.), Archäologie in Steinhausen «Sennweid» (Kanton Zug). Ergebnisse der Untersuchungen von 1942 bis 2000. Antiqua 41 (Basel 2007) 80–98.
JÄCKLI 1989 – H. Jäckli, Geologie von Zürich: von der Entstehung der Landschaft bis zum Eingriff des Menschen (Zürich 1989).
KAUFMANN 1865 – F.J. Kaufmann, Ueber den Dopplerit von Obbürgen und über das Verhältniss des Dopplerits zu Torf und mineralischen Kohlen, nebst Bemerkungen über künstliche pechkohlenartige Substanzen. Jahrbuch der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt 15, 1865, 283–296.
KEDDY 2010 – P.A. Keddy, Wetland ecology. Principles and conservation (Cambridge 2010).
KELLER 1853–1856 – F. Keller, Die keltischen Pfahlbauten in den Schweizerseen. MAGZ 9, 1853–1856, 65–106.
KELTS ET AL 1978 – K. Kelts, K. Hsü, A. Lerman, Freshwater carbonate sedimentation. In: A. Lerman (Hrsg.), Lakes–Chemistry, Geology, Physics. (New York 1978) 295–323.
KILLOPS/KILLOPS 1993 – S.D. Killops, V.J. Killops, An introduction to organic geochemistry. Geochemistry series (Harlow 1993).
KÖNINGER 1986 – J. Köninger, Untersuchungen in der endneolithischen Moorsiedlung Täschenwiesen, Gemeinde Alleshausen, Kreis Biberach. Archäologische Ausgrabungen in Baden-Württemberg 6, 1986, 43–45.
KÖNINGER 2013 – J. Köninger, Flecklinge und weiteres Bauholz aus neolithischen und bronzezeitlichen Ufersiedlungen am Bodensee. In: N. Bleicher, H. Schlichtherle, P. Gassmann et al. (Hrsg.), Dendro-Chronologie, -Typologie, -Ökologie. Festschrift für André Billamboz zum 65. Geburtstag (Freiburg i.Br. 2013) 105–116.
KOOISTRA/PULLEMAN 2010 – M.J. Kooistra, M.M. Pulleman, Features Related to Faunal Activity. In: G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees (Hrsg.), Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths (Amsterdam 2010) 397–418.
KOVDA/MERMUT 2010 – I. Kovda, A.R. Mermut, Vertic Features. In: G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees (Hrsg.), Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths (Amsterdam 2010) 109–127.
KRAUS 1986 – W. Kraus, Bestimmungsmöglichkeit subfossiler Characeen-Oosporen an Beispielen aus Schweizer Seen. Jahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 131, 1986, 295–313.
LANG 2007 – H. Lang, Bodenmechanik und Grundbau, Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte (Berlin 2007).
LANZ 2010 – M. Lanz, Untersuchung Pfahlbauersiedlung Cham-Alpenblick. Auflandungen, Seespiegeländerungen und Setzungen während der letzten 5000–3000 Jahre. Unpubl. Bachelorarbeit an der Hochschule Rapperswil (Rapperswil 2010).
LEUZINGER 2000 – U. Leuzinger, Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon/Bleiche 3. Befunde. Archäologie im Thurgau 9 (Frauenfeld 2000).
LISTER 1988 – G. Lister, A 15000-year isotopic record from Lake Zuerich of deglaciation and climatic change in Switzerland. Quaternary Research 29, 1988, 129–141.
MACPHAIL ET AL. 1990 – R.I. Macphail, M.-A. Courty, P. Goldberg, Soil micromorphology in archaeology. Endeavour 14, 1990, 163–171.
MADIGAN ET AL. 1997 – M.T. Madigan, J.M. Martinko, J. Parker, Brock's Biology of Microorganisms (1997).
MAERKI ET AL. 2009 – M. Maerki, B. Müller, C. Dinkel et al., Mineralization pathways in lake sediments with different oxygen and organic carbon supply. Limnology and Oceanography 54, 2, 2009, 428–438.
MAGNY 2004 – M. Magny, Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. Quaternary International 113, 1, 2004, 65–79.
MAINBERGER/BILLAMBOZ 1998 – M. Mainberger, A. Billamboz, Das Moordorf von Reute (Staufen i.Br./Freiburg i.Br. 1998).
MICHEL ET AL. 2012 – C. Michel, N. Bleicher, H. Hüster Plogmann, K. Ismail-Meyer, A. Rehazek, Pfahlbauten am Vierwaldstättersee – der steinzeitliche Siedlungsplatz in Kehrsiten. Archäologie Schweiz 35, 2012, 56–71.
MORAD ET AL. 2010 – M.R. Morad, A. Khalili, A. Roskosch, J. Lewandowski, Quantification of pumping rate of Chironomus plumosus larvae in natural burrows. Aquatic Ecology 44, 2010, 143–153.
MULHOLLAND/RAPP 1992 – S.C. Mulholland, G. Rapp, Phytolith Systematics: An Introduction. In: G. Rapp, S.C. Mulholland (Hrsg.), Phytolith Systematics. Emerging Issues. Volume I (New York 1992) 1–14.
NIPKOW 1920 – F. Nipkow, Vorläufige Mitteilungen über Untersuchungen des Schlammabsatzes im Zürichsee. Zeitschrift für Hydrologie 1, 1920, 1–28.
NORTMANN 2000 – H. Nortmann, Voreisenzeitliche Höhensiedlungen im Trierer Land. In: H. Ament (Hrsg.), Studia antiquaria. Fest-

schrift für Niels Bantelmann zum 60. Geburtstag. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 63 (Bonn 2000) 59–66.
OPEN UNIVERSITY 1999 – Open University, Waves, tides, and shallow-water processes (Oxford/New York 1999), Internet: www.sciencedirect.com/science/book/9780080363721.
ORCEL 1978 – A. Orcel, Analyse archéologique des sédiments. Méthode appliquée à une grande surface et résultats. Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann 4 (Bern 1978).
OSTENDORP 1992 – W. Ostendorp, Sedimente und Sedimentbildung in Seeuferröhrichten des Bodensee-Untersees. Limnologica 22, 1, 1992, 16–33.
PACTON ET AL. 2011 – M. Pacton, G.E. Gorin, C. Vasconcelos, Amorphous organic matter Experimental data on formation and the role of microbes. Review of Palaeobotany and Palynology 166, 2011, 253–267.
PAVONI ET AL. 1992 – N. Pavoni, H. Jäckli, C. Schindler, Geologischer Atlas der Schweiz 1:25000 Blatt 1091 Zürich (Wabern 1992).
PAVONI ET AL. 2015 – N. Pavoni, C. Schindler, M. Freimoser, P. Haldimann, D. Letsch, Geologischer Atlas der Schweiz 1:25000 Blatt 1091 Zürich, Erläut. 90 (Wabern 1992).
PÉTREQUIN 1997 – P. Pétrequin, Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs (Jura). Archéologie et culture matérielle (Paris 1997).
PÉTREQUIN/PÉTREQUIN 1984 – A.-M. Pétrequin, P. Pétrequin, Habitat lacustre du Bénin. Une approche ethnoarchéologique. Mémoire 39 (Paris 1984).
PIA 1933 – J. Pia, Kohlensäure und Kalk. Einführung in das Verständnis ihres Verhaltens in den Binnengewässern. Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. XIII (Stuttgart 1933).
PICHLER ET AL. 2014 – S.L. Pichler, C. Pümpin, D. Brönnimann, P. Rentzel, Life in the proto-urban style: the identification of parasite eggs in micromorphological thin sections from the Basel-Gasfabrik Late Iron Age settlement, Switzerland. Journal of Archaeological Science 43, 2014, 55–65.
PIKA 1983 – J. Pika, Zur Isotopengeochemie und Mineralogie der lacustrinen Ablagerungen im Zürichsee und im Schwarzen Meer. Dissertation der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (Zurich 1983).
PILLONEL 2007 – D. Pillonel, Hautreive Champreveyre 14. Technologie et usage du bois au Bronze final. Archéologie neuchâteloise 37 (Hauterive 2007).
PLATT/WRIGHT 1991 – N.H. Platt, V.P. Wright, Lacustrine carbonate: facies models, facies distributions and hydrocarbon aspects. Special Publications of the International Association for Sedimentology 13, 1991, 57–74.
PÜMPIN 2009 – C. Pümpin, Zürich Weinlandautobahn. Kleinandelfingen, Boden-Buck 2007.007, Geoarchäologische Untersuchung (Unpubl. Vorbericht KA Zürich).
PÜMPIN 2013 – C. Pümpin, Geoarchäologische Auswertung ausgewählter Befunde aus Kempraten Fluhstrasse 6 und Fluhstrasse 8/10. In: R. Ackermann (Hrsg.), Der römische Vicus von Kempraten, Rapperswil-Jona. Neubetrachtung anhand der Ausgrabungen Fluhstrasse 6–10 (2005–2006). Archäologie im Kanton St. Gallen 1 (St. Gallen 2013) 171–181.
RACKHAM 1995 – O. Rackham, Trees and Woodland in the British Landscape. The complete history of Britain's trees, woods and hedgerows (London 1995).
RENTZEL 2001 – P. Rentzel, Kloten Hagenholz 2000.010, Grabhügel 4, Geoarchäologische Untersuchungen (unpubl. Vorbericht KA Zürich).
RETALLACK 1984 – G. Retallack, Completeness of the Rock and Fossil Record: Some estimates using fossil soils. Paleobiology 10/1, 1984, 59–78.
RITSEMA/GROENENBERG 1993 – C.J. Ritsema, J.E. Groenenberg, Pyrite Oxidation, Carbonate Weathering, and Gypsum Formation in a Drained Potential Acid Sulfate Soil. Soil Science Society of America Journal 57, 1993, 968–976.
RÖSCH 1997 – M. Rösch, Holocene sediment accumulation in the shallow water zone of Lower Lake Constance. Archiv f. Hydrobiologie, Suppl. 107, 4, 1997, 541–562.
RUOFF 1981 – U. Ruoff, Die Ufersiedlungen an Zürich- und Greifensee. In: R. Degen (Hrsg.), Zürcher Seeufersiedlungen. Von der Pfahlbauromantik zur modernen archäologischen Forschung. HA 12 (Zürich 1981) 19–61.
SCHINDLER 1968 – C. Schindler, Zur Quartärgeologie zwischen dem unteren Zürichsee und Baden. Eclogae geol. Helv. 61, 2, 1968.
SCHINDLER 1971 – C. Schindler, Geologie von Zürich und ihre Beziehung zu Seespiegelschwankungen. Sonderabdruck der Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 116, 2, 1971.
SCHINDLER 1974 – C. Schindler, Zur Geologie des Zuerichsees. Eclogae geol. Helv. 67, 1, 1974, 163–196.
SCHINDLER 1976 – C. Schindler, Eine geologische Karte des Zürichsees und ihre Deutung. Eclogae geol. Helv. 69, 1, 1976.
SCHINDLER 1981 – C. Schindler, Geologische Unterlagen zur Beurteilung archäologischer Probleme in den Seeufergebieten. HA 12, 1981, 71–88.
SCHLICHTHERLE 1988 – H. Schlichtherle, Das Jung- und Endneolithikum in Baden-Württemberg. Zum Stand der Forschung aus siedlungsarchäologischer Sicht. In: D. Planck (Hrsg.), Archäologie in Württemberg. Ergebnisse und Perspektiven. Forschung von der Altsteinzeit bis zur Neuzeit (Stuttgart 1988) 91–110.
SCHLICHTHERLE 2004 – H. Schlichtherle, Grosse Häuser – kleine Häuser. Archäologische Befunde zum Siedlungswandel am neolithischen Federsee. In: Landesdenkmalamt Baden-Württemberg (Hrsg.), Ökonomischer und ökologischer Wandel am vorgeschichtlichen Federsee. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen. Hemmenhofener Skripte 5 (Freiburg i. Br. 2004) 13–55.
SCHLICHTHERLE 2006 – H. Schlichtherle, Kulthäuser in neolithischen Pfahlbausiedlungen des Bodensees. In: A. Hafner, U. Niffeler, U. Ruoff (Hrsg.), Die neue Sicht. Unterwasserarchäologie und Geschichtsbild. Akten des 2. internationalen Kongresses für Unterwasserarchäologie in Rüschlikon bei Zürich, 21.–24. Oktober 2004. Antiqua 40 (Basel 2006) 122–145.
SCHLICHTHERLE ET AL. 2010 – H. Schlichtherle, N. Bleicher, A. Dufraisse et al., Bad Buchau – Torwiesen II: Baustrukturen und Siedlungsabfälle als Indizien der Sozialstruktur und Wirtschaftsweise einer endneolithischen Siedlung am Federsee. In: E. Classen, T. Doppler, B. Ramminger (Hrsg.), Familie – Verwandtschaft – Sozialstrukturen: Sozialarchäologische Forschungen zu neolithischen Befunden. Fokus Jungsteinzeit. Berichte der AG Neolithikum, Band 1 (Kerpen-Loogh 2010) 157–178.
SCHÖBEL 2010 – G. Schöbel, Das Hornstaadhaus – Ein archäologisches Langzeitexperiment 1996–? Experimentelle Archäologie in Europa Bilanz 9, 2010, 85–104.
SCHWEINGRUBER 1983 – F. Schweingruber, Der Jahrring, Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie (Bern/Stuttgart 1983), Internet: www.zvab.com/displayBookDetails.do?itemId=247458432&ref=citavi.
SCHWEINGRUBER 1990 – F. Schweingruber, Mikroskopische Holzanatomie. Formenspektren mitteleuropäischer Stamm- und Zweighölzer zur Bestimmung von rezentem und subfossilem Material 3 (Birmensdorf 1990).
SEDERIAS/COLMAN 2007 – J. Sederias, B. Colman, The interaction of light and low temperature on breaking the dormancy of Chara vulgaris oospores. Aquatic Botany 87, 2007, 229–234.
SELLEY 2000 – R.C. Selley, Applied sedimentology (San Diego, CA, 2000).
SIDLER 1988 – C. Sidler, Signification de la palynologie appliquée aux sédiments détritiques et organogènes du Pléistocène supérieur: Eem-Tardiglaciaire würmien et de l'Holocène entre Zoug, Zurich et Baden (Suisse). Dissertation der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (Zürich 1988).
SIEGENTHALER ET AL. 1984 – C. Siegenthaler, K. Hsü, P. Kleboth, Longitudinal Transport of Turbidity Currents – a Model Study of Horgen Events. Sedimentology 31, 1984, 187–193.
SOULIÉ-MÄRSCHE 2002 – I. Soulié-Märsche, Les charophytes: biomarqueurs pour la reconstitution des paléoenvironnements lacustres. In: J.-C. Miskovsky (Hrsg.), Géologie de la préhistoire: méthodes, techniques, applications (Paris 2002) 751–769.
SPECKER 2002 – T. Specker, Rekonstruktion historischer Seespiegelstände des Zürichsees vor 1810 (2002).

STOBBE ET AL. 2014 – A. Stobbe, T. Gregor, A. Röpke, Long-lived banks of oospores in lake sediments from the Trans-Urals (Russia) indicated by germination in over 300 years old radiocarbon dated sediments. Aquatic Botany 119, 2014, 84–90.
STÖCKLI 1979 – W.E. Stöckli, Das Pfahlbauproblem heute. AS 2, 1, 1979, 50–56.
STOLT/LINDBO 2010 – M.H. Stolt, D.L. Lindbo, Soil Organic Matter. In: G. Stoops, V. Marcelino, F. Mees (Hrsg.), Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths (Amsterdam 2010) 369–396.
STOOPS 2003 – G. Stoops, Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections (Madison 2003).
STRASSER ET AL. 2008 – M. Strasser, C. Schindler, F.S. Anselmetti, Late Pleistocene earthquake-triggered moraine dam failure and outburst of Lake Zurich, Switzerland. J. Geophys. Res. 113, F2, 2008.
STRASSER ET AL. 2013 – M. Strasser, F.S. Anselmetti, K. Monecke et al., Lake sediments as natural seismographs: A compiled record of Late Quaternary earthquakes in Central Switzerland and its implication for Alpine deformation. Sedimentology 60, 2013, 319–341.
STRASSER/ANSELMETTI 2008 – M. Strasser, F.S. Anselmetti, Mass-movement event stratigraphy in Lake Zurich; A record of varying seismic and environmental impacts. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie 95, 2008, 23–41.
SUTER 1939 – H. Suter, Geologie von Zürich einschliesslich seines Exkursionsgebietes (Zürich 1939).
SUTER 1987 – P.J. Suter, Zürich «Kleiner Hafner». Ber.ZD Monogr. 3 (Zürich 1987).
TURNER-WALKER 2007 – G. Turner-Walker, The Chemical and Microbial Degradation of Bones and Teeth. In: R. Pinhasi, S. Mays (Hrsg.), Advances in Human Palaeopathology (Chichester 2007) 3–29.
TURNER-WALKER/PEACOCK 2008 – G. Turner-Walker, E.E. Peacock, Preliminary results of bone diagenesis in Scandinavian bogs. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 266, 2008, 151–159.
VAN RADEN 2012 – U. van Raden, High-resolution Swiss lake records of climate change. PhD-Thesis (Zurich: PhD-Thesis. 2012).
VOGT 1955 – E. Vogt, Pfahlbaustudien. In: W.U. Guyan, H. Levi, W. Lüdi et al. (Hrsg.), Das Pfahlbauproblem. Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz 11 (Basel 1955) 119–219.
WALLACE 1999 – G. Wallace, A Microscopic View of Neolithic Lakeside Settlements on the Northern Rim of the European Alps. Dissertation (Cambridge 1999).
WEBER 2013 – M. Weber, Numerische Modellierung von Wellen und Strömungen zur Abschätzung von Resuspension und Sedimenttransport im Bodensee. In: H. Brem, B. Eberschweiler, G. Grabher et al. (Hrsg.), Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee. Ein internationales Projekt im Rahmen des Interreg IV-Programms Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein zur Entwicklung von Handlungsoptionen zum Schutz des Kulturgutes unter Wasser. Vorarlberg Museum Schriften 1 (Bregenz 2013) 53–66.
WEBER 2016 – M. Weber, Die Horgener Keramik. In: Ch. Harb, N. Bleicher (Hrsg.), Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 2: Funde. Monogr. KA Zürich 49 (Zürich/Egg 2016, in Vorb.).
WEBER ET AL. 2013 – M. Weber, H. Hofmann, W. Ostendorp et al., Messung komplexer physikalischer und sedimentologischer Parameter in der Flachwasserzone. Die Intensivmesskampagne in Unteruhldingen im westlichen Teil des Bodensees. In: H. Brem, B. Eberschweiler, G. Grabher et al. (Hrsg.), Erosion und Denkmalschutz am Bodensee und Zürichsee. Ein internationales Projekt im Rahmen des Interreg IV-Programms Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein zur Entwicklung von Handlungsoptionen zum Schutz des Kulturgutes unter Wasser. Vorarlberg Museum Schriften 1 (Bregenz 2013) 95–104.
WHITEHOUSE 2000 – R. Whitehouse, Dynamics of estuarine muds. A manual for practical applications (London 2000).
WIEMANN 2014 – P. Wiemann, Mikromorphologische Untersuchungen zu syn- und postsedimentären Veränderungen sowie Auflassungsprozessen an Schichtsequenzen in prähistorischen Seeufersiedlungen. Philosophisch-Naturwissenschaftliche Fakultät. Unpubl. Dissertation der Universität Basel (Basel 2014).
WIEMANN ET AL. 2012 – P. Wiemann, M. Kühn, A. Heitz-Weniger, B. Stopp, B. Jennings, P. Rentzel, F. Menotti, Zurich-Alpenquai: a multidisciplinary approach to the chronological development of a Late Bronze Age lakeside settlement in the northern Circum-Alpine region. Journal of Wetland Archaeology 12, 2012, 58–85.
WIEMANN/RENTZEL 2015 – P. Wiemann, P. Rentzel, Micromorphological studies on wetland site formation processes: additional help for a better understanding of the lake-dwellings' final disappearance. In: F. Menotti (Hrsg.), The end of the lake-dwellings in the Circum-Alpine region (Oxford 2015) 101–124.
WILD 2008 – D. Wild, Die Zürcher City unter Wasser. Interaktion zwischen Natur und Mensch in der Frühzeit Zürichs. Stadt Zürich. Archäologie und Denkmalpflege 2006–2008, Internet: www.stadt-zuerich.ch/denkmalpflegebericht (Zürich 2008) 21–23.
WINIGER 1976 – J. Winiger, Feldmeilen-Vorderfeld. Die Ausgrabungen 1970/71. In: J. Winiger, M. Joos (Hrsg.), Feldmeilen-Vorderfeld. Die Ausgrabungen 1970/71. Antiqua 5 (Basel 1976) 7–100.
WULF ET AL. 2013 – S. Wulf, F. Ott, M. Slowinski et al., Tracing the Laacher See Tephra in the varved sediment record of the Trzechowskie palaeolake in central Northern Poland. Quaternary Science Reviews 76, 2013, 129–139.
WYPRÄCHTIGER/GROSS 1987 – K. Wyprächtiger, E. Gross, Die Dendrochronologie. In: E. Gross, C. Brombacher, M. Dick et al. (Hrsg.), Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 1. Ber.ZD Monogr. 4 (Zürich 1987) 82–88.
ZHAO ET AL. 1984 – X. Zhao, K. Hsü, K. Kelts, Varves and other laminated sediments of Zuebo. In: K. Hsü, K. Kelts (Hrsg.), Quaternary geology of Lake Zurich. An interdisciplinary investigation by Deep-Lake drilling (Stuttgart 1984) 161–176.
ZÜRN 1965 – H. Zürn, Das jungsteinzeitliche Dorf Ehrenstein (Kreis Ulm) Ausgrabung 1960. Teil 1: die Baugeschichte (Beilagen). Veröffentlichungen des Staatlichen Amtes für Denkmalpflege Stuttgart. Reihe A Vor- und Frühgeschichte 10:01 (Stuttgart 1965).

3 ABKÜRZUNGEN

3.1 Allgemeine Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AfS	Amt für Städtebau
AOM	Amorphes organisches Material
BP	Vor heute (Before Present = vor 1950)
DG	Dendrogruppe
DOM	Detritisch-organischer Mikrit
EGG	Extreme Grobgrabung
EK	Einzelkurve
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
FE	Finite Elemente
FG	Feingrabung/Feingrabungsfeld
FK	Fundkomplex
FKnr	Fundkomplexnummer
fp	Flächenprozent
GG	Grobgrabung/Grobgrabungsfeld
GIS	Geoinformationssysteme
GFS	Gelartige Fliessstrukturen
GOM	Gelifiziertes organisches Material
Hnr	Holznummer
HSR	Hochschule für Technik Rapperswil
IPNA	Institut für Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie
Jh.	Jahrhundert
JR	Jahrring
Jt.	Jahrtausend
KA ZH	Kantonsarchäologie Zürich
KS	Kulturschicht
Lab-Nr	Labornummer einer Jahrringbreitenserie
LAD	Landesamt für Denkmalpflege
Laufnr	Laufnummer einzelner Materialien in einer FKnr
LK	Landeskarte
MK	Mittelkurve
m ü.M.	Meter über Meer
n	Anzahl

OD	Organischer Detritus
Qm	Quadratmeter
RGZM	Römisch-Germanisches Zentralmuseum Mainz
SE	Seekreide
Snr	Schichtnummer
Taf.	Tafel
UK	Unterkante
Vqm	Viertelquadratmeter
WK	Waldkante (letzter JR unter der Rinde)
12 S	Schicht 12 in der Parkhauszufahrt Schillerstrasse
12 PH	Schicht 12 im Parkhaus

3.2 Verwendete Sigel

AS	Archäologie der Schweiz
Ber.ZD	Bericht Zürcher Denkmalpflege
HA	Helvetia Archaeologica
JbAS	Jahrbuch Archäologie Schweiz
MAGZ	Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich
ZAK	Zeitschrift für Schweizerische Archäologie und Kunstgeschichte

4 ABBILDUNGSNACHWEIS

Abb. 1: AfS Zürich, Abb. 2: KA Zürich, Simon Vogt, Aufnahme vom 6.4.2010, Abb. 3: AfS Zürich, 3-D-Parkhausmodell: mit freundlicher Erlaubnis der Gysi-Leoni-Mader AG, Abb. 4–12: AfS Zürich, Abb. 13–14: Geologiebüro Dr. von Moos AG, Kartengrundlage: SwissTopo, Geologischer Atlas der Schweiz (Blatt Zürich), Abb. 15–16: Geologiebüro Dr. von Moos AG, Abb. 17: AfS Zürich, Abb. 18: AfS Zürich, Detail a: Ausschnitt aus dem Werdmüller-Plan von 1690. Detail b: Ausschnitt aus der Stadtansicht Uhlinger von 1738, Abb. 19: AfS Zürich, Detail a: Xylographie der Tonhalle aus dem «Zürcher Kalender» 1872. Detail c: Baugeschichtliches Archiv Zürich, Abb. 20: AfS Zürich, Abb. 21: HSR, Abb. 22: HSR, AfS Zürich, Abb. 23: HSR, Abb. 24–25: HSR, AfS Zürich, Abb. 26–27: HSR, Abb. 28–30: AfS Zürich, Abb. 31–36: Oeschger-Zentrum für Klimaforschung Bern, L. Glur, H. Vogel und F.S. Anselmetti, Abb. 37–41: AfS Zürich, Abb. 42: AfS Zürich, Detail I: LAD Baden-Württemberg, Abb. 43–66: AfS Zürich, Abb. 67: RGZM, Abb. 68–71: AfS Zürich, Abb. 72–73: KA Zürich, Abb. 74–158: AfS Zürich, Abb. 159: AfS Zürich und IPNA Basel, Ch. Pümpin, Abb. 160–191: IPNA Basel, Ch. Pümpin, Abb. 192: IPNA Basel, Ph. Wiemann und Ch. Pümpin, Abb. 193–195: IPNA Basel, Ph. Wiemann, Abb. 196: IPNA Basel, Ph. Wiemann und Ch. Pümpin, Abb. 197: IPNA Basel, Ph. Wiemann, Abb. 198: IPNA Basel, Ph. Wiemann und Ch. Pümpin, Abb. 199: IPNA Basel, Ch. Pümpin, Abb. 200: Kartierung: Tim Wehrle, AfS Zürich, Datengrundlage: IPNA Basel, Ch. Pümpin und Ph. Wiemann, Abb. 201–206: IPNA Basel, Ch. Pümpin, Abb. 207: AfS Zürich.

5 TABELLEN

Tabelle 1: Eigenschaften der Lehme.

Lehmstelle	Snr	Phase	Form	seitlich scharf begrenzt	keilförmig endend	OK scharf begrenzt	UK scharf begrenzt	Schlieren randlich	Matrix Hauptbestandteil	Homogenität	Feinheit	brandgerötete OK oder Hitzegradient	Brocken	Trümmer	Sand	unbestimmte mineralische Flecken	Steine (mehrere grosse)	Kies (viel, klein, rundlich)	Holzkohle	Organik	Seekreide	Mächtigkeit (cm)	Mindestlänge im Profil (m)	Breite, sofern bekannt (m)	Fläche (m²), sofern bekannt	Lehm im Profil vollständig	interne Gliederung	Schlieren/Vorläufer unten	Lehm auf Sand	Lehm auf Seekreide	Organik unter Lehm sehr dünn	mögliche Konstr.elemente UK Lehm	Abspülprozesse/Erosion
1201	335	1	1					x	1	1	2											5	4							x			
1202	1031	1	1					x	1	1	2											5	3							x			
1203		1	1					x	1	1	2							x				2	2							x			
1204	38	1	1					x	1	1	2											5	2							x			
1205	38	1	1					x	1	1	2											2	2							x			
1206	83	1	1					x	1	1	2											5	3							x			
1207	742	1	1					x	1	1	2		x									5	4							x			
1208	787	1	1					x	1	1	2		x									8	3							x			
1209	792	1	1					x	1	1	2											8	3							x			
1210	1606	1	1					x	1	1	2											5	4							x			
1211	198	1	1					x	1	1	2		x									10	3							x			
1212	127	2	1					x	1	1	2		x				x					10	5							x			
1213	1918	1	1					x	1	1	2											10	2							x			
1214	N.N.		1					x	1	1	2											5	2							x			
1215	1969	1	1					x	1	1	2											10	2			x				x			
1501	1805	2	1					x	1	2			x		x	x		x	x		x	15	5			x				x	x		
1502	329, 355	1	1					?	2	1	2				x				x			15	4							x	x		
1503	323	1	3					?	1	2			x									5								x			
1504	326, 327	1	3					?	1	2			x									5				x				x			
1505	300	1	5						2	2												5	1							x			
1505	301	2	5						7	1		x	x									10	1										
1506	1113	2	4					?	1	2			x									5	3			x					x		
1507	352	1	3					?	1	1	1		x									10	2			x				x			
1508	1449	2	4					?	1	2			x									10	3			x					x		
1509	1623, 1627	1	1					?	1	1	1		x						x			10	3			x				x			
1509	1626	2	2						1	1	1	x		x					x			15	1							x			
1510	1426	2	1					x	1	1	1											5	2								x		
1511	1443	1	1					x	1	2			x									5	2							x			
1512	1115, 1468	1	1					?	1	2			x						x	x		10	3			x							
1513	1472	2	4					?	1	2			x						x	x			2			x					x		
1301	663, 298, 299	4	4						3	2			x									5	5			x							
1302	277	2	4						3	2			x		x		x	x		x		5	4			x							
1302	363	2	3						1	1												10	2			x	x						
1303	1093	1	2						2	2			x									15	2	2			x			x			
1303	1090	3	4						1	3			x									15	3	3	5	x							x
1304	314	2	1		x		x	x	2	2	2		x				x		x			15	5	4	12	x							
1304	337, 339	4	1					x	1	3	2		x						x	x		10	3	2	5	x							
1305	1040, 1225	2	4						3	2			x		x			x	x		x	10	5			x							
1306	1080	2	1					x	1	3			x		x							10	2										
1306	1076	4	3					x	1	3			x		x					x	x	10	5										
1306	357	6	3					x	1	2		x	x	x					x	x		20											

Lehmstelle	Snr	Phase	Form	seitlich scharf begrenzt	keilförmig endend	OK scharf begrenzt	UK scharf begrenzt	Schlieren randlich	Matrix Hauptbestandteil	Homogenität	Feinheit	brandgerötete OK oder Hitzegradient	Brocken	Trümmer	Sand	unbestimmte mineralische Flecken	Steine (mehrere grosse)	Kies (viel, klein, rundlich)	Holzkohle	Organik	Seekreide	Mächtigkeit (cm)	Mindestlänge im Profil (m)	Breite, sofern bekannt (m)	Fläche (m^2), sofern bekannt	Lehm im Profil vollständig	interne Gliederung	Schlieren/Vorläufer unten	Lehm auf Sand	Lehm auf Seekreide	Organik unter Lehm sehr dünn	mögliche Konstr.elemente UK Lehm	Abspülprozesse/Erosion
1307	350, 351, 1445	2	3				x	x	1	3			x						x			20	5	5	22	x	x						
1307	349, 360	4	4					x	1	2			x							x		15	5			x	x						x
1308	1026	2	4						1	2			x			x				x		15	4	2		x							
1309	1013, 1023	2	1		x			x	1	2			x						x	x	x	10	4	2		x		x					
1309	1032	4	3					x	1	2			x							x		10	2			x		x					
1310	1411	2	3					x	3	2			x							x	x	15	4	4		x	x	x					
1311	103	2	3				x	x	1	2			x							x		5	3	2		x							x
1312	562	1	3						1	1	1											5	3	1						x			
1313	22, 443	2	3					x	3	2					x					x	x	2											
1314	1402	2	4					x	6	2			x			x				x	x	5	1			x							
1314	1405	4	4					x	6	2			x			x				x	x	5	4			x							
1315	602, 606	2	1				x	x	1	2			x						x	x		10	4	2		x							
1316	1647	2	2					x	2	2			x							x		15	4			x							
1316	1651	5	1					x	1	1	1		x							x		15	4			x							
1317	251	2	1																						1								
1317	250	4	1					x	1	1	2									x		10	3			x		x					
1318	634	2	3						1	2			x						x			20	4	2		x							
1318	633	4	3					x	1	2									x	x		10	4	2		x							
1318	n.n.	6	3					x	1	2			x						x	x		5	2	2		x							
1319	76	4	3		x		x		1	1	2		x					x				20	3	2		x		x					
1320	585	4	1					x	1											x		10	3			x							
1321	1823	2	1					x	1	1	2	x	x							x		15	3	3		x	x	x			x		
1321	1821	4	1					x	1	3			x							x		15	4	3		x	x						
1321	1819, 1826	6	1					x	1	2			x							x		15	5	3		x							
1322	236, 237, 238, 1830	2	3					x	1	2			x							x		20	5	2									
1322	242, 1836	4	5						1	2			x						x			10	5	2									
1323	228	4	3					x	1	2			x							x		15	4	2		x		x					
1323	227	5	3					x	1	2			x							x		10	1	1	1	x							
1323	231	7	3				x	x	1	2			x						x	x		10	4	3		x							
1324	73	2	2					x	1	2			x		x				x	x		10	2			x							
1325	740	2	2					x	1	2			x		x			x	x	x		20	2	2	3	x		x					
1325	738	4	2					x	1	2			x		x			x	x	x		10	2	2	3	x		x					
1326	769, 772, 773, 774	2	1		x			x	1	2			x						x	x		12	4	4		x		x					
1327		2	1						1	2			x									10	1			x		x					
1328	1500	2	4					x	3	2			x							x		5	2			x							
1328	1498	4	1		x			x	1	1	1		x									5	2			x							
1328	1490	8	1		x			x	2	2			x									10	3			x							
1329	425	2	4					x	2	2			x							x		5	3	3		x		x					
1329	424, 613	4	2					x	1	2			x			x				x		15	2	3		x	x						
1330	417, 621	4	2					x	1	2			x							x		15	5	4		x		x					
1330	415, 619	6	2					x	1	2			x							x		15	5	4		x		x					
1331	714, 715, 724, 725	3	2					x	1	1	1		x						x			25	2			x		x					

Lehmstelle	Snr	Phase	Form	seitlich scharf begrenzt	keilförmig endend	OK scharf begrenzt	UK scharf begrenzt	Schlieren randlich	Matrix Hauptbestandteil	Homogenität	Feinheit	brandgerötete OK oder Hitzegradient	Brocken	Trümmer	Sand	unbestimmte mineralische Flecken	Steine (mehrere grosse)	Kies (viel, klein, rundlich)	Holzkohle	Organik	Seekreide	Mächtigkeit (cm)	Mindestlänge im Profil (m)	Breite, sofern bekannt (m)	Fläche (m²), sofern bekannt	Lehm im Profil vollständig	interne Gliederung	Schlieren/Vorläufer unten	Lehm auf Sand	Lehm auf Seekreide	Organik unter Lehm sehr dünn	mögliche Konstr.elemente UK Lehm	Abspülprozesse/Erosion
1332	786	4	1		x			x	1	1	1									x		10	3			x		x					
1332	769	6	3					x	1	2			x							x		10	3										
1333	div.	1	1		x			x	1	1	1		x							x		10	1	1		x	x	x					
1333	div.	2	1		x			x	1	2			x							x		10	2	2		x	x	x					
1334	429	2	2					x	1	1	2		x			x				x		25	2	2		x	x						
1335	699	4	2				x	x	3	2			x			x	x	x		x	x	10	3	2		x	x	x					
1335	498	5	5						1	2			x							x		10	3										
1336	712	2	1					1	1	2										x		5	3										
1336	731, 733	4	3		x			x	1	2			x							c		15	1	1	1	x	x						
1336	726, 709	6	1					x	1	2			x		x					x		10	2	2	3	x							
1336	708	8	3					x	1	2			x					x	x	x		20	3	3		x							
1337	1632, 1645, 1672	2	4					x	1	2			x							x		15	5	3		x		x					
1337	1700	4	4				x	x	1	2			x							x		10	4	3		x		x					
1338	1702, 1705	2	2				x	x	1	2			x			x				x		20	2			x	x						
1338	1697	4	2					x	1	2			x			x				x		20	3			x	x						
1339	1648	2	1		x			x	1	3			x									15	2	2		x	x						
1339	1632	4	3		x			x	1	3			x							x		15	4	3		x							
1340	745	2	3					x	2	2			x							x		10	2			x		x					
1340	743	4	4					x	1	2			x							x		10	4	4		x		x					
1341	760, 763, 785	2	4					x	2	2			x							x		5	4										
1341	759	4	1		x			x	2	1	2		x							x		10	2	2		x		x					
1342	1636, 1660	2	1					x	3	2			x							x		10	4			x	x	x					
1342	1659	4	4					x	1	3			x							x		10	5										
1343	723, 736	2	1					x	1	2			x							x		5	3	3		x							
1343	690	4	1					x	1	2			x							x		10	3			x							
1343	696	6	1		x			x	1	1	2		x						x	x		10	3			x							
1343	1667		1		x			x	1	1	2		x						x	x		10	2			x							
1344	1617	2	3					x	1	2			x			x				x	x	5	3	2		x							
1344	1615	4	3					x	1	2			x			x				x		15	3			x							
1344	1620, 1643	6	3					x	1	2			x			x				x		10	2			x							
1345	1608	2	4					x	1	2			x							x		10	5			x				x	x		
1345	1603	4	3					x	1	2			x			x				x	x	15	5	3		x							
1345	1612, 1621	6	3					x	1	2			x			x				x		10	2										
1346	1607, 1609	6	3				x	x	1	1	1		x			x						5	4			x							
1346	1602	8	3					x	1	2			x						x	x		10	2			x							
1347	1618, 1661	2	3				x	x	1	2			x						x	x		15	3	3		x							
1347	1601	4	3					x	2	2			x						x	x		15	3	5		x		x					
1348	div.	2	3					x	1	2			x		x	x		x	x	x	x	15	3			x	x	x					
1348	div.	4	3					x	1	2			x		x	x		x	x	x	x	15	4			x	x	x					
1350	1684	2	3					x	3	2			x						x	x		10	2										
1350	1066	4	5				x	x	1	1	2		x						x	x		15	3										
1351	132	2	4						1	2			x							x		10	2	1		x							

Lehmstelle	Snr	Phase	Form	seitlich scharf begrenzt	keilförmig endend	OK scharf begrenzt	UK scharf begrenzt	Schlieren randlich	Matrix Hauptbestandteil	Homogenität	Feinheit	brandgerötete OK oder Hitzegradient	Brocken	Trümmer	Sand	unbestimmte mineralische Flecken	Steine (mehrere grosse)	Kies (viel, klein, rundlich)	Holzkohle	Organik	Seekreide	Mächtigkeit (cm)	Mindestlänge im Profil (m)	Breite, sofern bekannt (m)	Fläche (m^2), sofern bekannt	Lehm im Profil vollständig	interne Gliederung	Schlieren/Vorläufer unten	Lehm auf Sand	Lehm auf Seekreide	Organik unter Lehm sehr dünn	mögliche Konstr.elemente UK Lehm	Abspülprozesse/Erosion
1352	1915	2	4						1	2			x							x		5	2			x							
1353	1946	2	4						1	2			x						x	x		10	2			x							
1354		2	1		x			x	1	1	2								x	x		15	2							x	x		
1357	2013	2	3		x			x	1	2		x	x							x		20	2	4		x		x					
1358		2	1				x	x	1	2										x		10	2			x							
1359		1	1						1	1	2								2	2		15	4			x				x			
1401	1096	2	2		x			x	1	2			x		x		x		x	x		10	2			x					x		
1401	1098	4	4		x			x	1	2			x									10	2			x							
1402	293	2	1					x	1	2			x				x					10	2			x		x					
1403	675, 1087	2	2					x	1	2			x		x		x		x	x		20	5	3	11	x		x	x	x	x		
1403	1084	3	4					x	1	2			x									10	2			x							
1404	670	1	1					x	1	1			x					x	x	x		5	3	2		x			x	x			
1404	668	3	2					x	1	2			x				x		x	x		20	5	3		x							
1405	332	2	3					x	1	2			x		x	x	x		x	x		20	3	3									
1406	1137	2	1						1	1	2		x						x	x		10	4			x					x		
1407	1418, 1419, 1430	1	1					x	1	1	1				x						x	10	4	3		x				x			
1407	1409	4	4					x	1	2		x	x		x	x	x		x	x		20	4	4		x		x					
1408	94	1																											x				
1409	1459	2	1					x	1	1	1											10	2			x					x		
1410	1629	1	1					x	1	2		x								x		5	3		7	x				x			
1410	1625	2	1				x	x	1	2			x									15	4		7	x							
1410	1628	4	3					x	1	2			x							x		10	4		9	x							
1410	1622	5	3					x	1	2			x									10	4			x							x
1411	592	2	2						1	3			x		x			x	x	x		15	4		6	x							
1411	593	1	3					x	1	3					x			x	x	x		10	3		3	x			x	x			
1412	557/647	2	1					x	1	2			x		x			x				15	4			x		x	x		x		
1412	239/556	3	3					x	1	2			x		x		x		x	x		15	3			x		x					
1413																																	
1414	74	2	5						1				x									10	3	5						x			
1415	423, 1694		1					x	1	2			x								x	10	3	2		x			x				x
1416																																	
1417																																	
1418																																	
1501	1805	2	4					x	1	2			x			x					x	15	4			x	x			x			
1502	329, 355	1	4						1	2			x		x			x	x	x	x	10	4							x			
1503	323	1	4						1	2			x									5	2							x			
1504	326, 327	1	5						1				x						x		x	10	2			x				x			
1505	300	1	4						2	2			x	?								10								x			
1506	1113	2	4						1	2			x									5	2			x					x		
1507	352	1	4						1	2			x									5	2							x			
1508	1449	2	1				x		1	2			x						x			15	3			x				x	x		
1509	1623	1					x		1	1			x						x			5	3			x				x			

Lehmstelle	Snr	Phase	Form	seitlich scharf begrenzt	keilförmig endend	OK scharf begrenzt	UK scharf begrenzt	Schlieren randlich	Matrix Hauptbestandteil	Homogenität	Feinheit	brandgerötete OK oder Hitzegradient	Brocken	Trümmer	Sand	unbestimmte mineralische Flecken	Steine (mehrere grosse)	Kies (viel, klein, rundlich)	Holzkohle	Organik	Seekreide	Mächtigkeit (cm)	Mindestlänge im Profil (m)	Breite, sofern bekannt (m)	Fläche (m²), sofern bekannt	Lehm im Profil vollständig	interne Gliederung	Schlieren/Vorläufer unten	Lehm auf Sand	Lehm auf Seekreide	Organik unter Lehm sehr dünn	mögliche Konstr.elemente UK Lehm	Abspülprozesse/Erosion
1509	0	2	3						1	1	1			x								15											
1510	1426	2	4						1	2			x						x			5	2			x				x	x		
1511	1443						x	x	1				x									5	2							x			
1512	1115, 1468	1	4					x	1	2			x						x			10	3			x				x			
1513	1472	2	4					x	1	2			x						x			5	3			x				x	x		
1601	1802	3	4						2				x									5	2										
1601	1803	2	5						1	2									x			5									x		
1602	1089	1	4					x	1	2			x						x	x		15	2			x				x			
1603	319	1	5																														
1604	1114	1	1					x	1	1	1		x							x		10	3			x				x			
1604	1451	3	4						2	2			x									10	3	4		x							
1605	1438, 1442	1	5						1				x																	x			
1606	1456	2	4					x	1	2			x									15	3			x				x	x		
1607	1835	1	1					x	1	2			x									10	3							x			
1608	1649	2	1						1				x									10	5							x			

Erläuterungen zu den Lehmtabellen

In den meisten Fällen wurde nur das Vorhandensein mit Kreuzchen markiert. In einigen Fällen wurden Kodierungen verwendet, die wie folgt aufzulösen sind:

Form
1 = flacher Lehm
2 = deutlich haufenförmiger Lehm
3 = ungleichmässiger Lehm
4 = Brockenstreuung
5 = nicht beurteilbar

Matrix Hauptbestandteil
1 = grauer Lehm
2 = brauner Lehm
3 = Detritus
4 = Steine
5 = Seekreide
6 = Misch-Schicht
7 = weiss nicht/anderes

Homogenität
1 = homogen
2 = heterogen (rechts und links verschieden)
3 = inhomogen (geschichtet)

Feinheit
1 = fein homogen
2 = grob homogen (Bestandteile von Auge auf Foto sichtbar)

mögliche Konstruktionselemente an der Unterkante
R = Rinde flächendeckend
H = mehrere liegende Hölzer
S = Steinpackung
X = Anderes (beschrieben in Lehmkatalog)

Tabelle 2: Radiokarbondaten der Sedimente.

Sektion/Snr	Probe	Sektions-tiefe (cm)	Mastertiefe (cm)	Material	^{14}C-Alter	95% range BC OxCAL IntCal13	95% range BP OxCAL IntCal13
Op11-2(1.8–3)	OpC14_1	39,3	180,8	Holzstück	2463±22	761–431 BC	2711–2381 cal BP
Op11-2(5.4–6.6)	OpC14_2	85	569,4	Holzfragment	4538±23	3363–3106 BC	5313–5056 cal BP
Op11-2(9–10.2)	OpC14_4	24,5	925,9	Holzfragment	8899±36	8231–7957 BC	10181–9907 cal BP
Snr 579/FKnr12427	49137.1	–	–	Föhrenzapfen	9221±37	8551–8311 BC	10501–10261 BP

Tabelle 3: Mastersektionstiefen.

Sektion/Snr	Sektion Start (cm)	Sektion Ende (cm)	Mastersektionstiefe Start (cm)	Mastersektionstiefe Ende (cm)
Op11-1(0–1.2)	0	51	0	51
Op11-2(0.6–1.8)	12,5	86,5	51	125
Op11-1(1.2–2.4)	39	86,5	125	172,5
Op11-2(1.8–3)	31	63	172,5	204,5
Op11-1(2.4–3.6)	8,5	86,5	204,5	282,5
Op11-2(3–4.2)	30,3	62	282,5	314,2
Op11-1(3.6–4.8)	6,8	117	314,2	424,4
Op11-2(4.2–5.4)	57,5	113	424,4	479,9
Op11-1(4.8–6)	57,5	100	479,9	522,4
Op11-2(5.4–6.6)	38	86	522,4	570,4
Op11-1(6–7.2)	8	96	570,4	658,4
Op11-2(6.6–7.8)	14,5	110	658,4	753,9
Op11-1(7.2–8.4)	48	87,5	753,9	793,4
Op11-2(7.8–9)	26	96,5	793,4	863,9
Op11-1(8.4–9.6)	46,5	103,5	863,9	920,9
Op11-2(9–10.2)	19,5	108	920,9	1009,4
Op11-1(9.6–10.8)	56	72,2	1009,4	1025,6
Op11-2(10.2–11.4)	5	105	1025,6	1125,6
Op11-1(10.8–12)	35	109	1125,6	1199,6
Op11-2(11.4–12.6)	50	110	1199,6	1259,6
Op11-1(12–13.2)	18,5	119	1259,6	1360,1

Tabelle 4: Karbonatmessungen.

Probe	Sektion/Snr	Sektions-tiefe (cm)	Master-tiefe (cm)	$CaCO_3$ (%)	organisches Material (%)
OpC1	Op11-2(0.6–1.8)	18,5	18,5	61,2255	3,62
OpC2	Op11-2(0.6–1.8)	30	30	57,9768	1,44
OpC3	Op11-2(0.6–1.8)	50	50	64,4742	6,84
OpC4	Op11-2(0.6–1.8)	67	67	83,3	2,56
OpC5	Op11-2(0.6–1.8)	86	86	58,8098	6,66
OpC6	Op11-1(1.2–2.4)	40	40	86,632	2,22
OpC7	Op11-1(1.2–2.4)	59	59	84,7994	3,5
OpC8	Op11-1(2.4–3.6)	10,5	10,5	42,3997	9,12
OpC9	Op11-1(2.4–3.6)	30	30	47,3144	10,36
OpC10	Op11-1(2.4–3.6)	49	49	89,3809	2,86
OpC11	Op11-1(2.4–3.6)	69	69	78,3853	5,9
OpC12	Op11-2(3–4.2)	36	36	59,7261	10,28
OpC13	Op11-2(3–4.2)	56	56	56,7273	11,86
OpC14	Op11-1(3.6–4.8)	24	24	72,471	3,84
OpC15	Op11-1(3.6–4.8)	44	44	81,4674	3,66
OpC16	Op11-1(3.6–4.8)	64,5	64,5	78,3853	3,42
OpC17	Op11-1(3.6–4.8)	84,5	84,5	74,8034	3,54
OpC18	Op11-1(3.6–4.8)	105	105	80,9676	3,08
OpC19	Op11-2(4.2–5.4)	65,5	65,5	79,5515	3,16
OpC20	Op11-2(4.2–5.4)	85,5	85,5	88,1314	3,08
OpC21	Op11-2(4.2–5.4)	106	106	87,1318	3,38
OpC22	Op11-1(4.8–6)	61	61	68,9724	7,9
OpC23	Op11-1(4.8–6)	76	76	43,2327	21,58
OpC24	Op11-1(4.8–6)	81	81	71,8879	8,8
OpC25	Op11-1(4.8–6)	99,5	99,5	92,5463	3,5
OpC26	Op11-2(5.4–6.6)	60	60	89,7974	4,46
OpC27	Op11-2(5.4–6.6)	80	80	82,467	8,24
OpC28	Op11-2(5.4–6.6)	85	85	37,8182	28,46
OpC29	Op11-1(6–7.2)	28	28	91,63	3,36
OpC30	Op11-1(6–7.2)	47	47	89,6308	3,1
OpC31	Op11-1(6–7.2)	67	67	94,962	2,54
OpC32	Op11-1(6–7.2)	87	87	92,2131	3,02
OpC33	Op11-2(6.6–7.8)	25,5	25,5	81,9672	5,2
OpC34	Op11-2(6.6–7.8)	45,5	45,5	90,7137	3,74
OpC35	Op11-2(6.6–7.8)	65,5	65,5	93,2127	3,86
OpC36	Op11-2(6.6–7.8)	86	86	91,9632	3,54
OpC37	Op11-2(6.6–7.8)	105,5	105,5	88,298	3,46
OpC38	Op11-1(7.2–8.4)	63	63	92,6296	3,36
OpC39	Op11-1(7.2–8.4)	83	83	94,3789	2,84
OpC40	Op11-2(7.8–9)	42	42	92,7129	3,18
OpC41	Op11-2(7.8–9)	62	62	92,0465	2,9
OpC42	Op11-2(7.8–9)	82	82	92,9628	2,66
OpC43	Op11-1(8.4–9.6)	53,3	53,3	75,6364	4,76
OpC44	Op11-1(8.4–9.6)	73	73	90,5471	2,64
OpC45	Op11-1(8.4–9.6)	93	93	90,797	2,76
OpC46	Op11-2(9–10.2)	30	30	86,5487	2,96
OpC47	Op11-2(9–10.2)	50	50	93,3793	3,02
OpC48	Op11-2(9–10.2)	70	70	93,9624	2,54
OpC49	Op11-2(9–10.2)	90	90	90,7137	3,8
OpC50	Op11-2(9–10.2)	65	65	63,8078	2,64
OpC51	Op11-1(9.6–10.8)	58	58	93,2127	2,64
OpC52	Op11-2(10.2–11.4)	12	12	93,2127	2,44
OpC53	Op11-2(10.2–11.4)	32	32	68,3893	2,98
OpC54	Op11-2(10.2–11.4)	52	52	81,9672	3,84
OpC55	Op11-2(10.2–11.4)	72	72	78,7185	4,56
OpC56	Op11-2(10.2–11.4)	92	92	67,1398	2,34
OpC57	Op11-1(10.8–12)	42	42	47,8975	1,08
OpC58	Op11-1(10.8–12)	62	62	47,3144	0,92
OpC59	Op11-1(10.8–12)	82	82	44,3989	0,52
OpC60	Op11-1(10.8–12)	102	102	44,149	0,62
OpC61	Op11-2(11.4–12.6)	64	64	42,0665	0,64
OpC62	Op11-2(11.4–12.6)	84	84	37,4017	0,06
OpC63	Op11-2(11.4–12.6)	104	104	43,5659	0,24
OpC64	Op11-1(12–13.2)	33	33	42,8995	0,02
OpC65	Op11-1(12–13.2)	53	53	45,4818	0,2

Tabelle 5: Tabelle aller DG und MK mit den t-Werten zu den Referenzchronologien.

	t-Wert zur Referenzchronologie						
Dendrogruppe (DG) bzw. Mittelkurve (MK)	**Deutschschweiz**	**Bodensee**	**Westschweiz**	**Hohenheimer Std.kurve=Süd-D**	**Datierung**	**Güte**	**Bemerkungen**
MK 3297 – Tanne (aus EK>49 JR der DG 202, 205, 208, 210, 212, 213)	4,4 (5,8)	3,7 (4,4)	4,3 (5,2)	3,3 (5)	–3065	B	in Klammern die Werte unter Ausschluss der JR 1–29 und 260–270
MK 3297.1 – Tanne (detrended)	4,5 (5,6)	4 (4,3)	4,4 (5,2)	3,6 (4,8)	–3065	B	in Klammern die Werte unter Ausschluss der JR 1–29 und 260–270
DG 9 (= MK 3301)	13,4	3,1	4,2	4,2	–3233	A	
MK 3301.1 (detrended)	12,4	–	4,3	4,3	–3233	A	
DG 1	6	2,3	–	–	–3226	A	
DG 3	6,3	2,5	3,6	2,2	–3233	A	
DG 21	3,9	–	–	–	–3226	A	Korrelation mit DG 9 stark (s. Kap. VIII.1.5.2)
DG 22	–	–	–	–	–3232	B	
DG 25	–	–	–	–	–3233	B	
DG 28	–	–	–	–	–3233	B	
DG 55	2,7	2,6	–	–	–3226	B	
DG 56	4,3	3,2	–	3,8	–3226	A	
DG 57	5,7	3,5	2,8	2,9	–3233	B	
DG 58	6,4	2,9	–	3,2	–3226	A	
DG 59	–	–	–	–	–3228	A	
MK 3302 (aus EK>49 JR der DG 85, 105, 107, 108)	7	–	2,9	–	–3204	B	
MK 3302.1 (detrended)	6,8	–	2,9	–	–3204	B	
DG 85	5,8	–	2,5	2,7	–3204	B	
DG 105	6,3	–	3,1	2,2	–3204	B	
DG 107	4,7	–	2,7	3,5	–3204	B	
DG 108	4,4	–	–	–	–3204	B	
MK 3303 (aus a-dat. EK der DG 10, 12, 104)	8,7	2,6	5,4	5,4	–3161	A	
MK 3303.1 (detrended)	7,6	2,9	4,6	4,8	–3161	A	
DG 8	4,5	–	4,5	–	–3161	A	
DG 10	6,8	2,2	3,9	4,3	–3174	A	
DG 12	7,3	2,3	4,6	4,7	–3161	A	
DG 18	2,7	–	–	–	–3167	B	
DG 20	5	–	4,1	–	–3175	A	
DG 23	5,3	–	3,9	2,6	–3175	A	
DG 29	4,3	2,9	2,7	–	–3166	B	
DG 30	–	–	–	–	–3159	B	
DG 31	3,9	4,2	3,2	–	–3159	B	
DG 32	4,2	3,4	2,8	–	–3161	B	
DG 35	5,6	–	3,7	–	–3159	A	
DG 37	5,1	–	2,4	2,1	–3175	A	
DG 40	4,8	3	3,5	3,7	–3177	A	
DG 42	3,8	–	3	–	–3187	B	Kerndatum
DG 43	–	4	–	2,6	–3170	B	
DG 45	2,8	–	2,9	2,5	–3175	B	
DG 50	4,1	–	–	–	–3175	A	

Zum Inhaltsverzeichnis

	t-Wert zur Referenzchronologie						
Dendrogruppe (DG) bzw. Mittelkurve (MK)	**Deutschschweiz**	**Bodensee**	**Westschweiz**	**Hohenheimer Std.kurve=Süd-D**	**Datierung**	**Güte**	**Bemerkungen**
DG 53	5,5	2,7	4,6	–	–3170	B	
DG 60	4,9	–	2,3	–	–3175	A	
DG 62	3	–	–	–	–3159	B	
DG 81	3,6		2,6	3	–3176	B	
DG 86	4,6	–	3,8	–	–3160	A	
DG 103	2,6	–	2,2	–	–3161	A	
DG 104	8,9	–	6	3,9	–3175	A	
DG 106	5,8	–	3,1	–	–3180	B	
DG 110	4,9	–	5	2,6	–3157	A	
DG 111	–	–	–	–	–3172	B	
DG 112	4,7	–	–	–	–3202	B	Kerndatum
DG 1000	–	–	–	–	–3171	B	
MK 3304 (aus EK>49 JR der DG 14, 114)	6,6	–	4,4	2,9	–3089	B	
MK 3304.1 (detrended)	6,4	3,4	4	2,4	–3089	B	
DG 14	4,9	2	2,7	–	–3089	B	
DG 54	4,2	3,6	3,3	–	–3098	B	
DG 114	5,9	4	4,2	–	–3091	A	
DG 2 (= MK 3305)	10,1	8,2	66,9	5,1	–3063	A	
MK 3305.1 (detrended)	10,8	8,6	7,5	4,9	–3063	A	
DG 4 (= MK 3306)	11,7	6,7	6,6	6,8	–2882	A	
MK 3306.1 (detrended)	10,9	6,6	6,4	6,8	–2882	A	
DG 38	3,3	3,3	2,7	–	–2892	B	
DG 39	6,4	–	–	2,5	–2884	B	
DG 47	4,2	–	3,9	3,2	–2883	B	
DG 102	5,9	3,6	–	–	–2892	B	
MK 3307 – Esche (aus EK>49 JR der DG 26, 48, 66, 67)	– (4,7)	– (2,2)	2,7 (2,3)	– (–)	–2877	B	in Klammern die Werte für den Bereich 30–150
MK 3307.1 – Esche (detrended)	3,2 (4,4)	– (–)	2,2 (–)	– (–)	–2877	B	in Klammern die Werte für den Bereich 30–150
DG 36 – Esche	–	–	–	–	–2877	B	
DG 48 – Esche	–	–	–	–	–2885	B	
DG 66 – Esche	–	–	–	–	–2885	B	
DG 67 – Esche	2,1	2,3			–2883	B	
MK 3308 (aus a-dat. EK der DG 51, 52)	11,2	6,8	6,5	4,2	–2727	A	
MK 3308.1 (detrended)	12,9	7,9	7,1	4,7	–2727	A	
DG 51	13,8	7,7	6,6	4,3	–2749	A	
DG 52	11	5,9	5,1	4,6	–2727	A	
DG 83	3,9	3	–	–	–2752	A	
DG 100	4	4	–	2,2	–2752	B	
DG 70 (= MK 3309) – Erle	5,6	–	2	–	–3232	A	
MK 3309.1 – Erle (detr.)	5,5	–	–	–	–3232	A	
MK 3310 (aus EK>49 JR der DG der Phasen 1–5)	19,8	7,2	9,9	7,5	–3063	A	
MK 3310.1 (detrended)	20	7,4	9,4	7,9	–3063	A	
DG 150 (Sechseläutenplatz)	7,1	–	3,9	–	–3067	A	

Tabelle 6: Tabelle aller DG mit den jeweiligen Detailangaben.

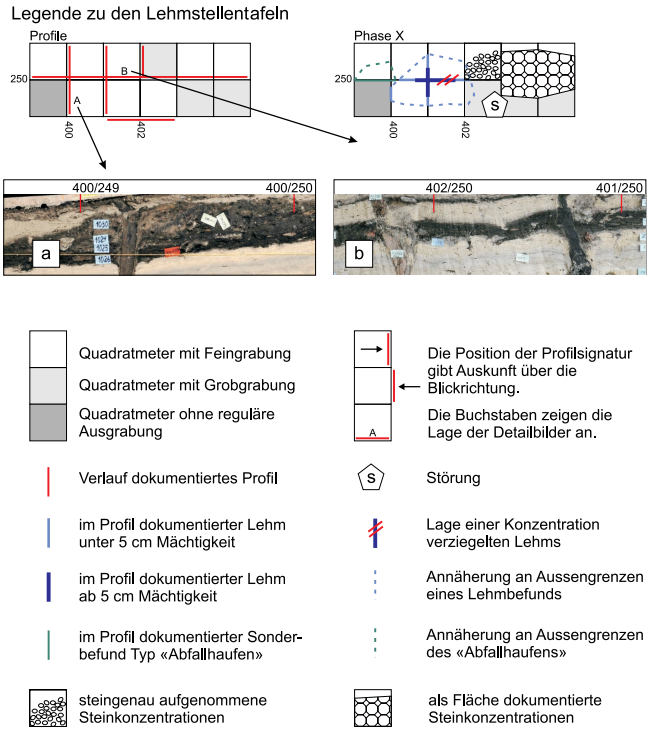
Mittelkurve	datiert auf	Güte der Datierung	Anzahl JR	Art	Epoche	Siedlungsphase	berechnet aus x EK	belegt durch x EK (exkl. EK z)	x EK z vorhanden	belegt durch total x EK (inkl. EK z)	Auswahl der EK für Berechnung der DG bzw. MK
DG 1	–3226	A	83	Eiche	Horgen	Opéra 1	82	137	17	154	aus EK a-dat.
DG 2	–3063	A	117	Eiche	Horgen	Opéra 5	6	9	0	9	aus EK a-dat. (=MK 3305)
DG 3	–3233	A	111	Eiche	Horgen	Opéra 1	26	29	0	29	aus EK a-dat.
DG 4	–2882	A	147	Eiche	Horgen	Opéra 6	302	314	7	321	aus EK a-dat. (=MK 3306)
DG 5	–2727	A	131	Eiche	Schnurkeramik	Opéra 7–8	346	413	10	423	aus EK von DG 51, 52 a-dat. (=MK 3308)
DG 7	0	U	98	Eiche			5	5	0	5	aus EK>49 JR
DG 8	–3161	A	76	Eiche	Horgen	Opéra 3	15	21	0	21	aus EK a-dat.
DG 9	–3233	A	59	Eiche	Horgen	Opéra 1	36	71	11	82	aus EK a-dat. (=MK 3301)
DG 10	–3174	A	85	Eiche	Horgen	Opéra 3	56	84	4	88	aus EK a-dat.
DG 11	0	U	50	Eiche			4	4	0	4	aus EK>45 JR
DG 12	–3161	A	126	Eiche	Horgen	Opéra 3	103	132	5	137	aus EK a-dat.
DG 13	0	U	51	Eiche			7	9	1	10	aus EK>45 JR
DG 14	–3089	B	73	Eiche	Horgen	Opéra 4	2	2	1	3	aus EK b-dat. >49 JR
DG 15	0	U	37	Eiche			14	18	0	18	aus EK>29 JR
DG 17	0	U	62	Eiche			2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 18	–3167	B	60	Eiche	Horgen	Opéra 3	4	11	0	11	aus EK>45 JR
DG 19	0	U	39	Eiche			6	6	0	6	aus EK>29 JR
DG 20	–3175	A	71	Eiche	Horgen	Opéra 3	25	32	6	38	aus EK a-dat.
DG 21	–3226	A	72	Eiche	Horgen	Opéra 1	8	19	0	19	aus EK a-dat.
DG 22	–3232	B	51	Eiche	Horgen	Opéra 1	8	21	2	23	aus EK>40 JR
DG 23	–3175	A	73	Eiche	Horgen	Opéra 3	17	21	3	24	aus EK a-dat.
DG 25	–3233	B	43	Eiche	Horgen	Opéra 1	6	9	0	9	aus EK>35 JR
DG 27	0	U	64	Eiche			2	2	1	3	aus EK>49 JR
DG 28	–3233	B	57	Eiche	Horgen	Opéra 1	2	3	0	3	aus EK>49 JR
DG 29	–3166	B	44	Eiche	Horgen	Opéra 3	3	24	0	24	aus EK>39 JR
DG 30	–3159	B	53	Eiche	Horgen	Opéra 3	2	7	0	7	aus EK>48 JR
DG 31	–3159	B	55	Eiche	Horgen	Opéra 3	3	24	0	24	aus EK>49 JR
DG 32	–3161	B	53	Eiche	Horgen	Opéra 3	4	15	0	15	aus EK>44 JR
DG 33	–993	A	263	Eiche			3	3	0	3	aus EK a-dat.
DG 34	0	U	35	Eiche			2	2	0	2	aus EK>29 JR
DG 35	–3159	A	68	Eiche	Horgen	Opéra 3	6	20	1	21	aus EK a-dat.
DG 36	–2877	B	150	Esche	Horgen	Opéra 6	23	23	13	36	aus EK>49 JR
DG 37	–3175	A	79	Eiche	Horgen	Opéra 3	14	19	2	21	aus EK a-dat.
DG 38	–2892	B	84	Eiche	Horgen	Opéra 6	4	4	0	4	aus EK>49 JR
DG 39	–2884	B	113	Eiche	Horgen	Opéra 6	7	8	0	8	aus EK>49 JR
DG 40	–3177	A	74	Eiche	Horgen	Opéra 3	9	13	0	13	aus EK a-dat.
DG 41	0	U	74	Eiche			3	3	0	3	aus EK>49 JR
DG 42	–3187	B	41	Eiche	Horgen	Opéra 3	3	3	0	3	aus EK>30 JR, Kerndatum

Mittelkurve	datiert auf	Güte der Datierung	Anzahl JR	Art	Epoche	Siedlungsphase	berechnet aus x EK	belegt durch x EK (exkl. EK z)	x EK z vorhanden	belegt durch total x EK (inkl. EK z)	Auswahl der EK für Berechnung der DG bzw. MK
DG 43	–3170	B	34	Eiche	Horgen	Opéra 3	4	7	0	7	aus EK>29 JR
DG 44	0	U	94	Eiche			3	4	0	4	aus EK>49 JR
DG 45	–3175	B	37	Eiche	Horgen	Opéra 3	9	23	4	27	aus EK>29 JR
DG 46	0	U	83	Eiche			5	8	1	9	aus EK>49 JR
DG 47	–2883	B	80	Eiche	Horgen	Opéra 6	10	20	0	20	aus EK>49 JR
DG 48	–2885	B	112	Esche	Horgen	Opéra 6	18	19	4	23	aus EK>49 JR
DG 49	0	U	51	Eiche			3	5	0	5	aus EK>49 JR
DG 50	–3175	A	62	Eiche	Horgen	Opéra 3	6	6	1	7	aus EK a-dat.
DG 51	–2749	A	109	Eiche	Schnurkeramik	Opéra 7	271	303	4	307	aus EK a-dat.
DG 52	–2727	A	118	Eiche	Schnurkeramik	Opéra 8	75	110	6	116	aus EK a-dat.
DG 53	–3170	B	50	Eiche	Horgen	Opéra 3	4	12	3	15	aus EK>39 JR
DG 54	–3098	B	40	Eiche	Horgen	Opéra 4	2	2	0	2	aus EK>35 JR
DG 55	–3226	B	43	Eiche	Horgen	Opéra 1	3	6	0	6	aus EK>34 JR
DG 56	–3226	A	65	Eiche	Horgen	Opéra 1	23	28	0	28	aus EK a-dat.
DG 57	–3233	B	46	Eiche	Horgen	Opéra 1	2	6	0	6	aus EK>40 JR
DG 58	–3232	A	59	Eiche	Horgen	Opéra 1	6	15	0	15	aus EK a-dat.
DG 59	–3228	A	62	Eiche	Horgen	Opéra 1	3	6	0	6	aus EK a-dat.
DG 60	–3175	A	71	Eiche	Horgen	Opéra 3	14	21	0	21	aus EK a-dat.
DG 61	0	U	80	Eiche			3	5	0	5	aus EK>49 JR
DG 62	–3159	B	37	Eiche	Horgen	Opéra 3	3	5	0	5	aus EK>32 JR
DG 63	0	U	40	Eiche			2	2	0	2	aus EK>36 JR
DG 64	0	U	43	Eiche			2	2	0	2	aus EK>41 JR
DG 65	0	U	36	Eiche			2	2	0	2	aus EK>35 JR
DG 66	–2885	B	66	Esche	Horgen	Opéra 6	5	12	5	17	aus EK>49 JR
DG 67	–2883	B	80	Esche	Horgen	Opéra 6	8	10	3	13	aus EK>49 JR
DG 68	0	U	39	Esche			3	5	0	5	aus EK>34 JR
DG 69	0	U	32	Esche			3	3	0	3	aus EK>30 JR
DG 70	–3232	A	94	Erle	Horgen	Opéra 1	13	23	3	26	aus EK a-dat. (=MK 3309)
DG 71	0	U	85	Erle			12	12	4	16	aus EK>49 JR
DG 72	0	U	115	Erle			9	11	0	11	aus EK>49 JR
DG 73	0	U	76	Erle			4	4	0	4	aus EK>49 JR
DG 74	0	U	132	Erle			3	3	0	3	aus EK>49 JR
DG 75	0	U	37	Erle			4	4	0	4	aus EK>28 JR
DG 76	0	U	80	Erle			4	4	0	4	aus EK>49 JR
DG 77	0	U	109	Erle			5	5	0	5	aus EK>49 JR
DG 78	0	U	104	Erle			2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 79	0	U	99	Erle			3	3	0	3	aus EK>49 JR
DG 80	0	U	72	Erle			2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 81	–3176	B	88	Eiche	Horgen	Opéra 3	4	4	3	7	aus EK>49 JR

Mittelkurve	datiert auf	Güte der Datierung	Anzahl JR	Art	Epoche	Siedlungsphase	berechnet aus x EK	belegt durch x EK (exkl. EK z)	x EK z vorhanden	belegt durch total x EK (inkl. EK z)	Auswahl der EK für Berechnung der DG bzw. MK
DG 82	0	U	41	Esche			4	4	0	4	aus EK>34 JR
DG 83	–2752	A	79	Eiche	Schnurkeramik	Opéra 7	9	11	0	11	aus EK a-dat.
DG 84	0	U	65	Esche			3	4	0	4	aus EK>49 JR
DG 85	–3204	B	78	Eiche	Horgen	Opéra 2	9	10	1	11	aus EK>49 JR
DG 86	–3160	A	76	Eiche	Horgen	Opéra 3	4	6	1	7	aus EK a-dat.
DG 87	0	U	44	Esche			3	3	0	3	aus EK>35 JR
DG 88	0	U	29	Eiche			3	9	0	9	aus EK>22 JR
DG 89	0	U	49	Eiche			4	6	0	6	aus EK>42 JR
DG 91	0	U	55	Pappel			2	3	0	3	aus EK>41 JR
DG 92	0	U	43	Pappel			5	5	0	5	aus EK>29 JR
DG 93	0	U	88	Erle			2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 94	0	U	76	Erle			2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 100	–2752	B	52	Eiche	Schnurkeramik	Opéra 7	7	18	0	18	aus EK>39 JR
DG 101	0	U	50	Eiche			3	6	0	6	aus EK>44 JR
DG 102	–2892	B	67	Eiche	Horgen	Opéra 6	6	9	1	10	aus EK>49 JR
DG 103	–3161	A	71	Eiche	Horgen	Opéra 3	4	12	0	12	aus EK a-dat.
DG 104	–3175	A	72	Eiche	Horgen	Opéra 3	20	25	3	28	aus EK a-dat.
DG 105	–3204	B	57	Eiche	Horgen	Opéra 2	5	6	0	6	aus EK>49 JR
DG 106	–3180	B	50	Eiche	Horgen	Opéra 3	3	4	0	4	aus EK>45 JR
DG 107	–3204	B	61	Eiche	Horgen	Opéra 2	2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 108	–3204	B	51	Eiche	Horgen	Opéra 2	3	3	1	4	aus EK>43 JR
DG 109	0	U	38	Eiche			2	4	0	4	aus EK>36 JR
DG 110	–3157	A	83	Eiche	Horgen	Opéra 3	3	3	0	3	aus EK a-dat.
DG 111	–3172	B	32	Eiche	Horgen	Opéra 3	3	4	0	4	aus EK>25 JR
DG 112	–3202	B	143	Eiche	Horgen	Opéra 3	2	2	0	2	aus EK>49 JR, Kerndatum
DG 113	0	U	54	Eiche			2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 114	–3091	A	72	Eiche	Horgen	Opéra 4	3	4	0	4	aus EK a-dat.
DG 115	0	U	39	Eiche			2	2	1	3	aus EK>38 JR
DG 116	0	U	27	Eiche			2	2	0	2	aus EK>26 JR
DG 117	0	U	24	Eiche			2	2	0	2	aus EK>22 JR
DG 118	0	U	39	Eiche			2	2	0	2	aus EK>38 JR
DG 119	0	U	31	Eiche			3	3	0	3	aus EK>27 JR
DG 120	0	U	38	Eiche			2	2	0	2	aus EK>33 JR
DG 121	0	U	37	Eiche			2	2	0	2	aus EK>36 JR
DG 122	0	U	63	Esche			2	2	0	2	aus EK>49 JR
DG 123	0	U	38	Esche			3	3	0	3	aus EK>33 JR
DG 124	0	U	48	Esche			3	3	0	3	aus EK>32 JR
DG 150	–3067	A	97	Eiche	Horgen	Opéra 4	3	6	4	10	aus EK>49 JR (Sechseläutenplatz)
DG 151	0	U	36	Eiche			4	4	0	4	aus allen EK (Sechseläutenplatz)

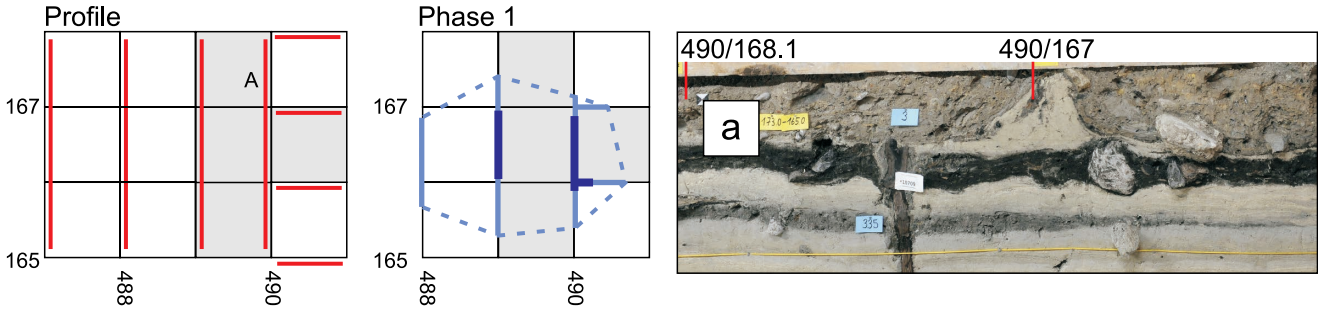
Mittelkurve	datiert auf	Güte der Datierung	Anzahl JR	Art	Epoche	Siedlungsphase	berechnet aus x EK	belegt durch x EK (exkl. EK z)	x EK z vorhanden	belegt durch total x EK (inkl. EK z)	Auswahl der EK für Berechnung der DG bzw. MK
DG 152	0	U	44	Eiche			4	4	0	4	aus allen EK (Sechseläutenplatz)
DG 153	0	U	33	Eiche			2	2	0	2	aus allen EK (Sechseläutenplatz)
DG 201	0	U	111	Tanne			2	2	0	2	aus EK>37 JR
DG 202	–3162	B	184	Tanne			43	51	10	61	aus EK>49 JR
DG 203	0	U	90	Tanne			2	3	0	3	aus EK>49 JR
DG 204	–3176	B	117	Tanne			3	3	0	3	aus EK>49 JR
DG 205	–3070	B	79	Tanne			5	5	3	8	aus EK>38 JR
DG 206	–3183	B	156	Tanne			5	5	0	5	aus EK>49 JR
DG 207	0	U	74	Tanne			3	3	0	3	aus EK>47 JR
DG 208	–3065	B	129	Tanne			5	9	1	10	aus EK>49 JR
DG 209	0	U	102	Tanne			2	2	1	3	aus EK>49 JR
DG 210	–3103	B	129	Tanne			4	4	0	4	aus EK>49 JR
DG 211	0	U	71	Tanne			3	3	0	3	aus EK>49 JR
DG 212	–3177	B	95	Tanne			3	3	1	4	aus EK>45 JR
DG 213	–3178	B	103	Tanne			4	6	1	7	aus EK>49 JR
DG 214	0	U	48	Tanne			2	2	0	2	aus EK>34 JR
DG 215	0	U	27	Tanne			2	2	0	2	aus EK>25 JR
DG 1000	–3171	B	34	Eiche	Horgen	Opéra 3	29	60	1	61	aus EK>24 JR
DG 1000.1	–3175	B	27	Eiche			16	16	0	16	aus EK der urspr. Hypothese um –3170
DG 1000.2	–3171	B	31	Eiche			30	30	0	30	aus EK der urspr. Hypothese um –3230
DG 1001	0	U	24	Eiche			4	4	0	4	aus EK>21 JR
DG 1002	0	U	34	Eiche			3	7	0	7	aus EK>25 JR
DG 1003	0	U	36	Eiche			4	6	0	6	aus EK>34 JR
MK3297	–3065	B	281	Tanne			60	78	16	94	aus EK>49 der DG 202, 205, 208, 210, 212 und 213
MK3301	–3233	A	59	Eiche	Horgen	Opéra 1	36				=DG 9
MK3302	–3204	B	78	Eiche	Horgen	Opéra 2	18				aus EK>49 JR der DG 85, 105, 107 und 108
MK3303	–3161	A	126	Eiche	Horgen	Opéra 3	179				aus EK a-dat. der DG 10, 12 und 104
MK3304	–3089	B	74	Eiche	Horgen	Opéra 4	5				aus EK>49 JR der DG 14 und 114
MK3305	–3063	A	117	Eiche	Horgen	Opéra 5	6				=DG 2
MK3306	–2882	A	147	Eiche	Horgen	Opéra 6	302				=DG 4
MK3307	–2877	B	150	Esche	Horgen	Opéra 6	54				aus EK>49 JR der DG 36, 48, 66 und 67
MK3308	–2727	A	131	Eiche	Schnurkeramik	Opéra 7–8	346				aus EK a-dat. der DG 51 und 52
MK3309	–3232	A	94	Erle	Horgen	Opéra 1	13				=DG 70
MK3310	–3063	A	282	Eiche	Horgen	Opéra 1–5	555				aus EK>49 JR der Eichen-DG Phasen1–5

6 TAFELN

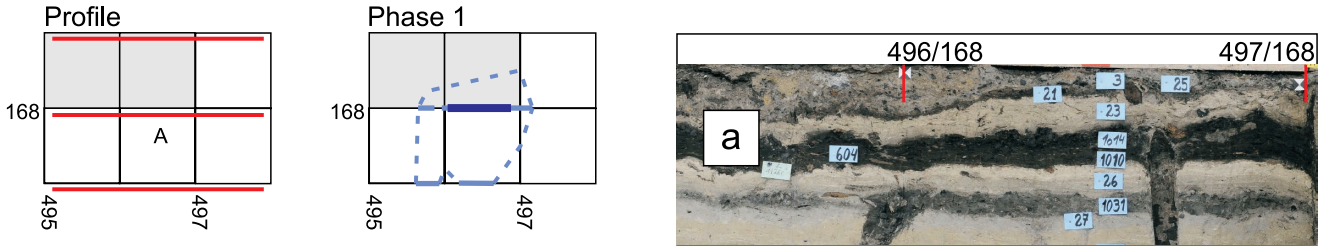

Legende zu den Lehmstellentafeln
Profile
Phase X
250
A
B
400
402
S
400/249
400/250
402/250
401/250
a
b
Quadratmeter mit Feingrabung
Quadratmeter mit Grobgrabung
Quadratmeter ohne reguläre Ausgrabung
Die Position der Profilsignatur gibt Auskunft über die Blickrichtung.
Die Buchstaben zeigen die Lage der Detailbilder an.
Verlauf dokumentiertes Profil
Störung
im Profil dokumentierter Lehm unter 5 cm Mächtigkeit
Lage einer Konzentration verziegelten Lehms
im Profil dokumentierter Lehm ab 5 cm Mächtigkeit
Annäherung an Aussengrenzen eines Lehmbefunds
im Profil dokumentierter Sonder-befund Typ «Abfallhaufen»
Annäherung an Aussengrenzen des «Abfallhaufens»
steingenau aufgenommene Steinkonzentrationen
als Fläche dokumentierte Steinkonzentrationen

Zum Inhaltsverzeichnis

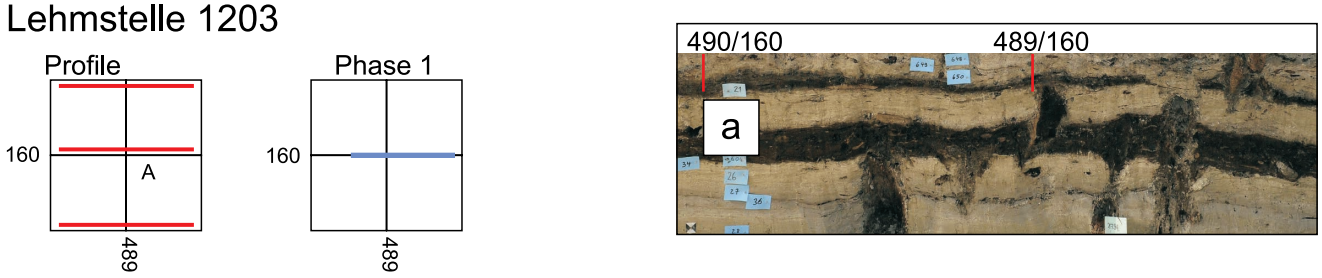
Lehmstelle 1201



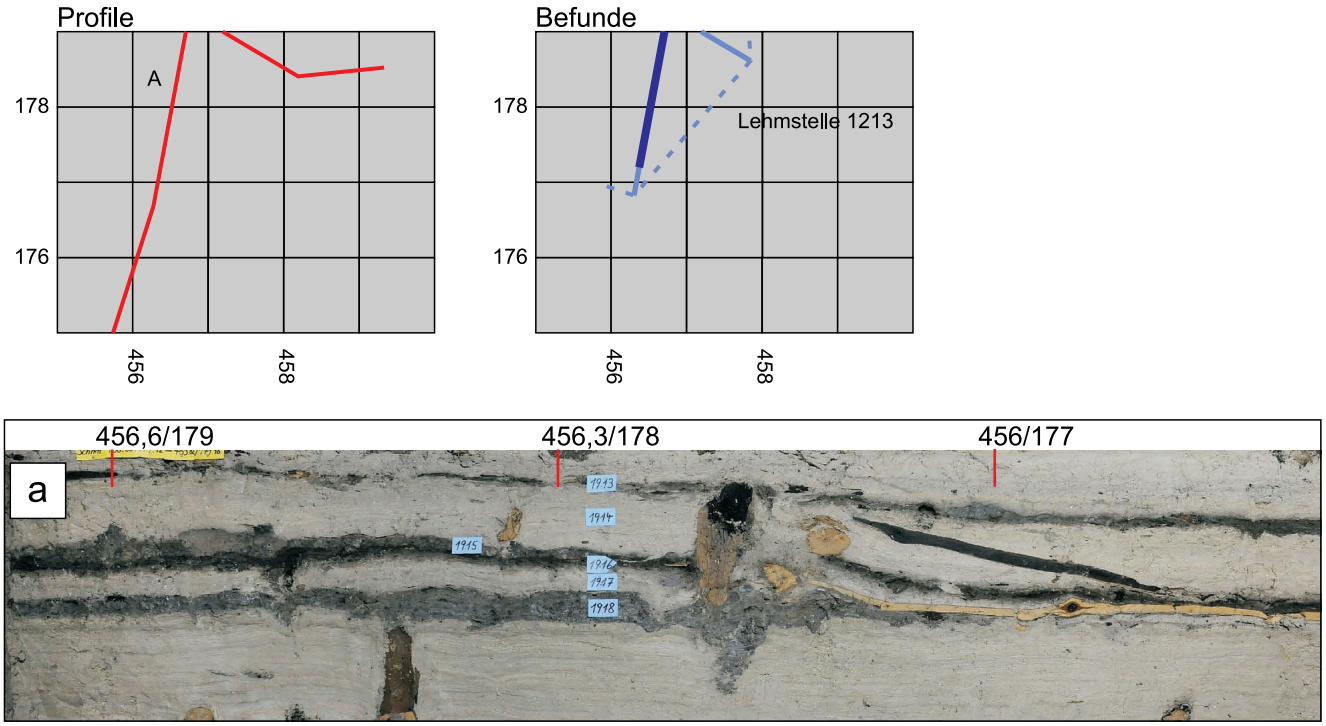
Lehmstelle 1202



Lehmstelle 1203

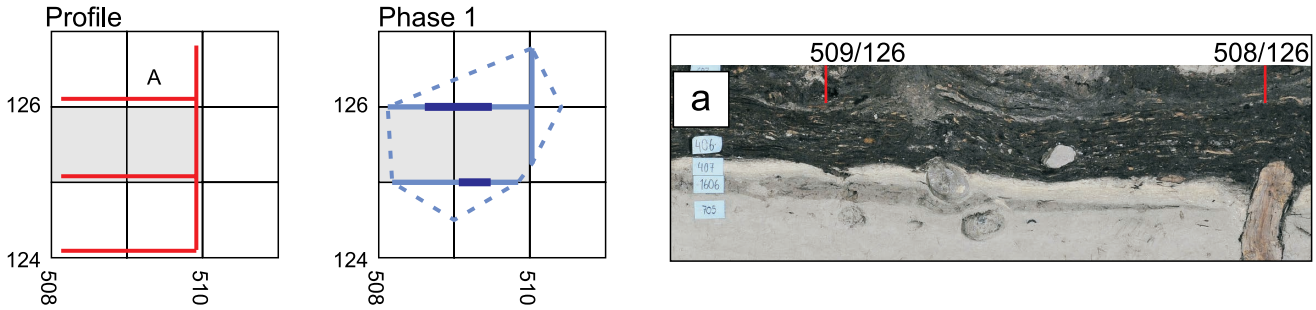


Lehmstelle 1213

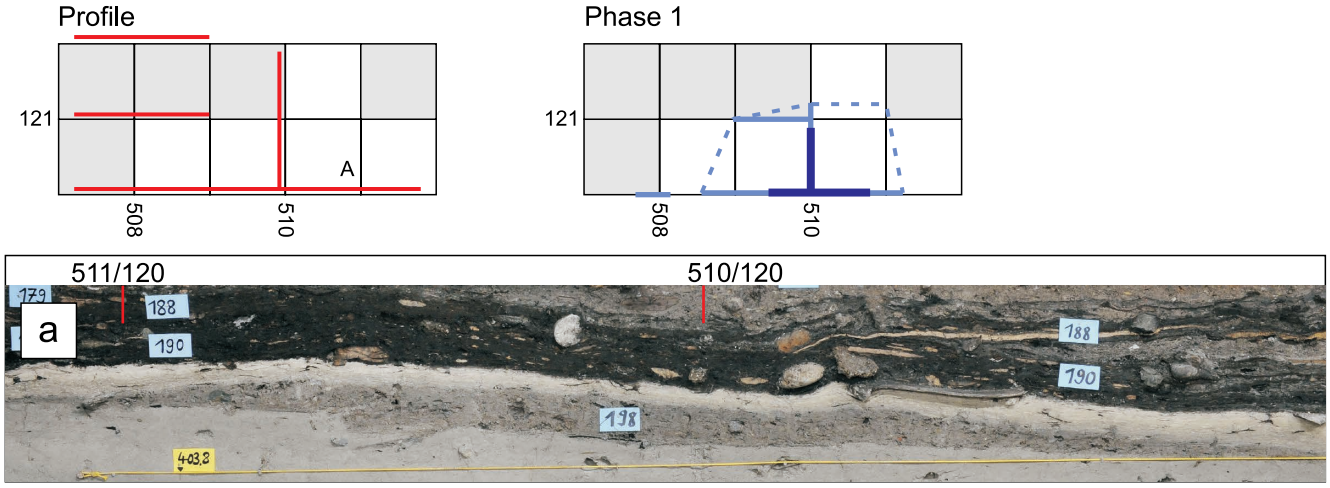


Tafel 1. Lehmstellen 1201, 1202, 1203 und 1213.

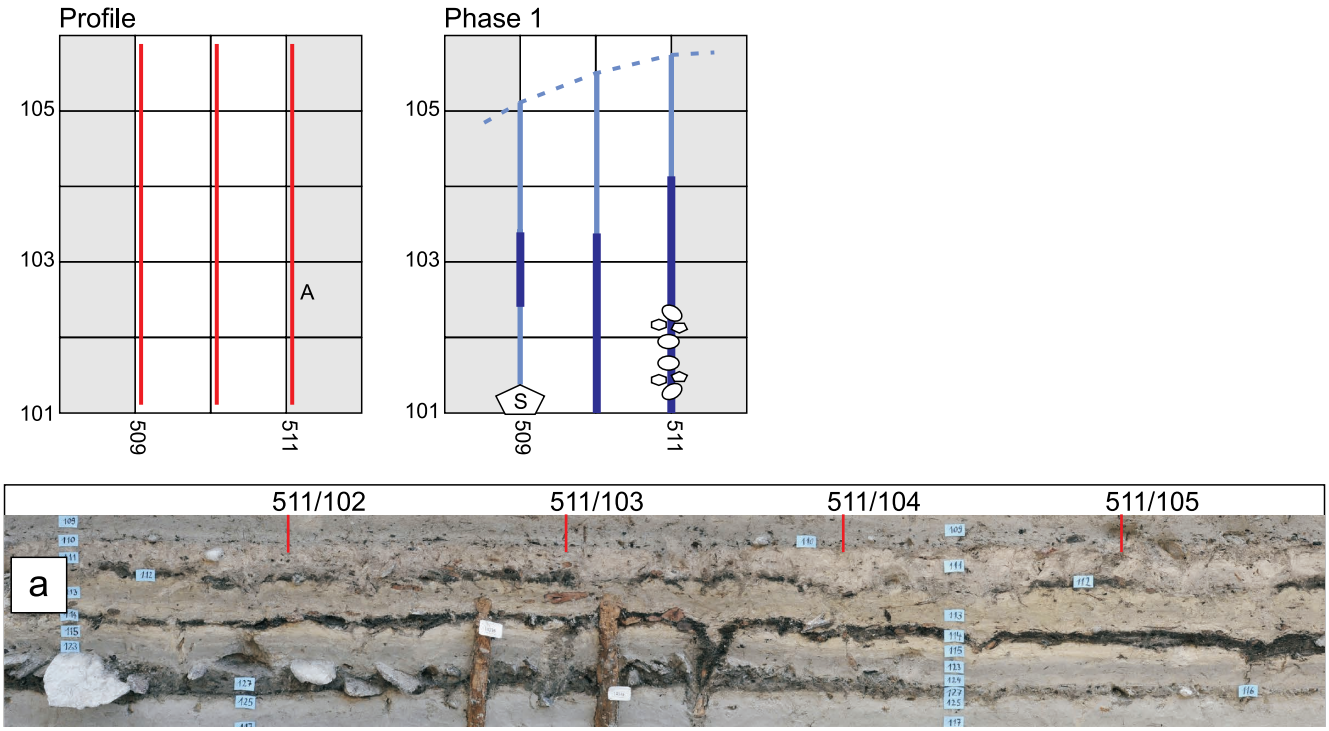
Lehmstelle 1210



Lehmstelle 1211



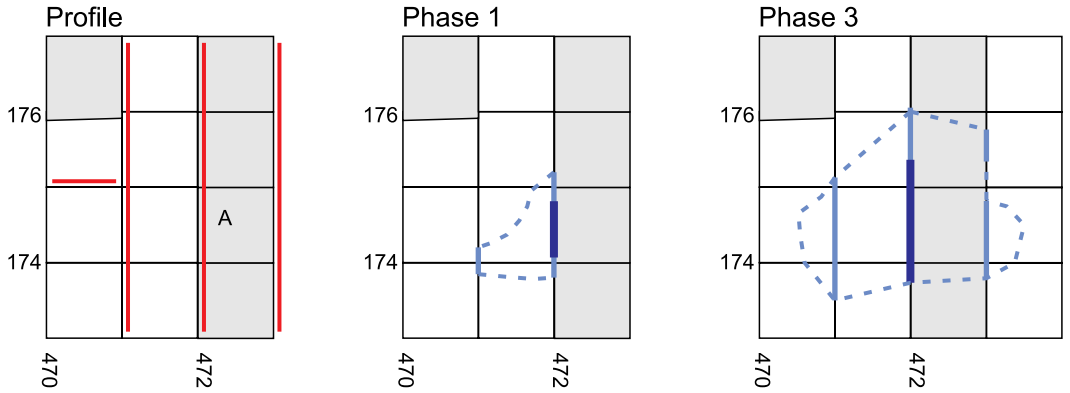
Lehmstelle 1212

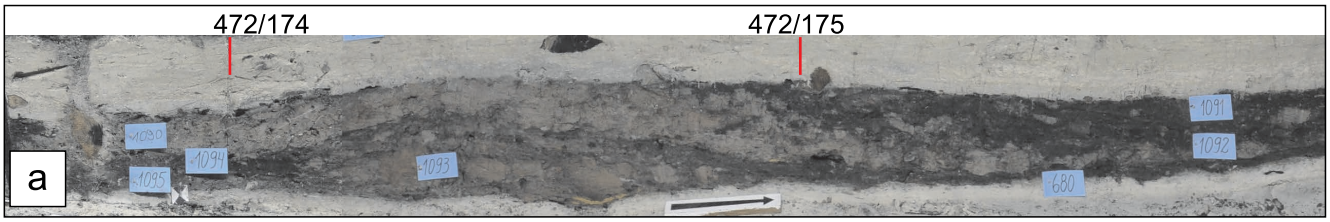


Tafel 2. Lehmstellen 1210, 1211 und 1212.

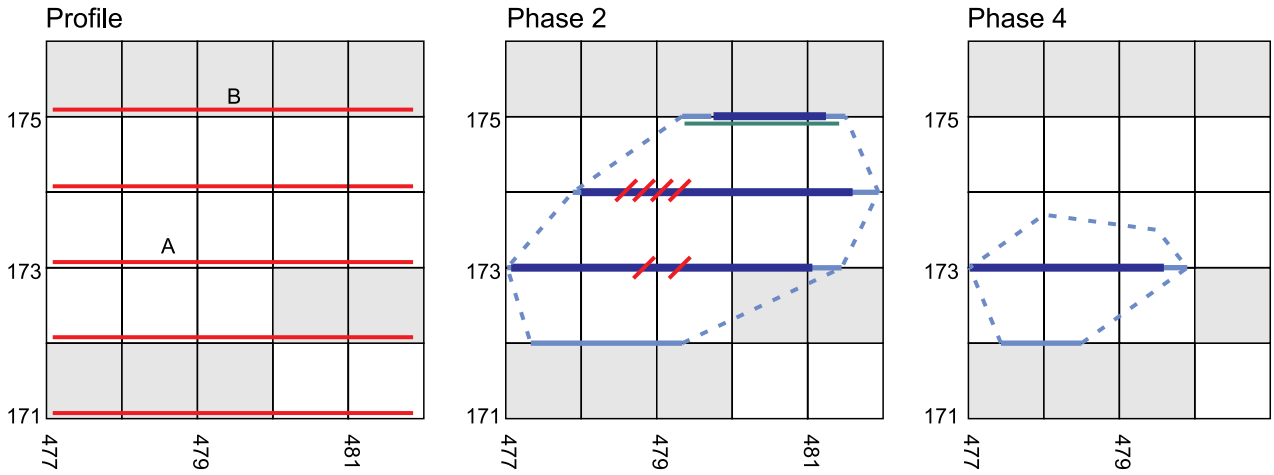
Zum Inhaltsverzeichnis

Lehmstelle 1303





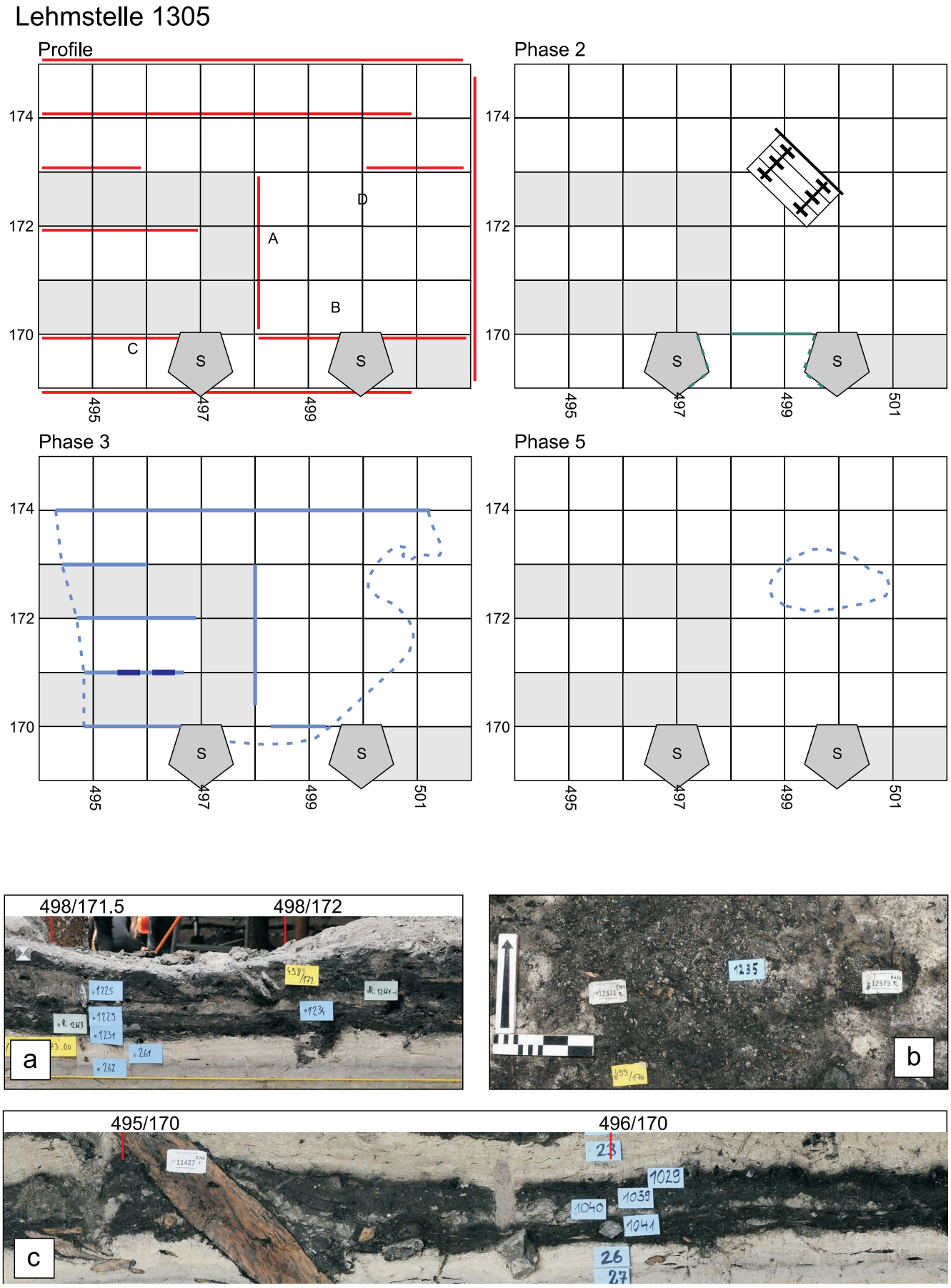
Lehmstelle 1304





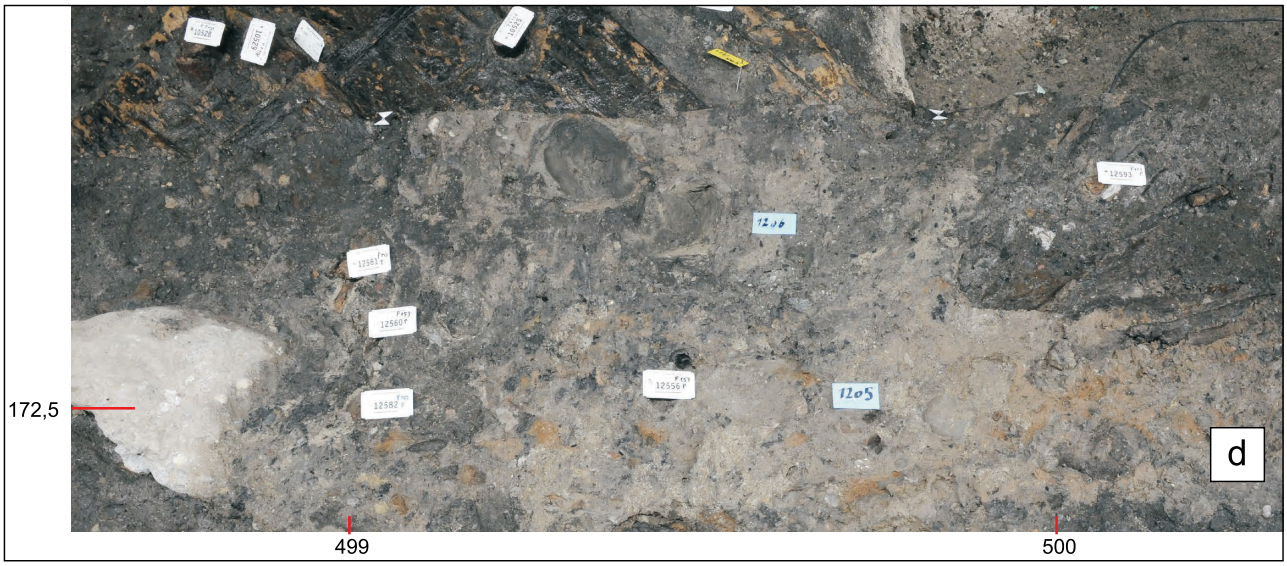


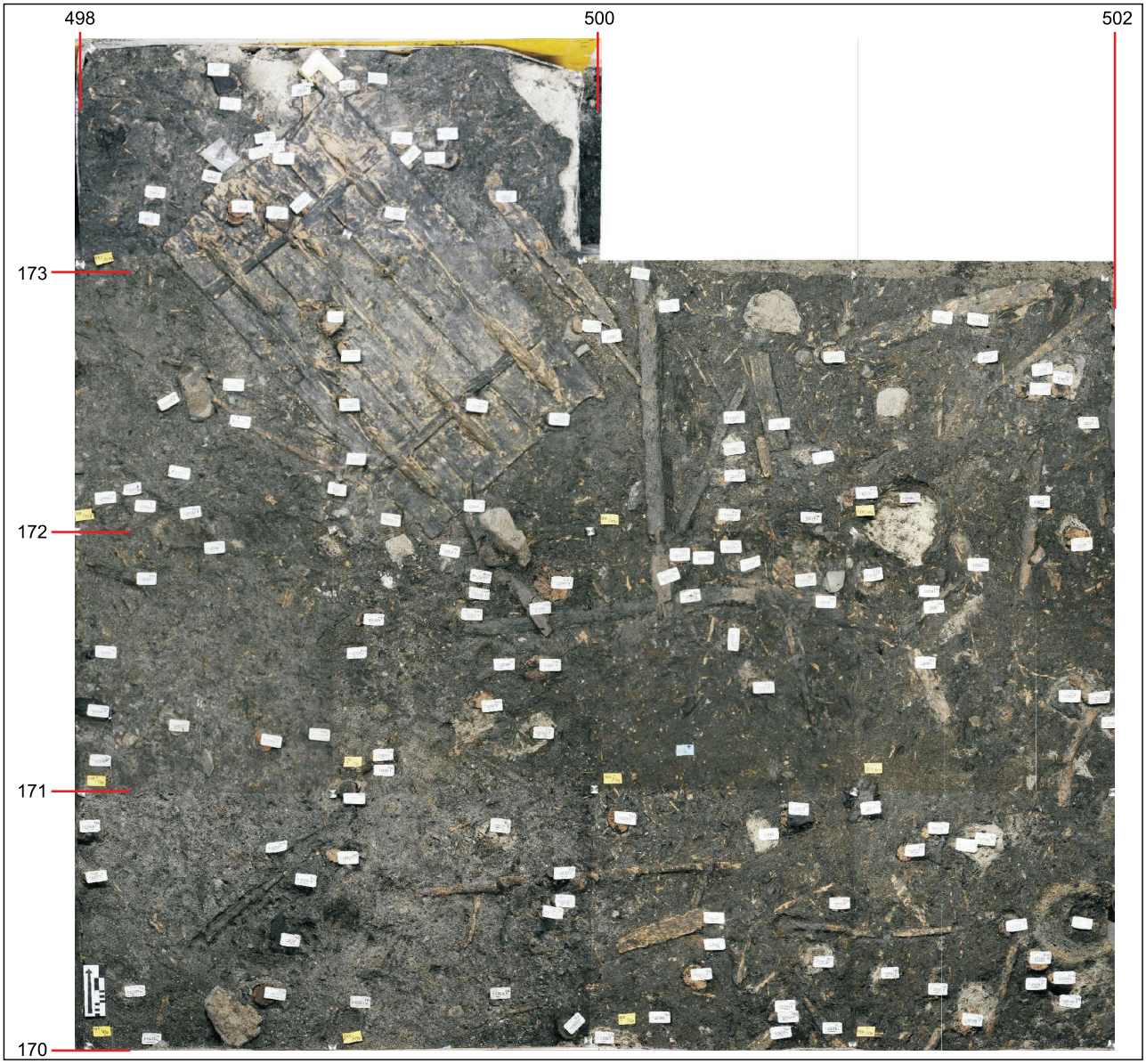
Tafel 3. Lehmstellen 1303 und 1304.



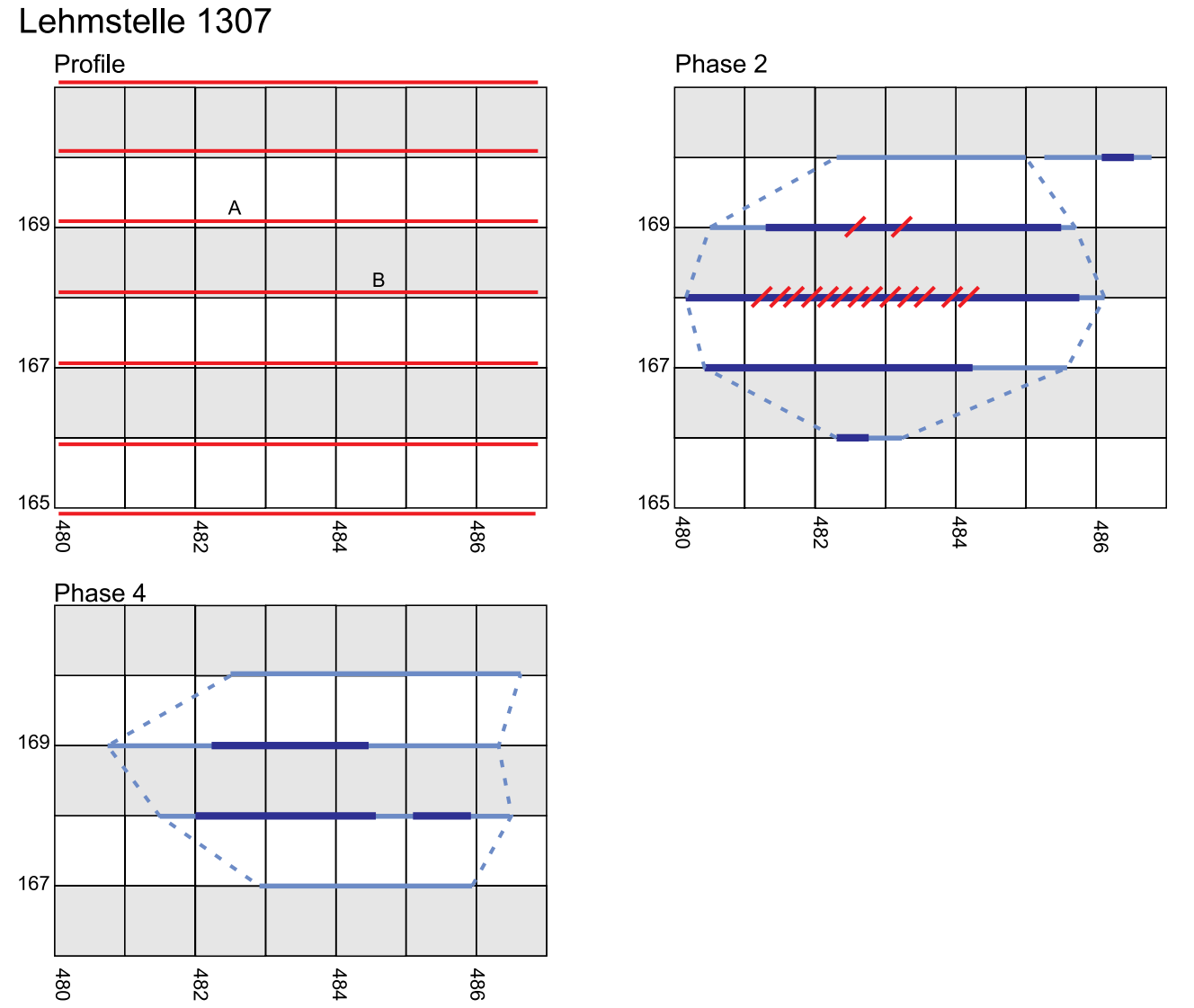
Tafel 4. Lehmstelle 1305.

Zum Inhaltsverzeichnis

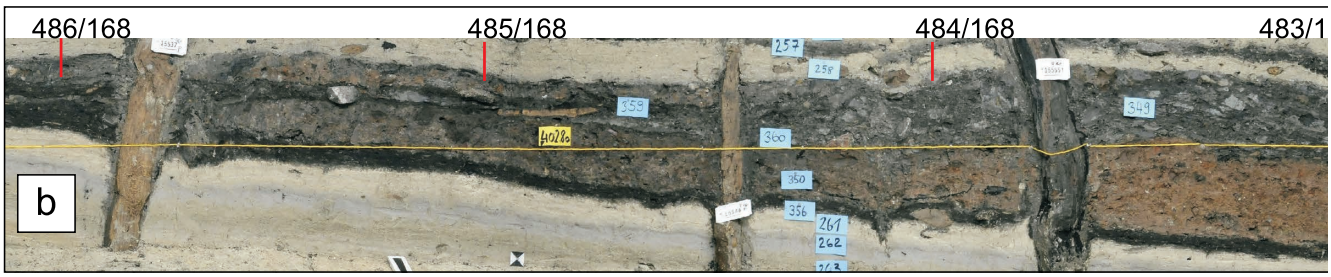




Tafel 5. Die Tür in situ in Lehmstelle 1305.

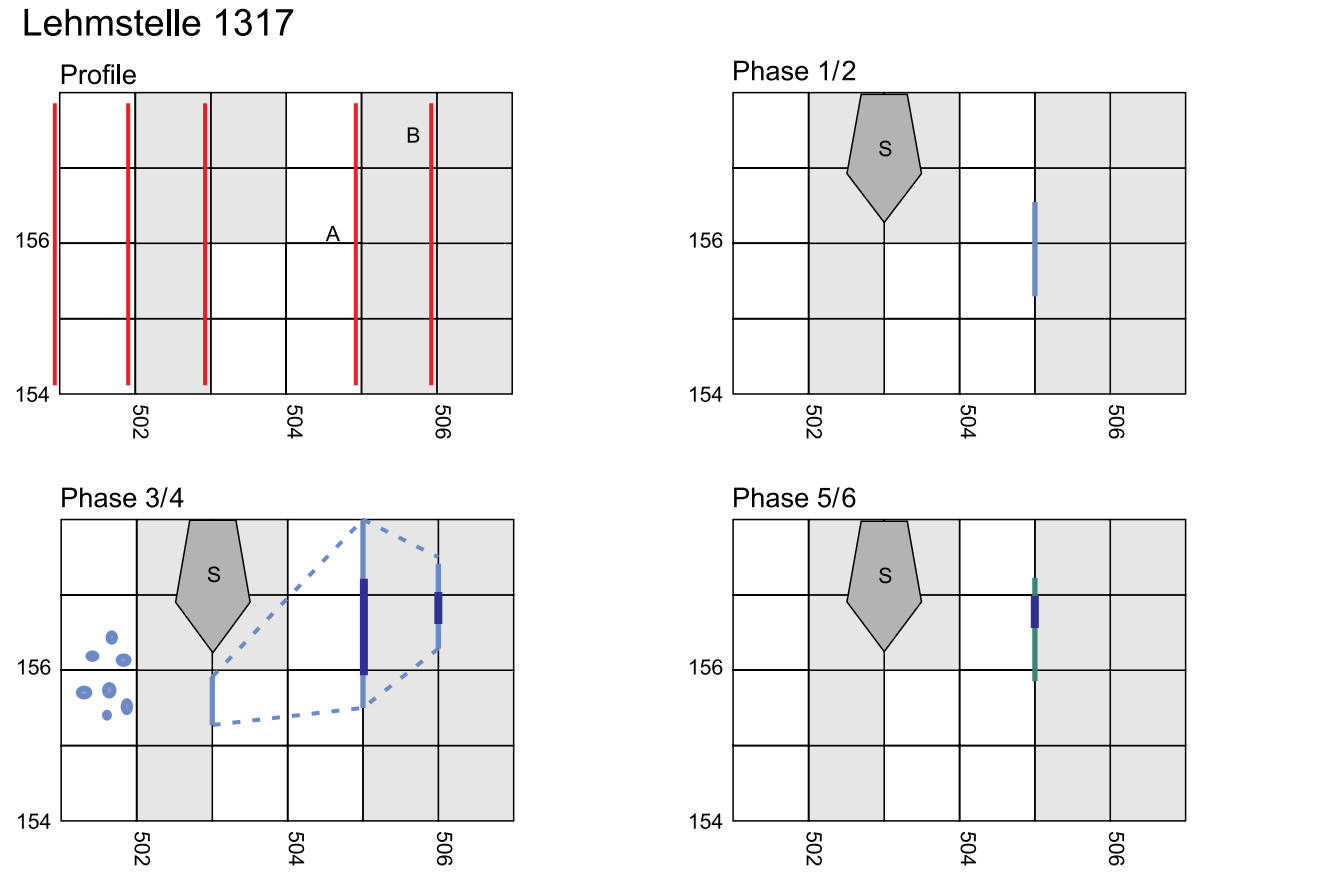




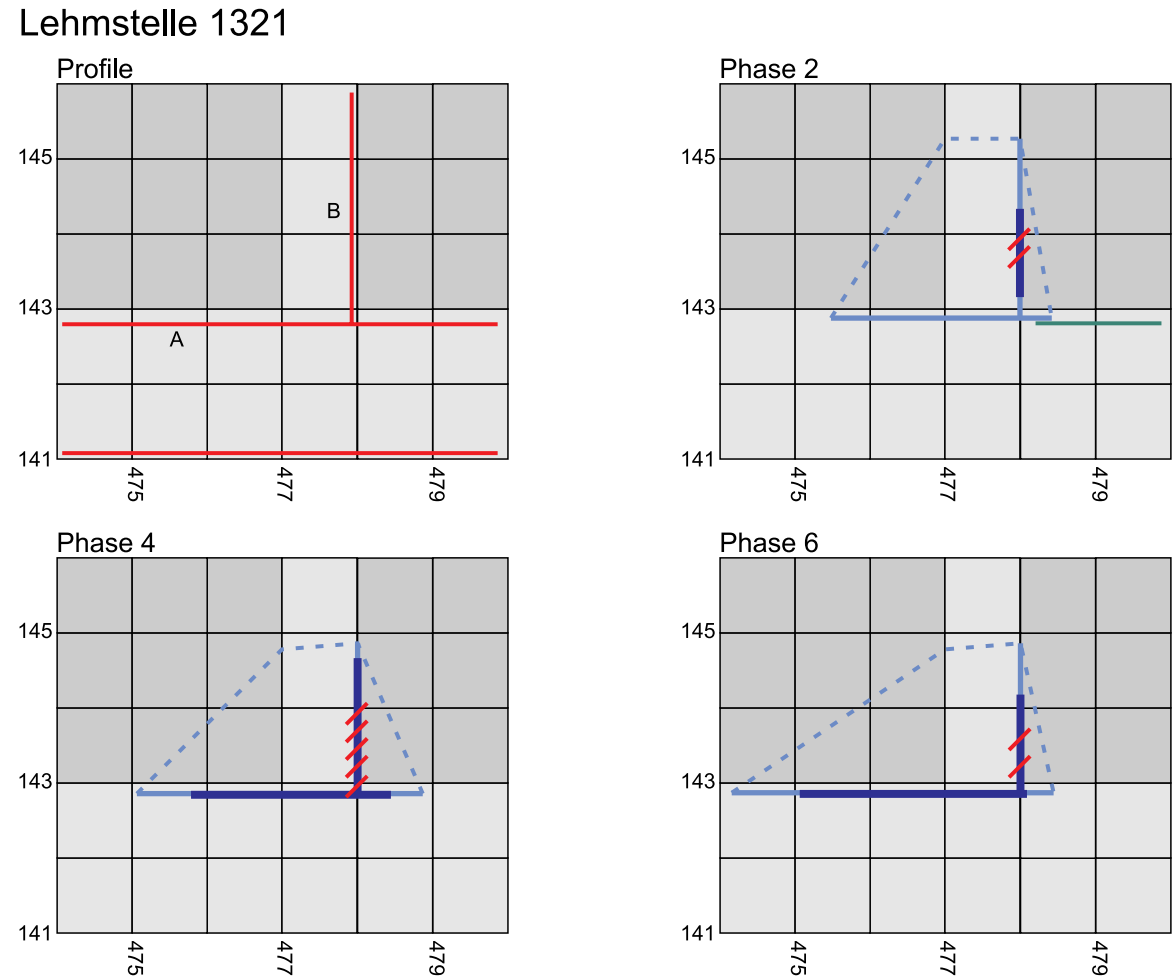


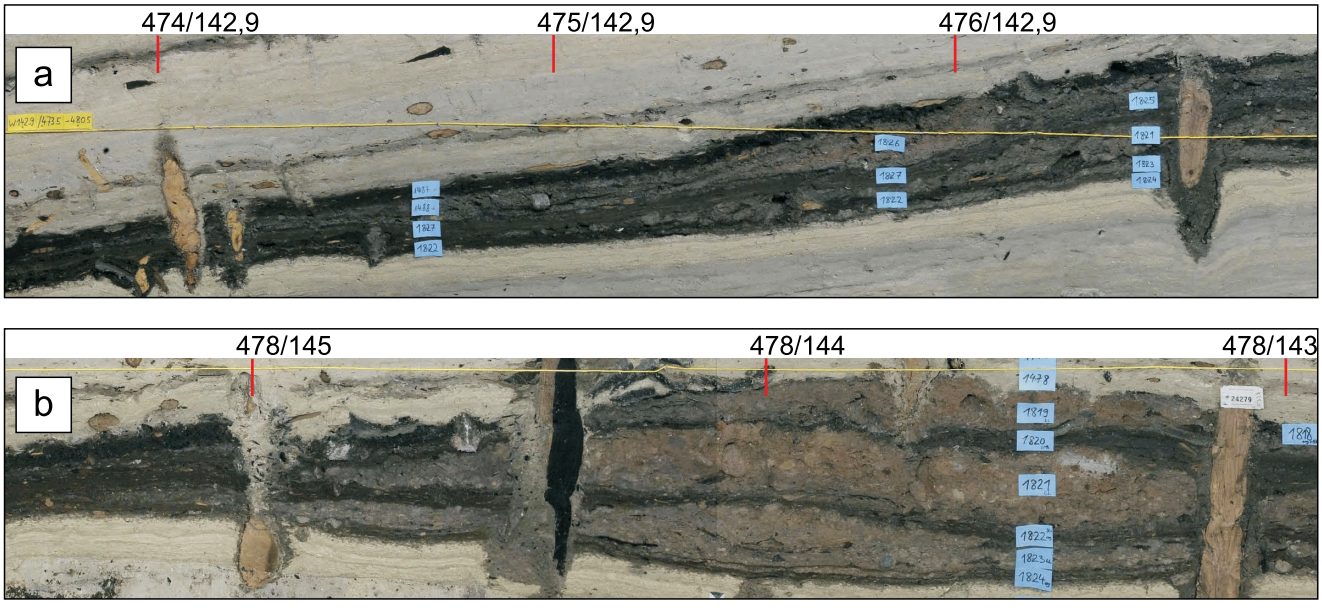
Tafel 6. Lehmstelle 1307.

Zum Inhaltsverzeichnis



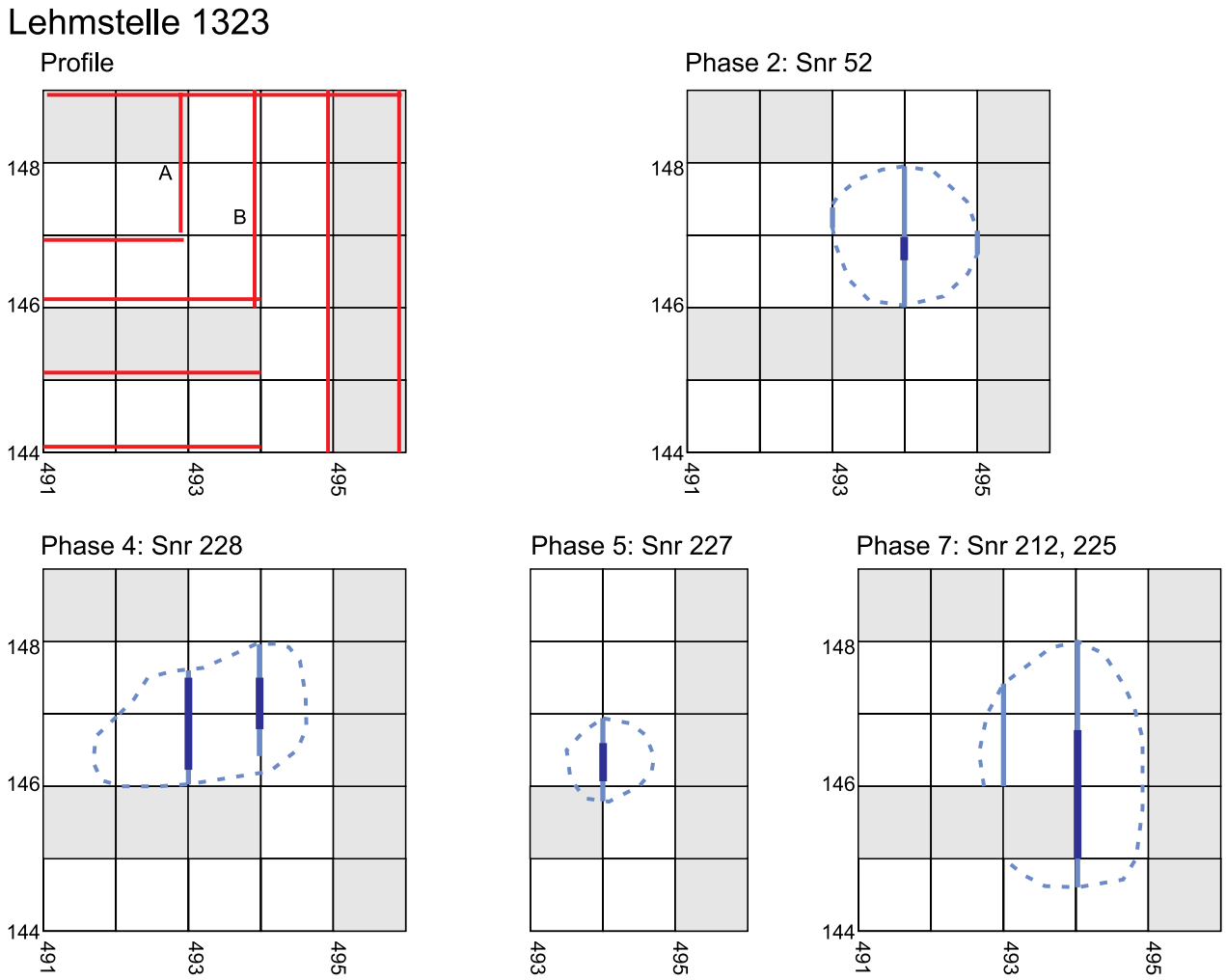
Tafel 7. Lehmstelle 1317, Trittsiegel in Seekreide (rote Pfeile).

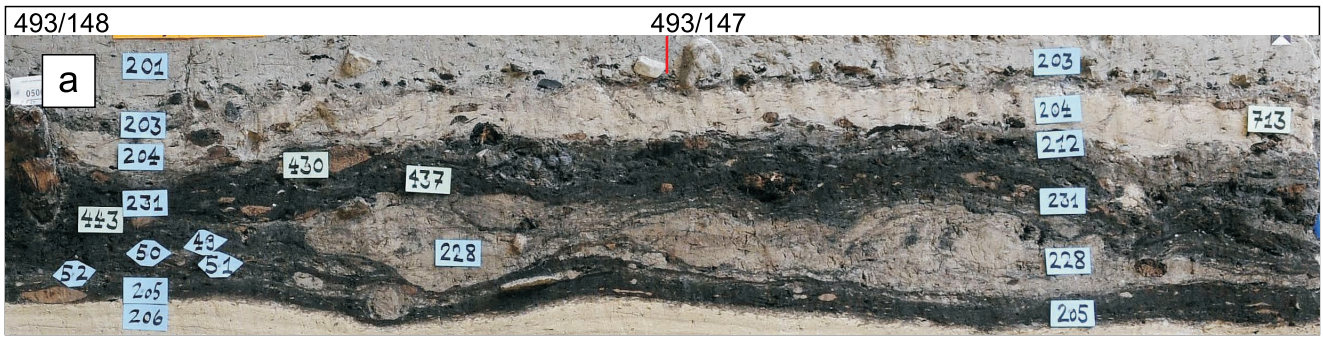


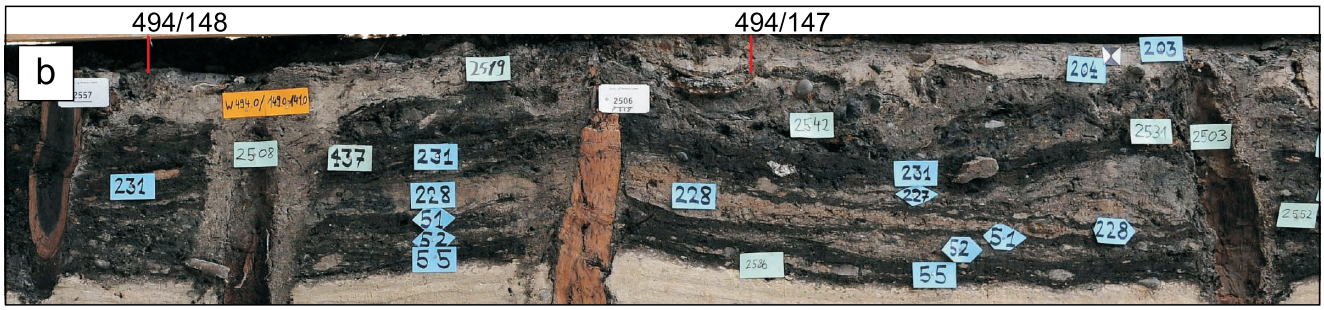


Tafel 8. Lehmstelle 1321.

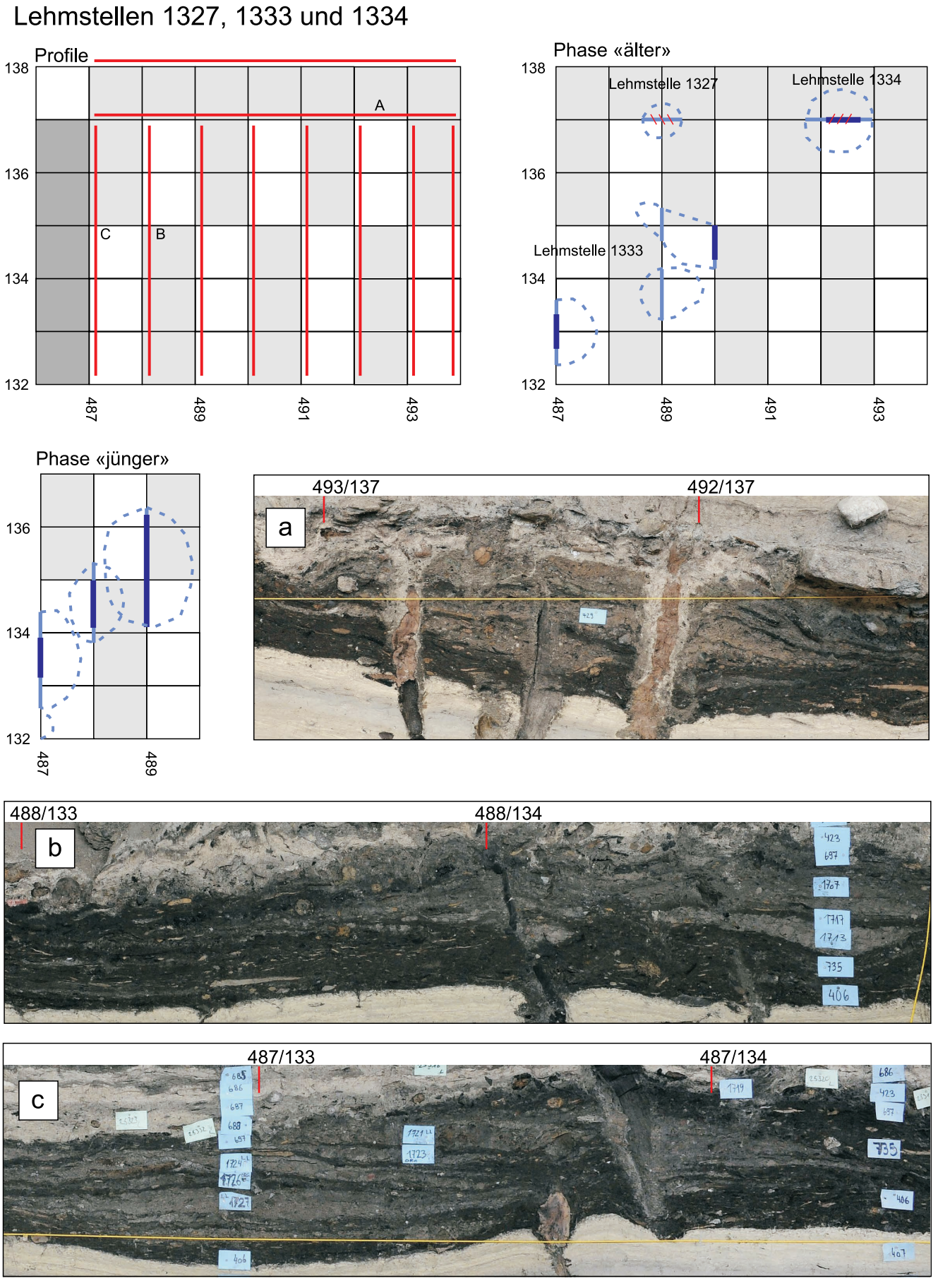
Zum Inhaltsverzeichnis







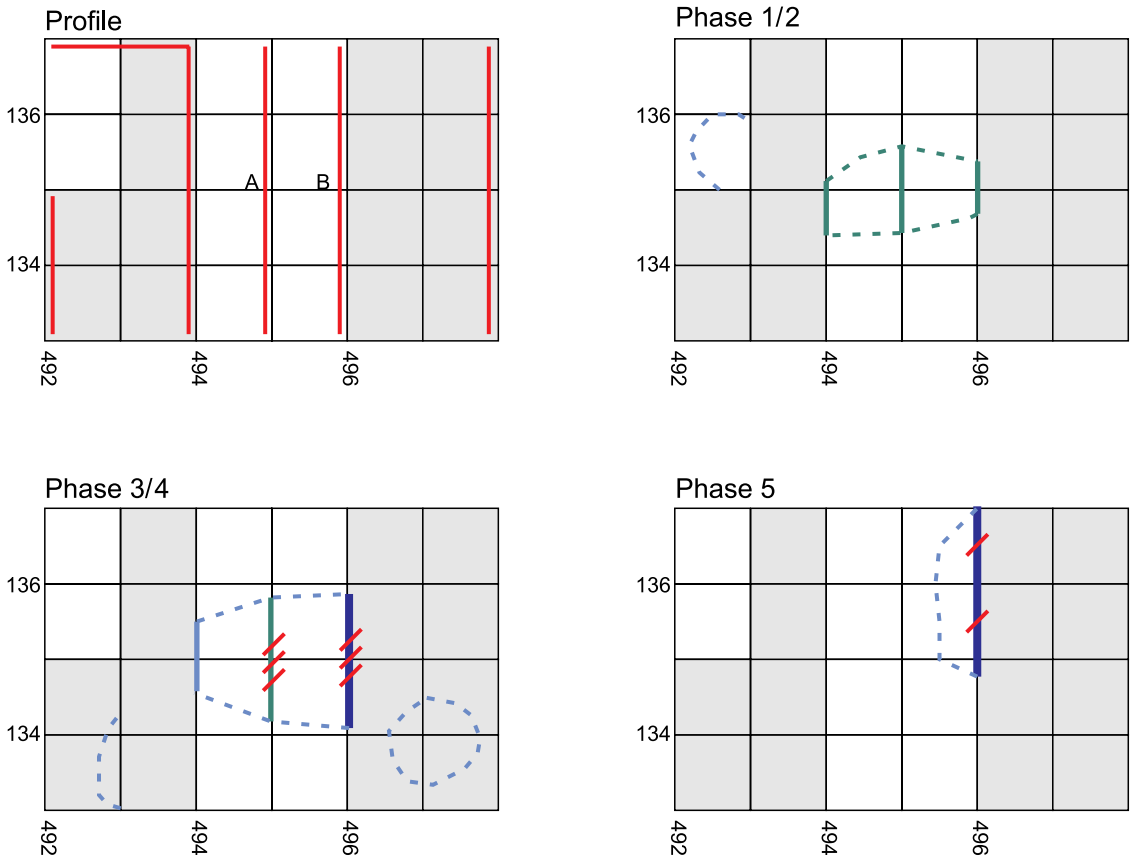
Tafel 9. Lehmstelle 1323.

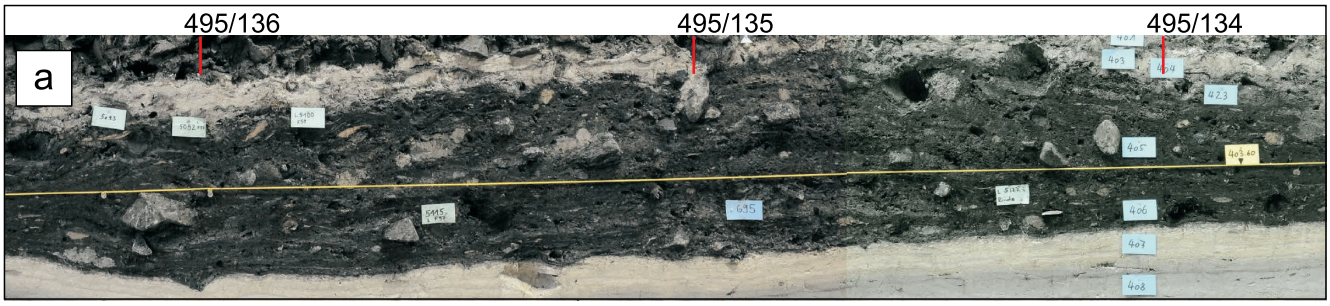


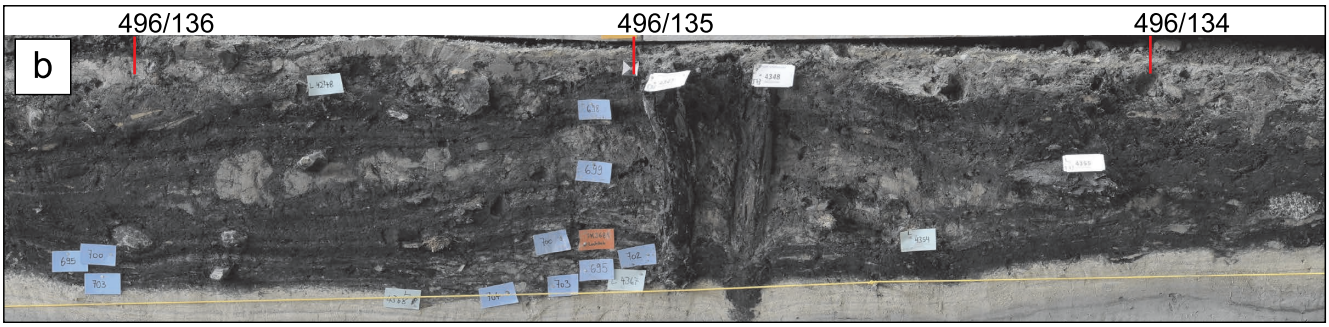
Tafel 10. Lehmstellen 1327, 1333 und 1334.

Zum Inhaltsverzeichnis

Lehmstelle 1335

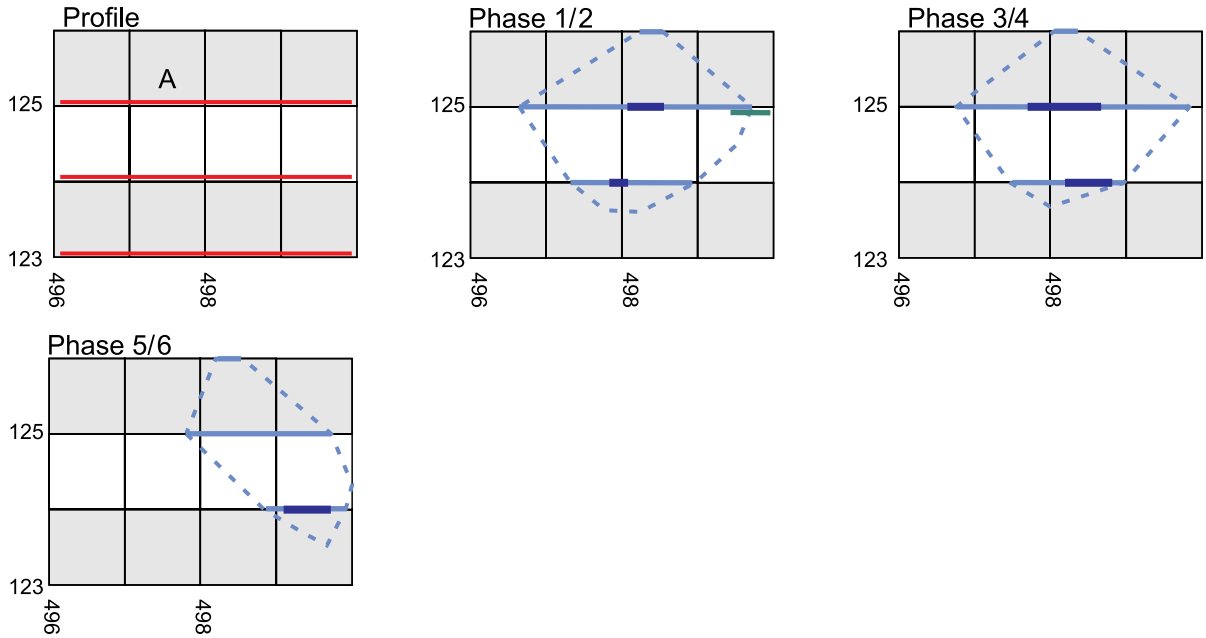


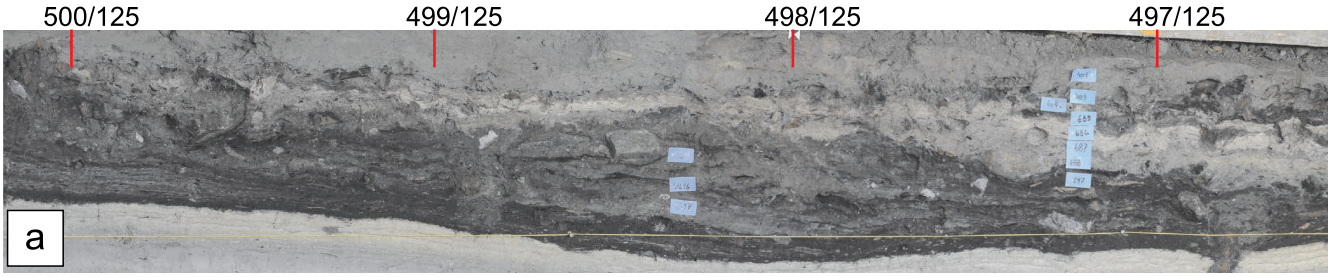




Tafel 11. Lehmstelle 1335.

Lehmstelle 1344

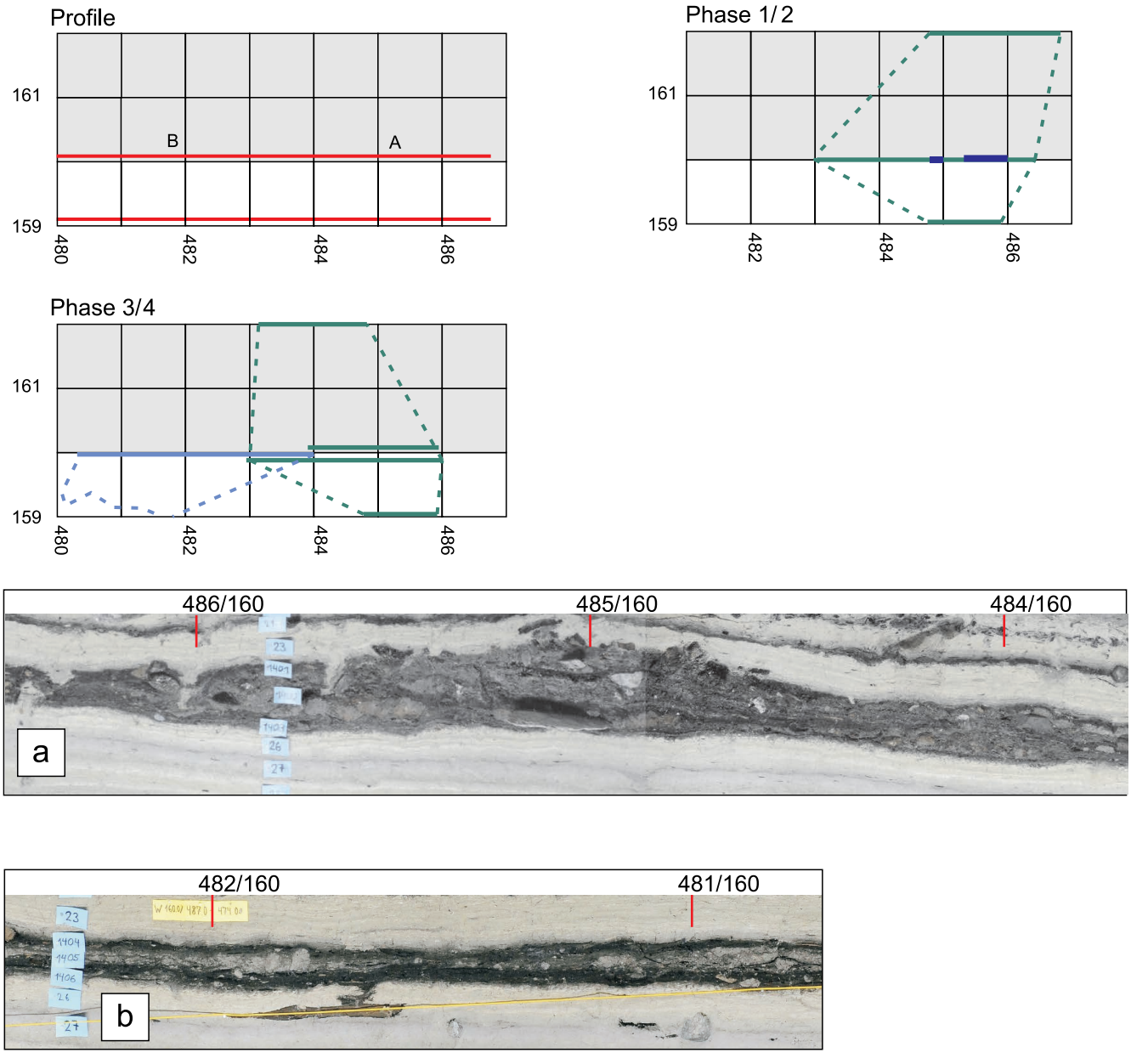




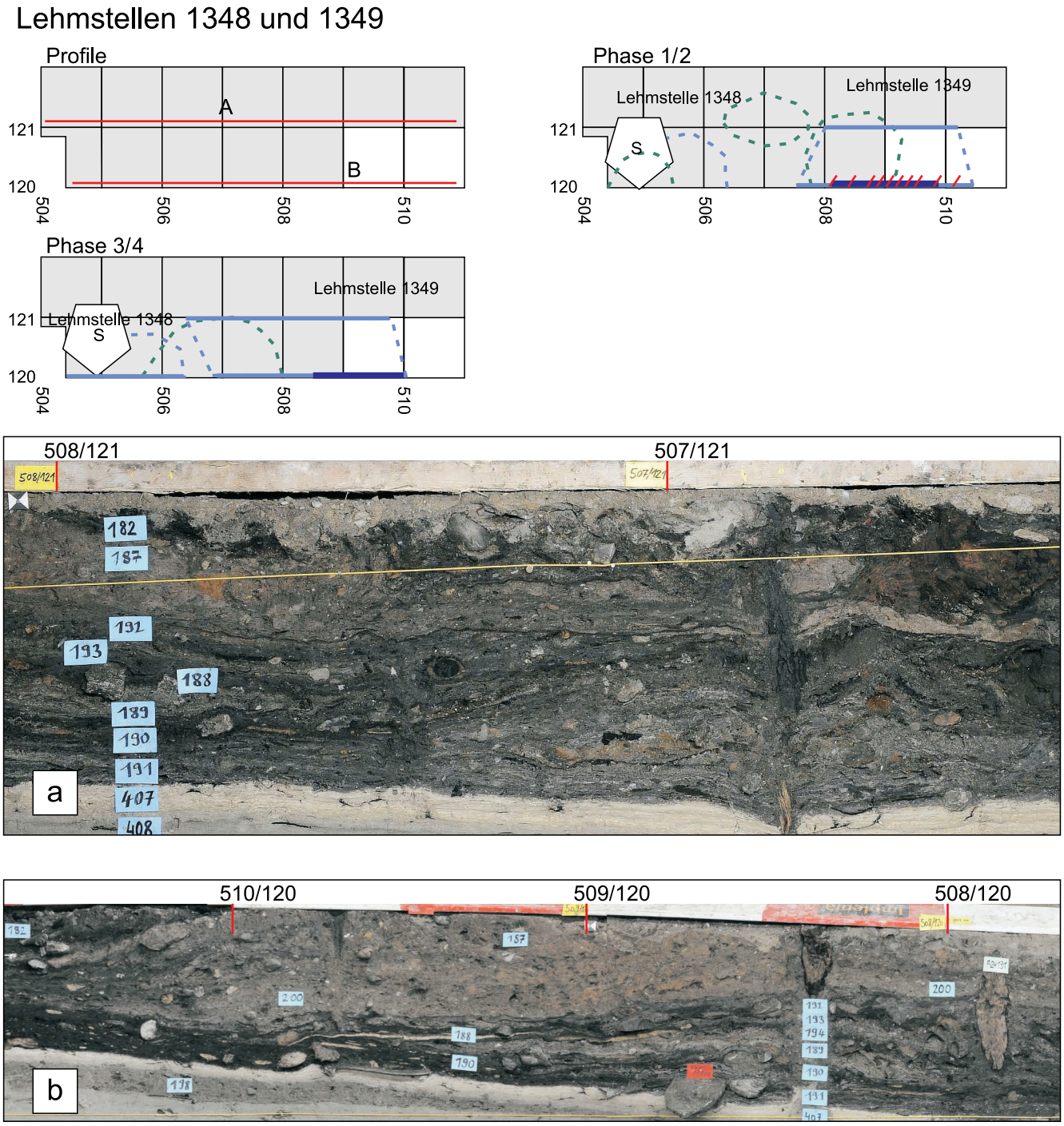
Tafel 12. Lehmstelle 1344.

Zum Inhaltsverzeichnis

Lehmstelle 1314



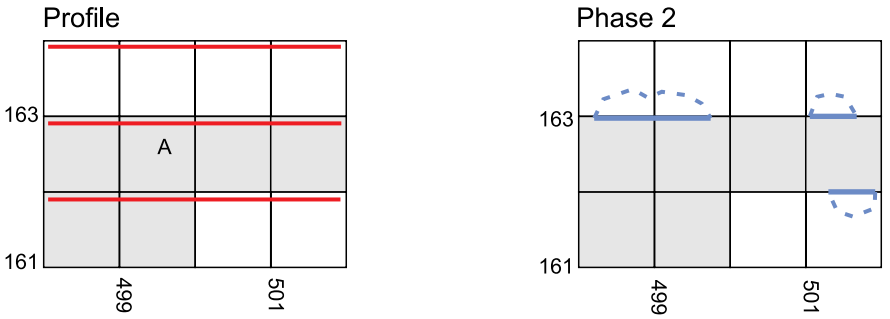
Tafel 13. Lehmstelle 1314.

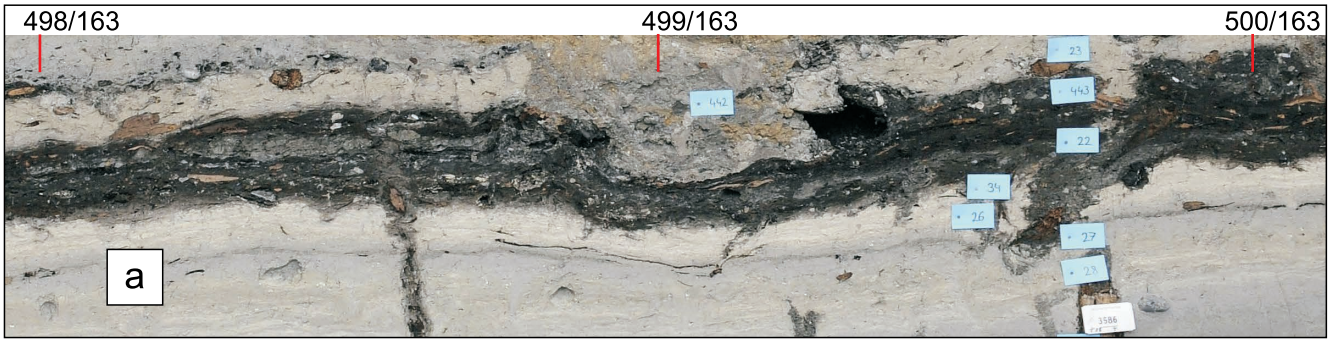


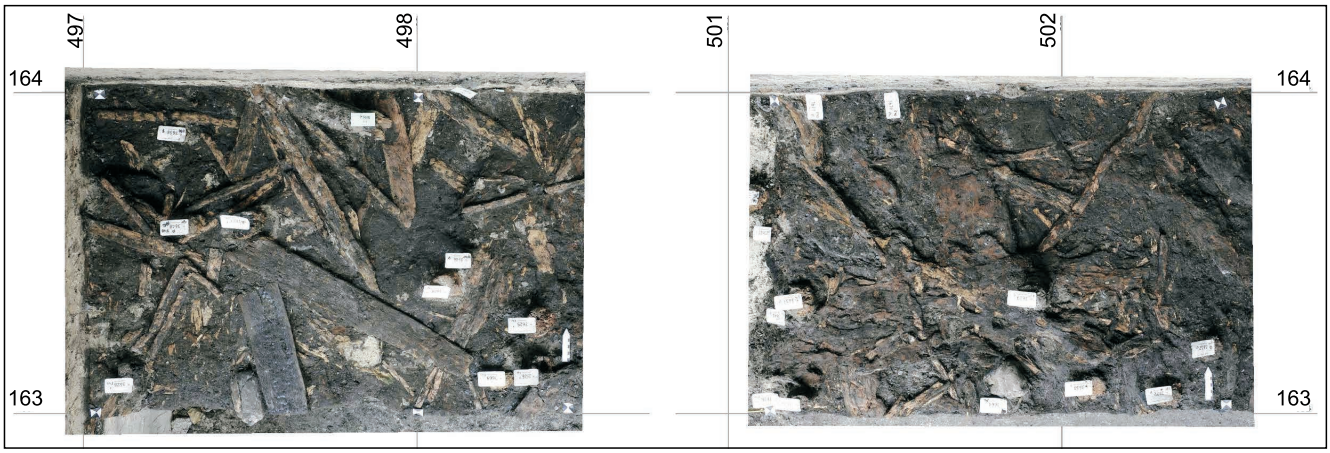
Tafel 14. Lehmstellen 1348 und 1349.

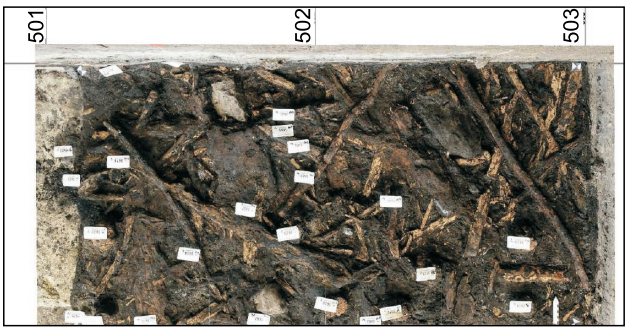
Zum Inhaltsverzeichnis

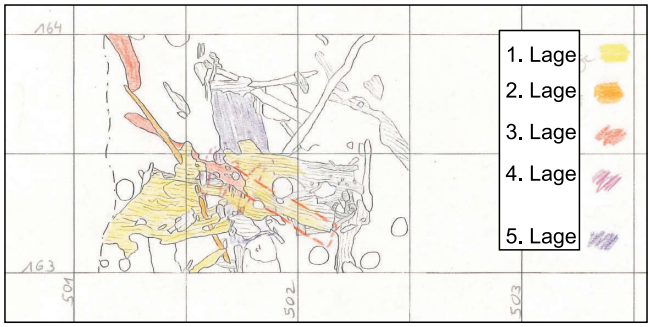
Lehmstelle 1313



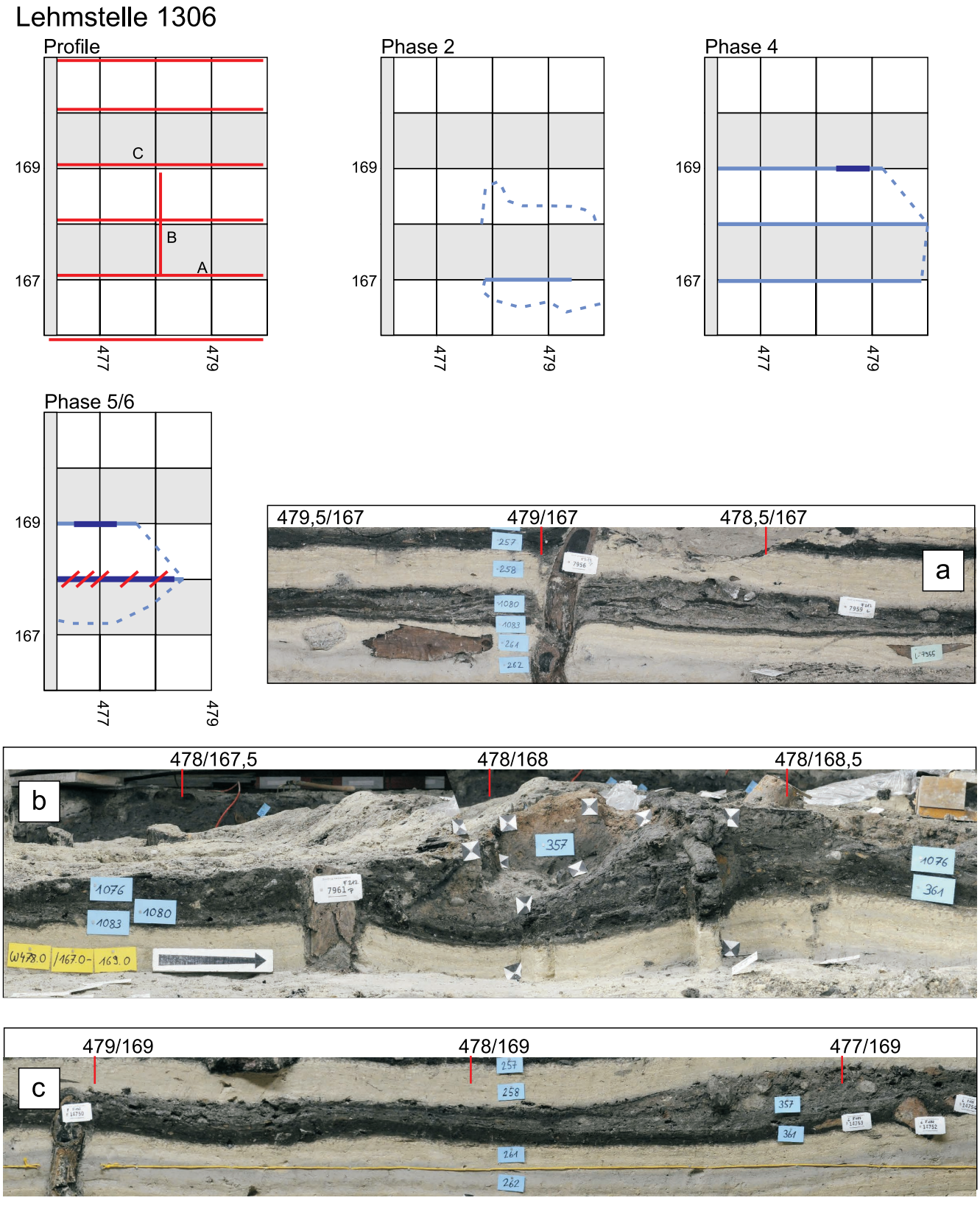








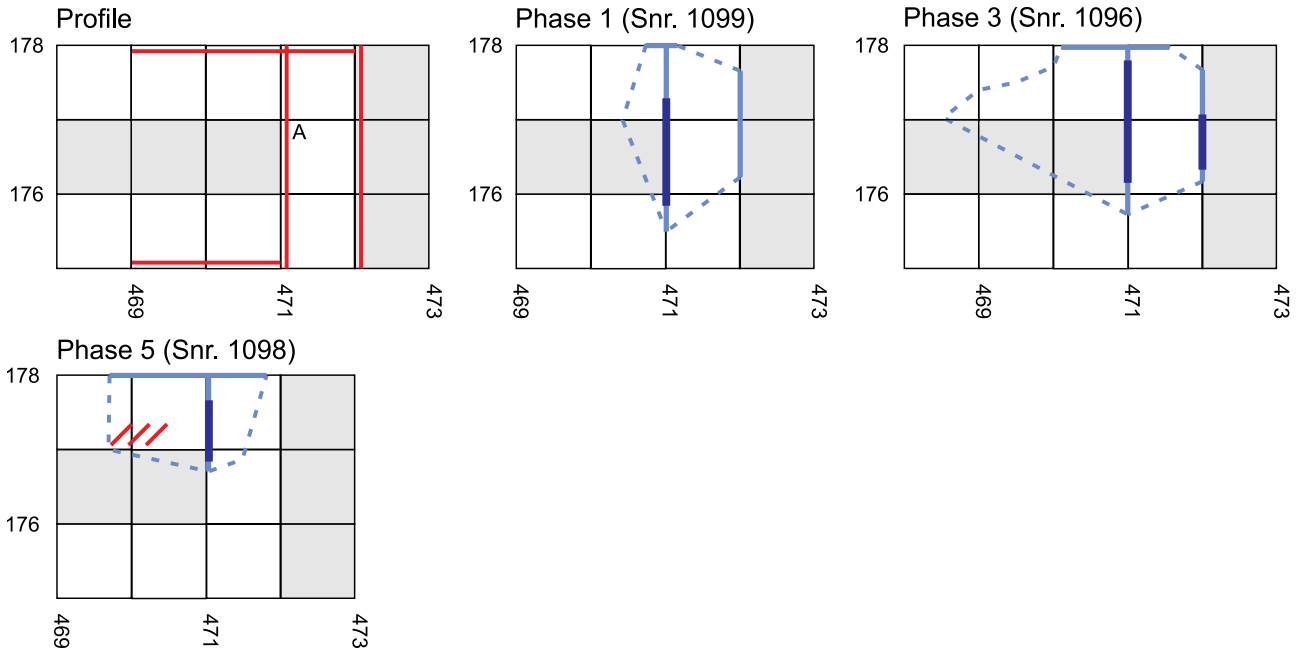
Tafel 15. Lehmstelle 1313.

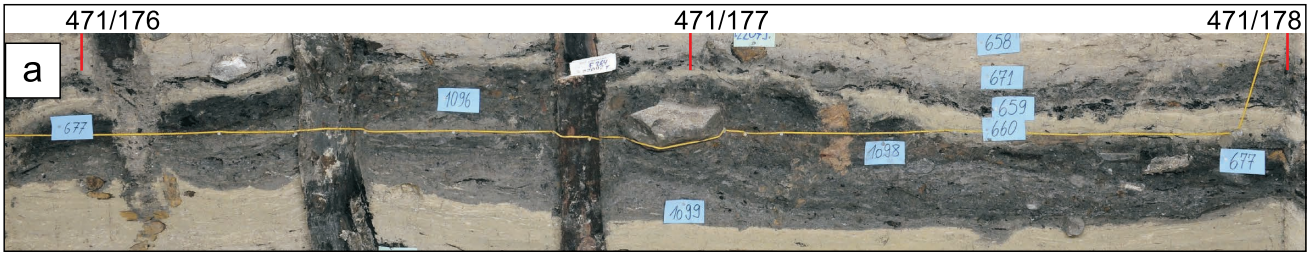


Tafel 16. Lehmstelle 1306.

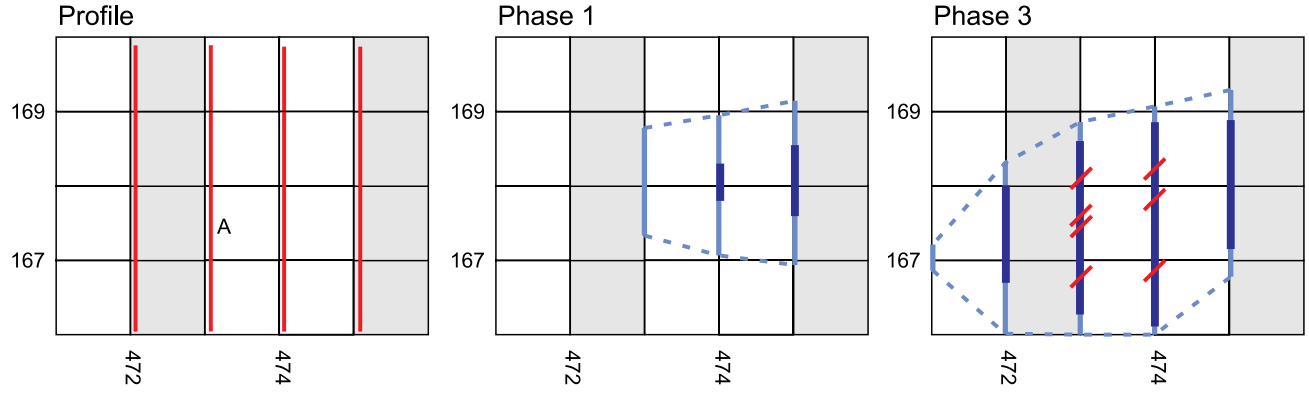
Zum Inhaltsverzeichnis

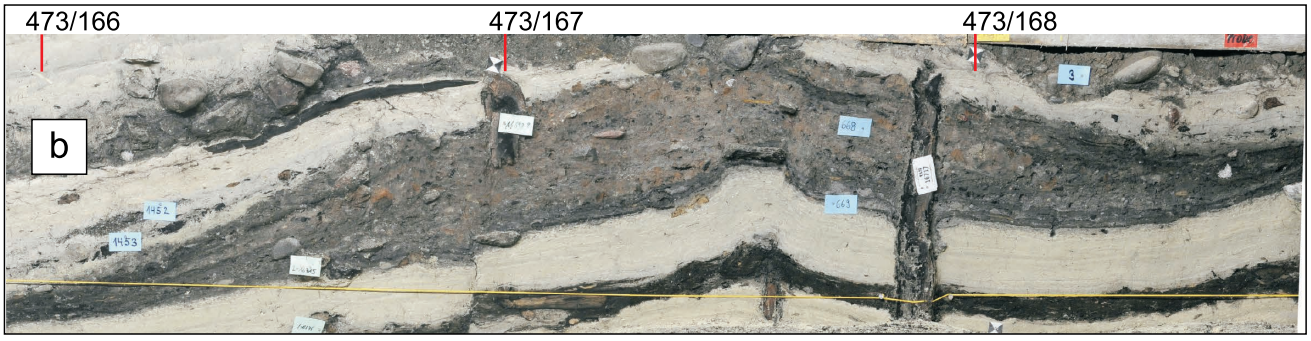
Lehmstelle 1401





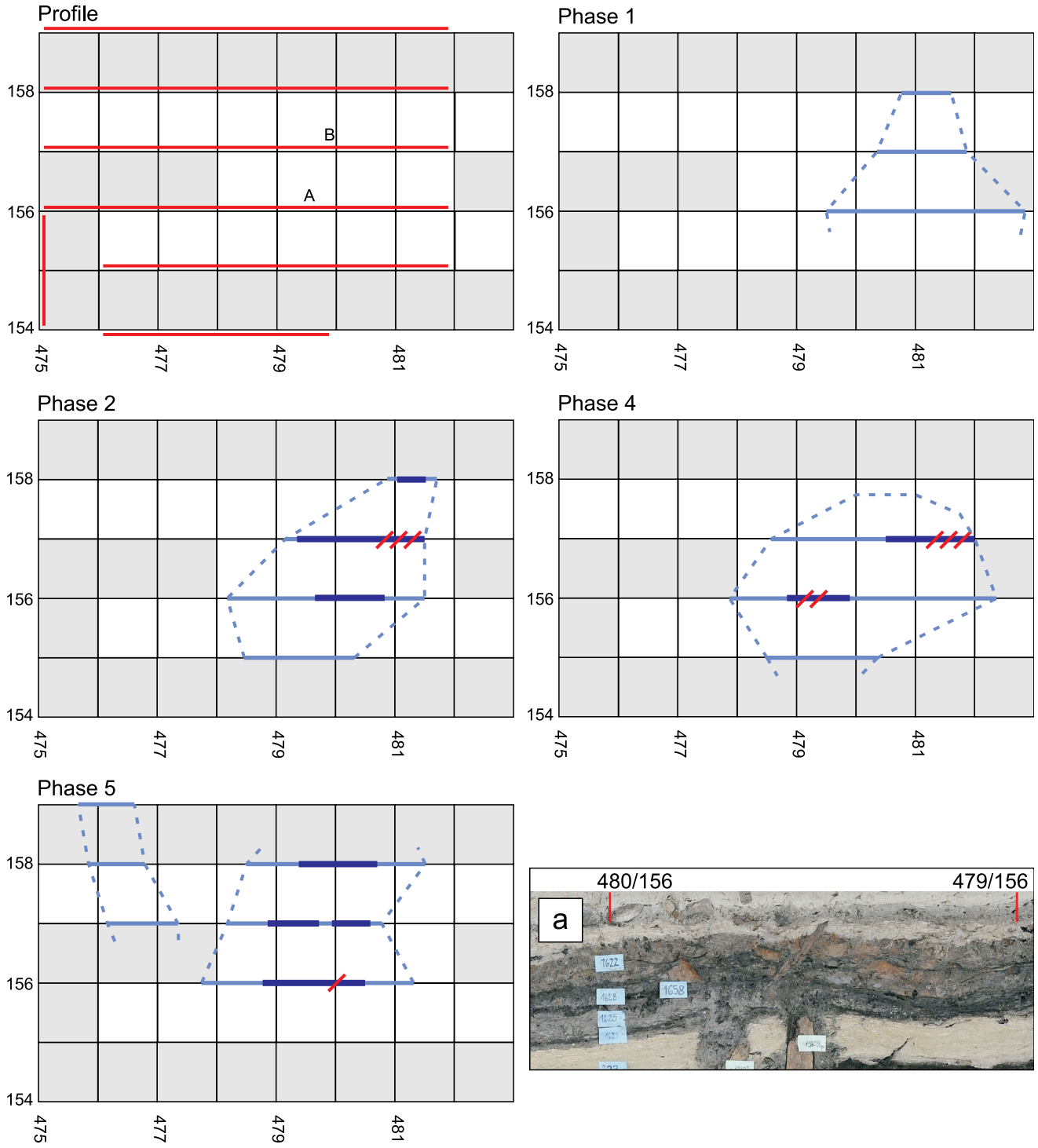
Lehmstelle 1404





Tafel 17. Lehmstellen 1401 und 1404.

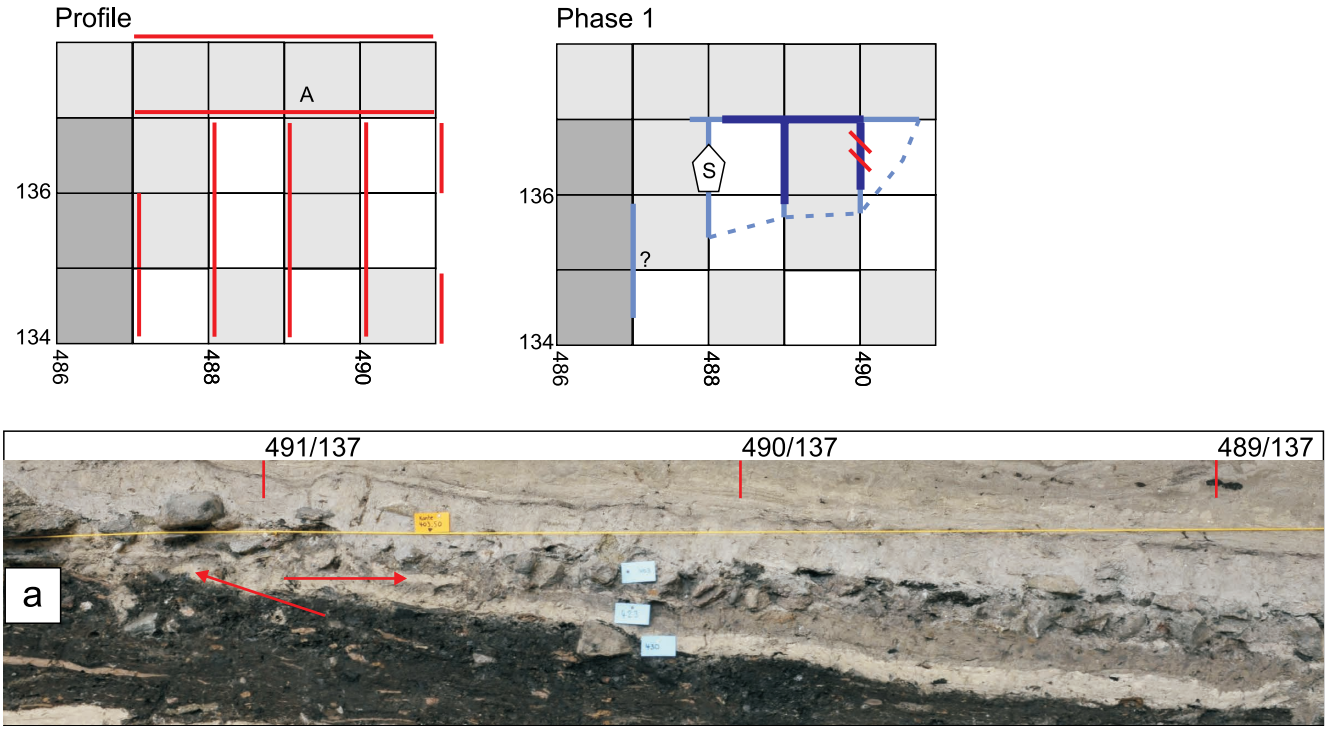
Lehmstelle 1410



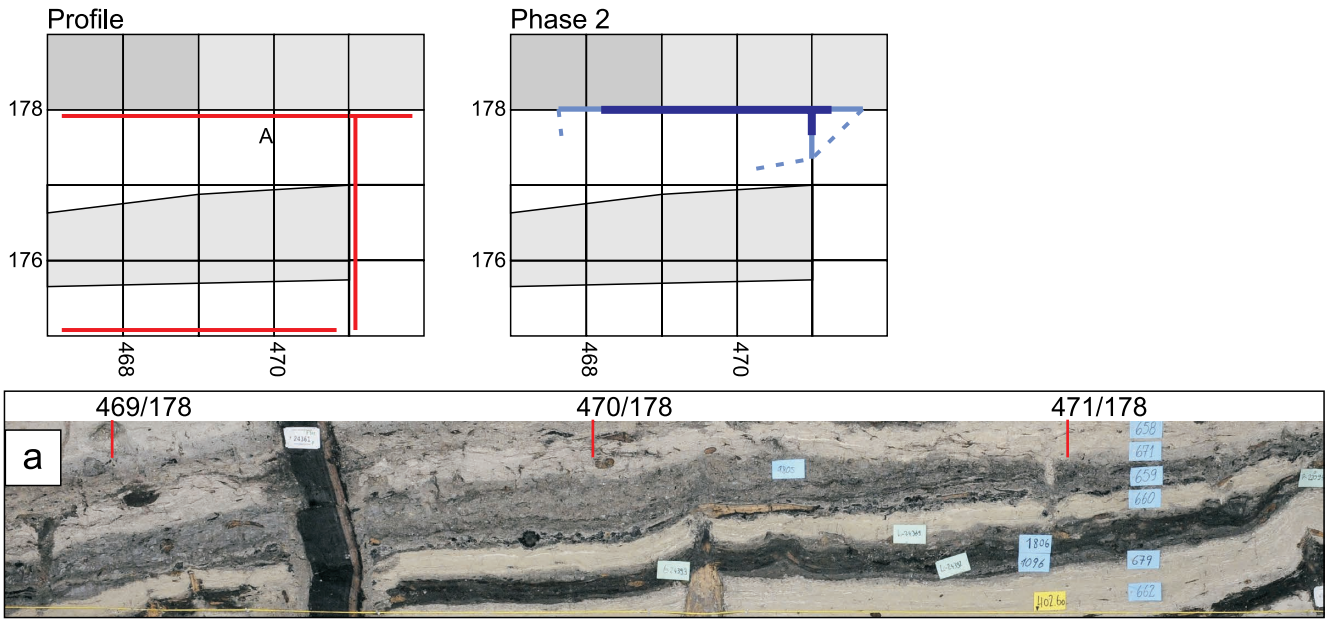
Tafel 18. Lehmstelle 1410.

Zum Inhaltsverzeichnis

Lehmstelle 1415

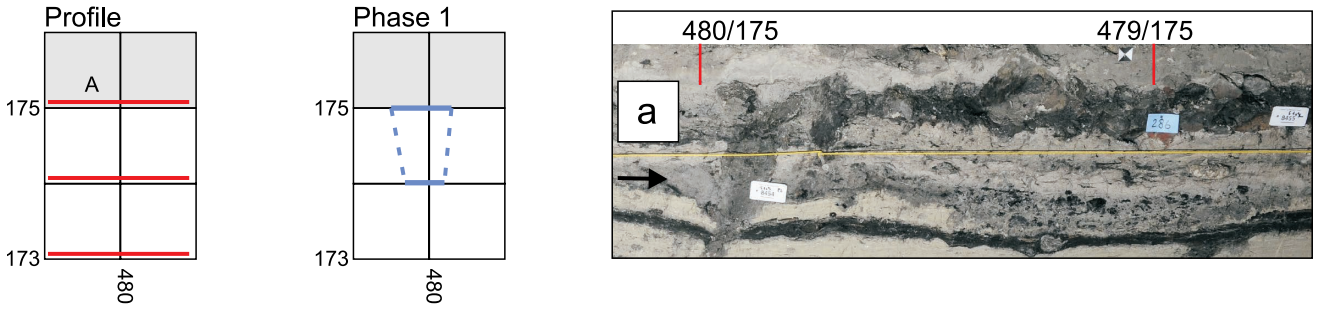


Lehmstelle 1501

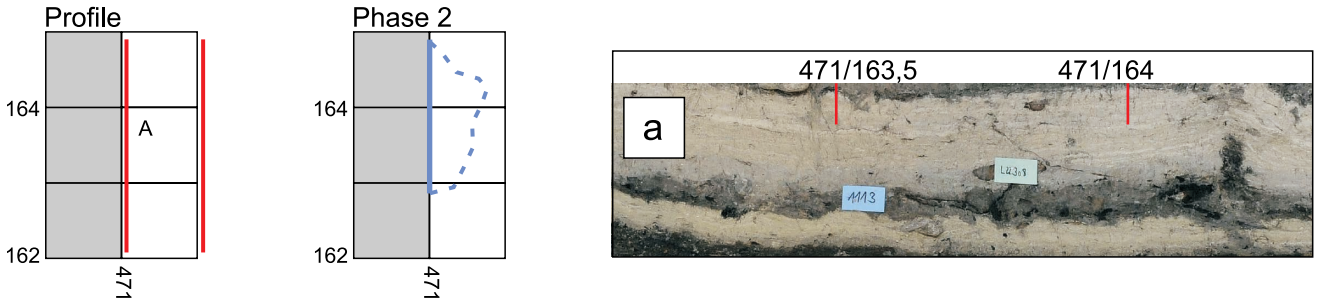


Tafel 19. Lehmstellen 1415 und 1501.

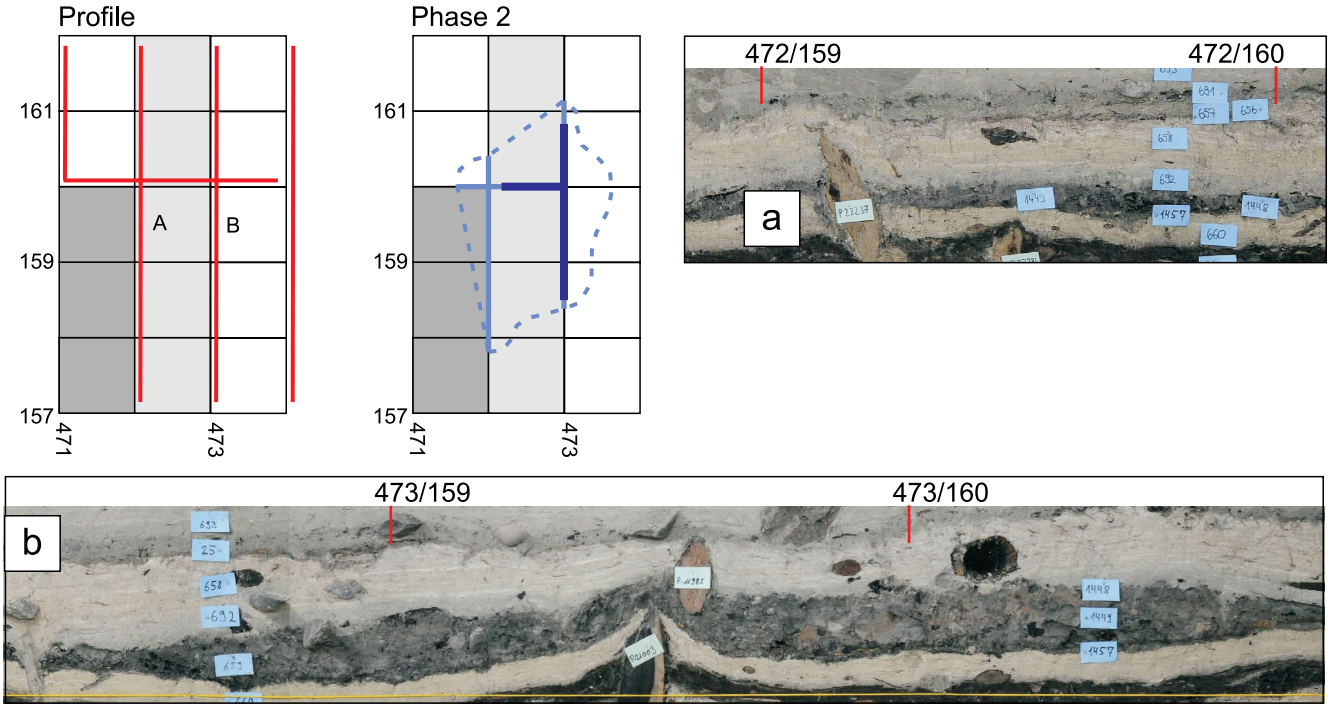
Lehmstelle 1503



Lehmstelle 1506

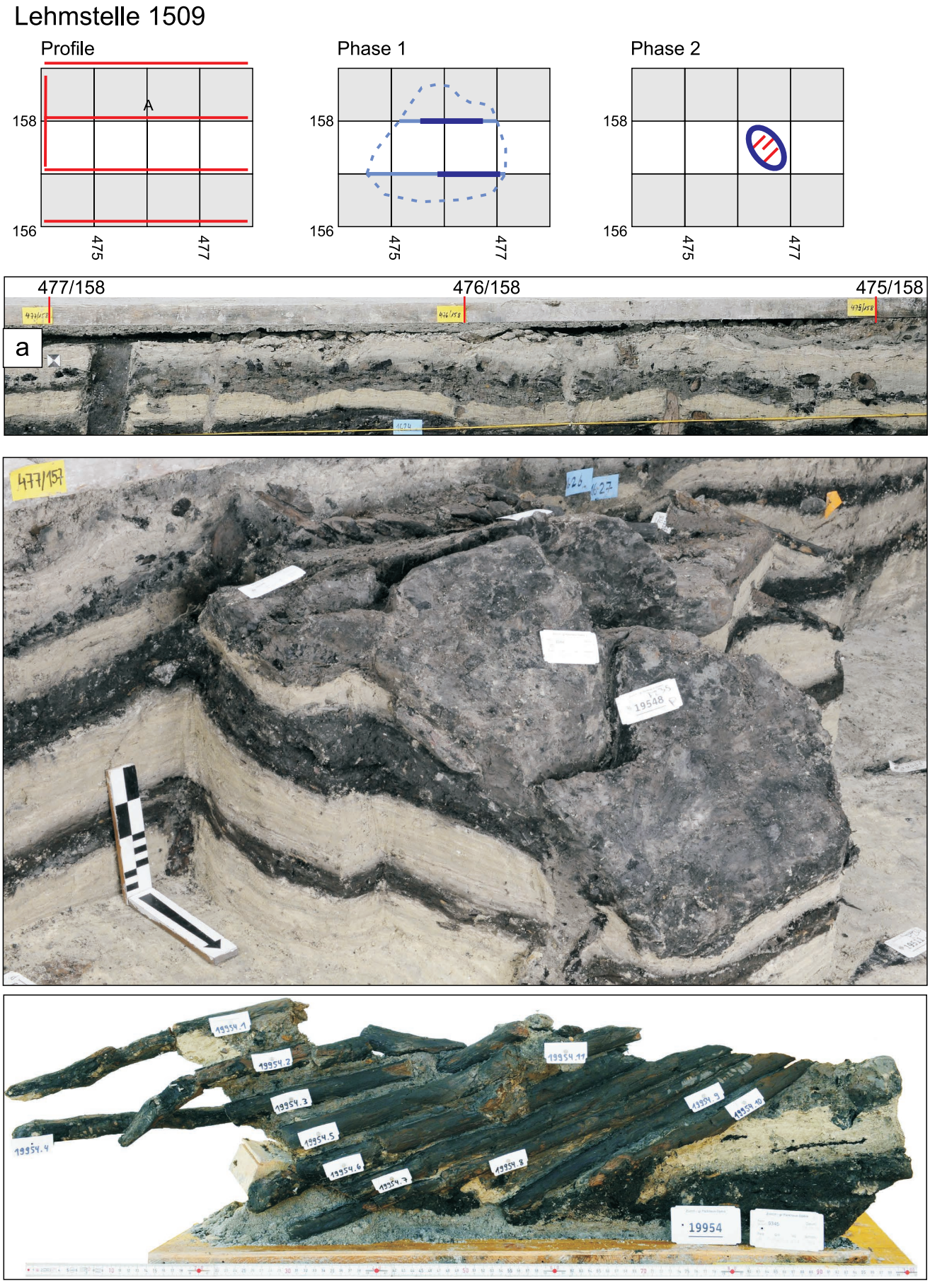


Lehmstelle 1508



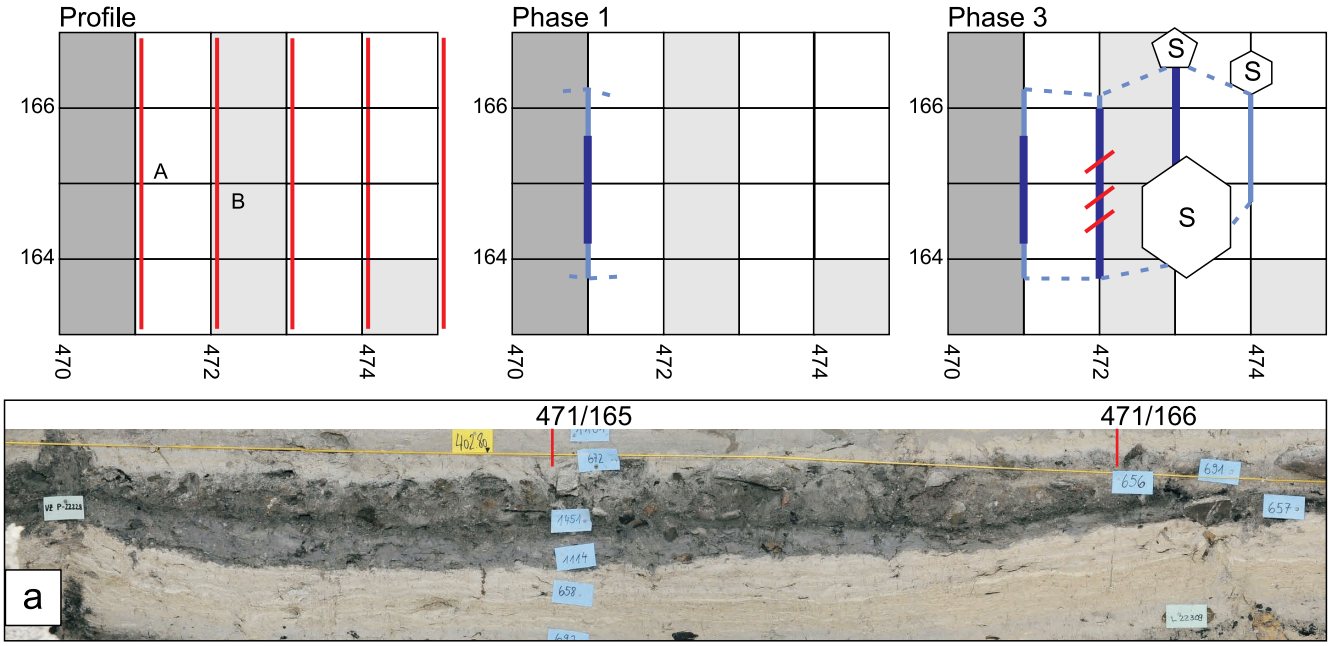
Tafel 20. Lehmstellen 1503, 1506 und 1508.

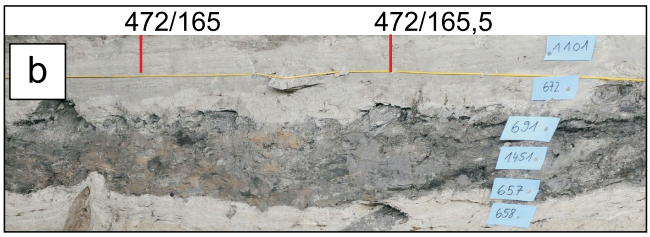
Zum Inhaltsverzeichnis



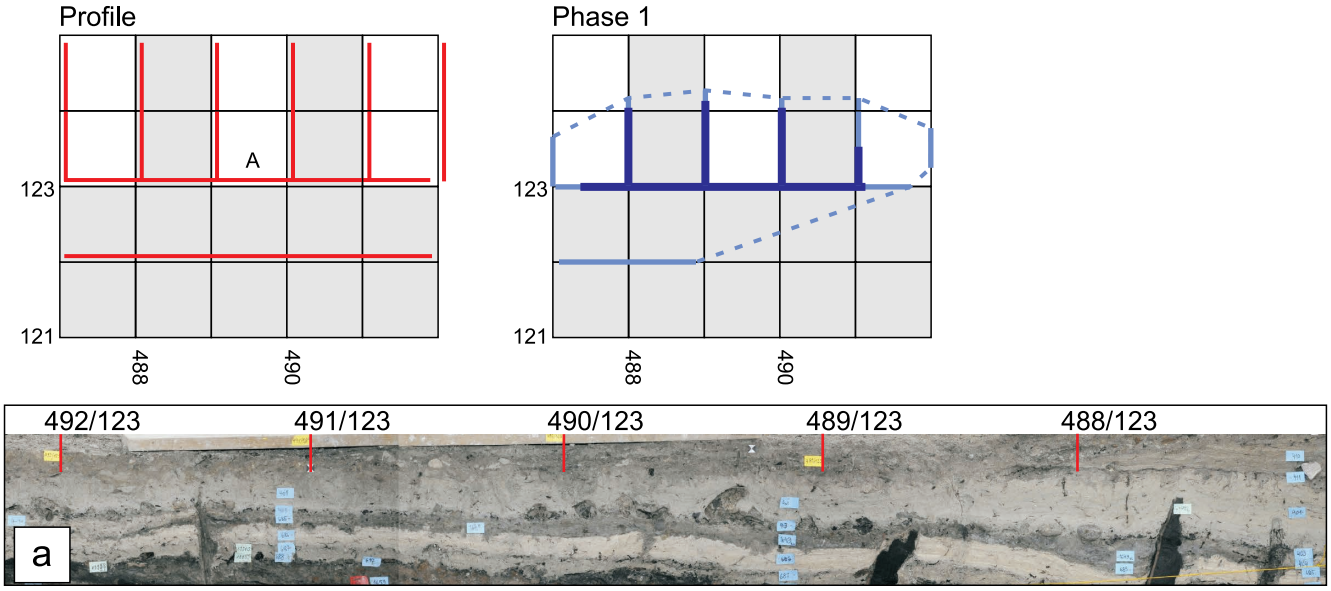
Tafel 21. Lehmstelle 1509.

Lehmstelle 1604





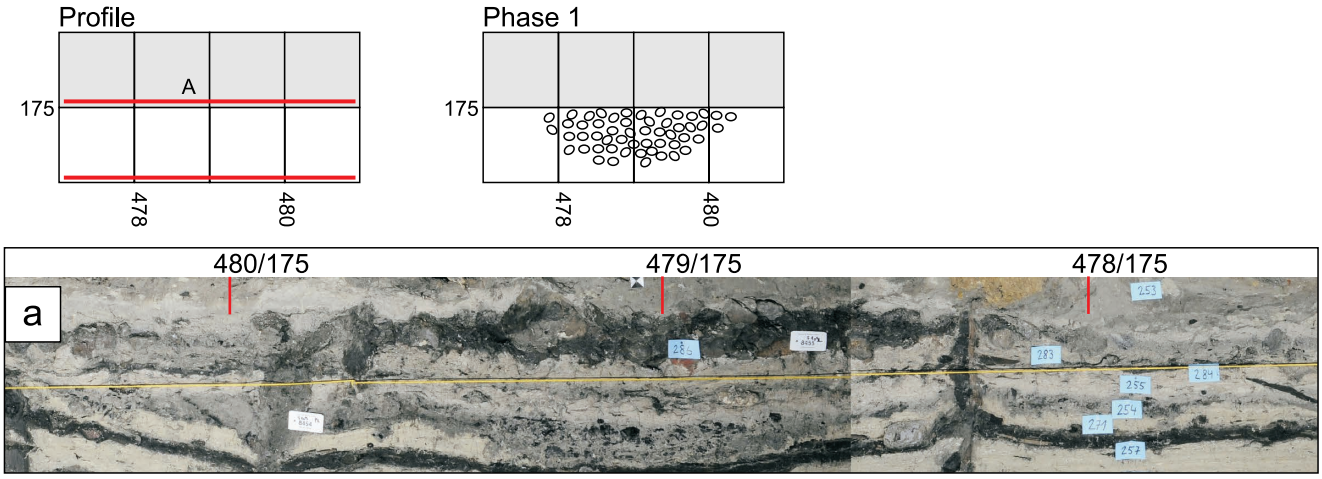
Lehmstelle 1608



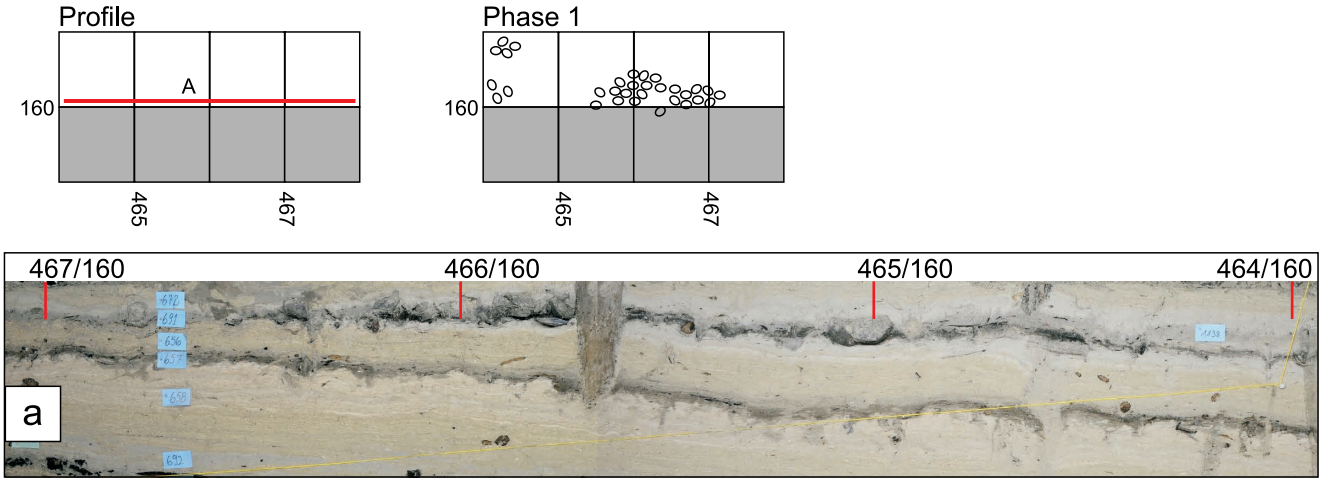
Tafel 22. Lehmstellen 1604 und 1608.

Zum Inhaltsverzeichnis

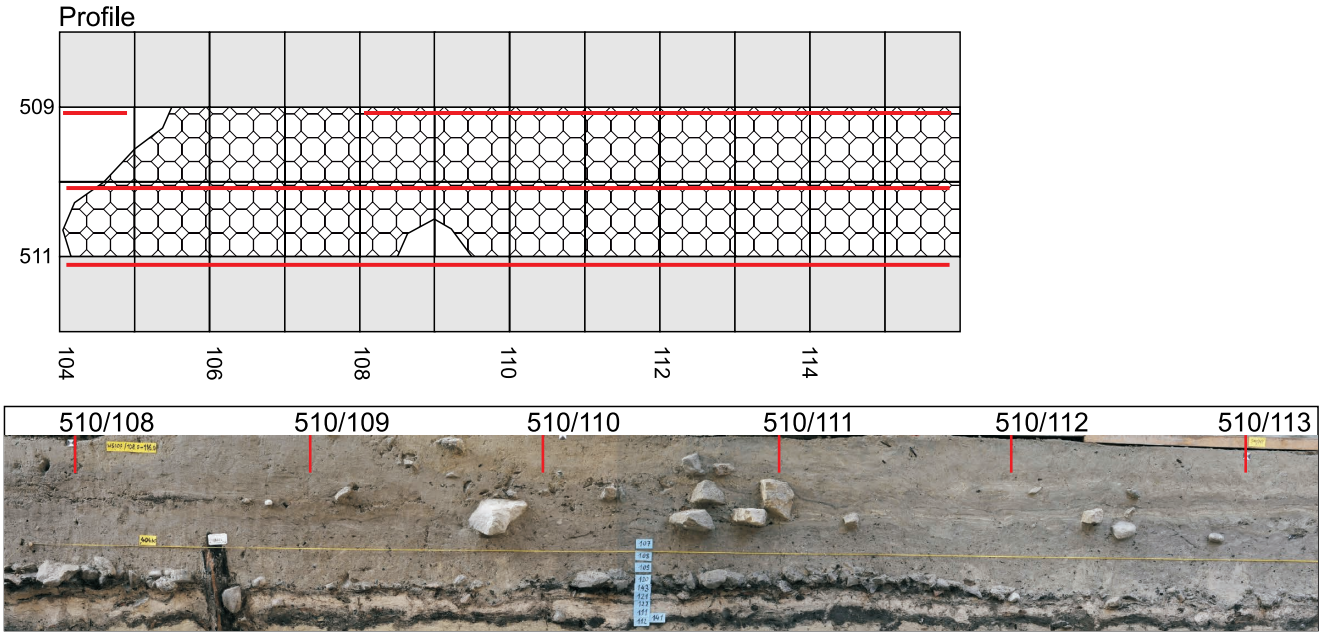
Steinkonzentration 1701



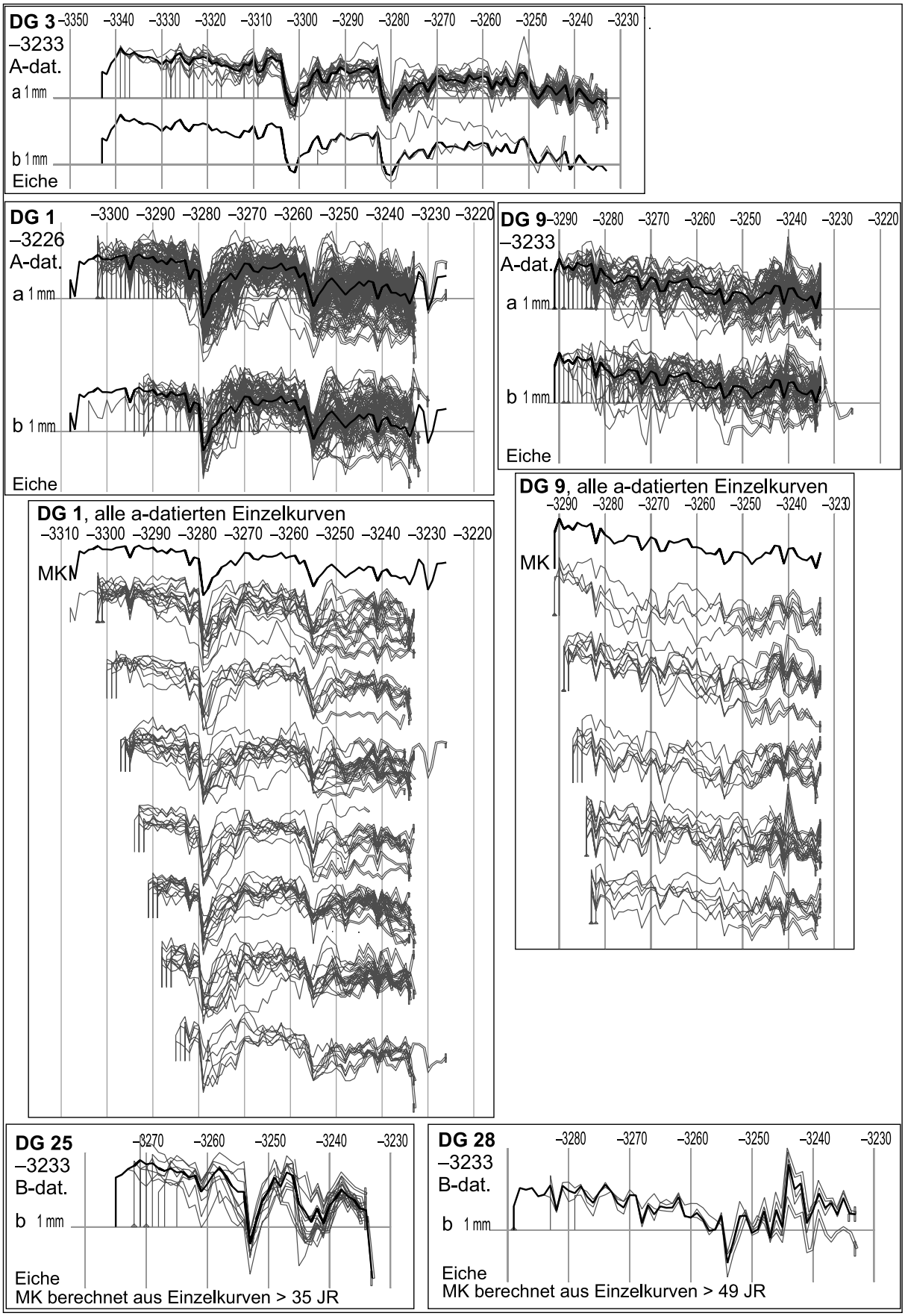
Steinkonzentration 1702



Steinkonzentration 1703

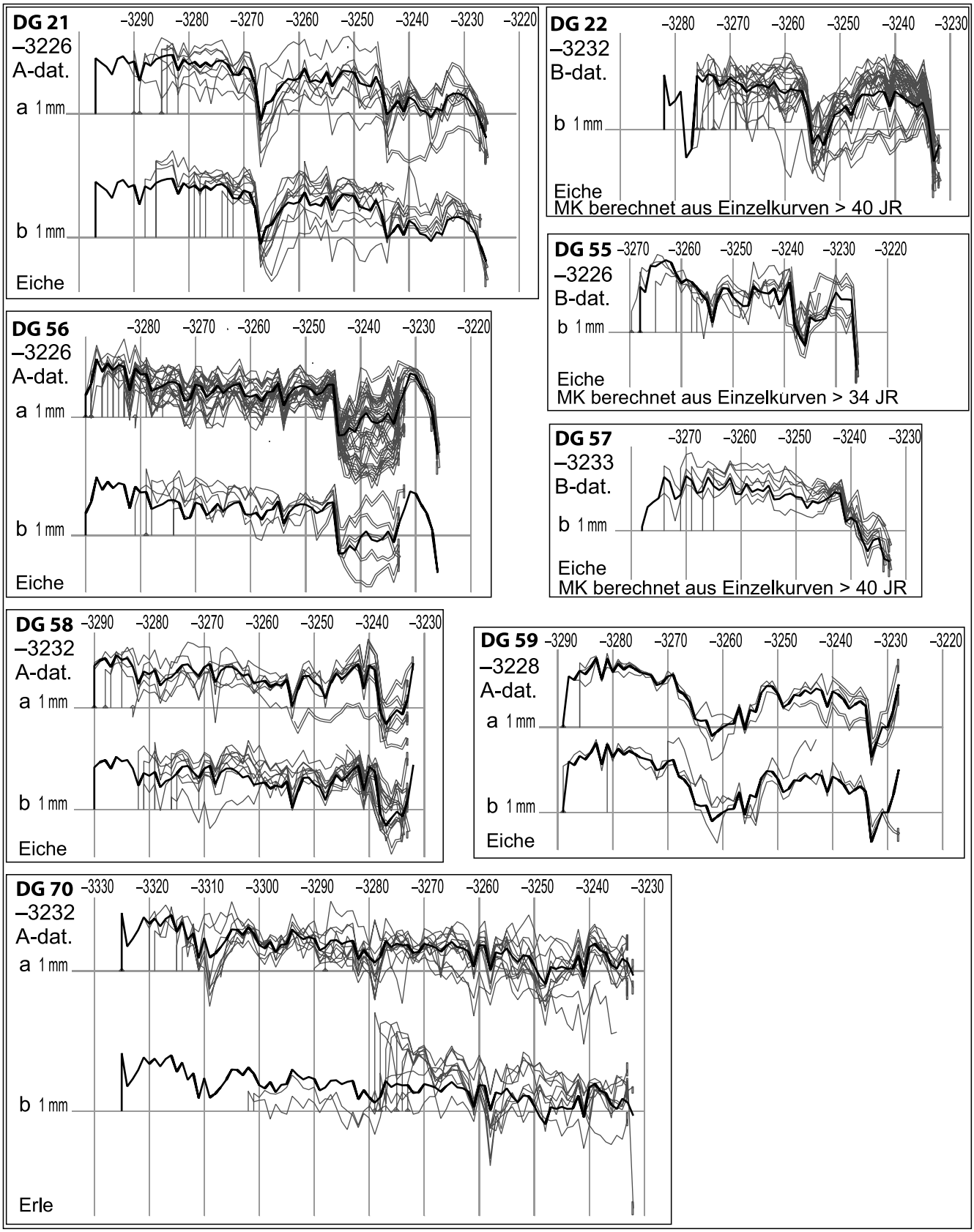


Tafel 23. Steinkonzentrationen 1701 und 1702.

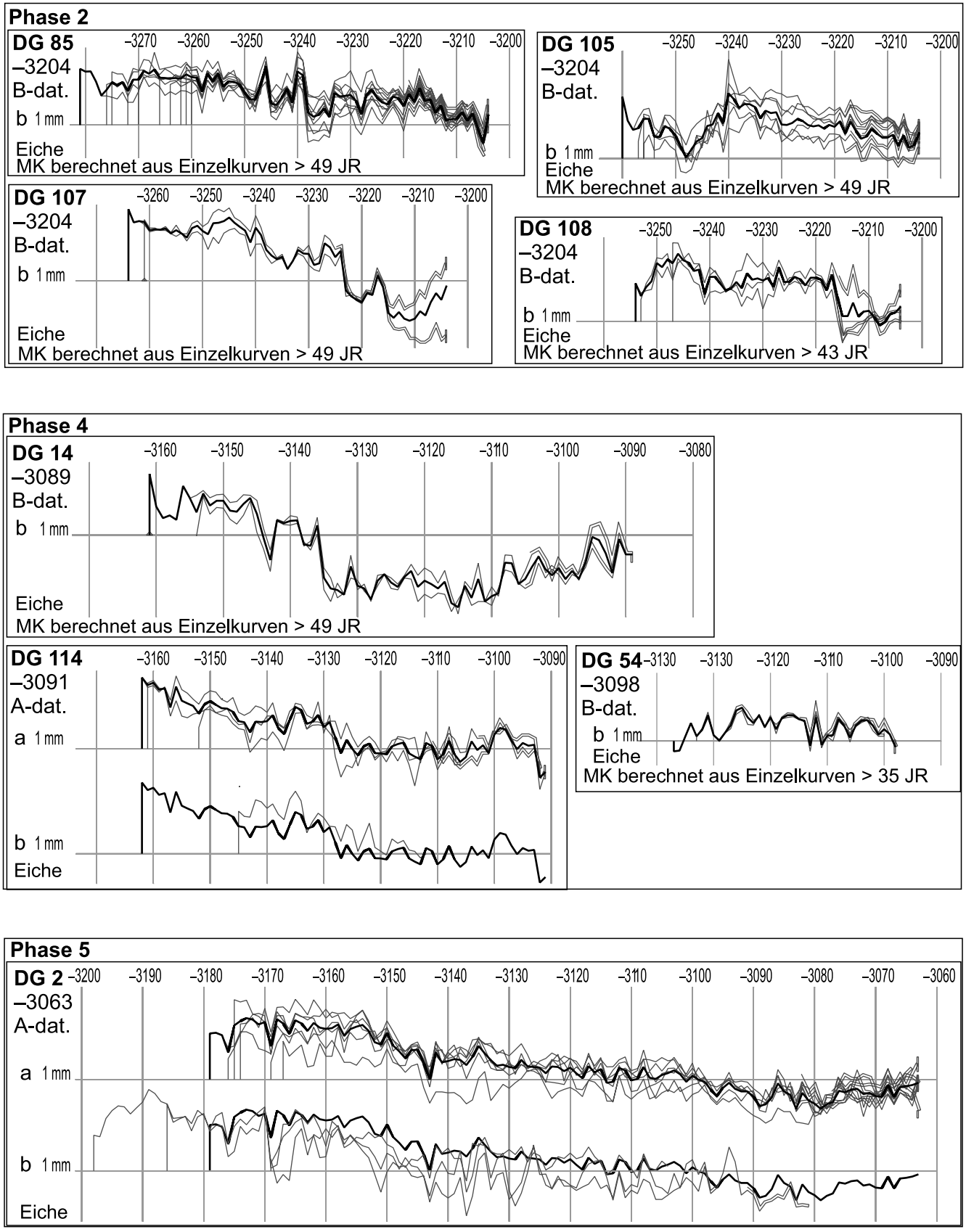


Tafel 24. Siedlungsphase Opéra 1 (Teil 1): Aufbau der DG 1, 3, 9, 25 und 28. Bei A-datierten DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG). Für die stark belegten DG 1 und 9 sind zudem alle a-datierten EK nach Anfangsjahr aufgefächert dargestellt.

Zum Inhaltsverzeichnis

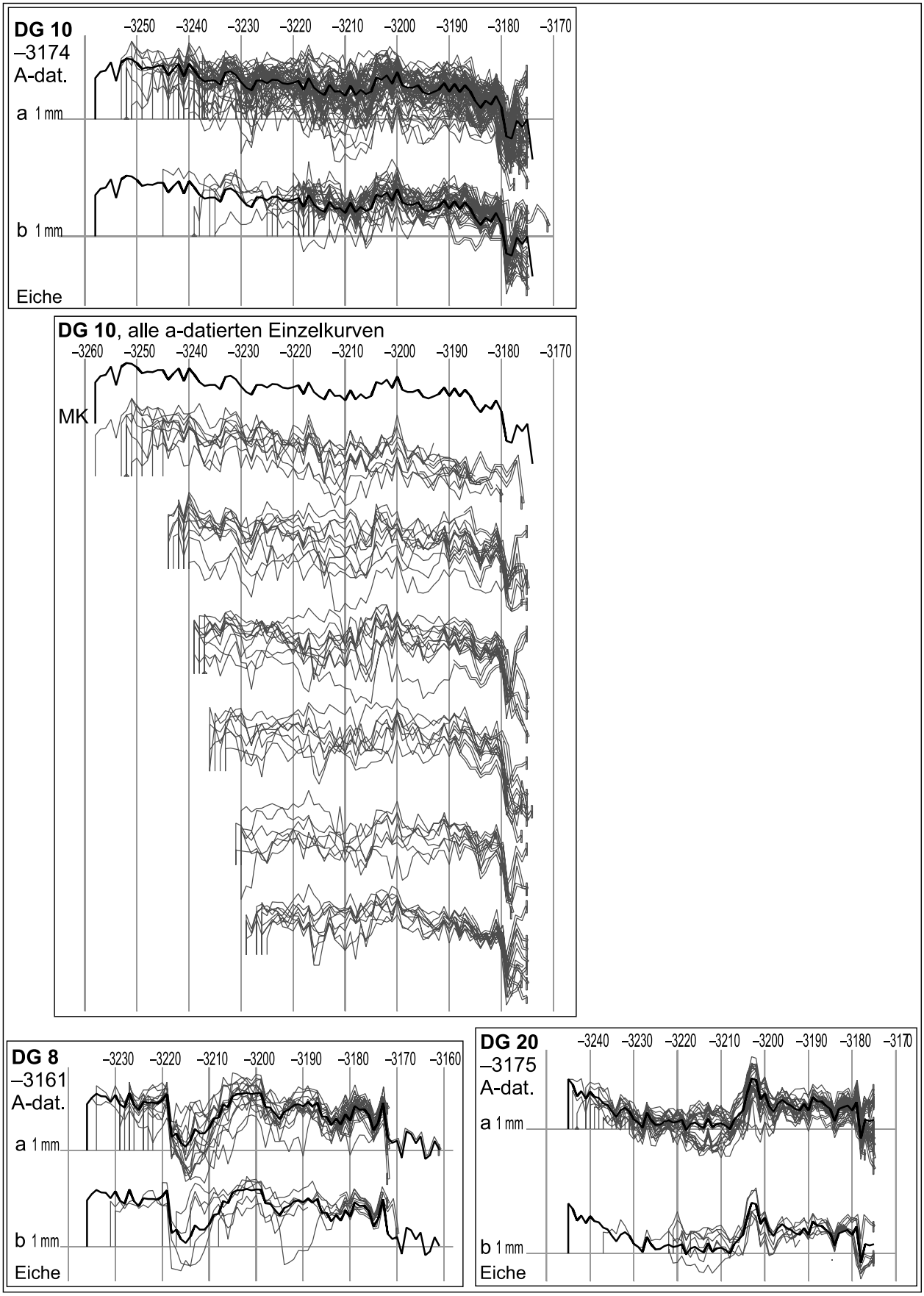


Tafel 25. Siedlungsphase Opéra 1 (Teil 2): Aufbau der DG 21, 22, 55, 56, 57, 58, 59 und 70. Bei A-datierten DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG).

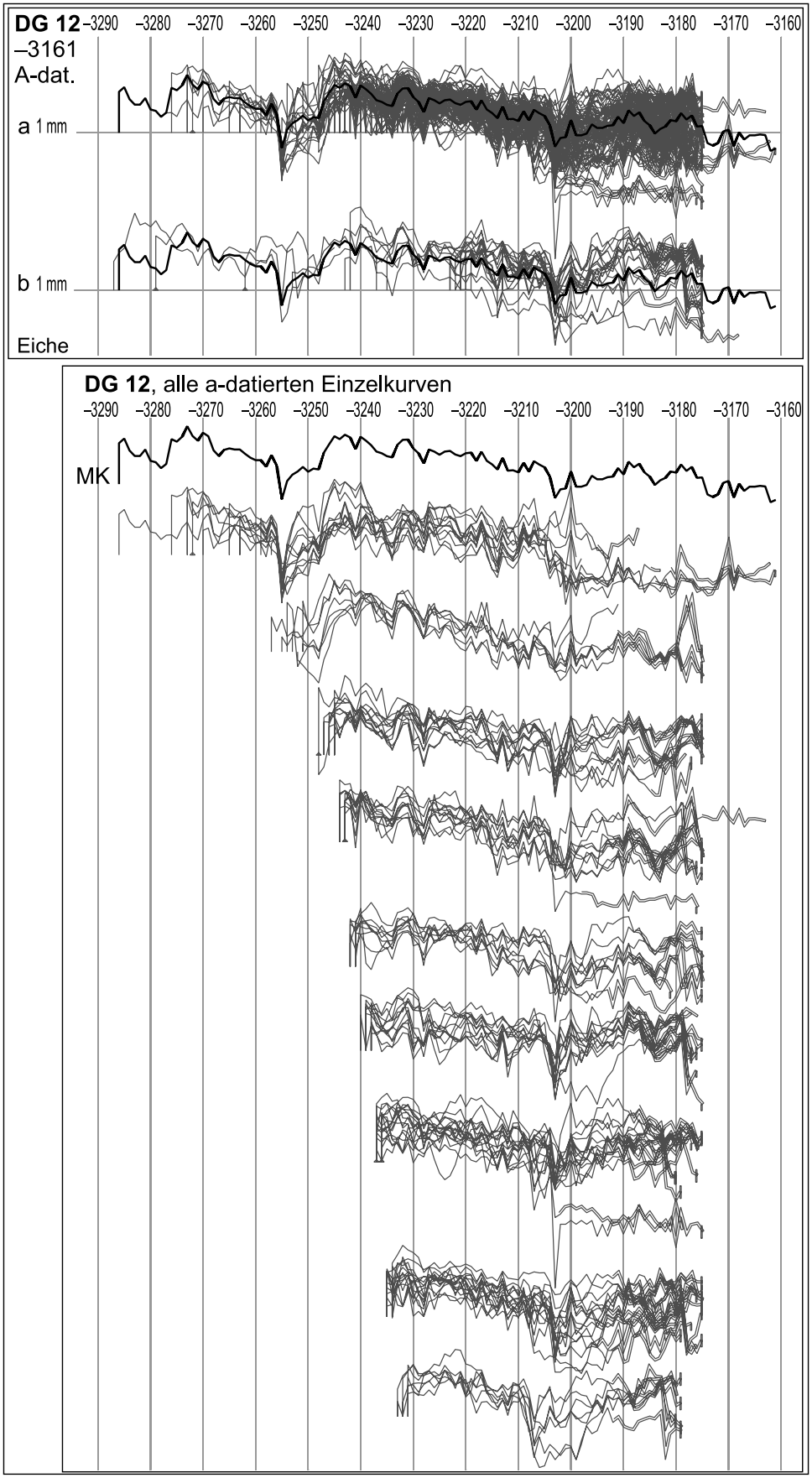


Tafel 26. Siedlungsphasen Opéra 2, 4 und 5: Aufbau der DG 85, 105, 107 und 108 (Phase 2), der DG 14, 54 und 114 (Phase 4) sowie der DG 2 (Phase 5). Bei A-datierten DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG).

Zum Inhaltsverzeichnis

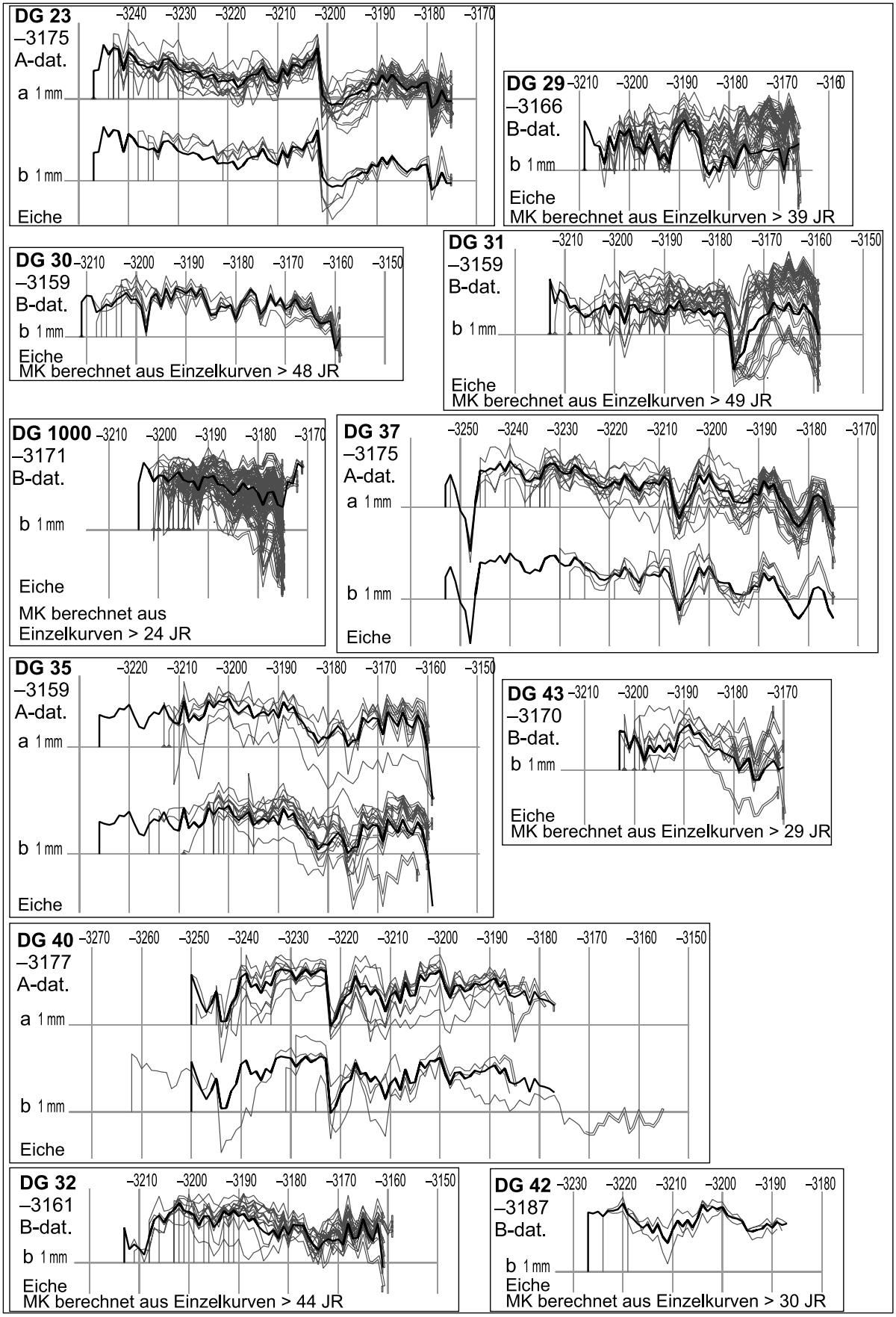


Tafel 27. Siedlungsphase Opéra 3 (Teil 1): Aufbau der DG 8, 10 und 20. Bei A-datierten DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG). Für die stark belegte DG 10 sind zudem alle a-datierten EK nach dem Anfangsjahr aufgefächert dargestellt.

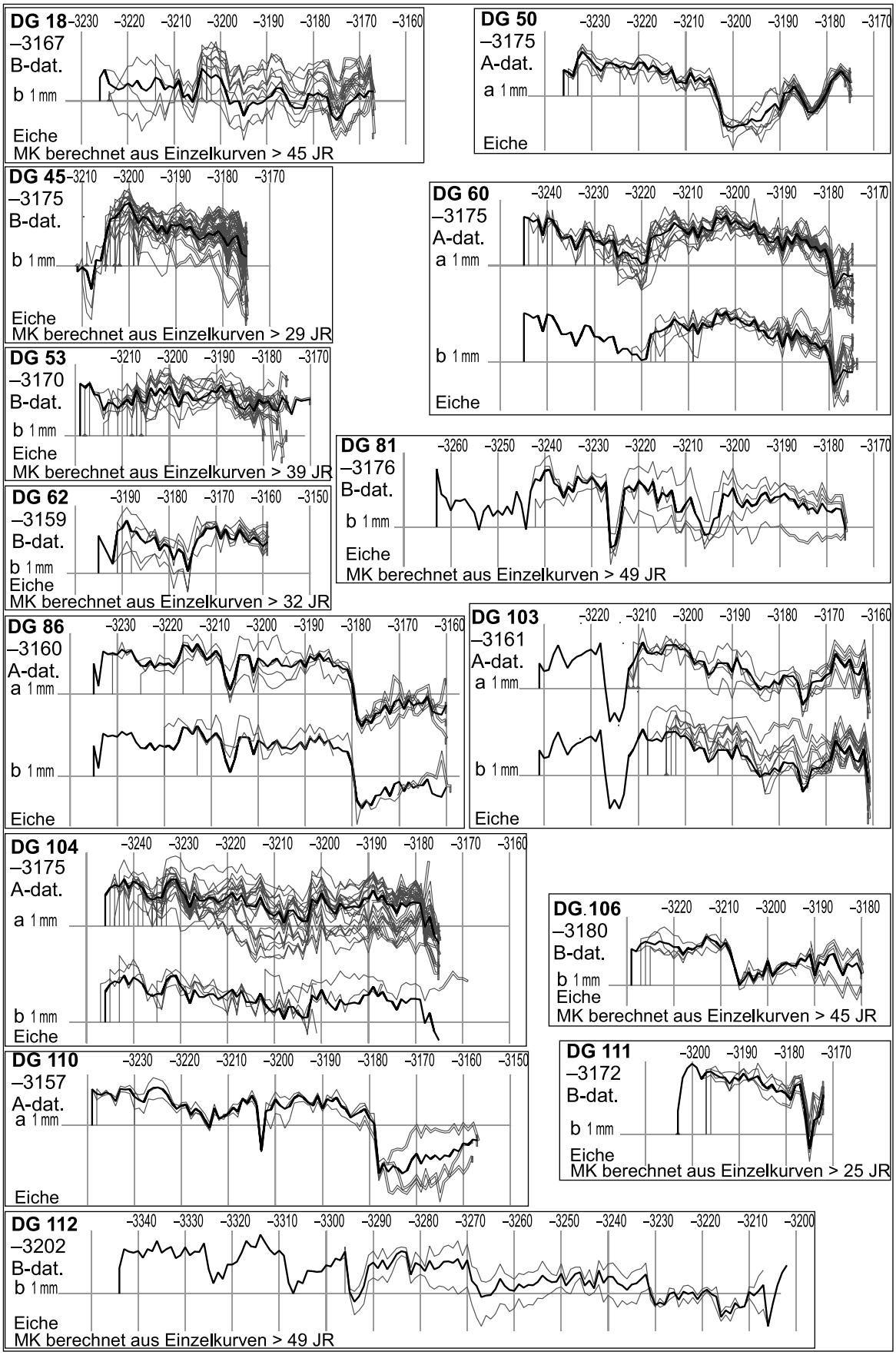


Tafel 28. Siedlungsphase Opéra 3 (Teil 2): Aufbau der DG 12. Für die A-datierte DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG). Zudem sind für die stark belegte DG 12 alle a-datierten EK nach Anfangsjahr aufgefächert dargestellt.

Zum Inhaltsverzeichnis

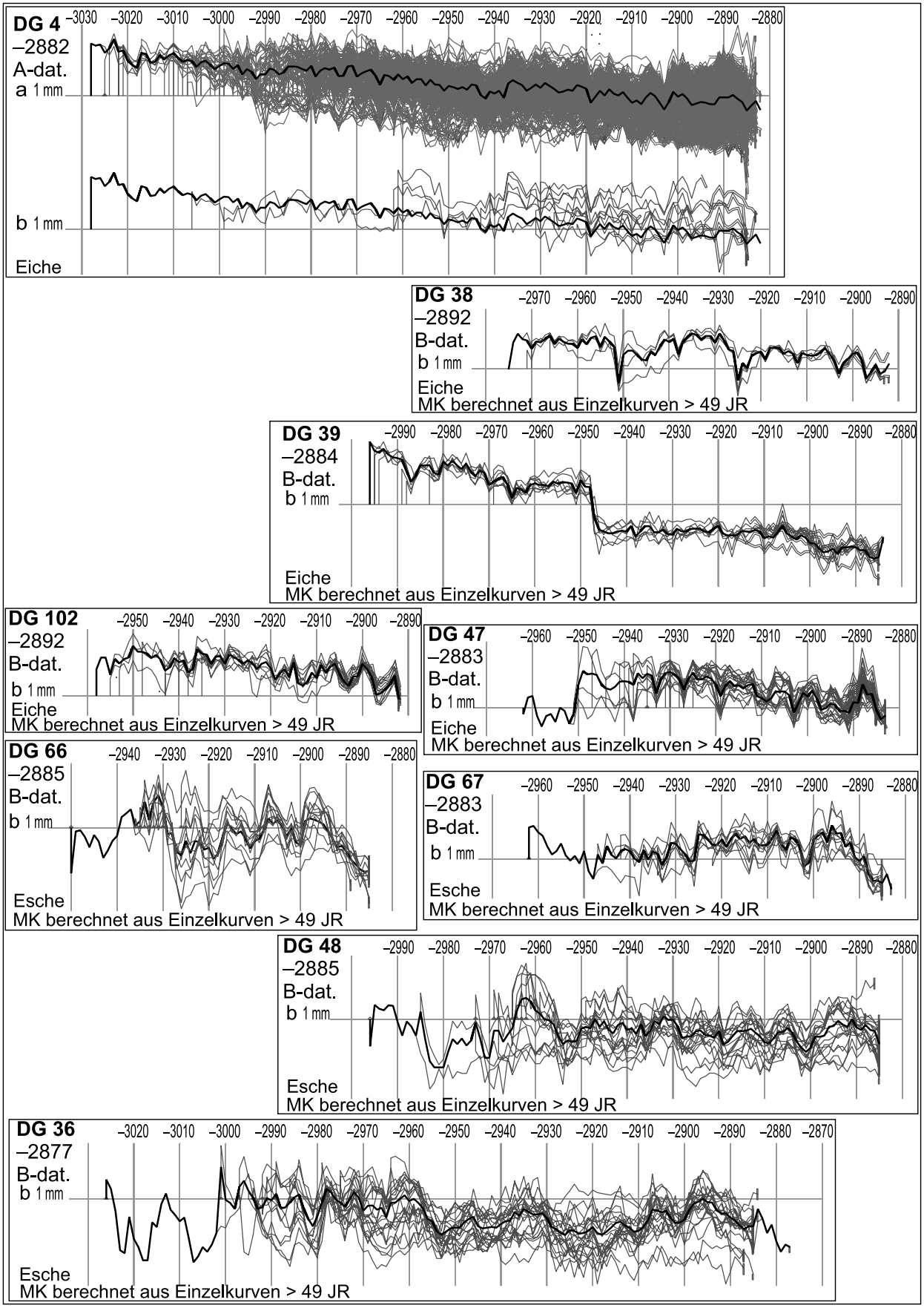


Tafel 29. Siedlungsphase Opéra 3 (Teil 3): Aufbau der DG 23, 29, 30, 31, 32, 35, 37, 40, 42, 43 und 1000. Bei A-datierten DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG).

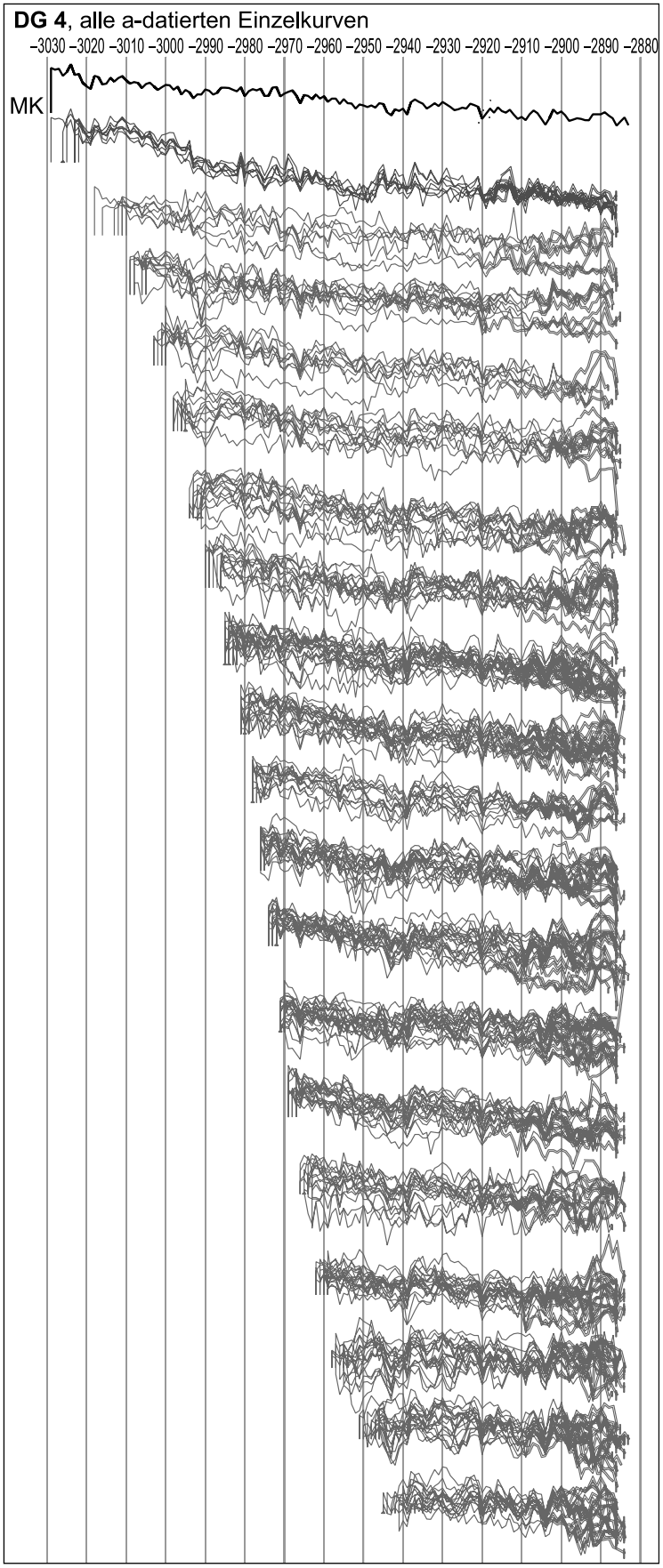


Tafel 30. Siedlungsphase Opéra 3 (Teil 4): Aufbau der DG 18, 45, 50, 53, 60, 62, 81, 86, 103, 104, 106, 110, 111 und 112. Bei A-datierten DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG).

Zum Inhaltsverzeichnis

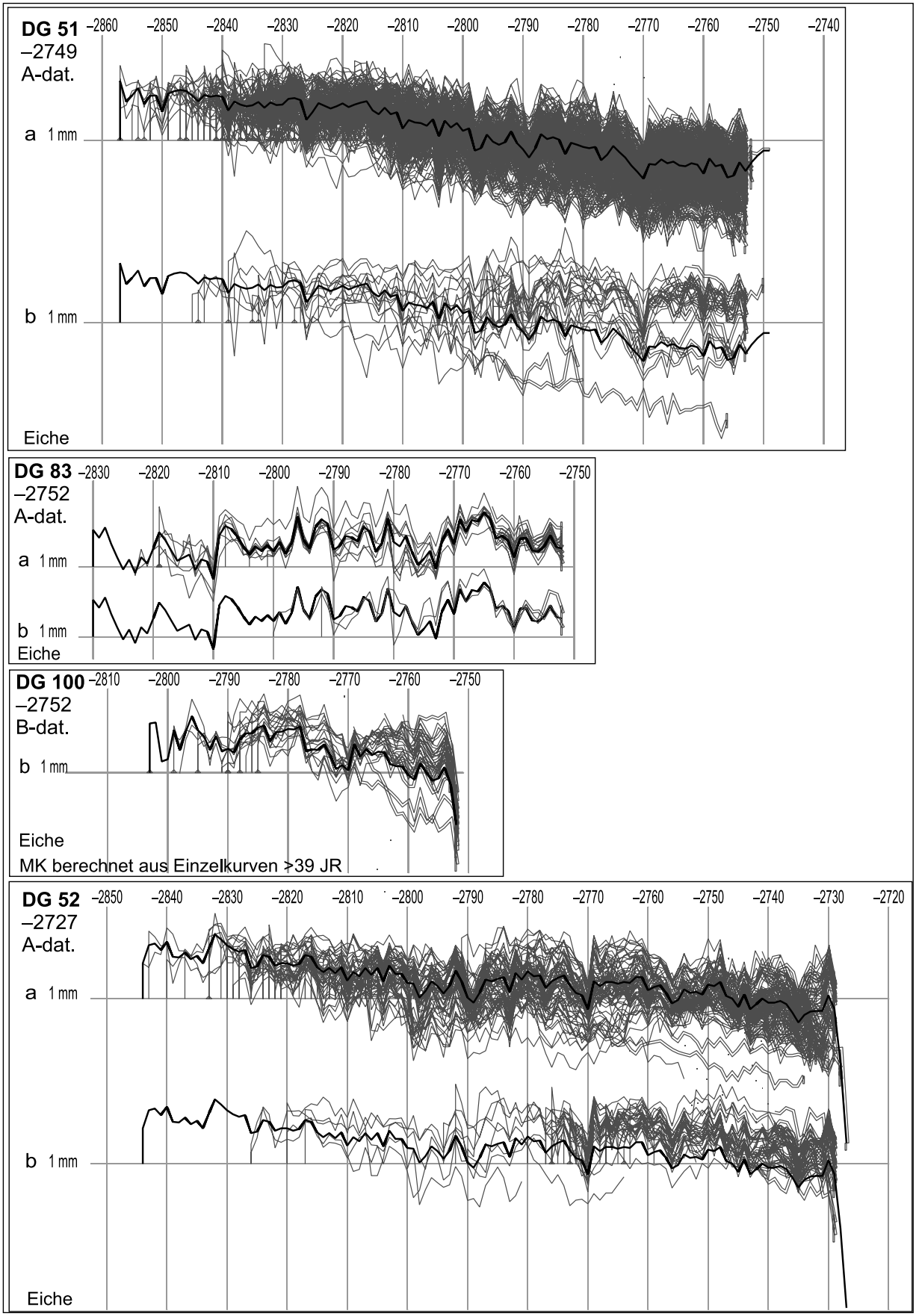


Tafel 31. Siedlungsphase Opéra 6 (Teil 1): Aufbau der DG 4, 36, 38, 39, 47, 48, 66, 67 und 102. Bei A-datierten DG werden oben die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG).

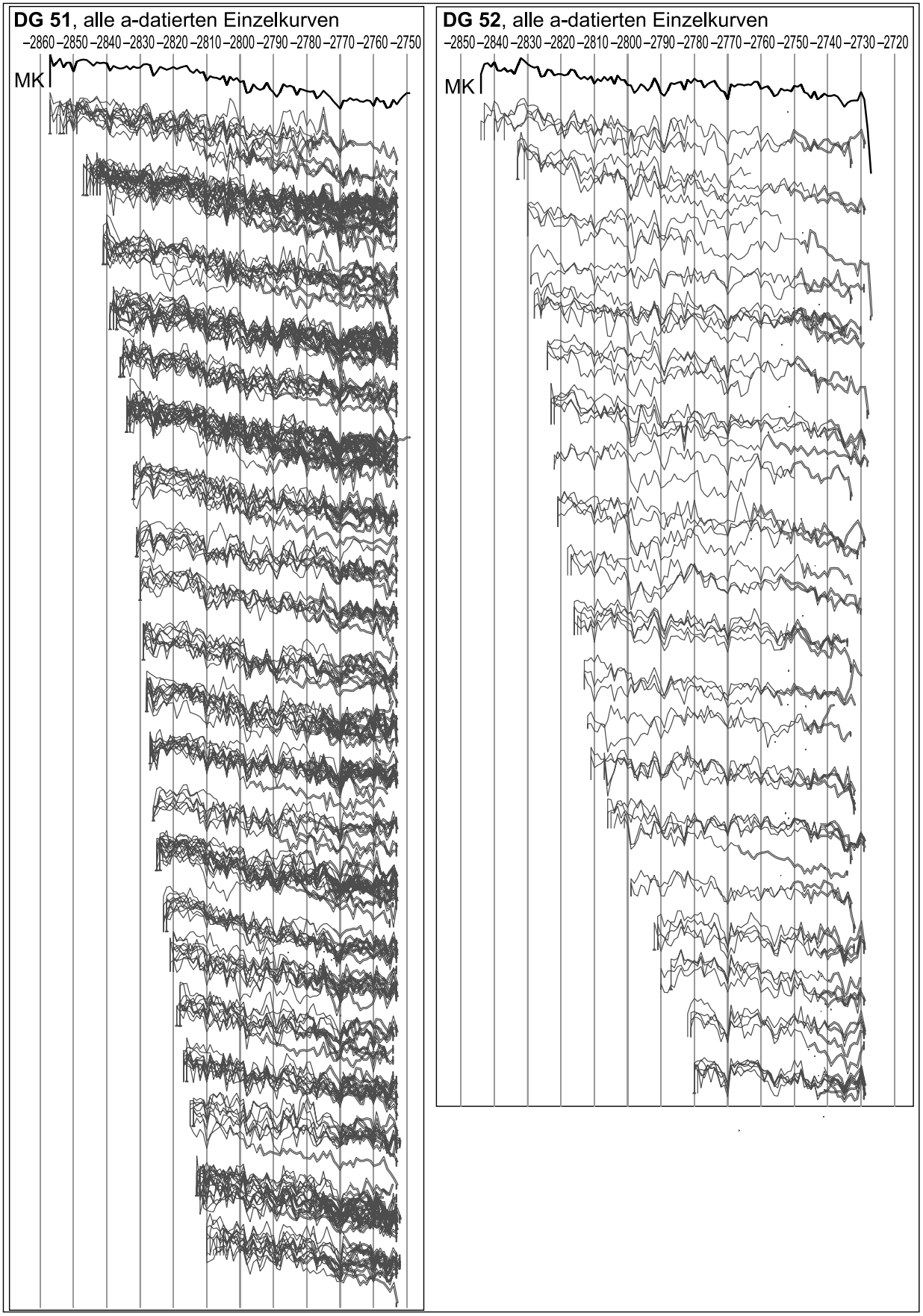


Tafel 32. Siedlungsphase Opéra 6 (Teil 2): Alle a-datierten EK der stark belegten DG 4 sind nach Anfangsjahr aufgefächert dargestellt (Doppellinie: Splint; Dreieck: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK).

Zum Inhaltsverzeichnis

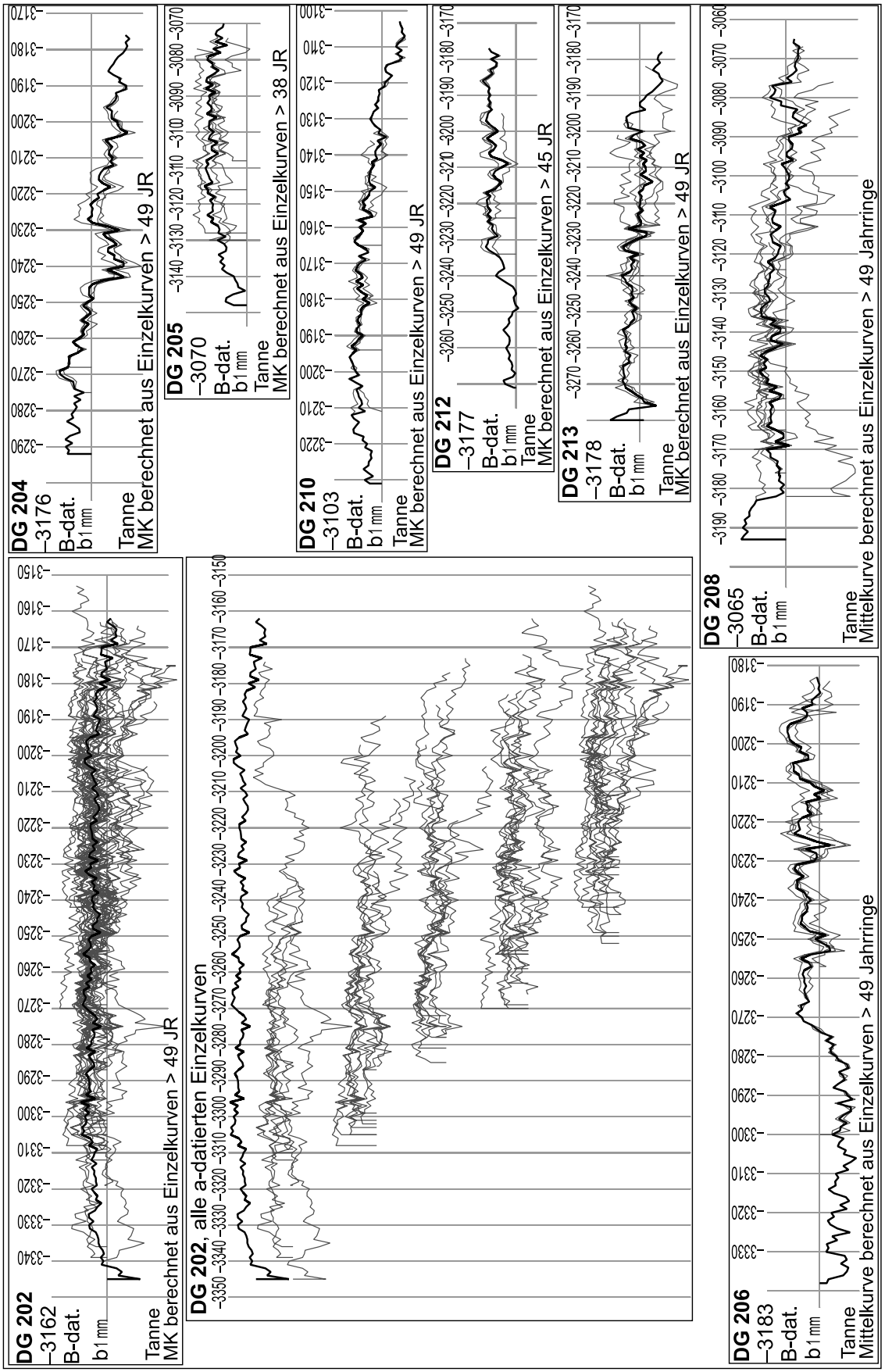


Tafel 33. Siedlungsphasen Opéra 7 und 8 (Teil 1): Aufbau der DG 51, 52, 83 und 100. Bei A-datierten DG werden oben jeweils die a-datierten und unten die b-datierten EK (grau) gezeigt. (Doppellinie: Splint; Dreiecke: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK; schwarz: MK der DG).

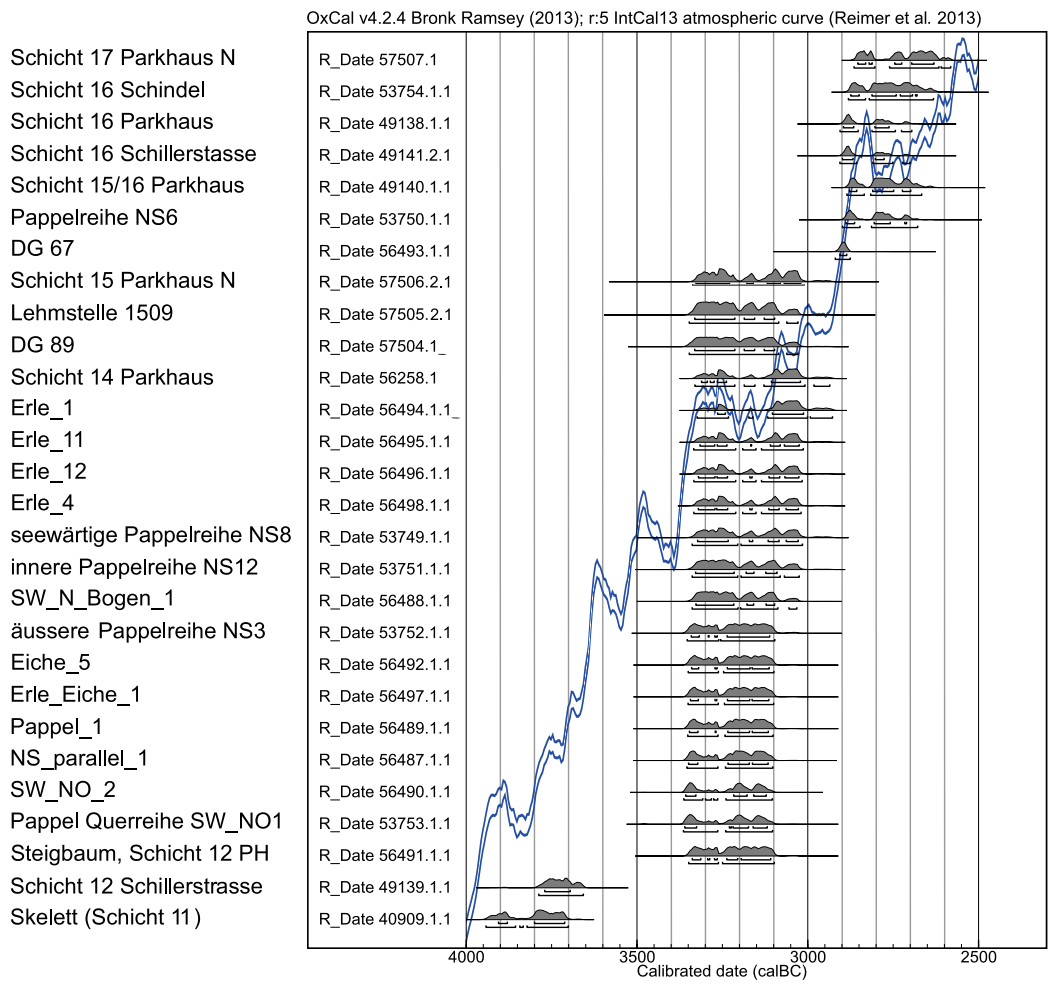


Tafel 34. Siedlungsphasen Opéra 7 und 8 (Teil 2): Alle a-datierten EK der stark belegten DG 51 (Siedlungsphase 7) und 52 (Siedlungsphase 8) nach Anfangsjahr sortiert aufgefächert dargestellt (Doppellinie: Splint; Dreieck: Mark; senkrechter doppelter Abschluss: WK oder mögliche WK).

Zum Inhaltsverzeichnis



Tafel 35. Aufbau aller datierten Tannen-DG. Die EK der gut belegten DG 202 sind zudem nach Anfangsjahren sortiert aufgefächert dargestellt. (fett: MK der DG; grau: b-datierte EK der DG).



ETH-Nr.	Probe	Kommentar	konventionelles Alter	± (y)	$\delta^{13}C$ (‰)	Struktur/Objekt	1-Sigma-Bereich		2-Sigma-Bereich	
40909.1.1	FKnr 219.1	Knochen	5005	35	–23,6	Skelett (Schicht 11)	–3906	–3712	–3943	–3702
49138.1.1	FKnr 10919	Haselnuss Snr 657	4223	30	–26,5	Schicht 16 Parkhaus	–2896	–2763	–2906	–2696
49139.1.1	FKnr 8572	Haselnuss Snr 116	4953	30	–27,0	Schicht 12 Schillerstrasse	–3771	–3696	–3788	–3658
49140.1.1	FKnr 10815	Haselnuss Snr 685	4180	29	–27,7	Schicht 15/16 Parkhaus Süd	–2879	–2699	–2886	–2667
49141.2.1	FKnr 9426	Haselnuss Snr 122	4229	29	–24,7	Schicht 16 Schillerstrasse	–2899	–2777	–2907	–2701
53749.1.1	Hnr 27956	letzte 3 JR	4457	33	–25,2	seewärtige Pappelreihe NS8	–3323	–3029	–3339	–3016
53750.1.1	Hnr 11784	letzte 4 JR	4208	31	–25,7	Pappelreihe NS6	–2889	–2712	–2899	–2679
53751.1.1	Hnr 22630	aussen	4470	32	–28,2	innere Pappelreihe NS12	–3329	–3091	–3339	–3026
53752.1.1	Hnr 13249	letzte 4 JR	4510	32	–26,7	äussere Pappelreihe NS3	–3342	–3112	–3354	–3097
53753.1.1	Hnr 1747	aussen	4539	32	–24,8	Pappel Querreihe SW_NO1	–3361	–3119	–3365	–3104
53754.1.1	Hnr 18619	letzte 3 JR	4166	32	–23,0	Schindel Schicht 16	–2875	–2681	–2882	–2633
56258.1.1	FKnr 11754	Zweig 7 JR, Snr 661	4443	29	–28,0	Schicht 14 Parkhaus	–3320	–3020	–3330	–2930
56487.1.1	Hnr 26582	letzte 3 JR	4521	27	–23,5	NS_parallel_1	–3350	–3117	–3355	–3103
56488.1.1	Hnr 7336	letzte 8 JR	4480	27	–30,5	SW_N_Bogen_1	–3328	–3098	–3339	–3033
56489.1.1	Hnr 28088	letzte 12 JR	4516	27	–23,9	Pappel_1	–3347	–3116	–3352	–3102
56490.1.1	Hnr 14331	letzte 15 JR	4537	27	–22,9	SW_NO_2	–3358	–3122	–3364	–3104
56491.1.1	Hnr 12698	letzte 3 JR	4506	27	–26,9	Steigbaum (Schicht 12 Parkh.)	–3339	–3109	–3349	–3099
56492.1.1	Hnr 6255	letzte 3 JR	4510	27	–24,0	Eiche_5	–3341	–3114	–3351	–3100
56493.1.1	Hnr 27000	letzte 5 JR	4273	27	–25,8	DG 67	–2907	–2887	–2920	–2876
56494.1.1	Hnr 25548	letzte 5 JR	4431	27	–22,7	Erle_1	–3265	–3013	–3325	–2928
56495.1.1	Hnr 14687	letzte 3 JR	4450	27	–25,1	Erle_11	–3316	–3026	–3335	–3014
56496.1.1	Hnr 4630	letzte 3 JR	4453	27	–27,9	Erle_12	–3321	–3027	–3334	–3017
56497.1.1	Hnr 24437	letzte 3 JR	4513	27	–25,6	Erle_Eiche_1	–3344	–3115	–3351	–3101
56498.1.1	Hnr 20254	letzte 10 JR	4456	27	–25,2	Erle_4	–3321	–3028	–3334	–3020
57504.1.1	Hnr 27748	letzte 4 JR	4484	39	–40,1	DG 89	–3330	–3096	–3346	–3028
57505.2.1	Hnr 19954	aussen	4479	32	–28,2	Lehmstelle 1509	–3330	–3090	–3340	–3020
57506.2.1	FKnr 8961	Haselnuss Snr 659	4454	31	–27,9	Schicht 15 Parkhaus N	–3330	–3020	–3340	–3010
57507.1.1	FKnr 4885	Haselnuss Snr 286	4124	21	–32,3	Schicht 17 Parkhaus N	–2853	–2630	–2864	–2580

Tafel 36. Zusammenstellung aller im Rahmen der Auswertung erfolgten Radiokarbondatierungen. Oben: Graphische Darstellung, angeordnet nach Datierung. Unten: Tabellarische Darstellung, sortiert nach ETH.-Nr.

Zum Inhaltsverzeichnis

Zum Inhaltsverzeichnis

PUBLIKATIONEN DER KANTONSARCHÄOLOGIE ZÜRICH

Berichte der Zürcher Denkmalpflege Kanton

Berichte 1–11, inkl. Archäologie

1 Bericht 1958–1959 (1961) vergriffen
2 Bericht 1960–1961 (1964) vergriffen
3 Bericht 1962–1963 (1967)
4 Bericht 1964–1965 (1969)
5 Bericht 1966–1967 (1971)
6 Bericht 1968–1969 (1973)
7.1 Bericht 1970–1974 1. Teil (1975)
7.2 Bericht 1970–1974 2. Teil (1978)
8 Bericht 1975–1976 (1980)
9.1 Bericht 1977–1978 1. Teil (1982)
10.1 Bericht 1979–1982 1. Teil (1986)
11 Bericht 1983–1986 (1995)

Berichte der Kantonsarchäologie Zürich

Ab Band 12 erscheinen die Berichte der Kantonalen Denkmalpflege und der Kantonsarchäologie getrennt

12.1 Archäologie im Kanton Zürich 1987–1992 1. Teil (1994)
13 Archäologie im Kanton Zürich 1993–1994 (1996)
14 Archäologie im Kanton Zürich 1995–1996 (1998)
15 Archäologie im Kanton Zürich 1997–1998 (2000)
16 Archäologie im Kanton Zürich 1999–2000 (2002)
17 Archäologie im Kanton Zürich 2001–2002 (2004)
18 Archäologie im Kanton Zürich 2003–2005 (2006)

Fortsetzung:

Archäologie im Kanton Zürich_01 (2009)
Archäologie im Kanton Zürich_02 (2013)

Monographien der Kantonsarchäologie Zürich

1 Jürg Rychener, Der Kirchhügel von Oberwinterthur. Die Rettungsgrabungen von 1976, 1980 und 1981. Beiträge zum römischen Vitudurum – Oberwinterthur 1 (1984)
2 Jürg Rychener, Peter Albertin, Christiane Jacquat, Beiträge zum römischen Vitudurum – Oberwinterthur 2. Ein Haus im Vicus Vitudurum – die Ausgrabungen an der Römerstrasse 186. Römerzeitliche Pflanzenfunde aus Oberwinterthur (1986)
3 Peter J. Suter, Zürich «Kleiner Hafner». Tauchgrabungen 1981–1984 (1987)
4 Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen 1 (1987)
5 Beat Rütti, Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 4. Die Gläser (1988)
6 Jürg Rychener, Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 3. Die Rettungsgrabungen 1983 bis 1986 (1988)
7 Stefanie Jacomet et al., Archäobotanik am Zürichsee. Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlungen im Raum Zürich. Ergebnisse von Untersuchungen pflanzlicher Makroreste der Jahre 1979–1988 (1989)
8 Walter Drack, Der römische Gutshof bei Seeb, Gem. Winkel. Ausgrabungen 1958–1969 (1990)
9 Üetliberg, Uto-Kulm. Ausgrabungen 1980–1989, 2 Bde. (1991)
10 Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 5. Die Funde aus Holz, Leder, Bein, Gewebe. Die osteologischen und anthropologischen Untersuchungen (1991)
11 Bronzezeitliche Landsiedlungen und Gräber (1992)
12 Peter Lehmann, Zwei Töpferöfen in der Winterthurer Altstadt (1992)
13 Renata Windler, Das Gräberfeld von Elgg und die Besiedlung der Nordostschweiz im 5.–7. Jahrhundert (1994)
14 Carola Jäggi et al., Die Stadtkirche St. Laurentius in Winterthur. Ergebnisse der archäologischen und historischen Forschungen (1993)
15 –
16 Hans-Markus von Kaenel et al., Der Münzhort aus dem Gutshof in Neftenbach. Antoniniane und Denare von Septimius Severus bis Postumus (1993)
17 Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen 2: Tafeln (1992)
18 Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen 3: Die neolithische Keramik (1993)
19 –
20 Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee. Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationssanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenschloss in Zürich (1997)
21 –
22 Jungsteinzeitliche Ufersiedlungen im Zürcher Seefeld 1: Die Keramik (1994)
23 Jungsteinzeitliche Ufersiedlungen im Zürcher Seefeld 2: Tafeln (1993)
24 Dölf Wild, Daniel Krebs, Die römischen Bäder von Zürich. Ausgrabungen am Weinplatz in der Altstadt von Zürich, 1983/84 (1993)
25 Christa Ebnöther, Der römische Gutshof in Dietikon (1995)
26 Burg – Kapelle – Friedhof, Rettungsgrabungen in Nänikon und Bonstetten (1995)
27 Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 7. Ausgrabungen im Unteren Bühl. Die Funde aus Metall. Ein Schrank mit Lararium des 3.Jahrhunderts (1996)
28 Calista Fischer, Innovation und Tradition in der Mittel- und Spätbronzezeit. Gräber und Siedlungen in Neftenbach, Fällanden, Dietikon, Pfäffikon und Erlenbach (1997)
29 Lotti Frascoli, Handwerker- und Kaufmannshaushalte im frühneuzeitlichen Winterthur. Untersuchungen zu vier Liegenschaften in der Altstadt (1997)
30 Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 8. Ausgrabungen im Unteren Bühl. Les fibules. Keramische Sondergruppen: bleiglasierte Keramik, Terrakotten, Lampen (1998)
31 Jürg Rychener, Der römische Gutshof in Neftenbach, 2 Bde. (1999)
32 Dölf Wild, Das Predigerkloster in Zürich (1999)
33 Josef Winiger, Annamaria Matter, Andrea Tiziani, Die Burg Schauenberg bei Hofstetten. Zeugnisse eines Burgenbruchs (2000)

34 Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 6. Ausgrabungen im Unteren Bühl, Die Baubefunde im Westquartier. Ein Beitrag zum kleinstädtischen Bauen und Leben im römischen Nordwesten, 2 Bde. (2002)
35 Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 9. Ausgrabungen auf dem Kirchhügel und im Nordosten des Vicus 1988–1998 (2001)
36 Christina Achour-Uster, Ulrich Eberli et al., Die Seeufersiedlungen in Horgen. Die neolithischen und bronzezeitlichen Fundstellen Dampfschiffsteg und Scheller (2002)
37 Beat Horisberger, Der Gutshof in Buchs und die römische Besiedlung im Furttal, 2 Bde. (2004)
38 Beat Eberschweiler, Peter Riethmann, Ulrich Ruoff, Das spätbronzezeitliche Dorf von Greifensee-Böschen. Dorfgeschichte, Hausstrukturen und Fundmaterial, 2 Bde. (2007)
39 Margrit Balmer, Zürich in der Spätlatène- und frühen Kaiserzeit. Vom keltischen Oppidum zum römischen Vicus Turicum (2010)
40 Ulrich Eberli et al., Die horgenzeitliche Siedlung Pfäffikon-Burg, 2 Bde. (2010)
41 Kurt Altorfer, Die prähistorischen Feuchtbodensiedlungen am Südrand des Pfäffikersees. Eine archäologische Bestandesaufnahme der Stationen Wetzikon-Robenhausen und Wetzikon-Himmerich (2010)
42 Mathias Schmidheiny, Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 4: Die frühbronzezeitliche Besiedlung (2011)
43 Annamaria Matter, Die archäologische Untersuchung in der ehemaligen Porzellanmanufaktur Kilchberg-Schooren. Keramikproduktion am linken Zürichseeufer 1763–1906 (2012)
44 Gabi Meier Mohamed, Das Franziskanerkloster in Zürich und seine baugeschichtliche Entwicklung bis zum Gerichtsgebäude (2014)
45 Verena Jauch, Vicustöpfer. Keramikproduktion im römischen Oberwinterthur. Beiträge zum römischen Oberwinterthur – Vitudurum 10 (2014)
46 Antoinette Rast-Eicher, Anne Dietrich, Neolithische und bronzezeitliche Gewebe und Geflechte. Die Funde aus den Seeufersiedlungen im Kanton Zürich (2015)
47 Renate Ebersbach, Beatrice Ruckstuhl, Niels Bleicher, Zürich «Mozartstrasse». Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 5: Die neolithischen Befunde und die Dendroarchäologie (2015)
48 Niels Bleicher, Christian Harb (Hrsg.), Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie (2015)

Zürcher Archäologie (Hefte)

1 Ursula Hügi, Meilen-Rorenhaab (2000)
2 Sabine Bolliger, Wollishofen-Haumesser (2001). Spätbronzezeitliche Keramik (2001)
3 Andreas Mäder, Zürich-Alpenquai I: Die Metallfunde (2001)
4 Christina Achour-Uster, Johanna Kunz, Birmensdorf-Stoffel (2001)
5 Ursula Kunnert, Urdorf-Heidenkeller und weitere römische Fundstellen der Gemeinde Urdorf (2001)
6 Andreas Mäder, Die spätbronzezeitliche Seeufersiedlung Zürich-Alpenquai II: Die Schultergefässe und Kugelbecher (2001)
7 Christine Tobler, Erlenbach-Winkel (2002)
8/9 Andreas Mäder, Die spätbronzezeitlichen und spätlatènezeitlichen Brandstellen und Brandbestattungen in Elgg [Heft 8 Text; Heft 9 Kataloge, Anhang, Tafeln] (2002)
10 Felicia Schmaedecke, Die reformierte Kirche Winterthur-Veltheim. Neuauswertung der archäologischen Untersuchungen 1977–1978 (2003)
11 Mathias Schmidheiny, Zürich-Alpenquai III: Die gewölbten Schalen (2003)
12 Madeleine Betschart, Zürich-Alpenquai IV: Töpfe, Baggerungen von 1916 und 1918 (2004)
13 Nina Künzler Wagner, Zürich-Alpenquai V: Tauchgrabungen 1999–2001 (2005)
14 Silvia Kotai, Zürich-Alpenquai VI: Schüsseln (2005)
15 Johanna Kunz, Zürich-Alpenquai VII: Konische Schalen, Breitrandschalen, Fussschalen (2005)
16 Markus Roth, Zürich-Alpenquai VIII: Halsgefässe (2005)
17 Adrian Huber, Zürich-Alpenquai IX: Keramische Kleinfunde und Sonderformen (2005)
18 Kurt Altorfer, Anne-Catherine Conscience, Meilen-Schellen. Die neolithischen und spätbronzezeitlichen Funde und Befunde der Untersuchungen 1934–1996 (2005)
19 Anne Catherine Conscience, Wädenswil-Vorder Au. Eine Seeufersiedlung am Übergang vom 17. zum 16. Jh. v. Chr. im Rahmen der Frühbronzezeit am Zürichsee (2005)
20 Felicia Schmaedecke, Die reformierte Kirche St. Arbogast in Oberwinterthur. Neuauswertung der Ausgrabungen und Bauuntersuchungen 1976–1979 (2006)
21 Daniel Käch, Der Gutshof Strickhof/Mur in Zürich (2007)
22 Felicia Schmaedecke, Die reformierte Kirche in Wila. Neuauswertung der archäologischen Untersuchungen 1978–1979 (2007)
23 Ulrich Eberli, Birmensdorf-Wannenboden. Eine Siedlungsstelle der Spätbronzezeit (2008)
24 Andreas Mäder, Die mittelbronzezeitlichen Gräber von Birmensdorf-Rameren (2008)
25 Markus Roth, Rheinau-Heerenwis. Früh- und hochmittelalterliche Siedlungsspuren (2008)
26 Daniel Käch, das Umland von Zürich in römischer Zeit (2008)
27 Annamaria Matter, Andrea Tiziani, Siedlungsentwicklung an der Marktgasse in Winterthur vom Hochmittelalter bis in die Neuzeit (2009)
28 Georg Matter, Die spätantike Befestigung von Kloten (2009)
29 Renata Windler et al., Ein Gräberfeld des 5.–7. Jahrhunderts bei Flaach (2012)
30 Beat Horisberger et al., Oberweningen und Schleinikon. Zwei römische Gutshöfe im zürcherischen Wehntal (2012)
31 Daniel Käch, Neues zum römischen Gutshof von Dietikon. Die Resultate der Grabungen seit 1995 (2013)
32 Daniel Käch, Ines Winet, Wetzikon-Kempten. Eine römische Raststation im Zürcher Oberland (2015)

Zum Inhaltsverzeichnis



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Raumentwicklung

