

**Mikromorphologische Untersuchungen zu syn- und
postsedimentären Veränderungen sowie
Auflassungsprozessen an Schichtsequenzen in
prähistorischen Seeufersiedlungen**

Teil 1: Text

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie

vorgelegt der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

von

Philipp Wiemann

aus Deutschland

Chur, 2016

Originaldokument gespeichert auf dem Dokumentenserver der Universität Basel

edoc.unibas.ch

Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

auf Antrag von

Prof. Dr. Jörg Schibler, PD Dr. Philippe Rentzel und PD. Dr. Renate Ebersbach

Basel, den 22.04.2014

Prof. Dr. Jörg Schibler

Dekan

Klar sucht die Kälte geleitet vom Wind nach verborgenen Winkeln.

Durchstöbert ungeschützte Orte

Sucht und sieht die Sucht nach Wärme

- Sie wird gänzlich ignoriert.

Die Metamorphose zu brauner Erde begonnen

Das frühe Eis bildet einen zarten Schutz

- Die Kälte schützt vor zu viel Kälte.

Der Wind dirigiert den Reigen

entfacht den bunten Todestanz

kein Blut und kein Schrei wird laut

Die Luft bleibt klar

kein süßer Duft ist wahrnehmbar

es ist still

Die Zeit zu träumen.

Goethes Erben – Das Sterben ist ästhetisch bunt

Danksagung

In erster Linie möchte ich meinem Dissertationsleiter PD Dr. Philippe Rentzel für die Aufnahme in seine Arbeitsgruppe, das Vermitteln von sehr viel Fachwissen und die fachkundige und angenehme Begleitung bei der Entstehung dieser Arbeit danken. Mein weiterer Dank geht an PD. Dr. Renate Ebersbach für die Übernahme des Koreferats, das grosse Interesse am Fortgang der Arbeit und viele weiterbringende Hinweise. Prof. Dr. Jörg Schibler übernahm freundlicherweise die Rolle des Fakultätsverantwortlichen und Prof. Dr. Stefanie Jacomet den Prüfungsvorsitz. Hierfür sowie für viele Hinweise und Kommentare zu meiner Arbeit sei ihnen herzlich gedankt. Die Dissertation hätte nicht ohne Prof. Dr. Francesco Menotti entstehen können, der mich in das Forschungsteam seiner SNF-Professur aufnahm und mir so erst die Möglichkeit zur Promotion gab.

Ausserdem möchte ich mich bei der Unterwasserarchäologie des Amts für Städtebau der Stadt Zürich, der Kantonsarchäologie Zürich, der Kantonsarchäologie Zug und der Soprintendenza per i Beni Archeologici del Piemonte für die Möglichkeit bedanken, Proben aus ihrem Bestand analysieren zu dürfen. Ein besonderer Dank geht an dieser Stelle an Dr. Niels Bleicher und das Team der Grabung Opéra, an Joachim Königer für die Viverone Proben sowie an Gishan Schaeren, Eda Gross und Kristin Ismail-Meyer für die Möglichkeit, an der Untersuchung von Zug-Riedmatt mitzuarbeiten. Ebenfalls ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei den zahlreichen Fachkolleginnen und -kollegen, die mich jeweils grosszügig mit Rat und Tat unterstützt haben. Hier sind insbesondere die Arbeitsgruppe Geoarchäologie, die ehemalige Forschungsgruppe der SNF-Professur Menotti sowie die gesamte Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie der Universität Basel gemeint. Dr. Ben Jennings war als mein Büronachbar ein unverzichtbarer Mitstreiter. Christine Pümpin übernahm nach meinem Weggang von der Universität Basel verdankenswerterweise das Projekt Zürich-Opéra und führte es erfolgreich zu Ende.

Bei meiner Familie und meinen Freunden möchte ich mich für die bedingungslose Unterstützung und die grosse Geduld danken. Einen besonders grossen Anteil an Unterstützung hat vor allem Stephanie Vieli geleistet und dabei eine riesige Portion Geduld bewiesen.

„So long, and thanks for all the fish!“

Philipp Wiemann

Abstract

Micromorphological investigations on site manipulation, destruction and abandonment in Swiss lake-dwellings

The analysis and interpretation of site formation processes can be considered crucial for every study of a lake-dwelling or other wetland sites. This is mainly due to the specific and often very complicated manner of how the sediments formed and were altered. In certain cases with a better preserved cultural layer, the macroscopic assessment of the before mentioned phenomena might not be enough. This is when the micromorphological analysis with its capability of detecting even the smallest events within a stratigraphy might become the method of choice. While a better understanding of general site formation processes has been achieved recently (Ismail-Meyer et al. 2013), syn- and postsedimentary processes as well as the abandonment of a site remain hard to cope with.

The detailed study of a diachronic body of samples from various sites and including a large number of samples from Zurich-Opéra, where about 3000 square meters with multiple Neolithic lake-dwelling settlements could be investigated, was conducted using micromorphology as primary research method. It was hypothesized that only through the microscopic study of different lake-dwelling stratigraphies, the processes in question could be detected and linked to natural or cultural phenomena. The samples investigated were collected from Neolithic to Bronze Age lake-dwellings on Lake Zurich, Lake Greifen, Lake Zug (all Switzerland) and Lake Viverone (Italy). The samples were impregnated in epoxy resin and then subsequently thin sectioned to allow analysis with a petrographic microscope.

With about 38 analysed samples and more than 400 detailed layer descriptions – integrated in an individually established database - an extraordinary rich body of data was created, allowing the meticulous reconstruction of what formation processes took place in each profile. A total of 20 profiles plus four experimental samples and the contents of an abandoned ceramic vessel, completely imbedded in one of the cultural layers of Zurich-Opéra could be analysed. The high degree of variation within the samples even of a single site is outstanding and demands explanation. With 28 analysed samples distributed across the ca. 3000 square meter huge excavation area, it was possible to perform a feasible intra-site analysis at Zurich Opéra. It can be stated here that this is one of the most extensively analysed lake-dwelling sites by area and number of profiles so far concerning micromorphology.

The analysis revealed multiple forms of depositional, erosional processes and alterations that contribute to the understanding of site manipulation and destruction in lake-dwellings. Unfortunately, less sample material was available from the other sites. However, they provided an essential diachronic perspective that allowed placing the processes identified and analysed at Opéra within a much bigger time-frame. The results are leading to the conclusion that the occupants of a lake-dwelling had to and – more important – were able to deal with changing environmental conditions. Therefore, it becomes apparent that the reason for the final abandonment of the lake-dwellings cannot be sought in one severe flooding event due to a climatic deterioration alone. Other variables, such as changing trade routes are to be controlled as well.

It became apparent that the study of the taphonomy of lake-dwellings by micromorphology yields huge potential for a more complete picture of the behavioural patterns of the settlers. The existing knowledge of site formation in lake-dwellings could be broadened with a special focus on manipulating and destructive processes that affected a site prior and after its abandonment.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Zirkumalpine Seen als archäologisches Archiv	1
1.2	Entwicklung der Mikromorphologie als Zweig der Geoarchäologie	2
1.3	(Geo-)Archäologie in Seeufersiedlungen: Vom Seespiegel zu Schichtbildungsprozessen.....	4
1.4	Fragestellung	10
1.4.1	Bedeutung der Taphonomie	10
1.4.2	Syn- und postsedimentäre Prozesse.....	13
1.4.3	Auflassen von Siedlungen	14
1.4.4	Forschungsziele und Hypothesen	17
1.5	Kurze Umschreibung der Vorgehensweise und Gliederung der Arbeit	18
2	Naturräumlicher Rahmen: Seen des Alpenvorlandes	24
2.1	Topographie und Geologie	24
2.1.1	Zürichsee	26
2.1.2	Greifensee	29
2.1.3	Zugersee.....	30
2.1.4	Lago di Viverrone.....	31
2.2	Klima und Vegetation.....	31
2.2.1	Heutiges Klima.....	31
2.2.2	Klimaentwicklung seit der Eiszeit.....	32
3	Kultureller Rahmen: Seeufersiedlungen	35
3.1	Besiedlung der Seeufer	35
3.2	Klima, Seespiegel und Besiedlungsgeschichte	38
4	Untersuchungsmethoden: Von der Profilaufnahme im Feld zur Analyse am Mikroskop	41
4.1	Feldarbeiten	41
4.2	Laborarbeiten: Sedimentologie	43
4.3	Laborarbeiten: Geochemie	43
4.4	Laborarbeiten: Mikromorphologie	46
4.5	Mikrofaziesanalyse	49
4.6	Einschränkungen in der mikromorphologischen Analyse	53
5	Mikromorphologische Analyse von drei neolithischen Seeufersiedlungen	56
5.1	Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld	56
5.1.1	Vorstellung der Fundstelle	56

5.1.2	Stratigraphie und Datierung	58
5.1.3	Material und Methode	59
5.1.4	Resultate	61
5.2	Zürich-Opéra	68
5.2.1	Vorstellung der Fundstelle	68
5.2.2	Stratigraphie und Datierung	69
5.2.3	Material und Methode	72
5.2.4	Resultate	75
5.3	Zug-Riedmatt	144
5.3.1	Vorstellung der Fundstelle	144
5.3.2	Stratigraphie und Methode	145
5.3.3	Material und Datierung	146
5.3.4	Resultate	146
6	Mikromorphologische Analyse von zwei bronzezeitlichen Seeufersiedlungen	152
6.1	Greifensee-Böschchen	152
6.1.1	Vorstellung der Fundstelle	152
6.1.2	Stratigraphie und Datierung	153
6.1.3	Material und Methode	156
6.1.4	Resultate	157
6.2	Zürich-Alpenquai	162
6.2.1	Vorstellung der Fundstelle	162
6.2.2	Stratigraphie und Datierung	165
6.2.3	Material und Methode	169
6.2.4	Resultate	169
6.3	Viverone I – Emissario	174
6.3.1	Vorstellung der Fundstelle	174
6.3.2	Stratigraphie und Datierung	176
6.3.3	Material und Methode	177
6.3.4	Resultate	179
7	Ergänzende experimentelle Untersuchungen und Detailstudien	183
7.1	Kulturschichtexperiment	183
7.1.1	Vorstellung des Experimentes	183
7.1.2	Resultate	186
7.2	Keramikkomplex von Zürich-Opéra	191
7.2.1	Vorstellung des Komplexes	191

7.2.2	Material und Methode	192
7.2.3	Resultate.....	192
8	Diskussion der Ergebnisse.....	196
8.1	Besiedlungsgeschichte: Unterschiedliche Schichtbildungsprozesse.....	196
8.1.1	Natürliche Schichtbildungsprozesse.....	197
8.1.2	Anthropogen verursachte Sedimentation	209
8.1.3	Fazit zu den Schichtbildungsprozessen	219
8.2	Umweltbedingter und kultureller Einfluss auf Sedimente.....	221
8.2.1	Synsedimentäre Modifikationen und Umlagerungsprozesse.....	224
8.2.2	Postsedimentäre Modifikationen: Schichtmanipulation und -zerstörung	244
8.3	Auflassungsprozesse.....	252
8.4	Bilanz	257
9	Fazit und Ausblick	263
10	Glossar.....	267
11	Literaturverzeichnis	269

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Die Stratigraphie von Obermeilen.	5
Abbildung 2 Modell für eine Hausbiografie.....	16
Abbildung 3 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld, Probe 1016.	21
Abbildung 4 Verteilung der untersuchten Fundstellen.....	25
Abbildung 5 Vergleich Seeufersiedlungen und Seespiegelschwankungen.....	33
Abbildung 6 Chronologische Übersicht.	37
Abbildung 7 Unteres Zürichseebecken mit Ausgrabungen.	57
Abbildung 8 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Position Profil 5022.....	60
Abbildung 9 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM2.	62
Abbildung 10 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM2.	63
Abbildung 11 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM2.	64
Abbildung 12 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM1.	66
Abbildung 13 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM1.	67
Abbildung 14 Zürich-Opéra. Untersuchte Profilkolonnen.	73
Abbildung 15 Zürich-Opéra. Pfahlplan.	74
Abbildung 16 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 248.	78
Abbildung 17 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 247.	80
Abbildung 18 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 247.	81
Abbildung 19 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 247.	83
Abbildung 20 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245.	85
Abbildung 21 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245.	87
Abbildung 22 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245.	88
Abbildung 23 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245 (links). Probe 246 (rechts).	89
Abbildung 24 Zürich-Opéra. Profil 488/156. Probe 1176.	92
Abbildung 25 Zürich-Opéra. Profil 488/156. Probe 1176.	93
Abbildung 26 Zürich-Opéra. Profil 488/156. Probe 1176 (oben links). Probe 1172 (übrige). ..	95
Abbildung 27 Zürich-Opéra. Profil 488/148. Probe 1586. Probe 1588 (unten rechts).....	98
Abbildung 28 Zürich-Opéra. Profil 488/148. Probe 1588. Probe 1590 (unten rechts).....	100
Abbildung 29 Zürich-Opéra. Profil 488/148. Probe 1590 (links). Probe 1591 (rechts).	102
Abbildung 30 Zürich-Opéra. Profil 492/160. Probe 1686.	105
Abbildung 31 Zürich-Opéra. Profil 492/160. Probe 1683.	107
Abbildung 32 Zürich-Opéra. Profil 487/155. Probe 2240.	109
Abbildung 33 Zürich-Opéra. Profil 474/178. Probe 2831 (links) und Probe 2829 (rechts). ...	112
Abbildung 34 Zürich-Opéra. Profil 519/160. Probe 3465.	118

Abbildung 35 Zürich-Opéra. Profil 519/160. Probe 3465.	122
Abbildung 36 Zürich-Opéra. Profil 502/131. Probe 5313.	125
Abbildung 37 Zürich-Opéra. Profil 508/147. Probe 5866 MM1.	130
Abbildung 38 Zürich-Opéra. Profil 477/142.9. Probe 12696 MM1.	136
Abbildung 39 Zürich-Opéra. Profil 475/142.9. Probe 12695.	140
Abbildung 40 Zug-Riedmatt. Profil der Südwestecke mit auffälligen Lehmlagen.	145
Abbildung 41 Zug-Riedmatt. Profilproben.	147
Abbildung 42 Zug-Riedmatt. Probe 96.2 (links). Probe 91.2 (rechts).	148
Abbildung 43 Zug-Riedmatt. Probe 91.2.	151
Abbildung 44 Greifensee-Böschen. Einteilung der Grabungsflächen.	154
Abbildung 45 Greifensee-Böschen. Schichterhaltung.	155
Abbildung 46 Greifensee-Böschen. Verteilung der Profilkolonnen.	157
Abbildung 47 Greifensee-Böschen. Probe 1091.	158
Abbildung 48 Greifensee-Böschen. Probe 1090.	161
Abbildung 49 Das linke, untere Zürichseebecken mit der Fundstelle Alpenquai.	163
Abbildung 50 Zürich-Alpenquai. Situationsplan.	164
Abbildung 51 Zürich-Alpenquai. Phasenübersicht.	166
Abbildung 52 Zürich-Alpenquai. Plan Feld A.	168
Abbildung 53 Zürich-Alpenquai. Profilkolonne 622.	171
Abbildung 54 Viverone I – Emissario. Lage des Lago di Viverone.	175
Abbildung 55 Viverone I – Emissario. Lage der Fundstelle.	176
Abbildung 56 Viverone I – Emissario. Verteilung der Profilkolonnen.	177
Abbildung 57 Viverone I – Emissario. Probe Eg 1.	178
Abbildung 58 Viverone I – Emissario. Probe Eg 2.	179
Abbildung 59 Viverone I – Emissario. Probe Eg 1, Schicht 1.	180
Abbildung 60 Viverone I – Emissario. Probe Eg 1.	181
Abbildung 61 Viverone I – Emissario. Probe Eg 2.	182
Abbildung 62 Kulturschichtexperiment. Aufbau.	184
Abbildung 63 Kulturschichtexperiment. Probenentnahme.	185
Abbildung 64 Kulturschichtexperiment. Probenentnahme (Detail).	186
Abbildung 65 Kulturschichtexperiment. Probe 1.	187
Abbildung 66 Kulturschichtexperiment. Probe 2.	188
Abbildung 67 Kulturschichtexperiment. Probe 3.	189
Abbildung 68 Kulturschichtexperiment. Probe 4.	190
Abbildung 69 Keramikkomplex. Probenentnahme.	191

Abbildung 70 Zürich-Opéra. Keramikkomplex.....	193
Abbildung 71 Schichtung und Zonierung eines Sees.....	199
Abbildung 72 Ablaufdiagramm.	222
Abbildung 73 Gerüst der zugrundeliegenden Arbeitsweise als Ablaufdiagramm.....	224
Abbildung 74 Zürich-Opéra. Der Kiesriegel in der Kulturschicht 13.	239
Abbildung 75 Gradient von Schichtbildungsprozessen im Seeuferbereich.....	260

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Quantifizierung der analysierten Proben je Siedlung.	19
Tabelle 2 Übersichtsdarstellung der untersuchten Fundstellen.	20
Tabelle 3 Basisinformationen zu den Seen.	26
Tabelle 4 Rezeptur Epoxidharz.	46
Tabelle 5 Korngrößen.	47
Tabelle 6 Mengenangaben.	48
Tabelle 7 Aufstellung aller in der Arbeit definierten Mikrofazies.	52
Tabelle 8 Zürich Kanalisationssanierung Seefeld. Schichteinteilung.	59
Tabelle 9 Zürich-Opéra. Kulturschichten.	70
Tabelle 10 Natürliche Schichtbildungsprozesse.	203
Tabelle 11 Ablagerungsmilieus von Seekreide.	206
Tabelle 12 Übergang zur organischen Kulturschicht.	213
Tabelle 13 Organische Kulturschichten.	215
Tabelle 14 Anthropogene Sedimentation.	218
Tabelle 15 Umwandlungsprozesse.	228
Tabelle 16 Überflutungsprozesse und zugehörige Fazies.	249

Abkürzungsverzeichnis

c/f	coarse/fine = Verhältnis von grobem zu feinem Material
PPL	plane-polarized light = linear polarisiertes Licht
c/f-RDP	coarse/fine relative depositional pattern = Grob/Fein-Relativverteilung
XPL	cross-polarized light = gekreuzt polarisiertes Licht

1 Einleitung

1.1 Zirkumalpine Seen als archäologisches Archiv

Seen gelten gemeinhin als gute Archive für Veränderungen der Paläoumwelt. Darauf gründet etwa der Forschungsbereich der Paläolimnologie (Cohen 2003), da Seesedimente als hochauflösende Archive für Veränderungen der Umwelt und des Klimas (Gaillard et al. 1994), aber auch für anthropogene Eingriffe (Wirth et al. 2011) gelten. Doch auch die prähistorischen Seeufersiedlungen bieten exzeptionell gute Erhaltungsbedingungen und stellen ein archäologisches Archiv von unschätzbarem Wert dar. Sie werden nicht nur von der Archäologie studiert, sondern auch von der Archäobotanik, der Archäozoologie und vielen anderen Disziplinen aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Archäologie erforscht. Dabei ist unbestritten, dass im Profundal grösserer Seen ungestörte Sedimente vorhanden sind, die als Warven sedimentiert eine im Idealfall kontinuierliche und lückenlose Rekonstruktion der Paläoumwelt ermöglichen. Es lässt sich ebenfalls nicht bestreiten, dass die organischen Reste in den Seeufersiedlungen aufgrund der feuchten Lagerung in der Regel exzellente Erhaltungsbedingungen aufweisen, was sie zu einem bevorzugten Forschungsgegenstand der erwähnten und vieler weiterer Forschungsdisziplinen macht. Beispielhaft wurde dies etwa an der Fundstelle Arbon-Bleiche 3 gezeigt (Jacomet et al. 2004). Nichtsdestotrotz kann festgehalten werden, dass die Lage der Ufersiedlungen an den Seen für gewisse Forschungsziele auch eine sehr nachteilige sein kann. So können etwa die morphodynamischen Prozesse im Litoral (allen voran der Wellenschlag) eine starke Erosion verursachen. In der Tat ist dies heutzutage die grösste Gefahr für Fundstellen von Seeufersiedlungen. Daher werden vielfältige Konservierungsmassnahmen ergriffen, um diesem Problem Herr zu werden (Ramseyer et al. 1996; Ramseyer und Roulière-Lambert 2006).

Diese oft unterschätzten negativen Effekte wirken sich ebenfalls auf das Studium der Befunde in Seeufersiedlungen aus. So ist es durchaus als Paradoxon anzusehen, dass die Erhaltungsbedingungen für Funde – seien es Artefakte oder Ecofakte – besonders gut ausfallen, während diejenigen für Befunde in der Regel nicht annähernd so gut sind. So sind neben den Pfählen, den organischen Schichten und Lehmlinsen oftmals kaum weitere Überreste der Hausbauten

erhalten, wenn nicht – wie beispielsweise im Fall von Arbon-Bleiche 3 – eine rasche Versandung und Versiegelung stattgefunden hat. Ein Blick in die Siedlungen des Federseemoores mit hervorragend erhaltenen Befunden (Schlichtherle 2004), wie etwa ganzen Hausböden, zeigt eindrücklich, was für Informationen zur Bauweise der Häuser und zur Lebensweise ihrer Bewohner an den hydrologisch aktiveren Voralpenseen (wie dem Boden- aber auch dem Zürichsee) verloren gegangen sind. Erste Arbeiten haben gezeigt, dass gerade an diesen Seen beziehungsweise ihren Fundstellen geoarchäologische – insbesondere mikromorphologische – Analysen helfen können, das Maximum aus den noch vorhandenen Informationen herauszuholen (Wallace 1999, 2003a).

1.2 Entwicklung der Mikromorphologie als Zweig der Geoarchäologie

Der Begriff Geoarchäologie bezeichnet in der Regel eine Forschungsrichtung, in der Methoden der Geowissenschaften auf archäologische Fragestellungen angewendet werden. In der englischsprachigen Forschung gibt es eine gewisse Debatte um die Begriffe „Geoarchaeology“ und „Archaeological Geology“ (siehe z.B. Butzer 1982; Rapp und Hill 1998), auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen werden soll. Eine ausführliche Darstellung der Geschichte der Geoarchäologie ist bei George R. Rapp und Christopher L. Hill (2006) nachzulesen. Die Mikromorphologie kann – innerhalb der Geoarchäologie – als fundamentale Methode zur Entschlüsselung der natürlichen und anthropogenen Bildungsprozesse von Schichten in archäologischen Fundstellen gelten. Nach Peter Bullock et al. (1985, S. 9) wird sie, allerdings in Bezug zur Bodenkunde und nicht zur Archäologie, folgendermassen definiert:

“Micromorphology is the branch of soil science that is concerned with the description, interpretation and, to an increasing extent, the measurement of components, features and fabrics in soils at a microscopic level, i.e. beyond that which can readily be seen with the naked eye.”

Die Verwendung von Dünnschliffen in der Geologie kann bis ins 19. Jahrhundert zurückverfolgt werden, als Henry Clifton Sorby die „Microscopical Petrography“ begründete (Courty et al. 1989, S. 5). Er hat diese Methode zwar nicht erfunden, gilt jedoch als ihr massgeblicher Entwickler (Clinging 2009). Im Unterschied zu dieser mikroskopischen Petrographie, welche sich der Beschreibung und Identifizierung von Gesteinen widmet, zielt Mikromorphologie darauf ab, die Entwicklung von Böden zu verstehen. Ihre Anfänge können bis an den Beginn des 20. Jahrhunderts zurückverfolgt werden (Delage und Lagatu 1904; Agafonoff 1929, 1935/1936).

Als Grundlage und Beginn der Mikromorphologie als Wissenschaft wird jedoch das Erscheinen von Walter Kubiënas Buch mit dem Titel „Micropedology“ angesehen (Kubiëna 1938). In seinen späteren Werken gelang es Kubiëna, diese Methode weiter in der Bodenkunde zu etablieren und auch ein Klassifikationssystem für Böden zu entwickeln (Kubiëna 1948, 1953). Georges Stoops hat den Beitrag Kubiënas in einem Aufsatz gewürdigt (Stoops 2009). Hinweise auf weitere wichtige Beiträge zur Mikromorphologie finden sich bei Stoops (2010), der im Übrigen auch die Geschichte der Mikromorphologie ausführlich beschreibt (Stoops 2003, S. 6–8).

Für die Archäologie wurde die Analyse von Dünnschliffen erstmals durch Ian Cornwall (1953; 1958) nutzbar gemacht, der sich insbesondere mit der Rekonstruktion der Paläoumwelt und der Analyse bestimmter anthropogener Befunde befasste (Courty et al. 1989, S. 5). J.B. Dalrymple, ein Schüler Cornwalls, beschäftigte sich wenig später mit dem heute noch aktuellen Problem der fossilen Böden (Dalrymple 1958). Während der folgenden Jahre waren bis auf Untersuchungen, die sich mit der Herkunft von Keramik beschäftigten (Peacock 1969) keine weiteren Anwendungen der Mikromorphologie auf archäologische Fragestellungen zu verzeichnen (Courty et al. 1989, S. 5). Die Entwicklung in der Mikromorphologie von Böden ging aber weiter und wesentliche Fortschritte in der Imprägnationstechnik sowie insbesondere in der Standardisierung der Beschreibung von Dünnschliffen fallen in diesen Zeitraum (Brewer 1964; Bullock et al. 1985). Marie Agnès Courty et al. (1989, S. 5–6) beklagten trotz dieser Fortschritte in der Mikromorphologie von Böden gewisse Probleme in der Übertragbarkeit der Beschreibungs- und Interpretationstechniken auf archäologische Fragestellungen. Sie nahmen dies als Anreiz für ihr umfangreiches Werk „Soils and Micromorphology in Archaeology“ (Courty et al. 1989), welches auch heute noch als Standardwerk für die Anwendung der Mikromorphologie in der Archäologie gilt. Seither sind in der Mikromorphologie von Böden zwar zwei weitere Standardwerke erschienen (FitzPatrick 1993; Stoops 2003), die jedoch keinen direkten Bezug zu archäologischen Anwendungen aufweisen. Mit ihrem Beitrag in dem großen Sammelwerk „Géologie de la Préhistoire“ legten Marie Agnès Courty und Nicolas Fedoroff dann im Jahr 2002 immerhin einen kurzen aber aktuellen Aufsatz zur Methodik der Mikromorphologie in der Archäologie vor (Courty und Fedoroff 2002).

Seit den achtziger Jahren des 20. Jahrhunderts ist eine zunehmende Anzahl an Arbeiten zu verzeichnen, die Mikromorphologie auf archäologische Fragestellungen anwenden (z.B.

Macphail et al. 1990a). Es hat sich dabei gezeigt, dass gerade bei archäologischen Sedimenten herkömmliche sedimentologische Methoden gewisse Schwächen aufweisen können (Macphail et al. 1990b, S. 163). Die bisherigen mikromorphologischen Studien verfolgen im Wesentlichen zwei Ansätze: An erster Stelle steht die Rekonstruktion der Paläoumwelt, der zweite Ansatz befasst sich mit den Bildungsprozessen von archäologischen Befunden. Dies geschieht zum einen durch die Analyse und Interpretation von Proben, die auf archäologischen Ausgrabungen gewonnen wurden. Zum anderen wird auch auf Experimente zurückgegriffen, welche das Verständnis der zugrundeliegenden Prozesse verbessern sollen, beziehungsweise zunächst einmal auch der Identifikation der entsprechenden Prozesse dienlich sind. Nach Stoops (2010, S. 5) kann die Anwendung der Mikromorphologie auf archäologische Fragestellungen in zwei Forschungsbereiche geteilt werden:

- “Cultivated and buried soils, infills and earthy structures” (Adderley et al. 2010).
- “Interpretation of archaeological layers and identification of archaeological materials” (Karkanas und Goldberg 2010; Macphail und Goldberg 2010).

Demnach ist die vorliegende Arbeit dem zweiten Forschungsbereich zuzurechnen. Gerade im Bereich der Seeufersiedlungen spielen andere Prozesse als die allgemein gut bekannten und auch mikromorphologisch detailliert erforschten Bodenbildungsprozesse (Stoops et al. 2010) eine grosse Rolle. Die Interpretation der archäologischen Schichten sowie der ihnen zugrundeliegenden Bildungsprozesse ist in der Forschung zu den Seeufersiedlungen zentral. Im nächsten Abschnitt soll gezeigt werden, dass dies auch schon vor dem Aufkommen der Mikromorphologie eine wichtige Fragestellung war.

1.3 (Geo-)Archäologie in Seeufersiedlungen: Vom Seespiegel zu Schichtbildungsprozessen

Die Frage nach der genauen Bauweise der Seeufersiedlungen führte bereits relativ früh in der Forschung zu einer Auseinandersetzung mit dem Untergrund der Siedlungen sowie mit der charakteristischen, als „Kulturschicht“ bezeichneten, Siedlungsablagerung (Abb. 1; Keller 1854). Hervorzuheben sind dabei besonders die bekannten „Pfahlbaustudien“ Emil Vogts (1955), in denen er sich ausführlich mit dem Baugrund der Siedlungen sowie der Kulturschicht auseinandersetzt und mehrere Seeufersiedlungen in dieser Hinsicht miteinander vergleicht.

Auch in späteren Studien bemühte man sich, von einem vorgängig archäologischen Standpunkt aus, der vor allem auf Feldbeobachtungen und Befundauswertung ohne weitere Laboruntersuchungen basiert, um ein besseres Verständnis der Sedimente, welche im Zusammenhang von Seeufersiedlungen gefunden wurden (Pétrequin 1997).

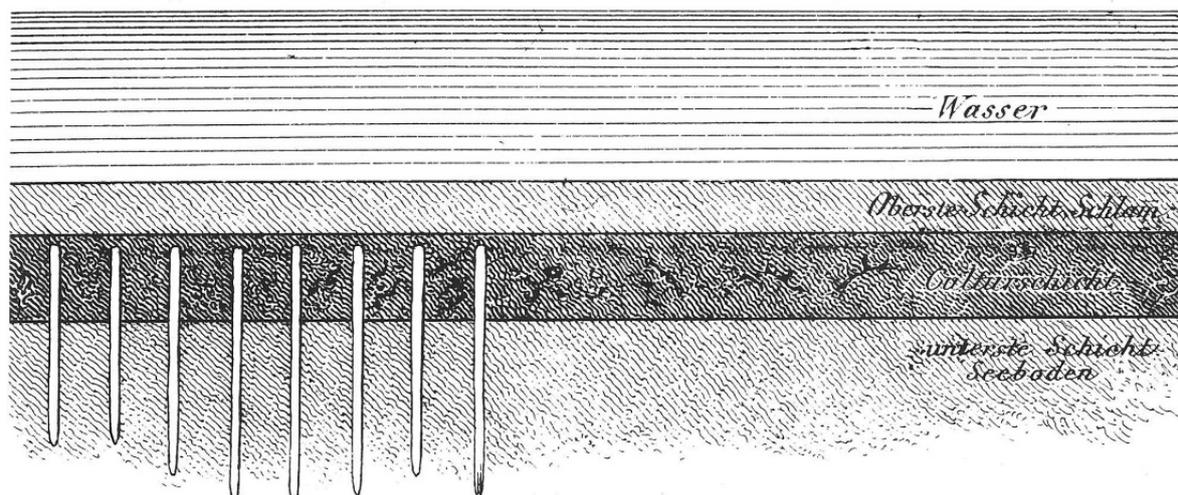


Abbildung 1 Die Stratigraphie von Obermeilen.

Zu erkennen ist die „Culturschicht“, wie sie Ferdinand Keller 1854 gesehen hat. Aus Keller 1854, Taf. I, 2.

Eine deutliche Verbesserung der Aussagemöglichkeiten in Bezug zu Sedimenten in Seeufersiedlungen stellen sedimentologische Untersuchungen dar. An der Universität Basel wurde die Sedimentanalyse an archäologischen Ablagerungen von Elisabeth Schmid initiiert (Schmid 1958). Es war dann auch Schmid, die zum ersten Mal Sedimente einer Seeufersiedlung untersuchen sollte (Schmid 1967). In ihrer Nachfolge konnte Marcel Joos die Arbeit fortführen und Proben aus verschiedenen Seeufersiedlungen untersuchen (Joos 1976a, S. 108). Seine Analysemethoden basieren im Wesentlichen auf der von Schmid (1958) entwickelten Methode. Am Zürichsee konnte Joos etwa Sedimente der Seeufersiedlung Feldmeilen-Vorderfeld untersuchen (Joos 1976a), wobei er sowohl Proben aus dem Trockengrabungsbereich (Caisson) als auch aus der Unterwassergrabung analysierte. Erstmals konnte so eine Station auf einer Länge von 50 m und einer Breite von 25 m durch Proben erfasst werden. Dadurch konnten Änderungen des Sedimentationsmilieus im Laufe der Schichtgenese, aber auch Änderungen zeitgleicher Horizonte mit unterschiedlicher Entfernung zur Uferlinie festgestellt werden. Nach eigenen Angaben untersuchte Joos auch weitere Siedlungen vom Zürichsee (Joos 1976a, S. 108), deren Ergebnisse er jedoch nie publizieren sollte. Ebenso unklar ist, ob die

angekündigten Untersuchungen weiterer Seeufersiedlungen vom Zürichsee und Bodensee stattgefunden haben (Joos 1976a, Anm. 2).

Anders verhält sich die Situation im Drei-Seen-Land (Westschweiz), wo publizierte Untersuchungen zu Twann am Bielersee (Joos 1980) und Yverdon-Garage Martin am Neuenburgersee (Joos 1976b) vorliegen. Zusammen mit Jacques-Léopold Brochier analysierte Joos zudem Sedimente von Auvernier Port (Brochier und Joos 1982) sowie Auvernier-Brise Lames (Brochier 1989). Die Sedimente des Murtensees, allerdings ausserhalb des direkten Kontextes von Seeufersiedlungen, wurden mit einem Schwerpunkt auf geochemischen Analysemethoden ungefähr zu derselben Zeit an der Universität Genf im Rahmen der Dissertation von Eric Davaud erforscht (Davaud 1976). Die Abschlussarbeit von Patrice Lenoble an der Universität Besançon befasste sich ebenfalls mit der Anwendung sedimentologischer Analysemethoden auf die Sedimente der Seeufersiedlung Auvernier-Brise Lames (Lenoble 1980). Brochier war neben der Westschweiz auch in Frankreich (Brochier 1982, 1986; Brochier 1991; Brochier und Druart 1993) und sogar in Italien (Brochier et al. 1992) im Seeuferbereich tätig und hat neben der Sedimentologie bemerkenswerterweise auch auf die Paläoethnographie zurückgegriffen (Brochier 1983). Mit der Kombination Sedimentologie und Paläoethnographie versuchte er, der Rolle des Menschen gerechter zu werden, den er neben dem See als Hauptakteur in der Bildung der an einer Seeufersiedlung angetroffenen Sedimente ansah. Darüber hinaus konnte Brochier (1993) mit den Sedimenten der Siedlung Colletière in Caravines am Lac du Paladru in Frankreich auch eine heute vom Wasser überdeckte mittelalterliche Siedlung untersuchen. Sedimentologische Analysen wurden hier zur Bestimmung der Paläoumwelt sowie zur genauen Ansprache der Siedlungsablagerungen angewendet. Es konnte unter anderen nachgewiesen werden, dass es sich dabei um Benutzungsschichten handelt, die aus „Hausmist“ beziehungsweise Ansammlungen pflanzlicher Reste und diverser Abfälle bestanden.

Im französischen Jura begann sich Michel Magny Ende der 70er Jahre mit den Sedimenten des Lac Clairvaux zu befassen (Magny 1978). Er konzentrierte sich dabei stark auf die Siedlungsdynamik in Abhängigkeit vom Seespiegel und einem postulierten Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen. Die Prozesse des Sees und nicht so sehr die der Menschen standen somit im Fokus seiner Arbeit. In der Folge befasste sich Magny dann auch vorrangig mit natürlichen Sedimenten und nicht mit dem Detailstudium der anthropogenen Ablagerungen. Seine Ergebnisse sind zwar aufgrund ihrer Aussagen bezüglich Seespiegelschwankun-

gen für die Archäologie relevant, sie werden hier jedoch nicht weiter behandelt, beziehungsweise einzig im Kapitel zur Klimageschichte (2.2) erwähnt. Als weitere Studie ist darüber hinaus die Arbeit von Bernard Moulin (1991) zu den Sedimenten von Hauterive-Champréveyres erwähnenswert, welche ihren Schwerpunkt aber eher auf Veränderungen über grössere Zeiträume hatte, womit vor allem den bekannten paläolithischen Schichten an dieser Fundstelle Rechnung getragen wurde. Die Seeufersiedlungen des Neolithikums und der Bronzezeit standen dabei etwas aussen vor. Die neolithischen Schichten der Siedlung Saint-Blaise/Bains des Dames 2 machten sich dafür Ingo Campen und Martin Kurella zum Untersuchungsgegenstand (Campen und Kurella 1998).

Am Bodensee konnte Wolfgang Ostendorf vor allem in den 1990er Jahren, aber auch noch im neuen Jahrtausend einige Seeufersiedlungen untersuchen (Ostendorf 1990, 1996, 2006, 2008; Ostendorf und Froböse 1994). Es gelang ihm, eine eigene Untersuchungsmethode zu entwickeln, die er als „Hemmenhofener-Methode“ der Fachwelt vorstellte (Ostendorf und Blum 1998). Auch aus archäobotanischer Perspektive wurden Versuche unternommen, die Genese der Schichttypen in Seeufersiedlungen nachzuvollziehen. So befasste sich zum Beispiel Stefanie Jacomet (1985) nicht nur mit der Rekonstruktion der lokalen Vegetation im Areal AKAD am Zürichsee im Zeitraum vom Neolithikum bis in das späte Mittelalter, sondern auch mit der Erfassung von Hinweisen auf Seespiegelschwankungen in diesem Zeitraum sowie mit der Genese der Sedimenttypen. Sie betrachtete dabei neben den Kulturschichten auch natürliche Seesedimente. Bei den auf anthropogene Prozesse zurückgeführten Schichten unterschied sie organische Detritusschichten, Lehmlinsen und Brandschichten. Die Archäobotanik wendete sich in der Folge aber zunehmend der Erforschung der Wirtschaftsweise der Bewohner von Seeufersiedlungen zu und gab die schichtgenetischen Fragestellungen zum guten Teil auf. Als Ausnahme ist dabei sicherlich die Auswertung von Arbon-Bleiche 3 zu nennen (Jacomet et al. 2004). In jüngerer Zeit rückten auch Erhaltungsparameter und weitere Fragestellungen wieder in den Fokus der Archäobotanik – nicht zuletzt im Zusammenspiel mit der Mikromorphologie (Ismail-Meyer 2014).

Erneut war es die Geoarchäologie, die neue Impulse für die alte Frage nach den Schichtbildungsprozessen in Seeufersiedlungen liefern konnte: Während der neunziger Jahre des 20. Jahrhundert wurden erstmals mikromorphologische Analysen der Sedimente im Seeuferbereich durchgeführt. Zunächst geschah dies in Ergänzung zu herkömmlichen Methoden (Brochier und Bocquet 1992) oder im off site-Bereich zwischen Siedlungen (Krier 1997). Jacques-

Léopold Brochier und Aimé Bocquet waren dabei besonders fortschrittlich und setzten sogar eine computergestützte Bildanalyse von Dünnschliffphotos ein. Darüber hinaus konnten sie bereits verschiedene Sedimentfazies unterscheiden und detailliert die Seespiegelschwankungen und damit verbundene Prozesse in der von ihnen analysierten Siedlung am Lac de Paldru rekonstruieren. Im Zusammenhang mit der Arbeit von Vincent Krier wurden in Station 3 des Lac de Chalain mikromorphologische Untersuchungen an einem 1,55 m langen Profil durchgeführt, welches „off-site“ zwischen Chalain 3 und Chalain 4 entnommen wurde (Wallace 1999, S. 27). Es wurde ein anthropogenes Stratum zwischen oogonienreichen Strata gefunden. Letztere gelten als Anzeiger für einen hohen Wasserstand. Andere archäologische Strata beinhalten Quarzkörner und Makro-Splinter, welche mit der Anthropisation und der Degradation des Seeufers zusammenhängen. Insgesamt wurden also fluktuierende Seespiegel abwechselnd mit Phasen menschlicher Okkupation und Destabilisation des Seeufers festgestellt.

Eine erste grössere mikromorphologische Studie zu Seeufersiedlungen stellt die nur in kleinen Ausschnitten (Wallace 2003b, 2003a) veröffentlichte Dissertation von Gillian Wallace dar (Wallace 1999). Wallace konnte Proben aus verschiedenen Seeufersiedlungen miteinander vergleichen und versuchte auch mittels eines Rückgriffs auf Experimente und Analogien einen Beitrag zur besseren Identifizierung von Befunden in Seeufersiedlungen zu leisten. Sie hat ein umfangreiches Typisierungssystem für die angetroffenen Sedimente entwickelt, natürliche Schichtbildungsprozesse erklärt und anthropogen verursachte Schichtbildungsprozesse mittels Analogien kontextualisiert. In einem späteren Aufsatz hat sie darüber hinaus versucht, mikromorphologischen Daten mittels Narration, d.h. durch die erzählerische Beschreibung möglicher damaliger Handlungen und Geschehnisse in den Seeufersiedlungen, zu erklären (Wallace 2003b).

Ungefähr zur selben Zeit begann man sich – zunächst in Kooperation mit Wallace – auch im Labor für Urgeschichte in Basel, dem heutigen Institut für Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie, intensiver mit der Mikromorphologie von Seeufersiedlungen zu befassen. Die Analyse einiger Profilkolonnen aus der Siedlung Arbon-Bleiche 3 ermöglichte die Ansprache von bereits aus der früheren Forschung bekannten Schichttypen (Installationshorizont etc.) im mikromorphologischen Befund und eine detaillierte Rekonstruktion der Schichtbildungsprozesse (Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Seit diesem Zeitpunkt konnte eine grosse Anzahl von Seeufersiedlungen mikromorphologisch untersucht werden und die in Arbon erarbeiteten Konzepte auf diese Siedlungen übertragen werden (Ismail-Meyer 2010; Ismail-Meyer

und Rentzel 2007). Die verschiedenen Sedimenttypen und die zugrundeliegenden Schichtbildungsprozesse sind zusammenfassend in einem Artikel beschrieben worden (Ismail-Meyer et al. 2013). In jüngerer Zeit haben auch weitere Geoarchäologen mikromorphologische Untersuchungen an Seeufersiedlungen vorgenommen, sei es in der Schweiz (Guélat und Honegger 2005), in Litauen (Lewis 2007) oder Griechenland (Karkanis et al. 2011).

Geoarchäologische Untersuchungen ermöglichen also ein detaillierteres Verständnis der Ablagerungsprozesse, wodurch erstmals verschiedene Sedimenttypen unterschieden werden konnten (z.B. Brochier und Druart 1993). Eine wesentliche Fragestellung, welche nun mit der geoarchäologischen Untersuchungsmethoden beantwortet werden sollte, war aber immer noch diejenige nach dem Seespiegel zur Siedlungszeit beziehungsweise nach Schwankungen des Seespiegels, womit ein Hinweis auf die Bauweise der Häuser (ebenerdig/abgehoben) gewonnen werden sollte. Zum Teil sahen sich die Bearbeiter von geoarchäologischen Proben aus dem Seeuferbereich fast dazu gezwungen, jeweils auch den überregionalen Aspekt der Seespiegelschwanken zu berücksichtigen (Joos 1976b, S. 138). Schon allein eine Beobachtung der geologischen Begebenheiten der Seeufer konnte dahingehend Aufschlüsse bringen (Joos 1976b, S. 132). In jüngerer Zeit stehen eher Untersuchungen der Schichtbildungsprozesse und damit ein besseres Verständnis des Befundes im Fokus geoarchäologisch-mikromorphologischer Untersuchungen. Dabei wird versucht „allen“ Fragestellungen, wie nach dem Seespiegel vor, während und nach der Besiedlung, dem Klima und der Bauweise der Siedlungen, gerecht zu werden. Dies kann und sollte unter Einbeziehung weiterer Disziplinen erfolgen, wie das am Beispiel von Arbo-Bleiche 3 beispielhaft durchgezogen wurde (Jacomet et al. 2004). Dort kam man zum Schluss, dass das Dorfgelände bis kurz vor der Besiedlung unter mindestens 50 bis 250 cm Wasser lag. Eine kurze klimatische Gunstphase führte zu einer starken Seespiegelabsenkung, womit das Strandgelände mit seinen Seekreideablagerungen begehbar wurde. Auf diesem Gelände wurden die ersten Häuser errichtet, was zu einer Ablagerung von organischen Abfällen und einer Verdichtung der Seekreide führte. In einem von dauerhafter Feuchtigkeit, aber nur zeit- und ortsabhängiger Überflutung, geprägtem Milieu, hat sich eine organische Kulturschicht abgelagert. Zwischen den Hausbereichen und Gassen zeigte die Kulturschicht keine Unterschiede, weswegen von abgehobenen Bauten ausgegangen wird. Im oberen Bereich der Siedlung fand sich eine Holzkohleschicht, die als Zerstörung der Siedlung durch eine Brandkatastrophe gedeutet wird. Über der Kulturschicht kam eine Sandschicht mit Holzkohlen und angekohlten Hölzern zu liegen, die als Überschwemmung

nach Siedlungsende gedeutet wird. Aufgrund von fehlenden Brandspuren an vielen Komponenten in der Kulturschicht wird vermutet, dass zuerst die Überschwemmung und dann ein Brand das Ende der Siedlung herbeigeführt haben.

Diese gerade skizzierten Resultate von Arbon-Bleiche 3 konnten so natürlich nur in der Kombination von diversen Disziplinen erzielt werden, doch fanden sich für nahezu alle Fragestellungen (Seespiegel vor, während, nach der Siedlung, Klima, Bauweise, Taphonomie, Erosion) auch Antworten in den mikromorphologischen Analysen (Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Dies zeigt eindrücklich, dass sich die Mikromorphologie ein grosses Potential zur Beantwortung von Fragestellungen im Seeuferbereich erarbeitet hat. Zusammenfassend wurde dies auch von Kristin Ismail-Meyer et al. (2013) dargelegt. Somit bietet sich besonders die Mikromorphologie als Methode innerhalb der Geoarchäologie zur Beantwortung der dieser Studie zugrundeliegenden Fragestellungen an, die unter anderem insbesondere auf die Taphonomie von Ablagerungen in Seeufersiedlungen abzielt.

1.4 Fragestellung

1.4.1 Bedeutung der Taphonomie

Mikromorphologischen Studien in der Archäologie gründen vor allem darauf, dass Sedimente in archäologischen Fundstellen nicht nur Informationen in Form von Funden, Makroresten, Tierknochen etc. beinhalten können, sondern auch für sich selbst ein Träger von Informationen sind. Mit der Mikromorphologie können unscheinbare Veränderungen in der Stratigraphie, die auf bodenbildende, geologische und anthropogene Prozesse/Ereignisse zurückzuführen sind, erkannt und eben diesen Prozessen zugewiesen werden. Somit kann man die anthropogen beeinflussten Sedimente und die in ihnen enthaltenen Funde und Befunde als Teil des „archäologischen Gedächtnisses“ (Altekamp 2004) begreifen, welches es zu entschlüsseln gilt. Doch ist zu beachten, dass eine solche Entschlüsselung kein einfacher Prozess sein kann, denn vergangene Verhaltensweisen lassen sich nicht direkt aus dem archäologischen Material ablesen. Oftmals wird vergessen, dass dieses Material im archäologischen Normalfall nach und nach entsorgt beziehungsweise verlassen wurde und damit ausserhalb seines Nutzungskontextes gefunden wird (Bernbeck 1997, S. 66–67). Die Lückenhaftigkeit des archäologischen Gedächtnisses führt unausweichlich zu einer Differenz zwischen den theoretischen Ansätzen und den archäologischen Daten. Im angelsächsischen Forschungsraum versuchte man diese

Differenz auf zwei verschiedene Arten zu überwinden (Bernbeck 1997, S. 65): Mit dem Charakter der archäologischen Daten beschäftigen sich sowohl die Middle Range-Theorie von Lewis Roberts Binford (1977, S. 6–8) als auch die Abhandlungen über Formationsprozesse von Michael B. Schiffer (1983). Als Wesentlich wird dabei jeweils das Studium jener Prozesse angesehen, die zur Bildung archäologischer Befunde geführt haben (Eggert 2001, S. 350). Es gab jedoch auch Versuche, diese problematischen Lücken mittels systemtheoretischer Ansätze zu schliessen (Bernbeck 1997, S. 109–129).

Die *New Archaeology* der frühen 60er Jahre des 20. Jahrhunderts (z.B. Binford 1962) hat viele wissenschaftstheoretische Ideen aus den Naturwissenschaften übernommen (Bernbeck 1997, S. 65). Diese zeigte sich auch in dem Werk „Analytical Archaeology“ von David L. Clarke (1978), welches Ende der 60er Jahre in England erschienen ist. Doch wichtigstes Anliegen der Middle Range-Theorie ist es, den statischen archäologischen Befund mit der Dynamik des vergangenen kulturellen Systems, in dem er entstand, zu verbinden (Bernbeck 1997, S. 66). Soll dieses ehemalige kulturelle System nun erforscht werden, so müssen zunächst die Prozesse ermittelt werden, die den archäologischen Befund produzieren. Schiffer hat seine in vielen Artikeln vorgestellten und weiterentwickelten Theorien in zwei lehrbuchartigen Abhandlungen am vollständigsten präsentiert, wobei sie sich auch heute noch in einem Prozess der Entwicklung und Anpassung befinden (LaMotta und Schiffer 2001): Das ältere der beiden angeführten Werke trägt den Titel „Behavioral Archaeology“ (Schiffer 1976). Es ist aber mit Schiffers zweitem grossem Werk und Ansatz, den Formationsprozessen (Schiffer 1987), eng verzahnt. So handelt es sich bei der letzteren Veröffentlichung um einen Ansatz, welche die Verbindung zwischen der „Wirklichkeit“ der archäologischen Daten und Schiffers früherer Behavioral Archaeology erst ermöglichen soll. Obwohl Formation Processes nicht als Erfindung der Behavioural Archaeology gelten können (Schiffer et al. 2010, S. 31), hat diese sie jedoch wesentlich in der archäologischen Forschung verankert. Während Schiffers Ansatz in der Geoarchäologie aufgenommen wurde, und letztlich auch den im Folgenden zu behandelnden und zu analysierenden natürlichen wie kulturellen Formationsprozessen einen theoretischen Rahmen geben, fanden seine Thesen in der theoretischen Archäologie keinen grossen Widerhall. Schiffer wird trotzdem vor allem für das Erkennen des Einflusses von natürlichen Prozessen auf den archäologischen Befund gelobt. Dabei ist jedoch Schiffers Behavioral Archaeology nicht ausser Acht zu lassen, denn es ging ihm eigentlich nicht in erster Linie um die Erforschung der natürlichen Transformationen – vielmehr verschleiern diese nur die ihm wichtigen

kulturellen Transformationen (siehe unten), aus denen man letztlich das menschliche Verhalten ableiten kann. Dieser eigentliche „behavioralistische“ Ansatz wurde und wird zwar von Schiffer und seinen Schülern/Kollegen noch vertreten (LaMotta und Schiffer 2001), darüber hinaus konnte er sich aber nicht in gleicher Weise durchsetzen wie der Ansatz der Formation Processes, der heute zumindest generell in der Archäologie berücksichtigt wird. Die theoretische Archäologie hat sich wie oben angedeutet zum Zeitpunkt von Schiffers massgeblicher Veröffentlichung (Schiffer 1987) bereits in Richtung der postprozessualen Archäologie entwickelt und den systemischen Ansatz durch eine Betrachtungsweise ersetzt, die sich mehr an den Symbolen und dem Individuum selbst orientiert. Dennoch soll und kann die Arbeit Schiffers hier helfen, den mikromorphologischen Ergebnissen einen theoretischen Rahmen zu geben. Doch bei aller Theorie sollte folgendes nicht vergessen gehen:

„Geoarchaeology, like geology and archaeology, is a field-based endeavour that relies on empirical data. No matter how much we might like to theorize in either discipline, the bottom line is that we are constrained by the observations we make first in the field and later in the laboratory.“ (Goldberg und Macphail 2006, S. 28)

Was kann die Geoarchäologie also in Hinblick auf die Frage nach Formation Processes (=Schichtbildungsprozesse) leisten? Spezifisch im Hinblick auf die Mikromorphologie halten Richard I. Macphail et al. (1990b, S. 168) fest, dass die Rekonstruktion der Schichtbildungsprozesse einer der wesentlichen Punkte ist, die diese Methode zum Verständnis einer Fundstelle beitragen kann. Dies umfasst nicht nur Fragen der Erhaltung, sondern sie kann auch wesentliche Hinweise zum „Werdegang“ (Taphonomie) einer Fundstelle liefern. Ziel muss es also sein, auf mikroskopischer Ebene die von Schiffer postulierten natürlichen und kulturellen Transformationen eines Sediments zu entschlüsseln. Dabei gilt es sich die Definition von Taphonomie und Formationsprozessen zu vergegenwärtigen, da gerade letzterer Begriff in der Archäologie etwas unscharf Anwendung findet (Lyman 2010). Während man sich im Falle der Schichtbildungsprozesse eher damit befasst hat, wie und warum die Fundstellen und Funde zur Archäologie geworden sind, befasst sich die Taphonomie vor allem damit, was mit den Fundschichten und Funden nach ihrer Ablagerung geschehen ist (Renfrew und Bahn 2008, S. 54). Fundschichten und Funde haben dabei ganz unterschiedliche Erhaltungschancen, abhängig vom Material, aus dem sie bestehen, ihrer Matrix und den Umwelteinflüssen, denen sie ausgesetzt worden sind. Das Studium der Taphonomie befasst sich mit den vielfältigen Prozessen, die während und seit der Ablagerung der Schichten und Funde eingetreten oder eben nicht eingetreten sind, und letzten Endes auch dazu geführt haben, dass wir die Schichten

heute noch antreffen können. So ist eine rasche Bedeckung mit neuem Sediment meist zwingende Voraussetzung dafür, dass Funde und Befunde bis heute nicht vergangen sind.

Mikromorphologie kann nun gerade ungestörte Schichtabfolgen über die ihr eigene Präparationstechnik konservieren und schliesslich analysieren. Somit können noch so kleine und kurze Events in der Bildungs- und Überlieferungsgeschichte einer Fundstelle entschlüsselt werden. Das kann wichtige Informationen zur Inwertsetzung von Analyseresultaten anderer Disziplinen ergeben, etwa wenn man Umlagerungen feststellt, die zu einer Vermischung von Schichtkomponenten geführt haben können. Da man durch die Analyse einer Profilsäule nur einen sehr lokalen, um nicht zu sagen eingeschränkten, Blick hat, empfiehlt es sich, mehrere Profilkolonnen einer Fundstelle zu untersuchen. Nur so kann man lokale von allgemeinen Phänomenen unterscheiden. Idealerweise wird die mikromorphologische Untersuchung von Makrorest- und Pollenanalysen an derselben Profilkolonne begleitet. Zwar kann man im Dünnschliff einzelne Makroreste (z.B. Samen) bestimmen, es fehlt aber jeweils die statistische Grundlage, um gesicherte Aussagen zur Häufigkeit dieser Komponenten in einer Schicht treffen zu können. Hier können etwa die Resultate der Archäobotanik eine nützliche Ergänzung sein.

1.4.2 Syn- und postsedimentäre Prozesse

Bisherige Studien zu Seeufersiedlungen befassten sich insbesondere mit der Frage nach der Konstruktionsweise der Siedlungen beziehungsweise nach den Ablagerungsbedingungen der Schichten (Wallace 1999; Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Syn- und postsedimentäre Prozesse fanden zwar Berücksichtigung (Ismail-Meyer et al. 2013), standen aber selten (Huber und Ismail-Meyer 2012) im Zentrum der Untersuchung. Zunächst stellt sich aber die Frage, was genau unter synsedimentären und postsedimentären Prozessen verstanden wird: Als synsedimentäre Prozesse sollen hier jene Prozesse bezeichnet werden, die sich zeitgleich mit der Ablagerung des Sediments ereignen, nicht aber im primären Zusammenhang mit dem eigentlichen Sedimentationsprozess stehen. Im konkreten Fall von Seeufersiedlungen sind das vor allem Prozesse, die sich während einer Siedlungsphase und damit während der Akkumulation einer organischen Kulturschicht ereigneten. Damit ist aber nicht die Akkumulation der Kulturschicht an sich gemeint, sondern vielmehr solche Prozesse, die bei der Schichtbildung „auch noch“ eine Rolle spielten. Dabei kann es sich sowohl um natürliche als auch um anthropogene Einflüsse handeln. Als postsedimentär werden diejenigen Prozesse bezeichnet, die sich nach dem eigentlichen Sedimentationsprozess ereignet haben. Da in dieser Arbeit der

Sedimentationsprozess einer Kulturschicht als eine Art „Arbeitshypothese“ mit einer Siedlungsphase gleichgesetzt werden soll, sind damit also die Prozesse gemeint, die vor Ort stattgefunden haben, während die Bewohner ihre Seeufersiedlung bereits aufgegeben hatten. In erster Linie fallen vor allem natürliche Prozesse in diese Kategorie, doch können sie auch anthropogenen Ursprungs sein. Vor allem ist damit aber der Einfluss des Wassers beziehungsweise des sich verändernden Seespiegels auf die im Seeuferbereich abgelagerten Sedimente gemeint, der sich oft in zerstörerischer Art und Weise auf diese auswirkt. Weiterhin soll die Erhaltung beziehungsweise Verwitterung des organischen Materials in den untersuchten Sedimenten analysiert werden. Es geht also nicht nur um die Rekonstruktion des Milieus zum Zeitpunkt der Ablagerung, sondern um das Erfassen sämtlicher Prozesse, welche sich bis zum heutigen Tage an diesem Ort abspielten. Dass die Einteilung in syn- und postsedimentäre Prozesse nicht einfach ist und nicht immer eindeutig ausfallen kann, wie etwa siedlungszeitlicher Wassereinfluss und Verwitterung nahelegen, wird im Kapitel 8 noch im Detail gezeigt werden. Aus der Analyse resultierend soll ein Hilfsmittel beziehungsweise eine Grundlage zur Identifikation dieser syn- und postsedimentären Prozesse im Dünnschliff geschaffen werden. Zusammenfassend sollen diese Ergebnisse zur Rekonstruktion der Paläoumwelt in der direkten Siedlungsumgebung, aber auch in ihrem jeweiligen weiteren Umfeld nutzbar gemacht werden. Dieser Anspruch entspricht den üblichen Erwartungen, die man an eine geoarchäologische Untersuchung stellt und soll darüber hinaus einen Beitrag zur Weiterentwicklung beziehungsweise Verfeinerung dieser Methode liefern.

1.4.3 Auflösen von Siedlungen

Jeder archäologischen Fundstelle ist gemeinsam, dass sie einmal aufgelassen wurde (Cameron und Tomka 1996, Klappentext). Dies kann praktisch als Voraussetzung gelten, um zum Objekt archäologischer Studien zu werden. Umso vielfältiger sind die Gründe und die verschiedenen Arten, wie und warum die Menschen eine Siedlung verlassen haben. Es wurde bereits einmal der Versuch unternommen, diese unterschiedlichen Prozesse aufgrund von archäologischen und ethnographischen Daten in einem Sammelband darzustellen (Cameron und Tomka 1996). Da es sich bei den dort genannten Beispielen oftmals um Siedlungen im trockenen Südwesten der Vereinigten Staaten handelt, können diese Untersuchungen jedoch nicht ohne weiteres auf Seeufersiedlungen übertragen werden. In der vorliegenden Studie wird der Frage nachgegangen, ob auch anhand von mikromorphologischen und sedimentologischen Untersuchungen an Seeufersiedlungen auf die Gründe sowie Modalitäten des Verlassens von

Siedlungen und Regionen geschlossen werden kann. Hierzu können folgende Fragen formuliert werden: Warum wurden die Siedlungen an den Seeufnern zu bestimmten Zeiten verlassen? Lassen sich menschliche Handlungen, die im Zusammenhang mit diesem Verlassen stehen, über die hier verwendeten Analysemethoden rekonstruieren? Diese Fragestellungen fassen auf den oben genannten Vorstellungen Schiffers, dass Studien zu Formationsprozessen letztlich eine Notwendigkeit sind, um menschliches Verhalten zu erforschen.

Grundsätzlich lassen sich Auflassungsprozesse mit der in den Sozialwissenschaften gebräuchlichen Ebenen-Klassifikation unterteilen (Babbie 2010). Die sogenannte Makroebene deckt sich dabei mit derjenigen, auf der man gewöhnlich das Auflassen der Seeufersiedlungen als generelles Phänomen erforscht. Dabei liegt eine gewisse Spanne im Abstrahierungsgrad vor, etwa vom Konzept Seeufersiedlung an sich bis hin zu Zusammenschlüssen von Siedlungen, Siedlungskammern etc. Unter der Mesoebene versteht man die Ebene, auf der Siedlungen und die ihnen zugrundeliegende Dynamik analysiert werden können. Die Mikroebene kann dagegen Häuser beziehungsweise Hausplätze (Ebersbach 2010), aber auch Profilkolonnen bezeichnen. Zumeist spielen sich mikromorphologische Studien also, wie auch der Name bereits nahelegt, auf der Mikroebene ab. Durch das Heranziehen weiterer Disziplinen, den Rückgriff auf theoretische Konzepte, vor allem aber über die Analyse mehrerer Profilkolonnen pro Siedlung und der damit verbundenen Möglichkeit, lokal gültige „Mikrophänomene“ von „Mesophänomenen“ unterscheiden zu können, wird aber auch versucht, Aussagen für eine gesamte Siedlung zu treffen.

Um die Lücke zwischen dem Artefakt in einem „Behavioral System“ und seiner heutigen Position im beziehungsweise auf dem Boden zu überbrücken, wurden in der Behavioral Archaeology die Konzepte des systemischen und des archäologischen Kontexts eingeführt (Schiffer 1972). Der Begriff systemischer Kontext bezieht sich auf Artefakte und Orte, als diese noch aktive Bestandteile eines Behavioral Systems waren (Schiffer et al. 2010, S. 20). Artefakte, die nur noch mit ihrer natürlichen Umwelt, Verfallsprodukten und anderen Artefakten interagieren, befinden sich dahingegen in einem archäologischen Kontext. Dabei ist zu beachten, dass Objekte durchaus mehrmals zwischen den beiden Kontexten hin und her wechseln können. Beeinflusst von einer Arbeit Robert Aschers (1968) hat Schiffer ein Flussdiagramm entwickelt, um die „Lebenszyklen“ eines Artefakts und den Übergang vom systemischen zum archäologischen Kontext zu beschreiben (Schiffer 1972). Die wesentlichen Prozesse in die-

sem Konzept sind die Beschaffung, Fertigung und Verwendung, sowie die mögliche Wiederverwendung, Instandhaltung und letztlich das Entsorgen. Diese Zyklen sind grundsätzlich auch auf ein Haus übertragbar.

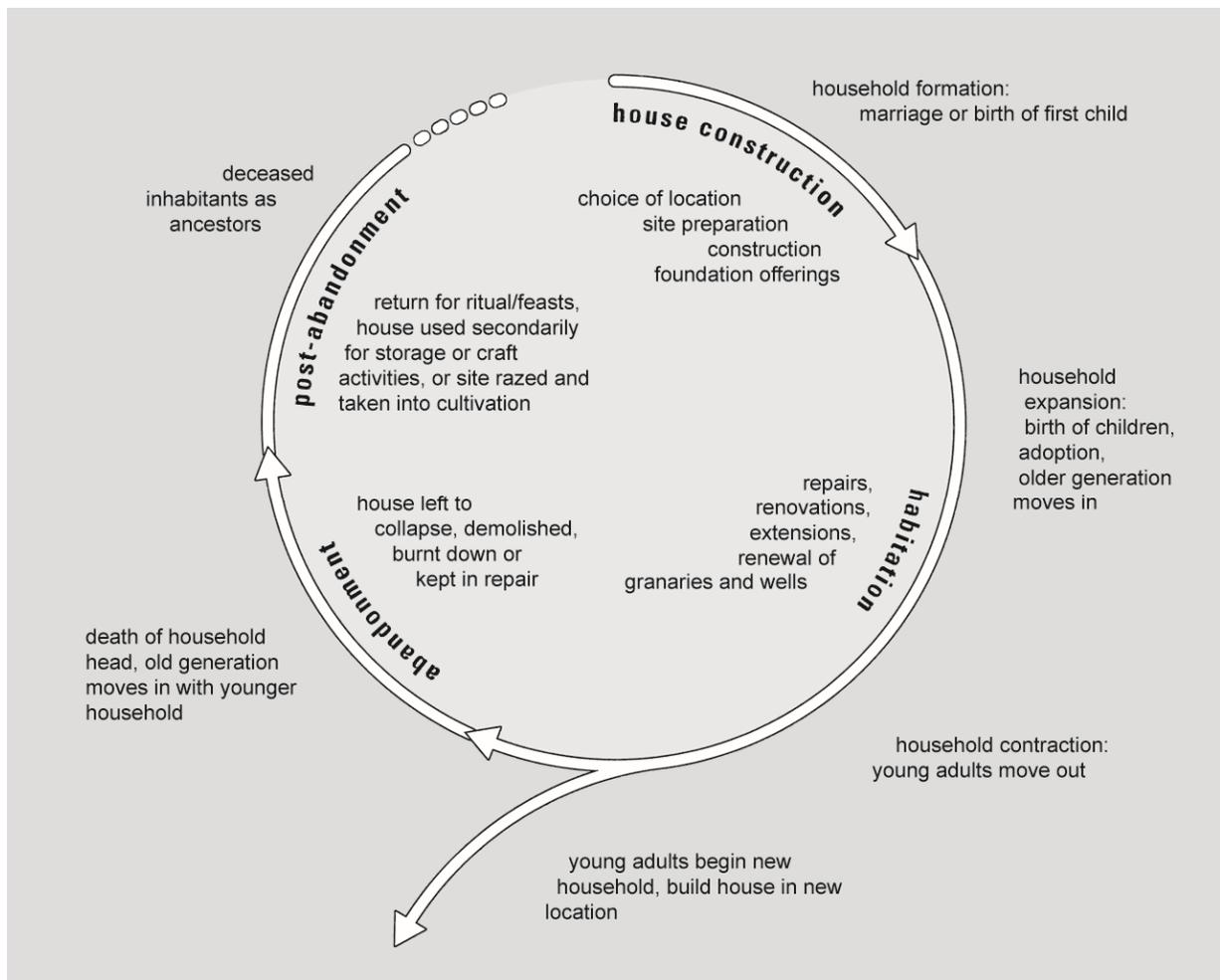


Abbildung 2 Modell für eine Hausbiografie.

Dargestellt sind die verschiedenen Phasen sowie die dann stattfindenden Handlungen. Aus Gerritsen 2003, Abb. 3.4 (Grafik: Fokke Gerritsen)

Nicht auf diesem Konzept fussend, aber durchaus mit einer gewissen Ähnlichkeit, hat Fokke Albert Gerritsen (2003) aufgrund einer Studie an Häusern der Spätbronzezeit bis zur römischen Periode aus der Meuse-Demer-Scheldt Region (südliche Niederlande/nördliches Belgien) ein biographisches Modell für ein Haus entwickelt (Abb. 2). Es zeigt beispielhaft eine mögliche Hausbiographie inklusive der damit verbundenen Handlungen im Inneren des Kreises sowie Lebensereignisse der Bewohner ausserhalb. Letztere lassen sich offensichtlich kaum mit mikromorphologischen Methoden nachvollziehen. Anders sieht es dahingegen mit

den Handlungen, beziehungsweise Prozessen, im Inneren von Gerritsens Kreisschema aus, die man ohne grössere Probleme mit den von Schiffer eingeführten und oben erwähnten n- (natürlichen) und c- (kulturellen) Transformationen verbinden kann. Ein gutes Beispiel für eine Hausbiographie ist die Studie von Kristin Ismail-Meyer und Philippe Rentzel (2004) aus der neolithischen Seeufersiedlung von Arbon-Bleiche 3. Dort hat die mikromorphologische Analyse in Kombination mit anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen und vor allem auf der Grundlage von guten dendrochronologischen Daten den detaillierten Werdegang beziehungsweise die Biographie eines Hauses nachgezeichnet, das einmal einem Brand zum Opfer gefallen ist, repariert wurde und nach Aufgabe eine Weiterverwendung als offener Viehpferch gefunden hat.

1.4.4 Forschungsziele und Hypothesen

In der vorliegenden Studie stehen grundsätzlich syn- und postsedimentäre Schichtbildungsprozesse sowie die Auffassung von Seeufersiedlungen im Vordergrund. Die Frage nach diesen Prozessen führt zu dem Problem, wie man die einzelnen Prozesse voneinander abgrenzen kann und wie man feststellen kann, ob ihre Ursachen natürlicher oder anthropogener Natur sind. In dieser Studie spielen insbesondere Erosion/Wassereinfluss und Verwitterung eine grosse Rolle. In methodischer Hinsicht ergibt sich ein gewisses Skalenproblem, denn die Beobachtungen werden jeweils in einem Dünnschliff aus einer Probe gewonnen. Es handelt sich dabei um einen vergleichsweise sehr kleinen Ausschnitt aus der Gesamtheit der vor Ort anzutreffenden Sedimente. Ausserdem konnten die bisherigen Resultate mikromorphologischer Forschung zu Schichtbildungsprozessen von Seeufersiedlungen zumeist nur anhand einiger weniger Profilkolonnen von einer Fundstelle erarbeitet werden. Es handelt sich hier um ein ähnliches Problem, wie es einmal Jacomet (1980, S. 76) für die archäobotanische Forschung in Seeufersiedlungen erkannt und zu lösen versucht hat. Die Ergebnisse der Mikromorphologie umfassen neben der lokalen Schichtbildung zwar durchaus auch Aussagen zu Prozessen, welche die gesamte Fundstelle betreffen, aber anhand einiger weniger Profile kann man dies oft nur unsicher abstützen. Aus diesem Grund soll in der vorliegenden Arbeit neben der vertikalen Mikrostratigraphie auch die „horizontale Mikrostratigraphie“ untersucht werden. Es gilt insbesondere zu klären, inwieweit sich die in einzelnen Profilen festgestellten Prozesse über eine grössere Fläche, d.h. in möglichst vielen weiteren Profilen fassen lassen. Um dieses Ziel zu erreichen, gilt es also wiederkehrende Prozesse in einer Fundstelle zu analysieren, die sich

über eine möglichst grosse Fläche erstreckt und von der ausserdem ein verhältnismässig grosser Korpus an Proben analysiert werden kann. Ausserdem muss überprüft werden, ob es zwischen mehreren Siedlungen Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den festgestellten Prozessen gibt. Sollten Unterschiede festgestellt werden können, so gilt es zu ergründen, auf welche Faktoren sie zurückzuführen sind. Handelt es sich etwa um eine andere Topographie des Siedlungsplatzes, andere Einflüsse aus dem Hinterland oder einen ganz anderen Typ See? Werden alle diese Faktoren ausgeschlossen, könnte es sich auch um sich verändernde beziehungsweise veränderte Umweltbedingungen zur jeweiligen Zeitstellung der Siedlung handeln? Neben diesen umweltgeschichtlichen Fragestellungen dürfen kulturgeschichtliche Fragen nach den Gründen für das Auflassen von Siedlungen nicht ausser Acht gelassen werden. Können menschliche Handlungen im weiteren Sinn mittels Mikromorphologie in den Sedimenten erkannt werden?

Zusammenfassend stehen also folgende eher allgemein formulierte Ziele im Zentrum:

- Die Analyse natürlicher und anthropogener Ablagerungsmuster
- Die Identifikation stratigraphischer Anomalien und ihre Verknüpfung mit natürlichen oder kulturellen Phänomenen

Basierend auf den eher allgemein formulierten Zielen und Ansprüchen werden zwei Hypothesen aufgestellt, deren Überprüfung im Rahmen dieser Arbeit erfolgen soll:

1. Die Sedimente in Seeufersiedlungen waren während ihrer Ablagerung und auch danach verändernden Prozessen ausgesetzt
2. Eine Entschlüsselung und genaue Identifikation der Prozesse und ihrer Ursachen liefert Hinweise auf die Gründe für das Auflassen der jeweiligen Seeufersiedlung

1.5 Kurze Umschreibung der Vorgehensweise und Gliederung der Arbeit

Zur Beantwortung der gestellten Fragestellung konnte auf Probenmaterial aus fünf Schweizer und einer italienischen Seeufersiedlungen zurückgegriffen werden (Tab. 1; Kapitel 5 und 6). Bereits nach ersten Abklärungen stellte sich heraus, dass das untere Zürichseebecken eine sehr gute Untersuchungsregion darstellen würde. Es gehört wahrscheinlich zu den am besten

untersuchten Siedlungskammern in der Schweiz, trotzdem wurden noch keine mikromorphologischen Untersuchungen durchgeführt. Hier liegen Siedlungen unterschiedlichster Zeitstellung vor, von denen auch zum Teil noch Probenmaterial erhältlich war. Als dann in Zürich die Grossgrabungen im Zusammenhang mit dem Bau des Parkhauses Opéra begannen und diese Grabungen auch im Rahmen dieser Dissertation geoarchäologisch begleitet werden konnten, war erst recht klar, dass das untere Zürichseebecken die Hauptuntersuchungsregion sein wird. Schon vor dem Beginn der Opéra-Grabung wurden Anstrengungen unternommen, weiteres geeignetes Probenmaterial von älteren Grabungen in den Archiven der Kantonsarchäologie Zürich und der Unterwasserarchäologie der Stadt Zürich zu finden. Hierzu wurde Material von Zürich-Alpenquai, Greifensee-Böschen und Proben aus den Grabungen in Zusammenhang mit der Kanalisationssanierung im Zürcher Seefeld gesichtet.

Tabelle 1 Quantifizierung der analysierten Proben je Siedlung.
Die beiden sedimentologisch untersuchten Profile von Zürich-Opéra sind nicht aufgeführt.

Fundstelle	Profile	Proben	Proben inkl. Teilproben	Dünnschliffe
Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld	1	1	2	8
Zürich-Opéra	13	24	28	117
Zug-Riedmatt	2	2	2	8
Greifensee-Böschen	2	2	2	9
Zürich-Alpenquai	2	2	4	14
Viverone I - Emissario	2	2	2	2
Kulturschichtexperiment	4	4	4	4
Keramikkomplex	1	1	1	4

Von Zürich-Alpenquai waren leider nur zwei Proben verfügbar, welche aufgrund ihrer hohen Qualität und der Zeitstellung (Ende der Spätbronzezeit) ausnahmslos aufgenommen wurden.

Die Siedlung Böschen liegt zwar am benachbarten Greifensee, durch ihre Zeitstellung am Beginn der Spätbronzezeit stellt sie aber eine wichtige zeitliche Brücke zu den anderen Siedlungen dar (Tab. 2). Die geringmächtige Kulturschichtausprägung führte zu einer Beschränkung auf nur zwei Proben aus dem Bereich der Siedlung mit besserer Kulturschichterhaltung. Leider konnte kein Probenmaterial aus der Frühbronzezeit einbezogen werden, so dass erst die schnurkeramischen Schichten aus Zürich-Opéra den zeitlichen Anschluss an die Bronzezeit bilden. Die grossflächige Ausgrabung mit verschiedenen Siedlungsschichten von Zürich-Opéra bietet ein grosses Potential für eine Betrachtung der zur Diskussion stehenden Phänomene in der Fläche. Daraus resultieren die hohe Anzahl der in diese Untersuchung einbezogenen Proben und die damit einhergehende Gewichtung der Fundstelle. Der chronologische Schwerpunkt liegt auf dem Spätneolithikum beziehungsweise Schichten der sogenannten Horgener Kultur. Der gleiche zeitliche Rahmen, aber vor allem die aussergewöhnlich guten Erhaltungsbedingungen machten Zug-Riedmatt zu einer unverzichtbaren Referenzstation.

Tabelle 2 Übersichtsdarstellung der untersuchten Fundstellen.

Fundstelle	Land	Kanton	See	Zeitstellung
Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld	Schweiz	Zürich	Zürichsee	Neolithikum
Zürich-Opéra	Schweiz	Zürich	Zürichsee	Neolithikum
Zug-Riedmatt	Schweiz	Zug	Zugersee	Neolithikum
Greifensee-Böschen	Schweiz	Zürich	Greifensee	Spätbronzezeit
Zürich-Alpenquai	Schweiz	Zürich	Zürichsee	Spätbronzezeit
Viverone I - Emissario	Italien	Piemont	Lago di Viverone	Mittelbronzezeit

Auch die Proben der Kanalisationsgrabungen im Zürcher Seefeld wurden einer umfangreichen Sichtung unterzogen, zumal sie aufgrund der Vielzahl der erfassten Siedlungsschichten sowie der grossen Ausdehnung eine ideale Ergänzung zur Ausgrabung Parkhaus Opéra darstellen. Leider hat sich herausgestellt, dass die Proben während der ca. 25-jährigen Lagerung hochgradig modern bioturbirt wurden. Das führte zu einer Durchmischung des Sediments inklusive

der Anhäufung von sich auftürmenden Ausscheidungen (Abb. 3) sowie zu einem weitgehenden Abbau des organischen Materials. Trotz dieses negativen Befundes wurde eine Probe ausgewählt, welche die gleiche Pfyner Schicht wie in der Grabung AKAD-Seehofstrasse (dort als Schicht J bezeichnet) beinhaltet. Dies ermöglicht einerseits die chronologische Erweiterung der Probenbasis sowie andererseits einen Vergleich mit den archäobiologischen Ergebnissen von Jacomet (1985; Löffler 1979). Es wurde versucht, die Subsamples möglichst aus den untersten, weniger gestörten Bereich der Probe zu entnehmen, so dass relativ gute Ergebnisse und verwertbare Dünnschliffe erzielt werden konnten.



Abbildung 3 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld, Probe 1016.

Gerade im Bereich der Seekreide sind die Ausscheidungen der hier rezent aktiven bodenwühlenden Organismen erkennbar. Die Probe wurde am 10.03.1987 entnommen und am 28.02.2011, d.h. nach 24 Jahren, geöffnet.

Die Arbeit gliedert sich in zehn Kapitel inklusive Einleitung und Fazit:

Kapitel 1 dient der Einführung in den Forschungsgegenstand sowie der Vorstellung von Forschungsfragen und Hypothesen.

Kapitel 2 stellt das Untersuchungsgebiet mit einem speziellen Fokus auf die Entwicklung des Klimas im Holozän vor.

Kapitel 3 befasst sich mit dem Phänomen der zirkumalpinen Seeufersiedlungen aus einer kulturgeschichtlichen Perspektive.

Kapitel 4 gibt detaillierte Informationen zur Auswahl und Gewinnung von Proben sowie zu den verwendeten Analysemethoden inklusive der Probenaufbereitung.

Kapitel 5 präsentiert die Analyseresultate der Untersuchungen an drei neolithischen Seeufersiedlungen inklusive einer Vorstellung der einzelnen Siedlungen sowie des verwendeten Probenmaterials.

Kapitel 6 dient wie das vorherige Kapitel der Präsentation von Analyseresultaten. Es werden Untersuchungen an drei bronzezeitlichen Seeufersiedlungen vorgestellt. Die einzelnen Siedlungen sowie das verwendete Probenmaterial sollen wiederum vorgängig in knapper Form vorgestellt werden.

Kapitel 7 geht auf zwei ergänzende Untersuchungen ein, die im Zusammenhang mit den Fragestellungen stehen. Zum einen konnten Proben aus einer experimentellen Studie zur Bildung von organischen Kulturschichten auf Verwitterungsprozesse hin untersucht werden. Zum anderen wird die Analyse von Sedimenten aus dem Inneren eines fast vollständig erhaltenen und in der Kulturschicht gefundenen Topfes aus der Grabung Zürich-Opéra vorgestellt.

Kapitel 8 beinhaltet eine ausführliche Diskussion der in den Kapiteln 5 bis 7 erzielten Ergebnisse, setzt sie in Bezug zu Ergebnissen anderer Studien und greift auf theoretische Konzepte zurück, die zur Einordnung der Phänomene dienlich sind. Aufgrund dessen werden Prozesse definiert, charakterisiert und erklärt. Schliesslich wird versucht, diese Prozesse mit der Ereignisabfolge in den Profilen zu verbinden.

Kapitel 9 fasst die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen, stellt sie in den Kontext der Siedlungsdynamiken von Seeufersiedlungen und wägt ab, in wie weit eine klimatische Determinierung nachgewiesen werden kann. Ausserdem wird die Anwendung der Ergebnisse im

Site Monitoring, dem Überwachen einer archäologischen Fundstelle in Bezug auf den Erhaltungszustand, diskutiert.

Ein separater **Anhang** beinhaltet Informationen zu den untersuchten Profilen und gibt eine Kurzbeschreibung der behandelten Schichteinheiten. Eine Microsoft Access-Datenbank wird der Arbeit beigefügt und dient der Vorlage der erhobenen Daten während der Dünnschliffanalyse.

2 Naturräumlicher Rahmen: Seen des Alpenvorlandes

Im folgenden Kapitel sollen die wesentlichen naturräumlichen „Eckdaten“ zu den untersuchten Fundstellen vorgestellt werden. Dazu werden in kurzen Absätzen das Untersuchungsgebiet im Voralpenland und die jeweiligen Seen charakterisiert. Einen weiteren wichtigen Aspekt stellen hierbei die heutigen klimatischen Bedingungen und die Klimaentwicklung des Holozäns dar. Dabei können selbstverständlich weder die einzelnen Seen noch die klimatischen Themen erschöpfend behandelt werden. Aus diesem Grund wird ausdrücklich auf weiterführende Literatur verwiesen. Die hier dargelegten Informationen sollen einzig helfen, die Resultate der Studie in einen Kontext zu stellen und die Seen, an denen Fundstellen liegen, einordnen zu können.

2.1 Topographie und Geologie

Die Studie befasst sich mit Seeufersiedlungen an den Seen der zirkumalpinen Region. Die Alpenregion erstreckt sich vom Ligurischen Meer bis hin zum Pannonischen Becken. Im Norden laufen die Alpen im hügeligen Schweizer Mittelland aus. Im Süden schliesst sich die Ebene des Po an. Daneben grenzen noch das Rhône-Tal, das Donautal sowie die Ungarische Tiefebene im äussersten Osten an den Alpenbogen an. Die Alpen bilden eine wichtige Klima- und Wasserscheide im Herzen Europas und stellen mit ihren Höhen bis über 4800 m ü. M. und den Tälern nicht nur ein morphologisch komplexes, sondern auch in hydrologischer Hinsicht ein bemerkenswertes System dar. Mit einem weitverzweigten Flussnetz, gespiesen aus Quellen, Gletschern und saisonalem Schmelzwasser, bilden die Alpen das grösste Wasserreservoir Europas. Neben den kleineren Gebirgsseen spielen vor allem die grösseren Alpenrandseen eine wesentliche Rolle in diesem hydrologischen System. Sie kommen bis in das Alpenvorland vor und sind für diese Studie von besonderer Bedeutung, da es sich um die Seen handelt, an deren Ufern die hier diskutierten Siedlungen angelegt worden sind.

Im Spätglazial nach dem endgültigen Rückzug des Eises aus dem Mittelland bildeten sich im Bereich der grossen Becken ab etwa 15'000 Jahren vor heute die grossen Schweizer Seen (Bolliger und Bürgin 1999, S. 90; Lister 1988). Die grossen Alpentäler und ihre Nebentäler waren zu dieser Zeit eine Fjordlandschaft, wobei aufgrund der noch fehlenden Vegetation und

der damit verbundenen hohen Massenumsätze der Flüsse (Müller 1999) die Becken bald unterteilt wurden (Bolliger und Bürgin 1999, S. 90). Neben den Flussdeltas schütteten auch die Gletscher selbst ihre Sedimentfracht in die Becken. Es kam zur Bildung von feinkörnigen Seebodenlehm, die grosse Mächtigkeiten erreichen konnten und oft eine jahreszeitliche Schichtung („Warven“) aufweisen. Nach dem Ende der jüngeren Dryas zwischen 11'500-11'000 vor heute wichen die Gletscher vollständig zurück, eine Vegetationsdecke stabilisierte die Hänge und die Sedimentfracht nahm in der Folge ab. Die meisten Schuttfächer in den Alpentälern waren in dieser Zeit bereits zur heutigen Grösse angewachsen und auch die meisten Flussauen im Mittelland auf ihr höchstes Niveau aufgelandet (Bolliger und Bürgin 1999, S. 91).

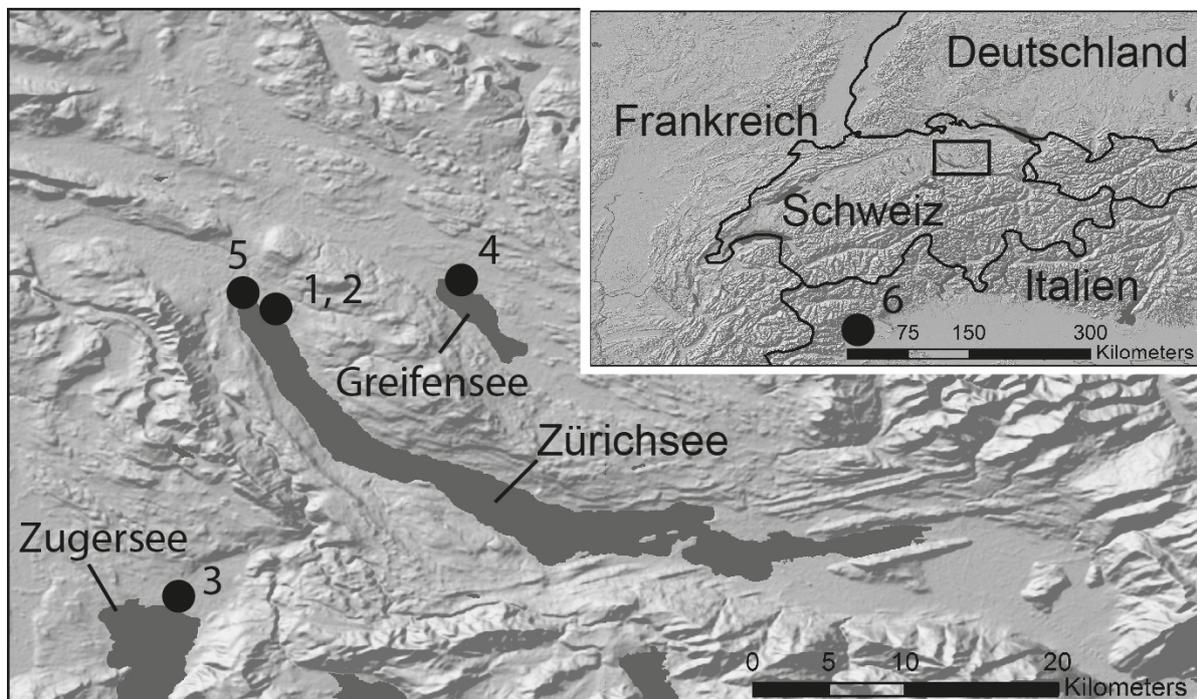


Abbildung 4 Verteilung der untersuchten Fundstellen.

1: Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld; **2:** Zürich-Opéra; **3:** Zug-Riedmatt; **4:** Greifensee-Böschen; **5:** Zürich-Alpenquai; **6:** Viverone I – Emissario (Kartengrundlage: SRTM Daten aus der ESRI Data & Maps DVD).

Die fünf untersuchten Siedlungen verteilen sich auf insgesamt vier Seen (Abb. 4; Tab. 3), wobei Zürich-Opéra, Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld und Zürich-Alpenquai alle am Zürichsee liegen. Die Seen des Schweizer Mittellandes sind hier sehr stark repräsentiert, denn die Siedlung Böschen liegt am nur etwa 10 km vom Zürichsee entfernten Greifensee und auch zum im Südwesten gelegenen Zugsee sind es wenig mehr als 10 km. Eine Ausnahme bildet der Lago di Viverone, der sich in der oberitalienischen Region Piemont befindet.

Tabelle 3 Basisinformationen zu den Seen.

Die folgende Tabelle liefert Eckdaten zu den Seen, an denen die untersuchten Fundstellen liegen.

See	Land	Typ	Tiefe	Ausdehnung
Zürichsee	Schweiz	Alpenrandsee	136 m	88,17 km ²
Greifensee	Schweiz	Alpenrandsee	32,3 m	8,45 km ²
Zugersee	Schweiz	Alpenrandsee	198 m	38,41 km ²
Viverone	Italien	Alpenrandsee	70 m	5,8 km ²

2.1.1 Zürichsee

Der Zürichsee liegt im nördlichen Teil des Schweizer Mittellandes. Er bildet eine Wasserfläche von ca. 39,5 km Länge mit einer maximalen Breite von 3,85 km zwischen Stäfa und Richterswil. Die Albiskette im Westen und der Pfannenstiel im Osten umrahmen das Gewässer. Die mit fast 90 km² bereits recht beachtliche vom Wasser eingenommene Fläche kann man sich in früherer Zeit noch einmal beträchtlich grösser vorstellen, wenn man den ca. 1000 n. Chr. abgetrennten und inzwischen verlandeten Tuggener See im äussersten Südosten in die Betrachtung miteinbezieht. Im Westen des Zürichsees wird die Sihl von der Zimmerbergkette vom See getrennt und mündet heute am äussersten Punkt des Platzspitzparks nahe dem Hauptbahnhof in die aus dem See fliessende Limmat. Im äussersten Südosten des Sees fliesst die Linth, welche heute kanalisiert ist, in den Obersee und speist neben einigen umliegenden Bächen den See. Vor der Korrektur der Linth im 19. und 20. Jahrhundert muss man sich das ostwärts anschliessende Linthgebiet als ein System von wilden Fliessgewässern vorstellen.

Grundsätzlich lässt sich der Zürichsee zweiteilen, wobei der Obersee eigentlich einen dritten Teil ausmacht. Im unteren Zürichsee trennt nämlich bereits eine Schwelle, welche ungefähr auf der Höhe Stäfa-Richterswil liegt, ein nordöstliches von einem südwestlichen Becken. Die glazial überarbeitete Schwelle entspricht dem Südschenkel der Antiklinale von Käpf nach Grüningen und wird als Fels gedeutet (Schindler 1976; Hsü und Kelts 1970). Bei Zollikon beginnt ein flaches unterstes Seebecken, dessen Boden topographisch verhältnismässig unruhig ist (Schindler 1974, S. 168). Es ist relativ seicht und weist heute eine Seespiegelhöhe von ca.

406 m ü. M. auf. Die hier untersuchten Fundstellen befinden sich an diesem untersten Seebecken, dort wo sich der Limmatausfluss und die heutige Stadt Zürich befinden. Die Stadt Zürich liegt im Limmattal zwischen dem Üetliberg (Albiskette) und dem Zürichberg (Pfannenstiel).

Der Felsuntergrund des Zürichsees besteht aus Molasse, welche häufig von Moräne bedeckt ist (Schindler 1971, 1974, 1976). Die mittelländische Molasse steht vor allem noch an Üetliberg und Albis an (Jacomet et al. 1989, S. 19). Lokal finden sich andere hartgelagerte Lockergesteine, welche älter als das Killwangen-Stadium des würmeiszeitlichen Linthgletschers sind (Schindler 1976, S. 126). Der grössere Teil der Lockergesteine wurde aber seit dem Zürich-Stadium sedimentiert. Eiszeitliche Seeablagerungen entstanden nahe der Gletscherstirn und in einiger Entfernung vom Gletscher sowie gegen die Talflanken konnten sich Seebodenlehme ablagern. Ein Überfahren der Sedimente bei kleineren Gletschervorstössen führte zu einem relativ komplexen Aufbau dieser Lockergesteine. Späteiszeitliche Seebodenlehme füllen die tiefsten Becken und sekundäre Depressionen. Zwischen der jüngeren Dryas und dem Bölling setzt eine nicht mehr vom Gletscher beeinflusste Sedimentation ein, welche besonders durch einen „basalen Faulschlamm“ als Leithorizont gekennzeichnet ist (Strasser et al. 2008). Darüber folgen Seekreide oder seekreideähnliche Sedimente (Gyger et al. 1976).

Im Bereich der heutigen Stadt Zürich lag ein Endmoränenwall, welcher einen Talriegel bildete und somit zum Aufstauen des Zürichsees führte (Schindler 1968). Dieser Wall wurde im Laufe der Zeit durch verschiedene Abflussrinnen durchbrochen, wobei heute noch verschiedene Erhebungen als Zeugen dieser Endmoräne zu sehen sind (Schindler 1971, S. 297–299, 1981, S. 76 Abb. 2). Einen anderen Entwurf zum Endmoränenwall bietet Gerhart Wagner (2002), der in den Hügeln Katz, St. Anna und Lindenhof Reste von letzteiszeitlichen Mittelmoränen sieht. Er erkennt im Lindenhof die Form einer „Mittelquappe“, die sich noch bis zu den Erhebungen „Kleiner Hafner“ und „Grosser Hafner“ am heutigen Seegrund zurückverfolgen lässt. Das von Wagner vorgeschlagene Mittelmoränenmodell wird allerdings kontrovers diskutiert. Anhand von archäologischen Aufschlüssen konnte in jüngerer Zeit der Verlauf der Sihl und die Landschaftsgeschichte im Bereich des ehemaligen Moränenwalles rekonstruiert werden (Brönnimann 2010). Diese Untersuchungen betreffen leider nur jüngere Epochen ab der Eisenzeit. Ergänzende Studien zu älteren Epochen wären jedoch von Bedeutung für diese Arbeit, da die Siedlung Zürich-Alpenquai direkt vor dem ehemaligen Moränenwall liegt.

Einen grossen Einfluss auf die Situation am unteren Zürichseebecken hat jedenfalls schon immer der Fluss Sihl gehabt (Schindler 1971). Zimmerberg und Horgener Egg sind Seitenmoränen, welche die Sihl nach Nordwesten abdrängten und erst unterhalb des Zürichsees in die Limmat münden liessen (Jacomet et al. 1989, S. 19). Zumindest zeitweise durchbrach die schuttführende Sihl zwei der Rinnen des Endmoränenriegels von Zürich in umgekehrter Richtung und drängte die Limmat durch ihren Schuttkegel nach Osten ab (Jacomet et al. 1989, S. 19). So entstand das zweiteilige „alte Sihldelta“ (Heitz-Weniger 1978, S. 12 f.). Die Schüttung des Deltas war nach Conrad Schindler vor dem Beginn der Seeufersiedlungen im Neolithikum längst abgeschlossen und die Sihlaue lag ausserhalb des Moränenwalles. Allgemein werden Untiefen innerhalb des unteren Seebeckens als Schüttungskegel von Schmelzwässern interpretiert (Schindler 1968, S. 408).

Das glaziale Moränenmaterial im Zürichsee war bis zum Ende des Atlantikums bis etwa auf die Höhe von 404,5 m von einer unterschiedlich mächtigen Seekreide-Ablagerungen (im Maximum 10 m) bedeckt (Schindler 1981). Die Seekreidelagen bilden eine breite Uferzone mit Flachwasser. Auf den glazialen Ablagerungen im Umfeld des Zürichsees ist im Holozän eine Bodenbildung hin zu Braunerden und Parabraunerden vor allem auf mit Gehängelehm (vom Moränenwall) überdeckten Flächen mit eiszeitlichen Seeablagerungen und den untersten Lagen des Moränenwalls feststellbar (Jacomet et al. 1989, S. 21–22; Brönnimann 2010). Ebenfalls kommen die tonig-sandigen Ablagerungen im alten Sihldelta für eine Bodenbildung in Frage. Die untersten Lagen standen jedoch nur bei niedrigem Seespiegel zur Verfügung und konnten stark von Überschwemmungen betroffen sein. Auf dem Moränenwall mit seinem gröberen Material und stärker gegliedertem Relief fallen die Parabraunerden und Braunerden flachgründiger aus.

Das rechte Zürichseeufer im Seefeld, wo die beiden hier untersuchten Siedlungen Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld und Zürich-Opéra liegen, weist einen glazialen Untergrund (Moräne) auf. Anhand seiner Topographie lässt sich darauf schliessen, dass das Ufer im Neolithikum nicht gerade war und von vorspringenden Landzungen, wahrscheinlich auch Inseln sowie einmündenden Bächen gekennzeichnet war (Jacomet 1985, S. 1). Die Uferlinie von 1650 deutet an, dass im Seefeld eine seichte Bucht entstanden war (Jacomet 1980, S. 78–79). Das Ufer ist mehr oder weniger flach, und das Hinterland steigt zwar an, wobei dieser Anstieg nicht allzu steil ausfällt. Gegen Ende des jüngeren Atlantikums hatten sich Seekreide-Sedimente bis zu einer Höhe von 404,5 m ü. M. auf dem glazialen Moränenschotter akkumuliert (Jacomet

1985, S. 1). Diese Seekreide-Sedimente bildeten eine bis zu 10 m breite Uferbank (Schindler 1981). Heute liegt diese Uferbank mit den archäologischen Sedimenten unter massiven neuzeitlichen Aufschüttungen begraben, die zu einer starken Schichtpressung geführt haben (Schindler 1981, S. 1).

Schindler geht von normalen jährlichen Schwankungen des Seespiegels von 1-1,5 m im Neolithikum und der Bronzezeit aus, wobei Hochwasser auch gegen 3 m höher angestiegen sein könnten (Schindler 1981, S. 85).

2.1.2 Greifensee

Die Angaben zum Greifensee beruhen im Wesentlichen auf Beat Eberschweiler et al. (2007, S. 11): Ungefähr parallel zum Zürichsee erstreckt sich der Greifensee im oberen Glatttal. Er ist durch den Höhenzug des Pfannenstiels vom Zürichsee getrennt. Nach Osten schliessen eine charakteristische Drumlinlandschaft und der Pfäffikersee an. Der Greifensee bildet eine Wasseroberfläche von ca. 8,45 km² bei einer maximalen Tiefe von 32,3 m, einer Länge von 6,5 km und einer grössten Breite von 1,6 km. Bis in das 19. Jahrhundert waren der See und vor allem die anschliessenden Riedflächen viel weiter ausgedehnt. Erst spätere Meliorationsarbeiten führten zu einem starken Rückgang dieser Flächen.

Der Greifensee liegt in einer teilweise wieder verfüllten Wanne. Er wurde vor etwa 16'000 bis 12'000 Jahren durch Moränenwälle auf das Doppelte seiner heutigen Länge aufgestaut. Die postglazialen Veränderungen beschränkten sich auf die Ausräumung der Bachtobel durch Erosion, was dem südöstlichen Ende des Sees seine heutige Form verlieh. Im 19. Jahrhundert verringerte sich dann die Ausdehnung des Greifensees durch Verlandungsprozesse, wobei der damalige Seespiegel von 436 m ü. M. bis in das Jahr 1890 konstant blieb und erst zu dieser Zeit durch die zweite Glattkorrektur gesenkt wurde. Heute beträgt der Pegel 435,3 m ü. M. und liegt somit höher als die 406 m ü. M. des Zürichsees. Das Einzugsgebiet des Greifensees umfasst etwa 160 km² und beinhaltet neben zwei Hauptzuflüssen viele kleinere Bäche des Pfannenstiels und des Bachtels. Die von Süden kommende Mönchaltorfer Aa trägt etwa 1/3 der Wasserzufuhr bei, während die Ustemer Aa mit ihrem Wasser aus dem 100 m höher gelegenen Pfäffikersee und dessen Einzugsgebiet im Zürcher Oberland etwa die Hälfte des Wasserzuflusses ausmacht. Der Greifensee wird somit nicht vom Gletscherwasser gespiesen. Vor der oben erwähnten zweiten Glattkorrektur, bei welcher der mittlere Seespiegel um knapp

einen Meter gesenkt und der Abfluss durch eine Schleuse kontrolliert wurde, sollen die jährlichen Wasserstandsschwankungen maximal 1,6 m betragen haben (Schindler 1981, S. 73). Eberschweiler et al. (2007, S. 14) nehmen aber an, dass diese in urgeschichtlicher Zeit aufgrund der stärkeren Bewaldung und der günstigen Abflussverhältnisse geringer ausfielen. So wird für das Neolithikum und die Bronzezeit von jährlichen Schwankungen zwischen 0,5 und 1 m ausgegangen (Schindler 1981, S. 87), wobei ein deutlich grösserer Schwankungsbereich im 20. Jahrhundert auf die Nutzung des Sees als Speicherbecken zurückgehen könnte (Schindler 1981, S. 73).

2.1.3 Zugersee

Der in der Zentralschweiz gelegene Zugersee nimmt eine Fläche von 38,41 km² ein. Seine maximale Länge beträgt 13,7 km bei einer maximalen Breite von 4,6 km. Die tiefste Stelle des Zugersees liegt bei einer Tiefe von 198 m. Der See wird durch einen vorspringenden Felsriegel in zwei Becken geteilt, wobei bis heute nur am nördlichen Untersee Seeufersiedlungen gefunden werden konnten (Eberschweiler 2004, S. 17). Der Zugersee ist vor allem von Oberer Süsswassermolasse und quartären Moränen umgeben (Ottiger et al. 1990). In geringerem Masse kommt auch die Untere Süsswassermolasse vor. Neben vielen kleineren Bächen stellt die Lorze den hauptsächlichen Zu- und Abfluss des Zugersees dar. Sie fliesst westlich von Zug in den See, durchfliesst das flache nördliche Seebecken auf etwa 1,5 km Länge und verlässt schliesslich den See wieder bei Cham. Da die hier behandelte Fundstelle Zug-Riedmatt in der eben beschriebenen Situation zwischen dem Zu- und Abfluss der Lorze liegt, ist diesem Bereich besondere Beachtung zu schenken. Als hilfreich dazu muss die synthetische Darstellung der Landschafts- und Siedlungsgeschichte angesehen werden, welche die Fundstellen Sennweid, Cosmetochem, Sumpfstrasse-West, Chollerpark und Schlossberg sowie den Klimaverlauf und Seespiegelschwankungen im Jura und Voralpengebiet mit einbezieht (Rentzel und Röder 2007, S. 102-103 Abb. 81). Eine sehr einschneidende und menschengemachte Veränderung fand am Zugersee in den Jahren 1591/92 statt, als man den Seespiegel künstlich absenkte (Ammann 1993). Anschliessend an die Absenkung wurde das neu gewonnene Land, auf dem auch die Fundstelle Riedmatt liegt, wiederholt kartographisch behandelt, so dass ein guter Eindruck von der jüngeren Landschaftsentwicklung erlangt werden kann (Dändliker 1968; Schiedt 2000). Entscheidend dabei ist, dass das flach abfallende Gebiet immer wieder von der Lorze, zum Teil mit mehreren Armen, und vielen kleineren Bächen überflutet wurde

und somit eine eigentliche Sumpfzone darstellte (Eberschweiler 2004, S. 17). So ist das Gebiet vor allem von Alluvionen geprägt.

2.1.4 Lago di Viverone

Der 5,8 km² grosse Lago di Viverone liegt in der oberitalienischen Region Piemont bei der namengebenden Stadt Viverone (Abb. 54). Er ist der grösste See im Piemont und grenzt an die Provinzen Biella, Turin und Vercelli. Der See liegt in einer Landschaft aus Moränenhügeln (das sogenannte Moränen-Amphitheater von Ivrea). Bei dem am Fusse der grossen Moräne Serra d'Ivrea gelegenen See handelt es sich um eine glaziale Bildung, welche aus den Schmelzwassern des sich zurückziehenden Gletschers Balteo entstanden ist (Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche 2007). Der Lago di Viverone weist eine maximale Tiefe von 50 m auf. Er liegt auf einer Meereshöhe von 229 m und sein Einzugsgebiet beträgt 25,7 km². Der See wird heute von einem Bewässerungskanal, genannt Cariola oder Piverone, sowie weiteren kleineren Kanälen gespiesen. Wichtig ist aber vor allem die Speisung durch Grundwasser. Im Westen gibt es einen Ausfluss (den Fola Kanal beziehungsweise das „Emissario“), der in Richtung des Flusses Baltea entwässert. Am Westufer des Sees schliesst sich daher auch eine Sumpflandschaft an. Der Ausfluss scheint aber nur saisonal und abhängig vom Wasserstand in Funktion zu sein.

2.2 Klima und Vegetation

2.2.1 Heutiges Klima

Die starke Gliederung der Alpen führt dazu, dass sie generell ein kleinräumiges Klima aufweisen. Dennoch stellen sie nicht nur die wesentliche Wasserscheide Europas dar, sondern trennen in gleicher Weise die atlantische (westliche), die pannonische (östliche) und die mediterrane (südliche) Klimaprovinz. Letztere herrscht in den Südalpen vor und führt zu heissen Sommern und milden Wintern. Während das Klima in den inneren Alpentälern wie erwähnt sehr kleinräumig und zum Teil recht trocken (z.B. im Wallis) ausfallen kann, ähnelt das Klima der Nordalpen dem des angrenzenden Mittellands. Die Niederschlagsmaxima werden im Sommer erreicht. Man kann die Alpen feiner in fünf Klimazonen unterteilen (Aeschmann und Guisan 1995), von denen hier besonders die äusseren südlichen Alpen mit einem insubrischen, warm-feuchten Klima sowie die äusseren nördlichen Alpen mit einem sub-ozeanischen feucht-kalten

Klima interessieren. Vor rund 10'000 Jahren stellten sich die heutigen klimatischen Verhältnisse ein (Bolliger und Bürgin 1999, S. 91). Flüsse und Bäche wirkten nun eher erosiv. Die Flussterrassen entstanden und kleinere Seen verlandeten fast vollständig.

2.2.2 Klimaentwicklung seit der Eiszeit

Arbeiten zur Rekonstruktion des Paläoklimas in den Alpen begannen in den späten sechziger und beginnenden siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts (Menotti 2001a, S. 3). Allgemein wird in der Paläoklimatologie das Klima der Vergangenheit mittels aus unterschiedlichen Klimaarchiven gewonnenen Daten (Proxies) rekonstruiert. Oft ergeben sich bei der chronologischen Verknüpfung dieser so gewonnenen Daten mit den archäologischen Befunden Schwierigkeiten. Das liegt vor allem daran, dass die Daten der Paläoklimatologie zumeist in chronologischer Hinsicht ungenau sind. Besonders ins Gewicht fällt diese Ungenauigkeit, wenn man die paläoklimatischen Daten mit den in der Regel sehr gut (jahrgenau) datierten Seeufersiedlungen korrelieren möchte. An Arbeiten, die sich mit der Paläoklimatologie der Alpen befassen, sind zum Beispiel die Studien von Heinrich Zoller (1977), Gernot Patzelt (1977), und Friedrich Röthlisberger (1986) zu nennen. In den neunziger Jahren kamen Arbeiten von Conradin A. Burga und Roger Perret (1998), Michel Magny (1995) und anderen (z.B. Wick und Tinner 1997; Tinner und Lotter 2001) hinzu. Christian Pfister (1999) deckt nur die letzten 500 Jahre ab, während Heinz Wanner und Stefan Brönnimann (2000) immerhin die letzten 3000 Jahre rekonstruieren. Einen aktuellen Überblick über die globale Klimaentwicklung geben schliesslich Wanner et al. (2008). Etwas älter ist der aus den achtziger Jahren stammende Überblick über die postglaziale Klimageschichte der Schweizer Alpen von Martin Gamper und Jürg Suter (1982), der allerdings viele Zeitabschnitte mit Seeufersiedlungen beinhaltet.

Wenn man den Klimaverlauf in den hier zur Diskussion stehenden Zeiten kurz skizziert, so liegt das sogenannte Seeufersiedlungs-Neolithikum (ca. 4300-2400 v. Chr.) in einer Epoche mit zwei in den Schweizer Alpen nachgewiesenen Klimarückschlägen (Priora-Schwankungen I und II nach Zoller 1977) zwischen ca. 4100-3800 v. Chr. respektive ca. 3600-3200 v. Chr. (Jacomet et al. 1995). Ab etwa 2800 v. Chr. geht man von einer längeren warmen Periode aus, in die auch die frühbronzezeitlichen Seeufersiedlungen fallen, die etwa zwischen 1650 und 1500 v. Chr. nachgewiesen werden konnten (Magny et al. 1998). Auch in dieser Zeit kann es durchaus kürzere Klimarückschläge gegeben haben. Die Mittelbronzezeit (1550-1350 v.

Chr.) lag im Wesentlichen in einer Periode der Klimaverschlechterung, die als Lössen-Kaltphase bekannt wurde und für die unter anderem auch ein Absinken der Waldgrenze nachgewiesen werden konnte (Burga und Perret 1998). Die Spätbronzezeit von 1350-800 v. Chr. fällt wiederum weitgehend in eine klimatisch günstige Phase. Die Seeufer wurden aber erst ab dem ausgehenden 11. Jahrhundert v. Chr. wiederbesiedelt. Um 800 v. Chr. finden sich erneut Hinweise auf eine Klimaverschlechterung (z.B. Zolitschka et al. 2003).

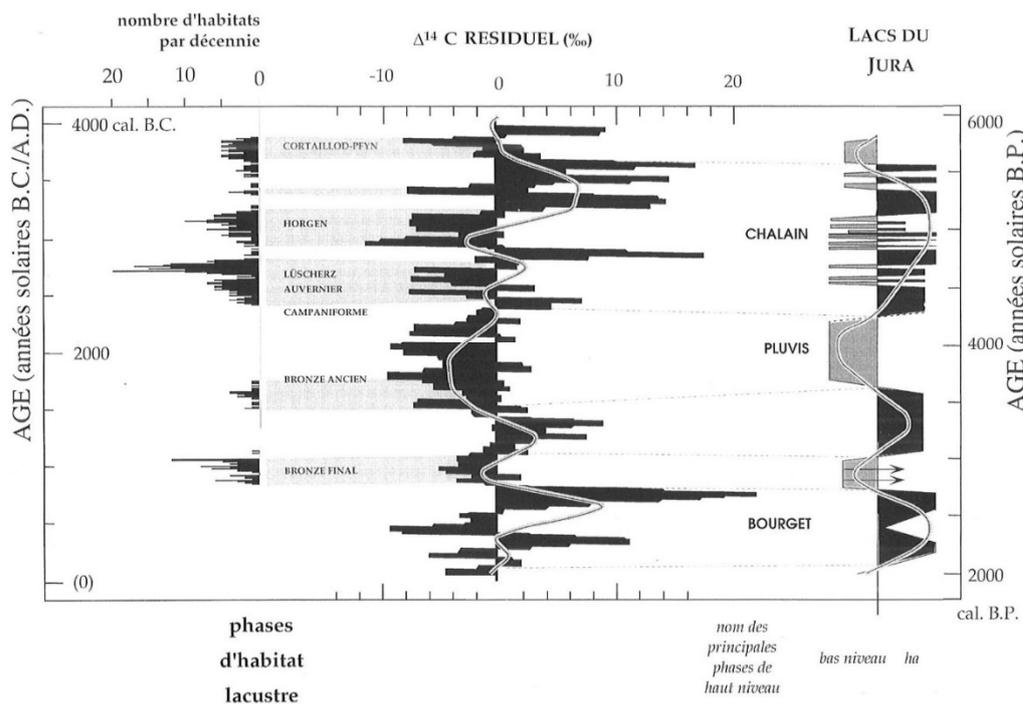


Abbildung 5 Vergleich Seeufersiedlungen und Seespiegelschwankungen.

Modell eines Zusammenhangs zwischen Klima und Besiedlung der Seeufer. Den Häufigkeiten von Seeufersiedlungen wird der Gehalt an atmosphärischem ¹⁴C und die ermittelten Pegel der Juraseen gegenübergestellt. Aus Magny 2004b, S. 75 Abb. 3 (Grafik: Michel Magny).

Waren es zunächst vor allem terrestrische und marine Klimaarchive (Magny et al. 1998, S. 135–136), so werden nun besonders die ¹⁴C-Kurve und damit die Sonnenaktivität als Klima-Proxy herangezogen (Bond et al. 2001). Eduard Gross-Klee und Christian Maise (1997) zeigten die Möglichkeiten auf, eine sich in der ¹⁴C-Kurve widerspiegelnde Sonnenaktivität, Vulkanausbrüche und archäologisch-dendrochronologische Ergebnisse aus Seeufersiedlungen zu verbinden. Sie erklären Seespiegelschwankungen und damit auch das überlieferte Siedlungsbild am Zürichsee mit diesen Klima-Proxies und weisen auf eine weitgehende Ähnlichkeit mit anderen Voralpenseen hin. In einem neueren Aufsatz deutet Maise (2005) auf Probleme, aber

auch auf neue Möglichkeiten in Bezug auf diese Methode hin. So sei im Fall der Abschätzung des vulkanischen Anteils an der klimatischen Variabilität aufgrund eines Fehlers in der Datenserie des GISP2-Eisbohrkerns noch Vorsicht angebracht. Auch könne man die ^{14}C -Kurve nicht „1:1 als Klimakurve [...] lesen.“ Ein Indikator, um die klimatische Aussagekraft der ^{14}C -Kurve zu überprüfen, liegt nach Maise mit der Homogenitätskurve (H-Kurve) nach Burghart Schmidt und Wolfgang Gruhle (2003) vor. Mit einigen Ausnahmen ergibt sich eine Gleichläufigkeit beider Kurven, was die Aussagefähigkeit dieser Proxies stützt.

Die sedimentologischen Forschungen von Magny an mehreren Seen des Jura, der französischen Voralpen und des Schweizer Mittellandes haben besonders für die Erforschung der Seeufersiedlungen wichtige Ergebnisse geliefert (Abb. 5; Magny 2004b). Magny bediente sich der verfeinerten Möglichkeiten der AMS-Methode in der Radiokarbondatierung, der Dendrochronologie und der archäologischen Datierungen, um Sedimentstraten und damit Seespiegelphasen zu datieren. Darüber hinaus stützte er die ermittelte Abfolge zusätzlich mit Ergebnissen aus der Pollenstratigraphie ab. Die von ihm ermittelten Proxy-Daten der mitteleuropäischen Seespiegel korrespondieren mit anderen Proxy-Daten, wie diejenigen des „Polar Circulations Index“ (PCI) des grönländischen Eisbohrkerns GISP2, der ^{14}C -Kurve sowie der „ice-rafting debris“ (IRD) im Nordatlantik. Allerdings sind für die Perioden 11'000 und 10'200 cal. BP Abweichungen zwischen dem PCI und dem $\delta^{14}\text{C}$ -Maximum feststellbar. In jüngerer Zeit wurde die Methode Magnys, einen Zusammenhang von Sonnenaktivität und zentraleuropäischen Seespiegelschwankungen herzustellen, vor allem in Bezug auf die verwendete kumulative Verteilungsfunktion angezweifelt (Bleicher 2013c). Dies gipfelte in einer akademischen Debatte (Magny 2013; Bleicher 2013b). Unabhängig von Seespiegelschwankungen ist aus historischen Untersuchungen bekannt, dass Klimaveränderungen einen starken Einfluss auf Ernten und damit auf die Lebensgrundlagen der Menschen hatten (Pfister 1999).

3 Kultureller Rahmen: Seeufersiedlungen

Dieses Kapitel ist einer knappen Charakterisierung des kulturellen Phänomens „Seeufersiedlung“ gewidmet und legt die Diskussion um die Wechselwirkung Klima, Seespiegel und Besiedlungsgeschichte dar.

3.1 Besiedlung der Seeufer

Die vorliegende Studie konzentriert sich gänzlich auf zirkumalpine Seeufersiedlungen, genauer auf solche der Zentral- und der Ostschweiz und Norditaliens. Die zirkumalpinen Seeufersiedlungen (Schlichtherle 1997) werden traditionell auch „Pfahlbauten“ genannt. Bei Seeufersiedlungen handelt es sich um einen bestimmten Typ Feuchtbodensiedlung, welche im randlichen beziehungsweise im Uferbereich der voralpinen Seen angelegt wurden. Die Besonderheit, dass dieser Bereich oftmals bis zum heutigen Tag feucht blieb, ermöglichte eine Erhaltung der organischen Materialien unter Ausschluss von Sauerstoff. Ihre Position am Ufer hatte positive wie negative Auswirkungen auf das Befundbild. Durch die Lage im Sedimentationsbereich von limnischen Bildungen wie der Seekreide kam es zur Ablagerung von zum Teil mächtigen Stratigraphien. Der schwankende Pegel der voralpinen Seen im Holozän führte jedoch auch dazu, dass die Siedlungsstellen zeitweise in den Erosionsbereich gelangten, was einen Teil der Ablagerungen zerstörte und Lücken in den Stratigraphien verursachte.

Seit ihrer Entdeckung im Januar 1854 haben sich die Seeufersiedlungen zum am besten untersuchten prähistorischen Siedlungstyp entwickelt (Ruoff 2004). Das „Pfahlbaufieber“ des 19. Jahrhunderts (Antiquarische Gesellschaft in Zürich 2004) wurde im 20. Jahrhundert vom „Pfahlbauproblem“ (Guyan et al. 1955) abgelöst, während sich zuvor bereits aufgrund von Gemeinsamkeiten im Fundgut und in der zeitlichen Einordnung ein kultureller „Pfahlbaukreis“ abzeichnete (Hagmann und Schlichtherle 2011, S. 195). Das „Pfahlbauproblem“ bezeichnet die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Frage, ob die Häuser der Seeufersiedlungen auf Pfählen beziehungsweise Plattformen über der Wasseroberfläche oder ebenerdig am Ufer errichtet wurden. Inzwischen hat man sich darauf geeinigt, dass beide Bauformen nebeneinander Bestand gehabt haben können (Leuzinger 2000; Menotti 2001b). Bis heute sind etwa 1000 Seeufersiedlungen rund um die Alpen bekannt. Sie kommen in etwa im Zeitraum von 5000 bis 800 v. Chr. vor.

Das aufgrund der anaeroben Überlieferungsbedingungen erhaltene organische Material und die vielen Aussagen, die daraus unter Anwendung verschiedener naturwissenschaftlicher Methoden vor allem in Bezug auf die urgeschichtliche Ökonomie und Ökologie zu treffen sind, bleiben neben Forschungen zu Formationsprozessen (siehe oben) der Hauptgegenstand der Seeufersiedlungsforschung (Jacomet et al. 2004; Schibler et al. 1997). Die Dendrochronologie ermöglicht dabei eine exakte Datierung der verschiedenen Siedlungsphasen und sogar einzelner Häuser (z.B. Billamboz 2003). So konnte gezeigt werden, dass die Siedlungsmuster selbst innerhalb kurzer stratigraphischer Sequenzen sehr dynamisch waren (Ebersbach 2010). Neuere Forschungen konzentrieren sich aktuell vor allem auf sozialgeschichtliche Fragestellungen (Röder et al. 2013; Trachsel 2005).

Das Phänomen der Seeufersiedlungen erstreckt sich vor allem im Neolithikum über eine Vielzahl archäologischer Kulturen (Strahm 1997, S. 125; Abb. 6). Im Verlauf der Zeit und speziell ab der Mittelbronzezeit ist eine gewisse Vereinheitlichung zu erkennen. Alternative Gliederungsmodelle, wie das Zeit/Raum-Modell von Albert Hafner und Peter J. Suter (2005), existieren zwar, konnten sich bislang aber nicht gegenüber den „traditionellen“, auf archäologischen Kulturen basierenden Chronologiesystemen durchsetzen.

Viele der Fundstellen am Seeufer und auch einige der hier untersuchten Seeufersiedlungen lassen sich der Horgener Kultur zuweisen. Diese kulturelle Erscheinung folgte auf die Pfyn-Kultur und setzt sich besonders durch ihre Keramik von der vorherigen Gruppe ab. Die Horgener Keramik fällt besonders dickwandig aus und umfasst vor allem grob gemagerte bauchige bis zylindrische Formen. Sie wurde erstmals von Vogt beschrieben und nach der Ortschaft Horgen am Zürichsee benannt (Vogt 1934). Vogt ging aufgrund von Ähnlichkeiten in der materiellen Kultur mit der Seine-Oise-Marne-Kultur von einer Einwanderung aus dem Bereich des Pariser Beckens aus. Während diese Ansicht in der Schweiz noch weit bis in die 1970er Jahre vertreten wurde (Winiger 1971), versuchte Christian Strahm (1977) dieses Bild zu korrigieren. Kurze Zeit später kam Werner E. Stöckli (1980) zum gleichen Ergebnis, Josef Winiger (1981) hingegen hielt an einem Kulturbruch inklusive Einwanderung fest. Man muss heute aber aufgrund von neu entdeckten Siedlungsschichten, welche als „Missing Link“ dienen, von einer Entwicklung der Horgener Kultur aus dem Pfyn im Osten (Kolb 1998) beziehungsweise dem Cortaillod (Wolf 1998) im Westen ausgehen. Die Horgener Kultur spielt hier vor allem in Bezug auf die Fundstellen Zürich-Opéra und Zug-Riedmatt eine grosse Rolle.

Kultureller Rahmen: Seeufersiedlungen

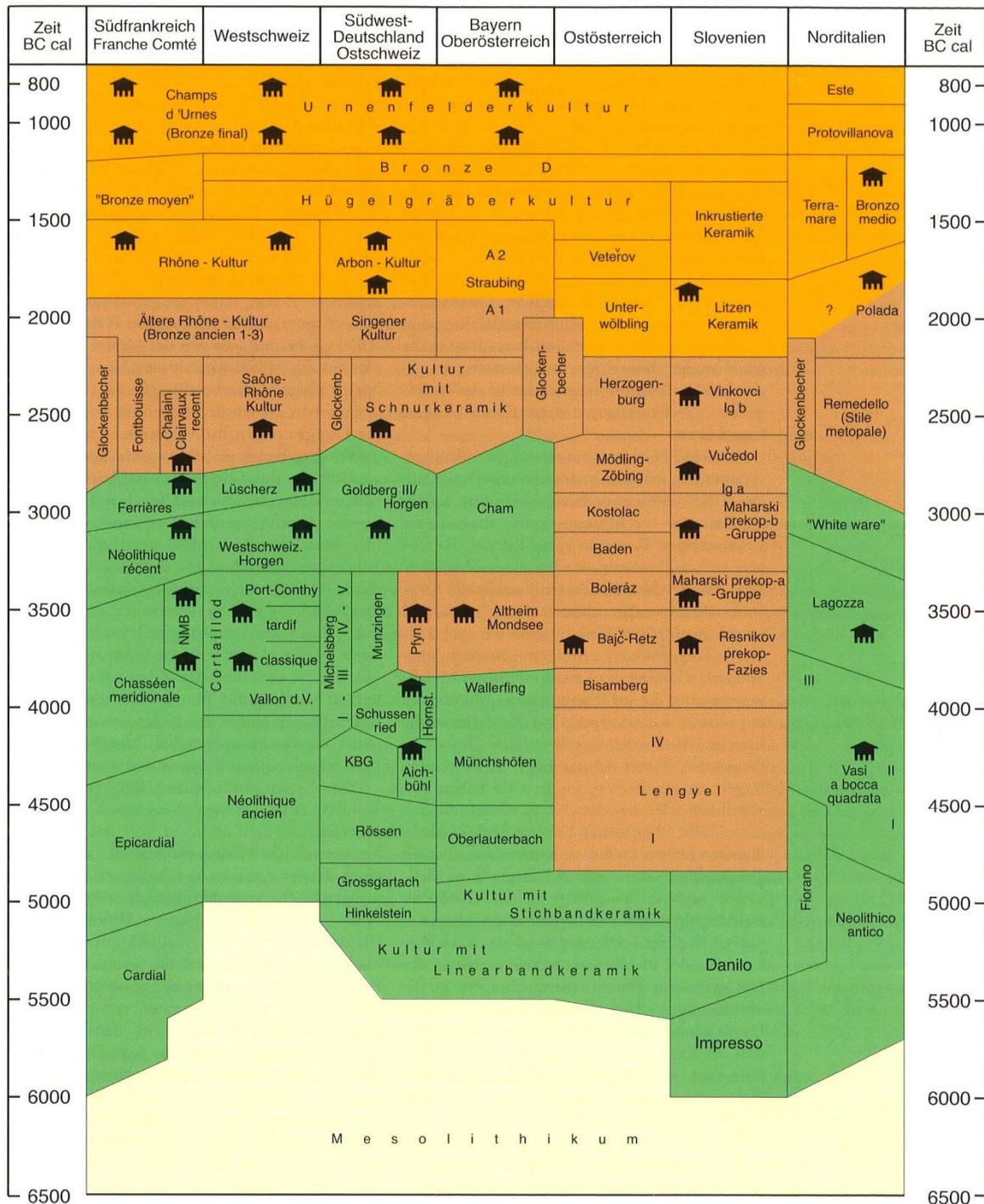


Abbildung 6 Chronologische Übersicht.

Chronologie und kulturelle Einteilung in den Regionen mit Seeufersiedlungen. Kulturen mit Seeufersiedlungen sind mit dem „Pfehlhausymbol“ gekennzeichnet. Das Grün im unteren Bereich steht für das Neolithikum, das Braun im mittleren Bereich für die Kupferzeit und der orange obere Bereich für die Bronzezeit. Aus Strahm 1997, S. 125 Abb. 150 (Grafik: Laboratoire Chrono-Environnement, Besançon).

3.2 Klima, Seespiegel und Besiedlungsgeschichte

Die Klimageschichte ist ein wesentlicher Punkt im Verständnis der prähistorischen Epochen. Gerade für die Seeufersiedlungen ist dieser Aspekt von besonderer Bedeutung, denn in der Forschung gilt (bisher) beinahe axiomatisch, dass der jeweilige Stand des Seespiegels stark mit dem Klima zusammenhängt (siehe oben). In den Stratigraphien der Ufersiedlungen zeichnen sich in vielen Fällen Kultur- und Seekreideschichten im Wechsel ab. Da sich Seekreide nur unter Wasser bilden kann, sind ungestörte Seekreiden ein Indiz für einen höheren Seespiegel im Zeitraum ihrer Ablagerung (Transgression). In Zeiten niedriger Seespiegel (Regression) war eine Besiedlung der Uferplatten aus Seekreide möglich, wovon in archäologischen Fundstellen eine im Idealfall gut konservierte Kulturschicht zeugt. Über die Höhe des Wasserstandes auf der Uferplatte zur Siedlungszeit gibt es verschiedene Ansichten (siehe auch oben; „Pfahlbauproblem“). Rückschlüsse von sich in den archäologischen Stratigraphien abzeichnenden Seespiegelschwankungen auf das Klima spielen in der archäologischen Forschung zu Seeufersiedlungen eine grosse Rolle. Als Siedlungsform werden sie aufgrund einer agrarischen Subsistenz, die weitgehend auf Getreide basiert, als abhängig von einem für diese Wirtschaftsweise günstigen Klima betrachtet (Schibler et al. 1997, S. 210–213; Maise 1998, S. 210–213, 1997, S. 340). Hier sollten allerdings die klimatischen Faktoren gut kontrolliert werden, da sich sonst die Gefahr eines Zirkelschlusses ergibt. Durch die Verlagerung der Siedlungen bei steigendem Seespiegel in Zonen oberhalb der sogenannten Feuchterhaltungsgrenze hat das Klima aber auch einen Einfluss als Quellenfilter auf die Überlieferung und somit zwangsläufig auch auf die Wahrnehmung gewisser Epochen (Maise 1998, S. 232–233). Da kulturelle Faktoren bei dieser Betrachtungsweise leicht ausgeschlossen werden können, ergibt sich tendenziell die Gefahr eines gewissen Umweltdeterminismus (oder Geodeterminismus) in der Forschung. Vor monokausalen Erklärungsansätzen wird allerdings gewarnt und der Einfluss kultureller Faktoren sollte nicht zu gering eingeschätzt werden (z.B. Magny 2004a, S. 76).

Für die Rekonstruktion des Seespiegels gibt es verschiedene Ansätze, die sich im Wesentlichen darin unterscheiden, ob sie ihre Schlüsse über das Klima ziehen oder nicht und ob sie sich mit lokalen, regionalen oder globalen Phänomenen befassen. Auf vor allem geologisch bedingte Seespiegelschwankungen des Zürichsees und deren Einfluss auf kulturgeschichtliche Prozesse ging Schindler in zwei Artikeln der Jahre 1971 und 1981 ein (Schindler 1971, 1981). Wie bereits oben gezeigt, hat Magny erkannt, dass die Frequenz der Seeufersiedlungen im westlichen Zentraleuropa mit dem ^{14}C -Gehalt in der Atmosphäre verglichen werden

kann (Magny 1993). Dabei handelt es sich um gegenläufige Phänomene: Eine hohe Anzahl von Seeufersiedlungen ist in Zeiten mit niedrigem ^{14}C -Gehalt zu verzeichnen. In Verbindung mit zahlreichen sedimentologischen Untersuchungen an nordalpinen Seen postuliert Magny einen Zusammenhang zwischen hoher Solaraktivität, warmem Klima und einer Regression der Seen, welche wiederum zu günstigen Umständen für eine Besiedlung der Seeufer führte (Magny 2004a). Diesen Zusammenhang kann er insbesondere für die Bronzezeit festmachen, wobei er zwischen 3751-3460 cal. BP (Frühbronzezeit und erster Teil der Mittelbronzezeit) sowie zwischen 3070-2764 cal. BP (zweiter Teil der Spätbronzezeit) einen starken Zusammenhang von Siedlungsentwicklung an den Seeufern und einem warmen und trockenen Klima sieht. Dagegen geht der Unterbruch in der Siedlungstätigkeit während der Mittelbronzezeit nach ca. 3450 cal. BP mit einem regionalen Seespiegelanstieg und einem feuchteren Klima einher. Magny et al. (2009) führen dafür neben eigenen Arbeiten auch solche von Bernd Zolitschka et al. (2003) und Laura Sadora et al. (2004) an. Wie bereits oben erwähnt, stehen vor allem die kleineren von Magny nachgewiesenen Schwankungen in der Kritik (Bleicher 2013c, 2013b; Magny 2013).

Der gesamte Klimaverlauf, die Variabilität der Seespiegel und die Siedlungsentwicklung wurde vielfach für die Seen im Jura und dem Voralpengebiet nachgezeichnet und von Philippe Rentzel und Brigitte Röder (2007) in einer synthetischen Tabelle, speziell für die Fundstelle Steinhäusern ZG-Sennweid, zusammengefasst. Gewisse Folgen dieser Klimaverschlechterung werden mit verstärkter Jagd auf Rotwild in Verbindung gebracht, die z.B. in Zürich-Mozartstrasse Schicht 4 zwischen 3660-3600 v. Chr. belegt ist (Schibler et al. 1997; Schibler und Jacomet 2010).

Gerade für die Bronzezeit gibt es eine umfassende Diskussion um Klimaveränderungen und deren Auswirkungen auf die Siedlungsgeschichte beziehungsweise das Siedlungsgefüge (Menotti 2001a). So wird in einer Klimaverschlechterung und dem damit einhergehenden steigenden Seespiegel die favorisierte Erklärung für den Siedlungshiatus während der Mittelbronzezeit auf den Uferplatten der Schweizer Mittellandseen gesehen (Menotti 2001b). Der angebliche Siedlungsunterbruch auf den Strandplatten während der Mittelbronzezeit wird klimageschichtlich mit der sogenannten Löss-Schwankung (beziehungsweise Löss-Oszillation) in Verbindung gebracht. Diese erstmals in Österreich, aber auch in der Schweiz belegte Kaltphase datiert ca. 3500-3100 BP (Burga et al. 2001) oder etwas früher (Ivy-Ochs et al. 2009).

Sie lässt sich weitgehend mit der Seespiegelphase Episode 6 nach Magny parallelisieren. Kulturgeschichtlich auffällig ist, dass aus der Mittelbronzezeit sehr wohl Weganlagen an Seen und in Feuchtgebieten bekannt sind (Scherer und Wiemann 2008). Doch von einer Änderung in der Nutzung der Wasserflächen kann keine Rede sein, da man auch aus der Frühbronzezeit und aus dem Neolithikum Weganlagen kennt, die in Zeitabschnitte mit nachgewiesener Besiedlung der Seeufer fallen. Paradoxe Weise datiert eine intensiviertere Nutzungsperiode der Zentralalpen ebenfalls in die mittlere Bronzezeit, was dem Klima als ausschlaggebenden Steuerungsfaktor für die Besiedlungsgeschichte in dieser Zeit eine geringere Bedeutung zukommen lässt (Oeggli und Nicolussi 2009). In Bezug auf den mittelbronzezeitlichen Siedlungshiatos bietet sich darüber hinaus südlich der Alpen ein anderes Bild. Hier ist in der mittleren Bronzezeit nicht nur eine Kontinuität in der Besiedlung der Seeufer festzustellen, sondern eine eigentliche kulturelle Blütephase (z.B. Viverone: Bertone und Caranzano 2004). Man fragt sich, ob diese Divergenz an anderen paläohydrologischen Bedingungen in den beiden Regionen liegt oder eher in einer unterschiedlichen sozioökonomischen Organisation zu sehen ist (Magny et al. 2009).

Der Abbruch der spätbronzezeitlichen Besiedlung der Seeufer wurde bereits in den fünfziger Jahren des 20. Jahrhunderts auf einen Klimasturz zurückgeführt (Smolla 1954). Naturwissenschaftliche Forschungen zeigten, dass es sich dabei um ein globales Phänomen handelt (van Geel et al. 1996; van Geel et al. 1998). Diese Klimaveränderung wurde in der nachfolgenden Zeit immer wieder und aus verschiedenen Weltregionen bestätigt (z.B. Chambers et al. 2007) sowie mit kulturellen Phänomenen in Verbindung gebracht. Selbstverständlich sind derart weitreichende Aussagen auch immer Gegenstand von Kontroversen (Riehl und Pustovoytov 2006). Klar zeigt sich dieser globale Klimarückschlag zwischen 850 und 750 v. Chr., bei dem es sich immerhin um einen der stärksten Rückschläge der Nacheiszeit handelt (Billamboz 2008, S. 242), zumindest deutlich in den Dendrodaten sowohl Mittel- als auch Nordeuropas (Billamboz 2008, S. 243 Abb. 11).

4 Untersuchungsmethoden: Von der Profilaufnahme im Feld zur Analyse am Mikroskop

Bei einer geoarchäologischen Studie ist die Probengewinnung und Präparation ein wesentlicher Aspekt der Arbeit und die erzielten Ergebnisse hängen direkt davon ab. Hier sollen die Auswahl und Gewinnung der Proben inklusive ihrer Aufbereitung sowie die verwendeten Analysemethoden beschrieben werden.

4.1 Feldarbeiten

“Almost any micromorphological study begins in the field” (Courty et al. 1989, S. 29)

Am Anfang einer geoarchäologischen Studie sollte immer die Feldarbeit stehen. Diese beinhaltet eine vorgängige Recherche über die Topographie, die Geologie, vorhandene Bodentypen und die Archäologie der Fundstelle (Goldberg und Macphail 2006, S. 299). Nach einem Studium der einschlägigen Literatur gilt es, sich einen Überblick im Gelände zu verschaffen. Eine derartige Begehung sollte einen regen Austausch mit den Ausgrabungsleitern und den Ausgräbern beinhalten, denn ihre Beobachtungen beziehen sich auf den gesamten Prozess der Ausgrabung, während es dem Geoarchäologen meist nicht möglich ist, diesen gesamthaft zu verfolgen und sich seine Beobachtungen auf wenige Grabungsbesuche beschränken.

Sind alle geoarchäologisch relevanten Informationen zur Fundstelle eingeholt und konnte ein Überblick gewonnen werden, beginnt die eigentliche Feldarbeit. Sie beinhaltet zumeist das Beschreiben von geologischen, bodenkundlichen und archäologischen Einheiten in Form von Sedimentschichten. Zumeist wird hier auf die von den Archäologen angelegten Profile zurückgegriffen, was eine spätere Korrelation mit den archäologisch definierten Schichten erheblich erleichtern kann. Reichen die in den vorhandenen Profilen enthaltenen Informationen nicht aus, so können auch zusätzliche Schnitte angelegt oder Bohrungen vorgenommen werden. Dies kann sinnvoll sein, da sich die archäologischen Ausgrabungen naturgemäss auf anthropogen beeinflusste Zonen beschränken, für geoarchäologische Studien aber auch die Aufnahme von Bodenprofilen des weiteren Umfeldes angezeigt sein kann. Die Beschreibung der Profile orientiert sich an allgemein anerkannten Standards (Sponagel 2005; Courty et al. 1989, S. 29–40; Goldberg und Macphail 2006, S. 321–328).

Der zweite Teil der Feldarbeiten beinhaltet das Gewinnen von Proben. Während ein schichtgerechtes Abfüllen von losem Sediment für sedimentologische Analysen ausreicht, erfordert die Mikromorphologie das Entnehmen von ungestörten Profilausschnitten (Goldberg und Macphail 2006, S. 318). Dabei kann zwischen einer systematischen und einer selektiven Probenentnahme unterschieden werden (Courty et al. 1989, S. 40–42). Bei einer systematischen Probenentnahme wird das gesamte Profil ohne Lücken zwischen den einzelnen Proben, am besten sogar mit Überlappungen, beprobt. Bei homogenen Schichten kann auch eine selektive Probenentnahme angewendet werden, die bei den genannten Schichten auf repräsentative Proben setzt. Dieses Verfahren birgt aber Gefahren, denn eine makroskopisch festgestellte Homogenität kann sich in der mikroskopischen Analyse als falsch herausstellen. Eine systematische Probenentnahme wird also im Idealfall vorausgesetzt, um alle Schichtbildungsprozesse einer Fundstelle identifizieren zu können. Für spezifische Fragestellungen, die nur auf einzelne interessierende Schichten und Befunde abzielen, kann auch auf eine selektive Probenentnahme zurückgegriffen werden. Sie kann ausserdem als Ergänzung zur systematischen Probenentnahme angewendet werden. Eine Spezialform ist die horizontale Probenentnahme, die auf laterale Variation etwa in Feuerstellen abzielt (Courty et al. 1989, S. 41–42). Sie bot sich für die Fragestellungen in dieser Studie allerdings nicht an.

Da die Ausgrabungen in den Fundstellen Zürich-Alpenquai, Greifensee-Böschen und Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld bereits einige Jahre oder sogar Jahrzehnte zurückliegen, waren dort keine eigenen Feldarbeiten möglich. Die archäologische Dokumentation ist aber von guter Qualität, so dass dieses Manko zum Teil ausgeglichen werden kann. Im Fall von Zug-Riedmatt, deren Ausgrabung kurz vor Beginn dieses Dissertationsprojektes abgeschlossen wurde, kann auf die Felddokumentation der Arbeitsgruppe Geoarchäologie der Integrativen Prähistorischen und Naturwissenschaftlichen Archäologie (IPNA) an der Universität Basel zurückgegriffen werden. Da die Ausgrabung der Fundstelle Zürich-Opéra in das erste und zweite Jahr des Dissertationsprojektes fiel, konnten vor allem hier die umfassendsten Feldarbeiten durchgeführt werden. Über einen Zeitraum von mehreren Monaten konnten ein- bis zweimal im Monat intensive Feldbegehungen durchgeführt und wichtige Profile selbst aufgenommen werden. Dabei konnte die Schichtgeometrie über die gesamte Ausgrabungsfläche verfolgt werden und in Absprache mit dem Grabungsleiter die systematische Probenentnahmestrategie um selektive Proben erweitert werden. Im Fall von Viverone konnte bei einem Besuch der taucharchäologischen Arbeiten die Probenentnahme abgesprochen werden. Diese fand jedoch erst anschliessend durch die Archäologietauber statt und auch die Dokumentation

wurde von den entsprechend geschulten Fachleuten angefertigt (Terramare - Archäologische Dienstleistungen beziehungsweise Dr. Joachim Königer und Team).

Die analysierten Proben wurden allesamt in Plastik- und Metallkisten unterschiedlicher Grösse aus dem Profil entnommen. Bei Zürich-Alpenquai, Greifensee-Böschchen und Viverone-Emissario I handelte es sich um Unterwasserausgrabungen, das heisst, die Proben wurden auch durch Taucher entnommen. Zürich-Opéra, Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld und Zug-Riedmatt sind Landgrabungen, was eine herkömmliche Probenentnahme ermöglichte. Es handelt sich im Allgemeinen um eine systematische Probengewinnung. Die Auswahl der Proben fällt jedoch recht spezifisch aus, so dass sie detailliert im Kapitel 5 im Zusammenhang mit der Beschreibung der Fundstellen und des analysierten Materials erläutert wird.

4.2 Laborarbeiten: Sedimentologie

Bei der Sedimentanalyse wird vor allem eine Korngrössenfraktionierung durch Schlämm- und Siebanalyse vorgenommen. Über die ermittelte Fraktionierung der Mineralkörner und Gesteinsfragmente sowie deren Form und Vergesellschaftung können Schlüsse auf die Entstehung des Sediments gezogen werden (Joos 1976a, S. 108). Auch anthropogene Einwirkungen können festgestellt werden, wobei darunter meist das Einbringen von Lehm, Steinen, organischem Material etc. zu verstehen ist (Joos 1976a, S. 108). Insbesondere in Verbindung mit einer möglichen nachträglichen Umlagerung durch den See erschweren sie eine Identifizierung der natürlichen Sedimentationsvorgänge erheblich.

Die wechselnden Sedimentationsbedingungen im Seeuferbereich führen zu teilweise recht dünnen Schichtpaketen, weswegen das Gewinnen einer ausreichenden Probenmenge für die Korngrössenbestimmung (Granulometrie) oft mit Schwierigkeiten verbunden ist. Joos (1976a) gibt Mengen zwischen 50 g für reine Seekreide und bis zu 1000 g für eine heterogene Kulturschicht als ausreichend an.

4.3 Laborarbeiten: Geochemie

Geochemische Analyseverfahren benötigen eine weit geringere Probenmenge (etwa 5 g) und eignen sich deshalb besonders für Schichtprofile in Ufernähe. Zur Anwendung gekommen sind

Bestimmungen des Karbonatgehaltes, des Humus-, Phosphat- und pH-Wertes sowie der sogenannte Glühverlust, welcher den Anteil an organischer Substanz in einer Probe angibt. Die Angaben zu den gemessenen Werten und der Methode basieren, wenn nicht anders gekennzeichnet, auf der Beschreibung von Joos (1976a, S. 108).

Aus zwei Profilen der Grabung Zürich-Opéra konnten insgesamt 44 Proben sedimentologisch und geochemisch untersucht werden. Die Farbwerte wurden mit Hilfe der Munsell Soil Color Charts (1954) bestimmt. Für die Feinfraktion (< 0.25 mm) wurden folgende Kennwerte nach der Methodik von Brochier und Joos (1982) erhoben:

Karbonatgehalt (CaCO₃)

Der Karbonatgehalt wurde mit der „Karbonatbombe“ nach German Müller und Manfred Gartner (1971) bestimmt. Schwankungen des Karbonatgehaltes sind durch einen wechselnden Anteil an silikatischem und organischem Material bedingt. Diese Veränderung kann etwa von einem Seespiegelanstieg, der veränderten Schüttung eines Baches, durch eingeschwemmtes Kulturschichtmaterial oder auch durch die eigentliche Besiedlung verursacht werden. Der Karbonatgehalt stellt für gewöhnlich einen Gradmesser für den Einfluss des Sees auf die Sedimentbildung dar, da er in der Regel mit steigendem Pegel beziehungsweise unter dem Einfluss von Seekreidebildung und -verlagerung zunimmt.

Organischer Anteil (Glühverlust)

Der organische Anteil einer Probe wird unter Berücksichtigung des Karbonatgehaltes über den Glühverlust (LOI=Loss on ignition) bestimmt. Dazu werden 1000 mg einer Bodenprobe (<0.5 mm) eine Stunde bei 105° Celsius getrocknet, abgekühlt und der Gewichtsverlust notiert. Später werden die Proben zwei Stunden bei 1000° Celsius im Muffelofen geglüht, abgekühlt und wiederum gewogen. Der Glühverlust berechnet sich wie folgt: Gewichtsverlust bei 1000° Celsius - Gewichtsverlust bei 105° Celsius - Gewichtsverlust bei Karbonatbestimmung = Glühverlust. Das entspricht ungefähr dem organischen Anteil auf halbe Prozentwerte gerundet.

Phosphatwert

Der Phosphatwert wird kolorimetrisch basierend auf der Methode von Walter Lorch (1940) bestimmt und bezeichnet den relativen Gehalt an organisch und anorganisch gebundenem Phosphat. Dieser Wert liegt zwischen <0.01 FW in reiner Seekreide, bei Böden im Mittel bei 0.05 FW und kann in einigen Kulturschichten >1 FW erreichen. Der Ursprung des Phosphates ist in Pflanzen, Knochen und Fäkalien zu suchen, weshalb ein hoher Phosphatanteil als Kulturzeiger gelten kann. Zudem kann er einen Hinweis auf die Ablagerungsbedingungen von Kulturschichten geben (im Wasser/auf dem Trockenen).

Humuswert

Auch der Humuswert wurde über die kolorimetrische Bestimmung ermittelt (Pozdena 1937). Er gibt den Gehalt an Huminstoffen an, die an Kulturschichten und Böden gebunden sind. Die Bildung von Huminstoffen aus Pflanzenrückständen setzt in der Regel erst in einem fortgeschrittenen Stadium des mikrobiellen Abbaus ein. Ein fehlender oder geringer Phosphatgehalt bei hohem Humuswert kann auf einen natürlichen Boden hindeuten.

pH-Wert (in wässriger KCl-Lösung)

Der pH-Wert wurde mittels eines pH-Meters mit Gaselektrode bestimmt. Mit dem pH-Wert wird die Azidität ($\text{pH} < 7$) oder Alkalität ($\text{pH} > 7$) eines Bodens bestimmt. Veränderungen des pH-Wertes können auf eine Besiedlung oder Ackerbau hinweisen. Sie gelten als Zeiger für Verwitterung und zeigen saure Böden an.

Raum- und Volumengewicht

Mittels dieses Wertes können die Sedimente gemäss ihrer natürlichen Dichte charakterisiert werden.

4.4 Laborarbeiten: Mikromorphologie

Nach Eingang der Proben wurden sie gereinigt und fotografiert. Anschliessend wurden die Sedimente beschrieben und bei Proben, die länger als 30 cm waren, die Positionen der Teilproben bestimmt. An letzteren Proben wurde ein Subsampling mit kleineren (20x9 cm und 25x9 cm) Plastikkisten vorgenommen, da die verfügbaren Vakuumschränke maximal 30 cm lange Proben aufnehmen können. Die Proben wurden daraufhin während mindestens acht Wochen bei Raumtemperatur luftgetrocknet.

Das Erreichen eines konstanten Gewichts offenbart den Zeitpunkt, an dem alles Wasser verdunstet und die Probe bereit zum Eingiessen mit Kunstharz ist. Enthält die Probe zu viel Feuchtigkeit, zieht das Kunstharz schlecht ein und nimmt eine milchige Färbung in den Probenräumen ein. Die Proben wurden mit einem Epoxidharz (Tab. 4) unter Vakuum (ca. 250 Millibar) eingegossen. Von den eingegossenen Proben wurden mit einer Diamantsäge zwei bis drei ca. 1 cm dicke Scheiben – im folgenden Anschliffe genannt – abgetrennt. Diese Anschliffe wurden erneut photographisch dokumentiert. Sie geben bereits einen die Feldbeobachtungen ergänzenden Einblick in die Feinstratigraphie, der vor allem auch eine Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen, insbesondere in Bezug auf die Auswahl der Dünnschliffpositionen, ermöglicht. Ein Anschliff je Probe wurde zur Dünnschliffherstellung bestimmt, und darauf die Positionen der Dünnschliffe angezeichnet. Anhand dieser Markierungen konnten wiederum mit der Diamantsäge formatierte Blöcke gesägt werden, die zur Herstellung der eigentlichen Dünnschliffe in das Labor von Thomas Beckmann in Schwülper-Lagesbüttel (Deutschland) kamen. Die genaue Herstellungsprozedur der Dünnschliffe ist bei Beckmann (1997) beschrieben. Die Dünnschliffe der Fundstelle Viverone-Emissario I wurden von Willy Tschudin (Basel) angefertigt.

Tabelle 4 Rezeptur Epoxidharz.

Mischungsverhältnis des zum Eingiessen/Imprägnieren der Proben verwendeten Epoxidharzes.

Material	Anteile in Prozent
Araldit DY 026 SP (Huntsman)	~60
Laromin C 260 (Berlac)	~40
Aceton (technisch)	0 bis maximal 9 (je nach Dichte/Lehmanteil)

Um die Daten zu speichern, wurde eine relationale Datenbank in Microsoft Access entwickelt. Die aufgenommenen Daten orientieren sich im Wesentlichen an Stoops (2003) mit einigen Rückgriffen auf Bullock et al. (1985) und Ergänzung aus den Beschreibungsschemata von Wallace (1999) und Ismail-Meyer und Rentzel (2004). Gewisse Ergänzungen oder Abweichungen zu Stoops (2003) sind notwendig, da Kulturschichten in Seeufersiedlungen hauptsächlich aus organischem Material bestehen und sich die beiden erstgenannten Werke mit der Mikromorphologie in der Bodenkunde befassen. Unterschiede und abweichende Schwerpunkte in den Beschreibungskategorien ergeben sich dabei zwangsläufig, da Böden in der Regel einen weit geringeren Anteil an organischem Material beinhalten. Aufgrund dieser Diskrepanz hat Wallace (1999, S. 52–60) ein von diesen Standards abweichendes System zur Beschreibung von stark organischen Sedimenten entwickelt. Im Hinblick auf eine Standardisierung, und dem damit einhergehenden Ziel einer zumindest grundlegenden Vergleichbarkeit der Beschreibungen, wurde hier auf ein abweichendes Beschreibungsschema verzichtet. Dies gilt bis auf einige wenige, auf die zugrundeliegenden Fragestellungen abgestimmten Kriterien beziehungsweise eigene Beobachtungskategorien. Die wesentlichen Aufnahmegrößen sind in den Tabellen 5 und 6 dargestellt. Als grosse Hilfe erwies sich die umfangreiche Sammlung an bereits analysierten Dünnschliffen aus Seeufersiedlungen inklusive einer Referenzsammlung, die über die Jahre von der Arbeitsgruppe Geoarchäologie der Universität Basel aufgebaut werden konnte.

Tabelle 5 Korngrößen.
In der Datenbank verwendete Korngrößenkategorien.

Grössenkategorie	Kurzzeichen	Grenzen (µm)
Ton	T	<2
Silt	U	2-63
Feinsand	fS	63-200
Mittelsand	mS	200-630
Grobsand	gS	630-2000
Kies	G	>2000

Eine besondere Schwierigkeit in der Beschreibung von luftgetrockneten Proben mit einem hohen Anteil an organischem Material ergibt sich aus den unvermeidlichen Schrumpfungerscheinungen. Dies führt automatisch zu einer grossen Anzahl von Artefakten des Herstellungsprozesses in den Dünnschliffen. Es ist darum wichtig, dass die Proben mit den stark wasserhaltigen See- und organischen Seesedimenten besonders schonend verarbeitet werden. Es gibt verschiedene Verfahren, die für Moorböden entwickelt wurden (Stolt und Lindbo 2010, S. 370). Im Rahmen dieser Studie hat man sich auch aufgrund der hohen Anzahl von Proben und dem damit zusammenhängenden Zeitfaktor für die Methode der schonenden Lufttrocknung bei Raumtemperatur entschieden. Sie ist bei weitem besser geeignet als die Ofentrocknung, welche im Übrigen nur bis zu Temperaturen von 45° Celsius angewendet werden sollte. Bei den üblicherweise empfohlenen 60° Celsius und mehr (Macphail et al. 1990b, S. 163) fängt das organische Material bereits an, sich zu verändern. Auf jeden Fall muss man bei der späteren Beschreibung und Analyse, insbesondere der organischen Schichten, die entstandenen Lufttrocknungsartefakte berücksichtigen. Sie äussern sich insbesondere durch eine Schrumpfung des organischen Materials und dem Entstehen von diversen Planar-Rissen.

Tabelle 6 Mengenangaben.

Verwendete Mengenangaben und Prozentwerte. Nach Stoops 2003, Tabelle 4.2.

Kurzzeichen	Mengenangabe im Text	Prozent
6	Sehr dominant	>70
5	Dominant	50-70
4	Häufig	30-50
3	Verbreitet	15-30
2	Wenig	5-15
1	Sehr wenig	<5

In der Dünnschliffmikroskopie lässt sich organisches Material nur schwer von anderen ebenfalls dunklen Materialien unterscheiden. Es handelt sich dabei vor allem um Komponenten, die reich an Fe- oder Mn-Oxiden sind. In den stark organischen Sedimenten aus Seeufersiedlungen tritt dieses Problem recht häufig auf. Es gibt hierzu verschiedene Lösungsansätze, wobei

man als gebräuchlichste Methoden Fluoreszenzmikroskopie (Stoops 2003), die Einfärbung (z.B. mit Natrium Hypochlorite: Babel 1975, 1964) oder kombinierte Methoden (Acridinorange: Altemüller und van Vliet-Lanoë 1990; Fluorochromes: Tippkötter 1990) verstehen kann. Eine weitere, aber noch wenig erprobte Variante wäre die Identifikation mittels Rasterelektronenmikroskopie (Wallace 1999, S. 60–65). Aufgrund der Probenmenge konnte hier nur fallweise die Fluoreszenzmikroskopie eingesetzt werden.

4.5 Mikrofaziesanalyse

„[...] the ultimate goal of an archaeological facies analysis is to restore the three-dimensional image of a human-related space at a given time and to describe its evolution.“
(Courty 2001, S. 229)

Die vorliegende Arbeit bedient sich der Methode der Mikrofaziesanalyse, die von Courty (2001) vorgestellt und in die archäologische Mikromorphologie eingeführt wurde. Courty ging von der „unumstösslichen“ Erkenntnis aus, dass eine genaue (Re-)Konstruktion der archäologischen Stratigraphie den notwendigen Rahmen für eine Diskussion des prähistorischen menschlichen Verhaltens und dessen Verbindung mit geologischen Prozessen liefern muss. Um dies zu gewährleisten gibt es im Wesentlichen zwei Ansätze: In einem Fall wird davon ausgegangen, dass die durch menschlichen und natürlichen Einfluss geschaffene sedimentäre Matrix den Prinzipien der stratigraphischen Überlagerung folgt, wie sie in den Erdwissenschaften ausgearbeitet wurden (Renfrew 1976; Stein 1987). Eine gegensätzliche Position nimmt insbesondere Edward C. Harris ein, der die Ansicht vertritt, dass der anthropogene Ursprung der archäologischen Sedimente anderen beziehungsweise eigenen Phänomenen unterliegt und somit die Axiome der geologischen Sedimentation nicht direkt übernommen werden können (Harris 1979; Brown und Harris 1993). Neben natürlichen und anthropogenen Ablagerungsprozessen stellen manche Autoren auch biogene Durchmischungsphänomene in den Vordergrund (Johnson und Watson-Stegner 1990).

Was die Methode der Mikromorphologie betrifft, so hält Courty (2001, S. 207) fest, dass – obwohl aus der Petrographie stammend und aus der Bodenkunde auf die Archäologie übertragen – mikromorphologische Konzepte und Methoden in der Archäologie starke Ähnlichkeiten zur sedimentären Geologie aufweisen. Sie erläutert weiterhin, dass die sedimentäre Geologie darauf abzielt, die Geschichte der Ablagerungsmilieus zu rekonstruieren, indem sedimentäre Fazies klassifiziert und ihre Variabilität in Bezug zu Raum und Zeit analysiert werden.

Somit kann man den Begriff Fazies in die Archäologie analog folgender geologischen Definition übertragen (Martini und Chesworth 1992; Miall 1990; Walker 1984):

“In geology, facies denotes sediments or rocks that are characterized by a unique set of properties related to lithology, texture, structure, and organic remains [...]”

Problematisch ist jedoch, dass dieses Fazieskonzept Unterschiede zum Fabric-Konzept aufweist, welches in der Bodenmikromorphologie von Kubiëna (1938) eingeführt wurde und ausführlich bei Stoops (2003, S. 33–37) erläutert ist. Ersteres kommt nämlich ohne jegliche genetische Konnotation aus (Courty 2001, S. 207). Zum Konzept der Mikrofazies siehe auch Erik Flügel und Axel Munnecke (2010).

Ein interessanter, aber leider nur wenig beachteter Aspekt der Mikrofaziesanalyse Courtys ist das Drei Phasen-Modell (Courty 2001, S. 218). Es wurde natürlich für terrestrische Sedimentationsräume entwickelt, kann aber mit Einschränkungen auch als Modell auf Seeufersiedlungen übertragen werden. Die drei Phasen werden wie folgt definiert:

- *Phase 0* ist der Initialzustand der Bodenschnittstelle („soil interface“), auf der die menschlichen Aktivitäten stattfanden.
- In *Phase 1* sind anthropogene Prozesse dominant, wobei sie mit der Sedimentation und Pedogenese interagieren. In dieser Phase werden die menschlichen Aktivitäten in ihrer jeweiligen Umwelt „aufgezeichnet“.
- *Phase 2* beinhaltet alle Transformationen, die sich nach dem Auflösen der Fundstelle ereignet haben, was auch die Abschwächung des in den Phasen 0 und 1 aufgezeichneten anthropogenen Signals beinhaltet.

Dazu können noch drei verschiedene Arten der entstandenen Strata unterschieden werden (Courty 2001, S. 218–220): “regularly ordered”, “weakly ordered” und “randomized”. Anhand dieser Phasen und Ausprägungen lässt sich die Entstehung des Schichtkörpers in einem Profil einer Seeufersiedlung gliedern und im Hinblick auf die Gliederung des Diskussionskapitels kategorisieren. Bis zur Phase 0 haben also nur natürliche Schichtbildungsprozesse stattgefunden (Kapitel 8.1.1). Die hier entstandenen Fazies sind also grundsätzlich natürlichen Ursprungs. Phase 1 beinhaltet dahingegen die anthropogen verursachte Sedimentation (Kapitel

8.1.2), aber auch bereits Prozesse synsedimentärer Veränderung (Kapitel 8.2.1). Die Entstehung der hier vertretenen Fazies ist also stark von Menschen verursacht, deren Handlungen sich hier niederschlagen und entschlüsselt werden können. Sämtliche Prozesse der Phase 2 lassen sich als postsedimentäre Ereignisse begreifen und können die Entschlüsselung der natürlichen und anthropogenen Prozesse stören, die zur Entstehung der Fazies aus Phase 0 und 1 geführt haben.

Die Präzision dieser dreidimensionalen Rekonstruktion ist stark von der Qualität der Stratigraphie abhängig (Courty 2001). Somit kann zumindest theoretisch die feinste Auflösung in solchen Fundstellen erreicht werden, deren stratigraphische Sequenzen den regulär geordneten („regularly ordered“) Typ aufweisen. Dies gilt insbesondere bei jenen Fundstellen mit gut erhaltenen mikrostratifizierten Strata anthropogenen Ursprungs (Typ I.2 bei Courty 2001). In Ausnahmefällen weisen auch Fundstellen mit schwach geordneten anthropogenen Strata (Courty's Typ II.2) eine ausreichend kohärente Stratigraphie auf, um eine detaillierte Rekonstruktion der Geometrie und ihrer Evolution seit der Auflassung zu erreichen (Courty 2001, S. 229). Die Fundstellen Zug-Riedmatt und Zürich-Opéra lassen sich sehr gut in dieses Schema eingliedern. Zug-Riedmatt kann man ganz klar als Fundstelle mit einer regulär geordneten anthropogenen stratigraphischen Sequenz bezeichnen (Typ Ia.2, vgl. Courty 2001, S. 219 Tab. 8.1). Zürich-Opéra muss man eher als schwach geordnete anthropogene Stratigraphie (Typ II.2, vgl. Courty 2001, S. 219 Tab. 8.1) ansprechen, wobei die Horgener Hauptschicht zumindest streckenweise auch als Typ Ia.2 bezeichnet werden kann. Somit bilden beide Fundstellen eine gute Grundlage, um die Schichtgeometrie und die Evolution der Fundstelle nach dem Auflassen zu untersuchen. Einschränkend wäre hinzuzufügen, dass gerade im Fall Zürich-Opéra auch eine Überlagerung von hoch- und gering auflösenden stratigraphischen Sequenzen vorliegt, was nur eine partielle dreidimensionale Rekonstruktion ermöglicht (Courty 2001, S. 231). Eine solche Rekonstruktion kann aber die Aussage ermöglichen, ob die Variation nur die Erhaltung des stratigraphischen Signals nach dem Auflassen oder bereits das Muster der Besiedlungseinheiten (z.B. die Lage der Häuser) beeinflusste.

Die Mikrofaziesanalyse scheint also das richtige Werkzeug zu sein, um syn- und postsedimentäre Veränderungen sowie Auflassungsprozesse erfolgreich detektieren zu können. In den Resultaten werden deshalb die beschriebenen Schichten mit einer möglichst sprechenden Bezeichnung (z.B. schwach organische Seekreide) einer Mikrofazies zugewiesen (Tab. 7). In

Kapitel 8 soll im Rahmen der Vorstellung der erkannten Prozesse die Entstehung der jeweiligen Fazies erklärt werden. In der nachfolgenden Tabelle sollen die Mikrofazies kurz charakterisiert werden und so das Verständnis der Analyseresultate in den Kapitel 5-7 erleichtert werden. Der häufig verwendete Begriff Mikrit bezeichnet mikrokristallinen Kalkschlamm (vgl. Glossar).

**Tabelle 7 Aufstellung aller in der Arbeit definierten Mikrofazies.
Genauere Angabe zur Definition und Interpretation der Fazies folgen in Kapitel 8.**

Fazies	Kurzcharakterisierung
Reine Seekreide	Sedimente mit einem sehr hohen Gehalt an Mikrit (mikrokristallinem Kalkschlamm). Oft mit Resten von Characeen (Armlauchalgen).
Gebänderte Seekreide	Mikrit mit einer streifenweise erhöhten Porosität, die als Bänderung wahrgenommen wird.
(schwach/stark) sandige Seekreide	Seekreiden mit einem leichten beziehungsweise stärkeren Gehalt an Quarzsand.
(schwach/stark) organische Seekreide	Seekreiden mit einem leichten beziehungsweise stärkeren Gehalt an organischem Material.
Granulare Seekreide	Seekreide mit karbonatischen Aggregaten.
Detritisch-organischer Mikrit	Mischschicht aus mikrokristallinem Kalkschlamm mit fein eingeregelter organischer Detritus. Ausserdem wenig Quarzsand, Holzkohle und gröbere organische Komponenten.
Organische Kulturschicht	Stark organisches Sediment anthropogener Herkunft. Meist mit Holzkohlen, Lehmbrocken und Quarzsand durchsetzt.
Heterogener Mikrit	Mikrit mit Kies, Quarzsand, Lehmbrocken, Holzkohle und organischem Material in gleichen Anteilen. Ausserdem Aschen.
Lehmlage	Homogen oder brockig ausgeprägte Schicht mit einem hohen Anteil an Lehmen unterschiedlicher Genese.
Brandschicht	Stark holzkohlehaltige Schicht. Daneben auch unverbranntes organisches Material und weitere Schichtbestandteile (Quarzsand, Mikrit, Lehmbrocken).
Aufgearbeitete Kulturschicht	Schwach organische Schichten, in denen sich hauptsächlich gröbere Schichtbestandteile erhalten haben.
Erosiv umgelagerte Schicht	Schichten mit Komponenten in unregelmässiger Lagerung und Verrundungserscheinungen an Holzkohlen und Lehmbrocken.

4.6 Einschränkungen in der mikromorphologischen Analyse

Eine besondere Schwierigkeit stellt die Verknüpfung der mikroskopischen Analyse mit dem Befund im Feld dar. Hierbei können stratigraphische Marker – Laminae mit spezifischen Eigenschaften, welche schon mit dem blossen Auge erkannt werden können – eine grosse Hilfe darstellen (Courty 2001, S. 229). Als Beispiel können etwa die detritisch-organischen Mikrite (siehe Kapitel 8.2) von Zug-Riedmatt und von Zürich-Opéra genannt werden, die bereits im Feld als „pastose Horizonte“ respektive „Puddingschichten“ erkannt und als willkommene stratigraphische Marker verwendet wurden. Doch sollte eine hochauflösende Stratigraphie nie ausser Acht gelassen werden, auch wenn sie nur lokal vorhanden ist (Courty 2001, S. 232). In der Paläogeographie wurde gezeigt, dass die Debatte nicht darüber geführt werden sollte, bis zu welchem Grad eine lokale Beobachtung Repräsentanz für die gesamte Fläche besitzt. Es muss vielmehr ein übergreifendes Verständnis des lokal erhaltenen hochauflösenden Signals gewonnen werden, um gemäss der Prinzipien der Sedimentologie und Bodenkunde zu extrapolieren:

„In addition, recognition of high-quality paleoenvironmental signals preserved in a large diversity of contexts invites archaeologists to better document the record of natural events at spatiotemporal scales significant to past humans. This course of action is needed in order to refresh engraved ideas on the linkages between natural forcing and sociocultural dynamics of the past.” (Courty 2001, S. 233)

Ein schwieriges Thema ist die Quantifizierung von mikromorphologischen Daten. Sie wird oft gefordert, um die eigentlich eher qualitativ arbeitende Mikromorphologie in den Rang einer „Hard Science“ zu erheben. Gerade dieser Punkt gestaltet sich jedoch schwierig. Eine Quantifizierung ist ohne ein gutes Verständnis der grundlegenden Prozesse nicht möglich und kann sogar in eine Sackgasse führen. So soll die in der vorliegenden Arbeit angestrebte Quantifizierung vor allem dem Vergleich der einzelnen Mikrofazies dienen und keinesfalls den Eindruck von absoluten und genauen Messdaten vermitteln. Die grosse Anzahl an Mikrofazies in dieser Arbeit macht eine Aufbereitung der Daten in Form von Tabellen und Diagrammen notwendig. Dies soll ermöglichen, Unterschiede und Gemeinsamkeiten in den Mikrofazies zu erkennen und sie schliesslich auf ähnliche Prozesse/Ablagerungsmilieus zurückzuführen. Fast alle in dieser Arbeit erhobenen quantitativen Daten beruhen auf Schätzungen. Dies gilt insbesondere für die prozentualen Mengenangaben. Die zweidimensionale Betrachtungsweise eines eigentlich dreidimensionalen Körpers in einem zweidimensionalen Dünnschliff führt unweigerlich zu Schwierigkeiten bei der Grössenmessung von Komponenten (Stoops 2003, S.

11–15). Aus diesem Grund werden bei der allgemeinen Beschreibung die Grössen von Komponenten ebenfalls nur geschätzt und in den üblichen Korngrössenkategorien angegeben (Stoops 2003, S. 46–47). Es gibt darüber hinaus unterschiedliche Grenzen zur Definition der Korngrössenkategorien, weshalb unbedingt auf die Verwendung der gleichen Korngrössengrenzen in der Sedimentologie und der Mikromorphologie zu achten ist, ohne die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse und eine integrierende Analyse nicht möglich wäre.

Insgesamt kann man eine mikromorphologische Beschreibung also eher als eine Beobachtung denn als eine Messung auffassen. Die Betrachtung eines Dünnschliffes erfasst wie eine indirekte Beobachtung die Spuren und Auswirkungen eines Geschehens. Hierbei sieht sich der Wissenschaftler mit zwei wesentlichen Problemen konfrontiert. Zum einen muss er abstrahieren, um die Komplexität des Dünnschliffes in dessen Beschreibung festzuhalten, zum anderen gilt es mit einer gewissen Ungenauigkeit umzugehen. Das betrifft sowohl die Grössen- und Mengenbestimmung beziehungsweise –schätzung, als auch die Identifikationen von Komponenten, die ebenfalls nicht immer ohne Unsicherheit sind (z.B. bei organische Komponenten, die nicht genau angesprochen werden können). Es handelt sich dabei aber ganz klar um ein vermeintliches Problem, welches durch Beobachtungen zur Struktur der Schichten mehr als aufgewogen wird.

Eine weitere Schwierigkeit stellt die Herkunft der Mikromorphologie aus der Bodenkunde dar. Es existieren zwar mit Courty et al. (1989), Courty und Fedoroff (2002) oder Richard I. Macphail und Paul Goldberg (2010) sehr gute Handbücher und Beiträge zur Identifikation von archäologisch relevanten Prozessen und Materialien, zur Beschreibung von Dünnschliffen wird aber auf die für die Bodenkunde erarbeiteten Systeme zurückgegriffen. Die meisten Autoren benutzen das System von Bullock et al. (1985) beziehungsweise, wenn es sich um jüngere Studien handelt, die überarbeitete Version dieses Systems von Stoops (2003). Kaum jemand nutzt hingegen das System von Edward Asil FitzPatrick (1993). Zum Teil ist ein gewisses eklektisches Bedienen aus den unterschiedlichen Systemen zu beobachten, was sicherlich zum Teil angebracht und erfolgversprechend ist, sich unter Umständen aber auch als problematisch erweisen kann. Die jeweilige Terminologie ist nämlich in der Regel nicht einfach „aus der Luft gegriffen“, sondern steht ihrerseits in einer gewissen Tradition und kann somit bereits mit einer Bedeutung aufgeladen sein (Stoops 2003, S. 6–8).

Die Herkunft der Terminologie zur mikromorphologischen Beschreibung äussert sich etwa in dem Begriff „Pedofeatures“, womit Zeiger gemeint sind, die auf Bodenbildungsprozesse zurückgeführt werden können. Auch viele andere Beobachtungskategorien lassen eindeutig die Absicht erkennen, die dahinterstehenden Prozesse in der Entstehung des zu untersuchenden Bodens zu identifizieren. Dies ist bei terrestrischen Fundstellen nicht unbedingt fehlgeleitet und bildet einen sehr nützlichen Rahmen, um die archäologischen Strukturen/den anthropogenen Eintrag in der Stratigraphie zu erkennen. Im Fall der Feuchtbodenfundstellen mit ihren sehr speziellen Schichtbildungsprozessen konnte bereits Wallace zeigen, dass dieses Konzept auch in diesem Kontext anwendbar ist (Wallace 1999).

5 Mikromorphologische Analyse von drei neolithischen Seeufersiedlungen

Im Folgenden werden Analyseresultate zu den drei untersuchten neolithischen Seeufersiedlungen Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld, Zürich-Opéra und Zug-Riedmatt präsentiert. Die Fundstellen werden jeweils kurz vorgestellt und Informationen zur angetroffenen Stratigraphie und den Datierungen gegeben. Nach weiteren Angaben zum analysierten Material werden die Schichtabfolgen in den untersuchten Profilen vorgestellt.

5.1 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld

5.1.1 Vorstellung der Fundstelle

Das Zürcher Seefeld als archäologischer Siedlungsplatz umfasst mehr als 50 unterschiedlich datierte Siedlungsphasen (beziehungsweise Hinweise auf „human impact“) zwischen ca. 6400 und 950 v. Chr. (Abb. 7.; Gross-Klee 1997, S. 19; Gross-Klee und Eberli 1997). Aus diesem Grund sind die Grabungen im Zuge der Kanalisationssanierung nur im Zusammenhang mit älteren Grabungskampagnen am nahezu gleichen Ort zu verstehen. Im Sommer 1979 wurde aufgrund eines Neubaus im Areal „AKAD“ an der Seehofstrasse 16 im zürcherischen Seefeld eine 3 1/2-monatige Rettungsgrabung durchgeführt (Jacomet 1985, S. 1). Die Ausgrabungsfläche schliesst unmittelbar an Areal „Pressehaus Ringier“ an, wo ebenfalls ausgeprägte Kulturschichten gefunden wurden (Jacomet 1980). Das Areal AKAD liegt auf der Nordseite einer ehemaligen, vorspringenden Landzunge (Jacomet 1985, S. 4 Abb. 3).

Das Hauptaugenmerk dieser Ausgrabungen lag auf eine Schicht der mittleren Pfynner Kultur (Schicht J). Diese Schicht kannte man bereits in Teilen aus der Pressehausgrabung (Jacomet 1980), weshalb man das Siedlungszentrum im Bereich der Ausgrabungen AKAD vermutete. Des Weiteren wurden auch Kulturschichten der älteren Pfynner Kultur, der Horgener- und der Schnurkeramischen Kultur festgestellt (Jacomet 1985, S. 4). Auch diese Schichten kannte man bereits aus den Grabungen im Bereich Pressehaus. Diese Kulturschichten und Kulturschichtausläufer sind über- und unterlagert von Seesedimenten, die einen Zeitraum vom Spätglazial bis in das späte Mittelalter umfassen. Aufgrund des abfallenden Moränenuntergrundes

sind diese zum Teil von unterschiedlicher Mächtigkeit (Jacomet 1985, S. 4; Schindler 1981, S. 77 Abb. 3).

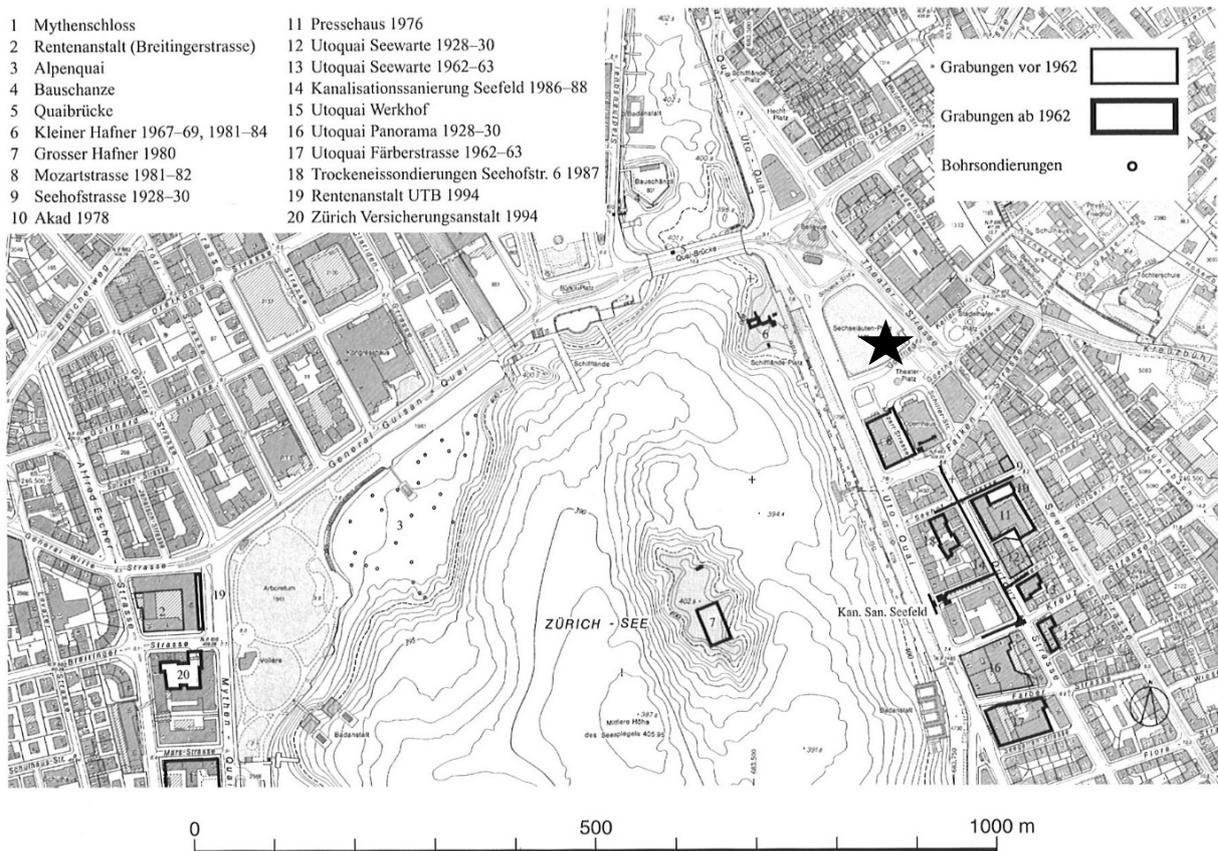


Abbildung 7 Unteres Zürichseebecken mit Ausgrabungen.

Die Ausgrabungen am unteren Zürichseebecken mit Feuchtbodenerhaltung. Dargestellt ist der Stand des Jahres 1997. Die Grabung Zürich Opéra wurde mit einem Stern auf der Karte ergänzt. Aus Stöckli 2009, S. 53 Abb. 27 nach Schibler et al. 1997 (Grafik: Kantonsarchäologie Zürich).

Eine gewissermassen kleine Grossgrabung fand in der zweiten Hälfte der 1980er Jahre statt. Von 1986-1988 wurde über weitere Bereiche im Seefeld die Kanalisation erneuert. Die Arbeiten konnten archäologisch begleitet werden. Da von dieser Massnahme viele der bereits bekannten Siedlungen betroffen waren, konnte man auf den bisherigen Kenntnissen aufbauen und versuchen, die Siedlungen zu verbinden (Gross-Klee 1997, S. 18). Die Ergebnisse dieser Grabungen liegen nur in Form eines Vorberichts (Ritzmann 1989) und als Teilauswertungen (Bleuer et al. 1993; Gerber et al. 1994) vor. Zumindest summarisch sind die Ergebnisse der Ausgrabungstätigkeit im Seefeld bis zum Ende der 1980er Jahre in einem Beitrag im Ausstellungskatalog „Die ersten Bauern“ festgehalten. Von Bedeutung für die Fundstellen der Grabung Kanalisationssanierung, aber vor allem auch Zürich-Opéra, sind die Grabungen Kleiner

Hafner (Suter 1987) und Mozartstrasse (Gross 1987; Gross et al. 1992; Bleuer und Hardmeyer 1993). Eine kurze zusammenfassende Betrachtung über das Seefeld als prähistorischer Siedlungsplatz gibt Gross-Klee (1997). Beinahe wichtiger sind die an gleicher Stelle von Gross-Klee vorgenommenen Schichtkorrelationen sowie die Zusammenstellung der Datierungen. Später stellte es sich allerdings heraus, dass die frühbronzezeitlichen Schwellbalkenbauten sowie der Holzboden von Mozartstrasse zu jung datiert worden sind (Conscience 2001). Für das jüngere Neolithikum hat Stöckli (2009) die Daten des unteren Zürichseebeckens neu evaluiert. Man muss also festhalten, dass es bis auf diverse vorläufige Berichte noch keine systematischen Befundauswertungen im Seefeld gibt. Eine Ausnahme bildet die Arbeit von Mathias Schmidheiny, der die frühbronzezeitliche Besiedlungsphase von Zürich-Mozartstrasse auswerten und monographisch vorlegen konnte (Schmidheiny 2011). Im Zusammenhang mit der Auswertung der jüngsten Grossgrabung Zürich-Opéra sollte darüber hinaus in einem von 2012-2015 durchgeführten Projekt auch die neolithischen Besiedlungsphasen von Zürich-Mozartstrasse ausgewertet und publiziert werden (Ebersbach et al. 2015).

Somit bleibt festzuhalten, dass das Seefeld trotz umfangreicher Grabungen und einer langen Forschungsgeschichte im Hinblick auf archäologische Auswertungs- und Publikationstätigkeit einen erheblichen Rückstand aufweist. Erfreulich ist, dass von naturwissenschaftlicher Seite her bereits sehr viel Material in zwei grossen Synthesewerken aufgearbeitet wurde (Jacomet et al. 1989; Schibler et al. 1997). Diese Darstellungen enthalten zwar immer einen Teil zu den angetroffenen Schichten, wäre jedoch eine vollständige archäologische Befundauswertung zeitgleich mit den naturwissenschaftlichen Untersuchungen erfolgt, hätte man das Aussagepotential dieser Seeufersiedlungen noch viel besser ausreizen können. Beispiele für ein solches Vorgehen liefert das Arbon-Bleiche 3-Projekt (Leuzinger 2000; Capitani 2002; Jacomet et al. 2004).

5.1.2 Stratigraphie und Datierung

Die frühesten Schichten (Schicht 9 Nord und Süd) von Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld datieren an den Übergang Cortaillod-Pfyn. Die übrigen Schichten decken im Prinzip alle Zeitstufen vom Pfyn bis zur Schnurkeramik ab (Gross-Klee und Eberli 1997): Schicht 8 und 7 gehören zum klassischen Pfyn, Schicht 5 datiert dahingegen bereits in das späte Pfyn. Ein ganzer Block von Schichten (4-2) datiert ins Horgen, wobei die Schichten 2A-1A als zum späten Horgen gehörend separiert werden. Die Schichten E-A werden der frühen Schnurkeramik

zugerechnet. Da diese Untersuchung an Altproben einen Vergleich mit den schichtgenetischen Überlegungen von Jacomet (1985) zur Schicht J von AKAD/Pressehaus ermöglichen soll, wurde eine Probe ausgewählt, die hauptsächlich die Schicht 7 enthält. Diese Schicht kann nämlich mit Schicht J parallelisiert werden (Tab. 8). Der allgemeine Schichtaufbau von Schicht 7 kann nach Angaben von Yvonne Gerber et al. (1994, S. 14) charakterisiert werden: Bei der Schicht SE 0.9 handelt es sich um eine Seekreide. Die Schichteinheiten 7.4 und 7UK werden als „verschmutzte Seekreide“ bezeichnet und stellen die Basis von Schicht 7 dar. Bei den Schichteinheiten 7.3 und 7u handelt es sich um eine Abfolge von organischen Schichteinheiten und Lehmlinsen zwischen zwei Holzkohleniveaus (7.3.1 und 7.3.4). Die Schichteinheiten 7.2 und 7o-m sind grundsätzlich organisch geprägt, mit einer Abfolge von Lehmlinsen. Sie liegen über dem jüngeren Holzkohleniveau 7.3.1. Den Abschluss der Schicht 7 bilden die Einheiten 7.1 und 7OK, bei denen es sich um den Übergang von Kulturschicht zu Seekreide handelt, der teilweise aus „verschmutzter“ Seekreide besteht.

Tabelle 8 Zürich Kanalisationssanierung Seefeld. Schichteinteilung. Grobe Unterteilung der Schichten 7 und 8 mit Seekreide im Liegenden und Hangenden gemäss Gross-Klee/Eberli 1997.

Schicht	Gross-Klee/Eberli	Parallelisierung mit AKAD/Pressehaus
SE 0.8		
Schicht 7.1-2.3	3711-3681	Schicht J1
Schicht 7.3.4-8	3719-3717	Schicht J2
SE 0.9		
Schicht 8	3729-3722	Schicht J3
SE 0.10		SE Ko

5.1.3 Material und Methode

Da die Grabungen im Zuge der Kanalisationssanierung im Zürcher Seefeld bereits während der 1980er Jahre stattfanden (siehe oben), waren keine eigenen Feldbeobachtungen möglich. Anhand der Literatur und Grabungsdokumentation kann jedoch ein guter Eindruck von dieser leider nur unzureichend publizierten Ausgrabung gewonnen werden.

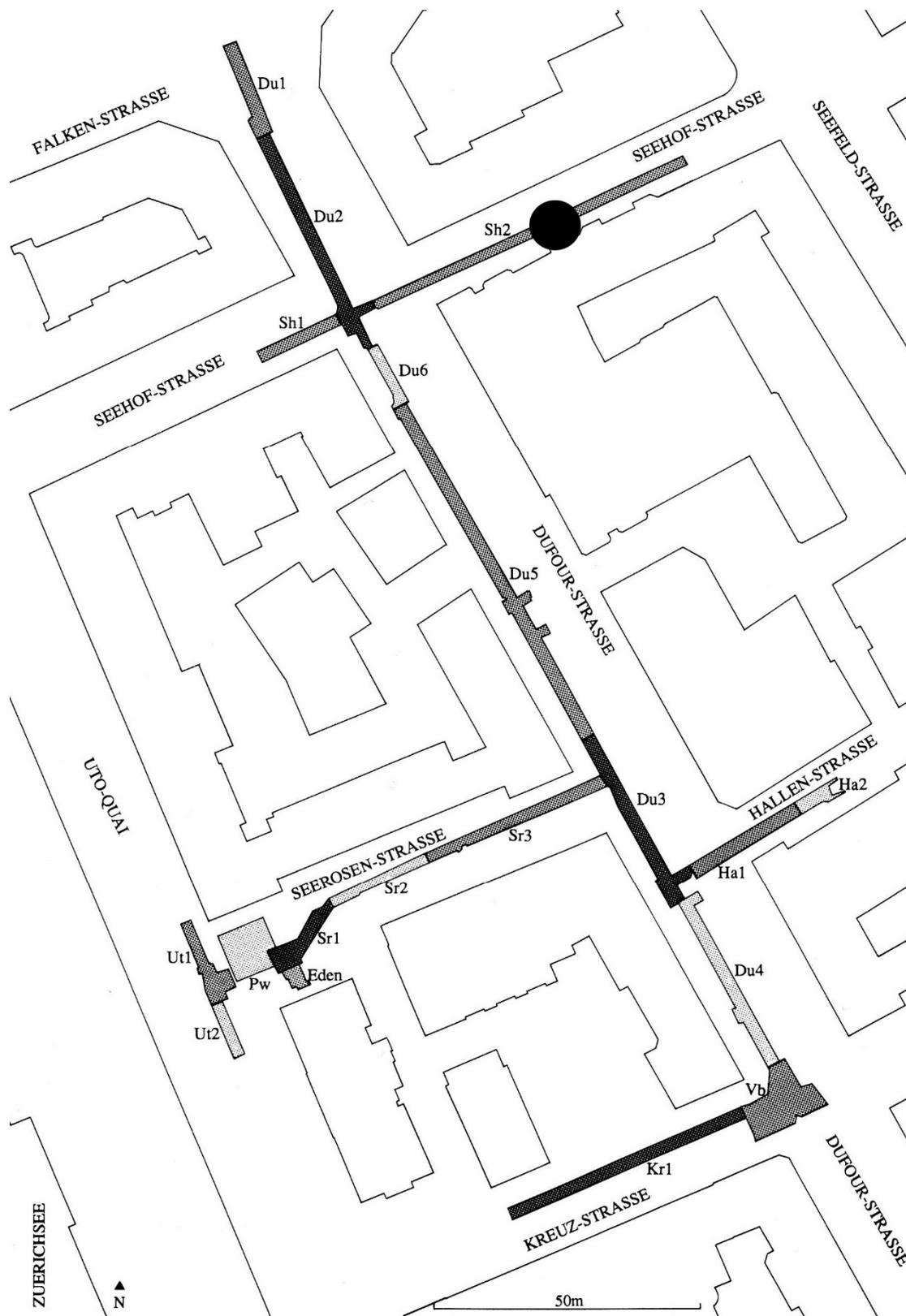


Abbildung 8 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Position Profil 5022. Die Lage des Profils ZHKS 5022 (schwarzer Punkt) in den Leitungsgräben der Ausgrabungen im Zürcher Seefeld. Nach Bleuer et al. 1993, Abb. 1 (Grafik: Kantonsarchäologie Zürich).

Das untersuchte Profil ZHKS 5022 liegt im Grabungsabschnitt Sh 2 (Seehofstrasse; Abb. 8). Es umfasst im Wesentlichen die Schichten 8 und 7, welche auch an anderen Grabungsbereichen oder gar bei anderen Grabungskampagnen angetroffen wurden. So wird für Schicht 8 eine Fortsetzung im Areal der Grabung Pressehaus vermutet (Bleuer et al. 1993, S. 50). Schicht 7 kann auch in den westlich gelegen Abschnitten Du6 und Du2 angetroffen werden und gilt wie erwähnt als nördliche Fortsetzung der Schicht J der Grabung Pressehaus/AKAD. Das Siedlungszentrum wird allerdings nordwestlich der Seehofstrasse vermutet, womit im Areal Pressehaus der südliche Randbereich erfasst wurde. Die Schicht 8 kann in der Regel aufgrund von Lehmlinsen feiner unterteilt werden (Bleuer et al. 1993, S. 15).

5.1.4 Resultate

Profil ZHKS 5022

Im Bereich der Profilkolonne 5022 lag Schicht 8 nur an der Basis und über der Seekreide 0.10 als „verschmutzte Seekreide“ vor, so dass keine weitere Unterteilung möglich war. Darüber beginnt mit Schicht 7.3 die oben erwähnte Sequenz aus Lehmlinsen und organischen Schichteinheiten. Von den beiden Holzkohleniveaus ist in der hier analysierten Profilkolonne nur das obere enthalten. Die in einer 80 cm messenden Blumenkiste erfasste Schichtsequenz wurde mittels zweier Teilproben (25 cm und 20 cm) weiter unterteilt, wobei das Hauptaugenmerk auf die Kulturschichten gelegt wurde.

Probe ZHKS 5022 MM2

Die in den Dünnschliffen erfasste Schichtsequenz beginnt mit einem fast reinen Mikrit (8a), der sich durch eine massive Mikrostruktur und wenig Eintrag von Holzkohle, Quarzsand und organischem Material auszeichnet. An limnischen Komponenten sind fragmentierte Stängel und Oogonien (Fruchtkörper) von Characeen (Armluchteralgen) sowie Molluskenschalen vorhanden (Abb. 9A,B). Darüber folgt ein stärker mit organischem Material, Holzkohle und Sand durchsetzter Mikrit (8b). Er enthält neben Molluskenschalen vor allem gröberes organisches Gewebe, Zweige, Blätter und Moos (Abb. 9C). Das organische Material ist verhältnismässig schlecht erhalten und eine Umwandlung inklusive „Schwarzfärbung“ (siehe Kapitel 8.2.1) hat stattgefunden. Der gesteigerte anthropogene Eintrag, zu dem das organische Material gerechnet wird, scheint den langsamen Beginn einer Siedlungstätigkeit anzukündigen,

welche vor Ort oder in nächster Nähe stattgefunden haben könnte. Es kann nicht genau entschieden werden, ob sich die in der Schicht vorhandenen Manganausfällungen auf jüngere Zerfallsprozesse zurückführen lassen, etwa bedingt durch die lange Lagerung der Probe, oder aber bereits im Boden (syn- oder postsedimentär) entstanden sind (Abb. 9D).

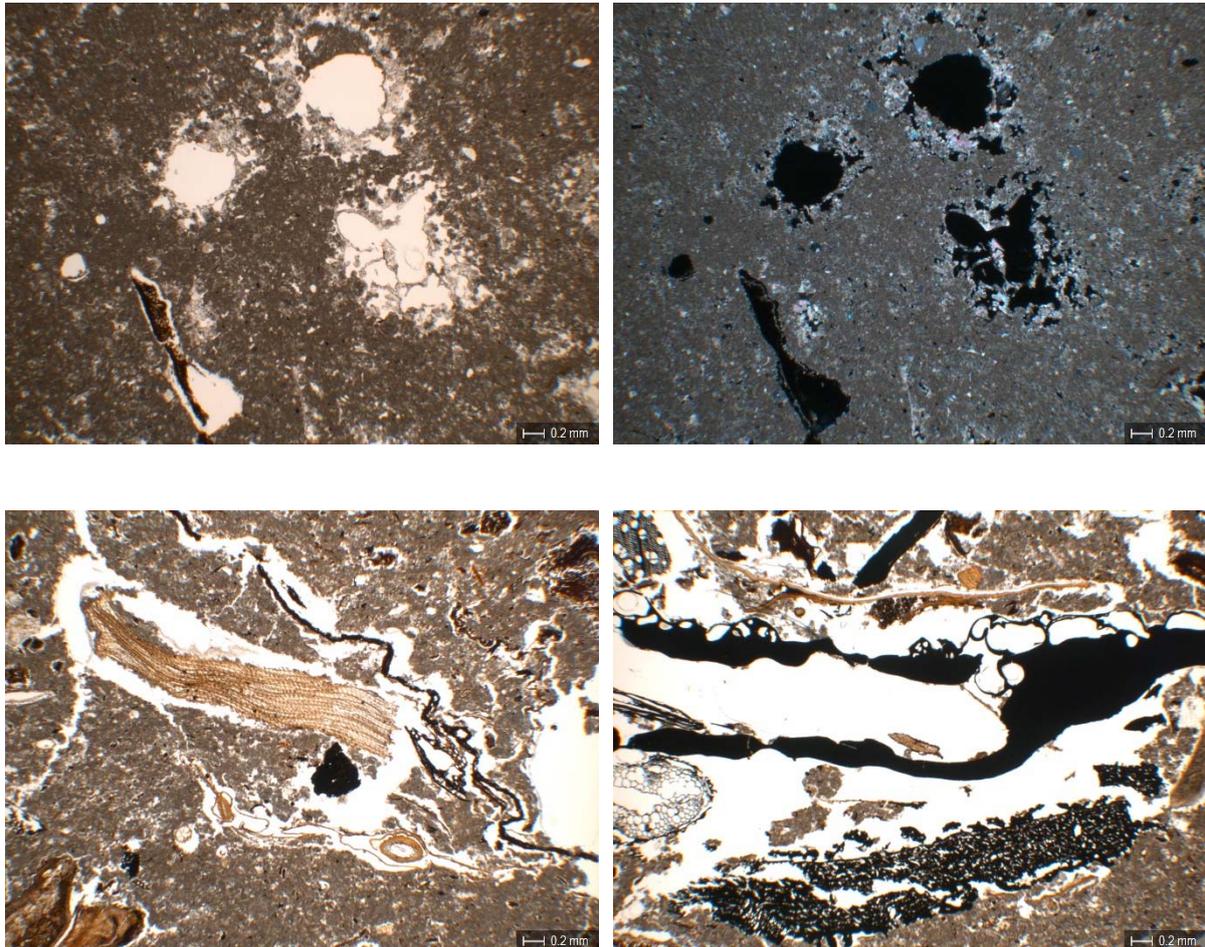


Abbildung 9 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM2.

A) Oben links: Characeenstängel in schwach organischer Seekreide 8a (PPL). **B)** Oben rechts: Gleiches Bild (XPL). **C)** Unten links: Organisches Gewebe (mittig) und Moos (darunter) in stark organischer Seekreide 8b (PPL). **D)** Unten rechts: Manganausfällungen in Schicht 8b, vermutlich als Zeugnisse rezenter Prozesse (PPL).

Mit scharfer Grenze schliesst ein 8 mm dünnes organisches Band (7.3.8) an. Hier finden sich horizontal eingeregelter Blätter, Gewebereste sowie kantige Holzkohlen, die in lockerem bis porösem (enaulisches Hauptmikrogefüge) Mikrit eingebettet sind (Abb. 10A). Dazu kommen Knochenfragmente und sehr wenig Molluskenschalen. Das organische Material ist hier besser erhalten. Darüber folgt ein dichter karbonatischer Lehm (Schichteinheit 7.3.7a), der verbreitet Fein- bis Mittelsand enthält. Der Sandanteil ist relativ gleichmässig verteilt, was sich in einer

einfach-abständigen c/f-RDP ausdrückt. Der Lehm selbst enthält nur sehr wenig gleichmässig verteilte Holzkohle und organisches Gewebe. Es ist ein schräg verlaufender Kanal zu erkennen, der mit einer leichten Durchwurzlung erklärt werden kann (Abb. 10B). Eine schlecht erhaltene Oogonie (Abb. 10C) ist in dem Lehm eingebettet, was mit einer Herkunft aus einer älteren Seeablagerung erklärt werden könnte. Kein zwingender Hinweis darauf sind die wenigen, ebenfalls in dem Lehm enthaltenen Molluskenschalen.

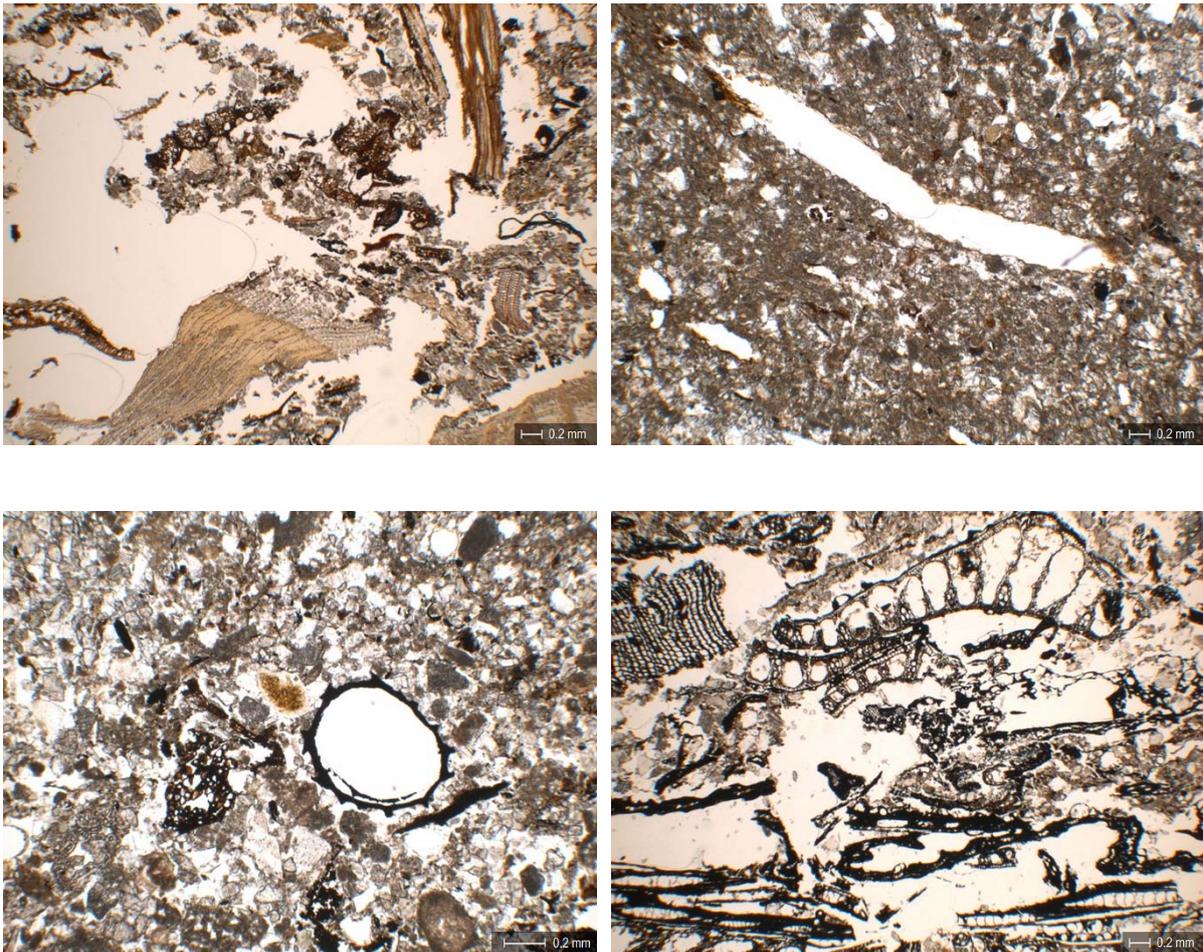


Abbildung 10 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM2.

A) Oben links: Beispiel für ein enaulisches Mikrogefüge in Schichteinheit 7.3.8. Die mikritische Feinmasse liegt in „Fetzen“ zwischen größerem organischem Gewebe. Auch wenn dieses Mikrogefüge vor allem durch Lufttrocknungsartefakte verursacht sein mag, dient es hier zur Charakterisierung von Schichten mit dominierendem Grobanteil (PPL). **B)** Oben rechts: Ein Wurzelkanal mit wenig amorphem organischem Feinmaterial an den Rändern zieht schräg durch den Mikrit von Schichteinheit 7.3.7a (PPL). **C)** Unten links: Bei dem Makrorest in Schichteinheit 7.3.7a handelt es sich um eine schlecht erhaltene Oogonie. **D)** Unten rechts: Verschiedene verkohlte Makroreste machen den Hauptbestandteil der Schichteinheit 7.3.7b aus (PPL).

Im Hangenden schliessen sich ein Band aus verkohlten Makroresten (Schichteinheit 7.3.7b; Abb. 10D) sowie eine weitere Lehmlage (Schichteinheit 7.3.7c) an. Die locker in enaulischer c/f-RDP-Verteilung vorliegenden Makroreste sind in einem leicht sandigen Mikrit eingebettet. Es handelt sich um eine Vielzahl unidentifizierbarer Makroreste, unter ihnen ist zum Beispiel aber auch Getreide vorhanden (Abb. 11A).

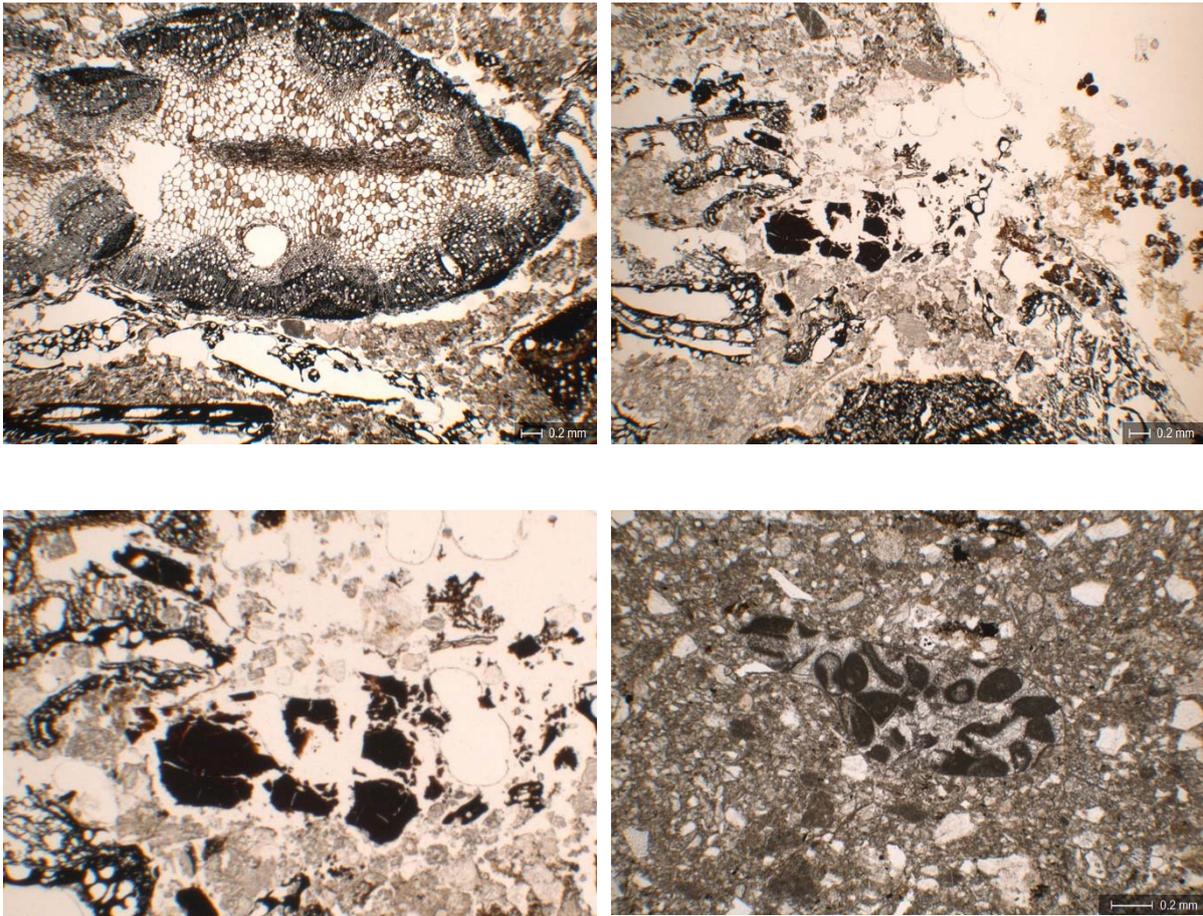


Abbildung 11 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM2.

A) Oben links: Verkohltes Getreide als Makrorest in Schichteinheit 7.3.7c (PPL). B) Oben rechts: In der Mitte des Bilder ist Dopplerit in Schichteinheit 7.3.6 zu erkennen. Das Stück ist fragmentiert, man kann aber noch die typischen polygonalen Risse erkennen (PPL). C) Unten links: Das gleiche Stück wie in B), nur leicht vergrößerter Ausschnitt (PPL). D) Unten rechts: Ein verrundeter oolithischer Kalkstein in der sandig, mikritischen Matrix von Schichteinheit 7.3.5 (PPL).

Die darüber folgende Lehmlage 7.3.7c besteht aus einem gleichartigen Lehm wie in 7.3.7a. Es handelt sich um einen massiven karbonatischen Lehm mit Quarzsand in mittlerer Sortierung (überwiegend Fein- und Mittelsand). Die Komponenten in dem kompakt wirkenden Lehm sind leicht horizontal ausgerichtet. Eine vollständig erhaltene Molluskschale im oberen

Schichtbereich spricht jedoch gegen starke mechanische Einwirkung. Der obere Schichtbereich zeigt ebenfalls etwas Eintrag aus der darauf folgenden Brandschicht. Ein Blick auf den Anschliff (siehe Anhang) lässt ausserdem erkennen, dass die Schichten nicht klar getrennt beziehungsweise nicht durchlaufend sind. So handelt es sich bei 7.3.7c eher um einen grösseren Lehmbrocken in 7.3.6. Bei letzterer Schichteinheit handelt es sich um eine vergleichsweise mächtige Lage aus verbrannten Makroresten. Darin kommen neben anderen Makroresten immer wieder verkohlte Getreidekörner vor. Die Makroreste liegen locker, was als Lufttrocknungsartefakt anzusprechen ist, und sind in einer Matrix aus organischem Feinmaterial und Gewebe, vermischt mit Fein- bis Mittelsand und Mikrit, eingebettet. Das organische Material ist überwiegend schlecht erhalten. Zum Teil hat Gelifikation (Umwandlung in eine gelartige Masse) und Doppleritbildung (harzartiges Abbauprodukt von organischem Material) stattgefunden (siehe auch Kapitel 8.2.1; Abb. 11B,C). Ausserdem liegt sehr viel Milbenkot vor. Den Abschluss dieser Teilprobe bildet ein karbonatischer Lehm (7.3.5), welcher wieder mit Fein- bis Mittelsand durchsetzt ist. Die relativ kompakt erscheinende Schicht setzt sich aus Brocken zusammen, welche zum Teil einen organischen Saum aufweisen. Es kommen auch kleinere, organisch geprägte Lehmbrocken vor. Die organischen Säume verlaufen in alle Richtungen entlang der Brocken und stellen keine einheitliche Oberfläche dar. Bemerkenswert ist ausserdem ein oolithischer Kalkstein (Abb. 11D).

Probe ZHKS 5022 MM1

Die Teilprobe beginnt mit dem bereits oben beschriebenen karbonatischen Lehm 7.3.5. In dieser Probe ist das Sediment aber grossflächiger erfasst und so zeigen sich auch mehr von den organischen Lehmbrocken, die mit dem ansonsten recht sterilen Lehm vermischt vorliegen. Porenräume in Form von Kanälen beinhalten stark geschrumpftes organisches Material, bei dem es sich um Wurzeln handeln dürfte (Abb. 12A). Die organische Schichteinheit 7.3.4 ist zwar grundsätzlich scharf von 7.3.5 abgegrenzt, trotzdem erkennt man, vor allem dort, wo die Lehmoberfläche relativ brockig ausgebildet ist, gangartige Intrusionen, die von Schichteinheit 7.3.4 in 7.3.5 hineinreichen (Abb. 12B).

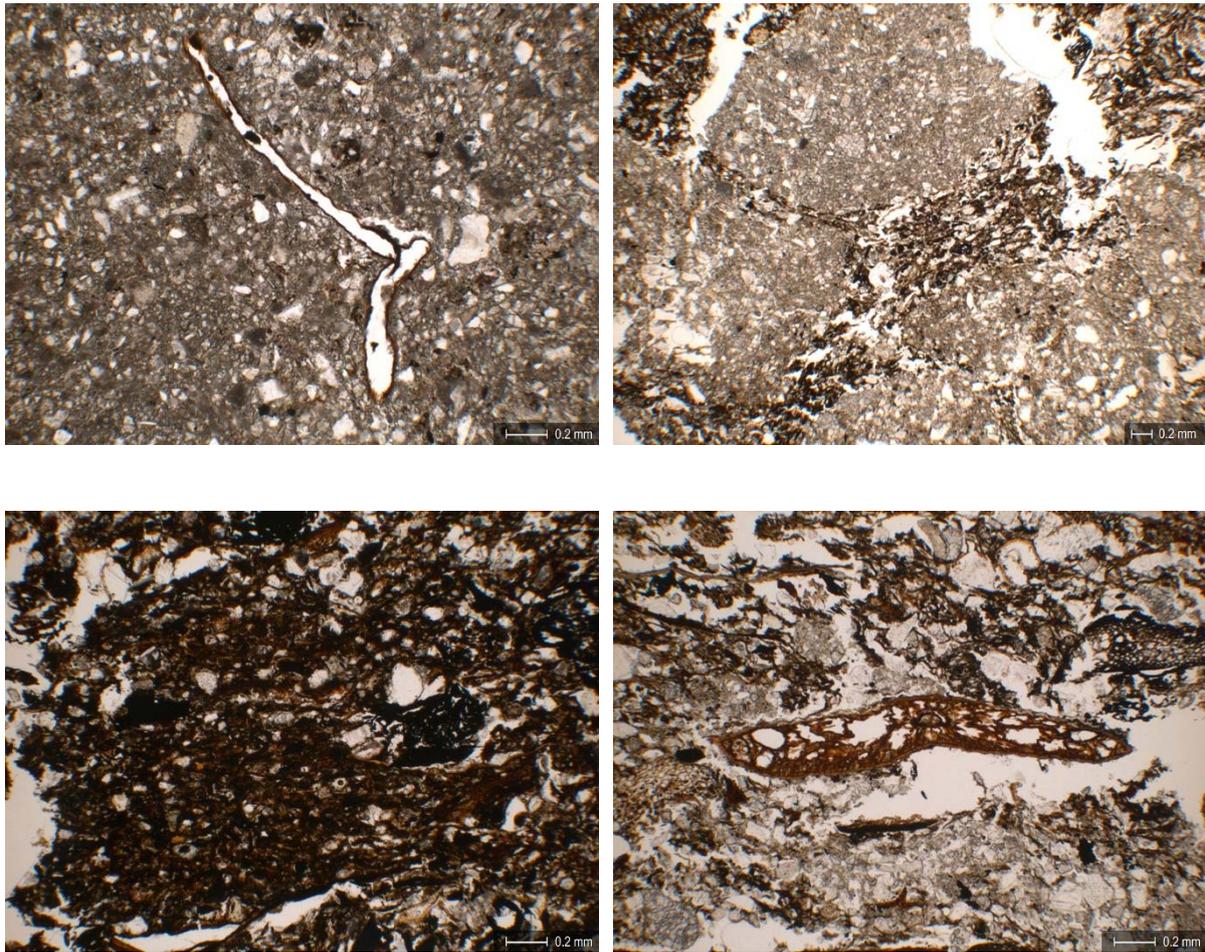


Abbildung 12 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM1.

A) Oben links: Wurzelkanäle in der Lehmlage 7.3.5. Charakteristisch für solche Kanäle sind die rund auslaufenden Enden (PPL). **B)** Oben rechts: Organisches Feinmaterial zieht zwischen die Lehmbrocken von Schichteinheit 7.3.5 (PPL). **C)** Unten links: Ein Brocken aus amorphem organischem Feinmaterial, Quarzsand (eckige weisse Komponenten) und Holzkohle in Schichteinheit 7.3.4 (schwarz; PPL). **D)** Unten rechts: Schnitt durch eine Tannennadel in Schichteinheit 7.3.4 (PPL).

Die Schichteinheit 7.3.4 ist ein stark organisches Sediment (45% organischer Anteil), das nur sehr wenig Steine sowie wenig Holzkohle, Sand und Mikrit beinhaltet. Beim ebenfalls vorhandenen karbonatischen Anteil handelt es sich vor allem um Sparit, wie er häufig in den Lehmlagen im Hangenden und im Liegenden vorkommt. Der Grossteil des organischen Materials in dieser Schicht liegt in Form von amorphem organischem Feinmaterial vor, das hier die Feinmaterialmatrix bestimmt. (Abb. 12C). Unter den grösseren organischen Resten finden sich zum Beispiel Tannennadeln (Abb. 12D), Mohnsamen sowie Misteln. Ausserdem können fragmentierte Reste subfossilen Dungs festgestellt werden. Insbesondere das gröbere organische Material in diesem Sediment ist relativ gut erhalten, was sich auch durch die teilweise noch

vorhandene Doppelbrechung zeigt (siehe Kapitel 8.2.1). Es finden sich allerdings auch Spuren von Abbauprozessen wie Milbenkot und Pilzsporen. In das Sediment eingebettet lassen sich immer wieder Brocken des bereits beschriebenen karbonatischen Lehms erkennen. Sie liegen – verbreitet im Sediment verteilt – oft in flacher und länglicher Form vor, was auf Trampling hindeuten könnte (siehe ebenfalls Kapitel 8.2.1).

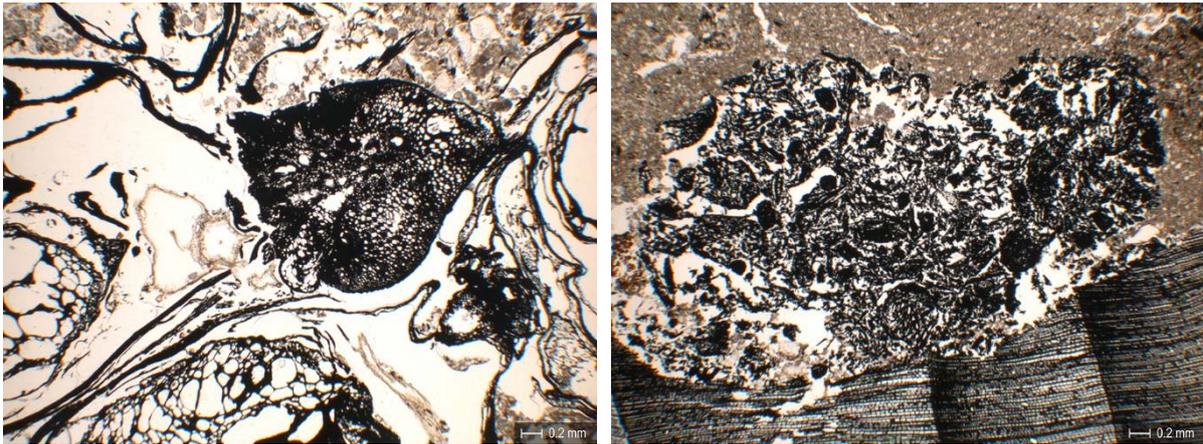


Abbildung 13 Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld. Probe 5022 MM1.

A) Links: Schnitt durch eine verkohlte Getreideähre in Schichteinheit 7.3.3a. Abgebildet sind der mittlere Stängel und der Ansatz der nach links unten abgehenden Körner (PPL). B) Rechts: Eine leicht ovale Ansammlung aus feinerem, verkohltem organischem Material in Schichteinheit 7.3.3b, die als verkohlter Koprolith gedeutet wird (PPL).

Im Fall der Schichteinheit 7.3.3a handelt es sich um ein stark durchmischtes Sediment aus Lehmbrocken und verkohltem organischem Material sowie Holzkohle. Hinzu kommt schwach sortierter Quarzsand und nur wenig unverkohltes organisches Material. Unter den verkohlten Makroresten ist vor allem ein leicht schräger Schnitt durch eine Getreideähre erwähnenswert (mündliche Mitteilung Örneker 2013; Abb. 13A). Bei den Lehmbrocken handelt es sich grösstenteils um karbonatischen Lehm, es sind aber auch einige Brocken eines recht stark mit organischem Feinmaterial durchsetzten Lehms vorhanden. Schichteinheit 7.3.3b besteht schliesslich wieder zum Hauptteil (45%) aus Lehm, wobei dieser auch erneut aus Brocken mit verschiedener Matrix (rein karbonatisch/organisch) besteht. Hinzu kommt, dass immer wieder organisches Gewebe und Holzkohle in grober Fraktion enthalten ist. Im Lehm selber erkennt man vereinzelt Molluskenschalen. Oolithischer Kalkstein kommt ebenfalls vereinzelt vor. Besonders auffallend ist ein offensichtlich verkohltes organisches Aggregat, welches an einer Holzkohle anhaftet (Abb. 13B). Im engeren Umfeld um diese Holzkohle kommen noch weitere, ähnliche Brocken vor, weshalb eine Bioturbation als Ursache ausgeschlossen wird. Aufgrund

der chaotischen Zusammensetzung aus offensichtlich verschiedenen organischen Bestandteilen (verschiedene Zell- und Gewebearten und gröbere Komponenten) in schwach ovaler Form ist an eine Art verkohlter Koprolith zu denken. Gewisse organische Holz- und Gewebefragmente innerhalb dieser Schicht scheinen komplett in Milbenkot umgewandelt worden zu sein, welcher sich vor allem in den Porenräumen ansammelt. Mit 7.3.1a schliesst sich eine erneute Lage verkohlter Makroreste und Holzkohle innerhalb einer Lehmschicht an. Auch hier ist wieder verkohltes Getreide zu erkennen. Und wiederum liegt ein gewisser Anteil an unverbranntem organischem Feinmaterial vor. Interessanterweise kommen in dieser Schicht unverkohlte Zweige neben verkohlten Resten vor, was darauf hindeuten könnte, dass hier kein Brand vor Ort stattgefunden hat.

Der bereits aus anderen Schichteinheiten bekannte karbonatische Lehm fällt in der Lehmlage 7.3.1b viel homogener als etwa in 7.3.1a aus. Verbreitet kommt unsortierter Quarzsand vor und Kies macht mit 15% einen nicht unwesentlichen Anteil dieser Schicht aus. Das Mikrogefüge fällt massiv aus und die Porosität ist mit 5% ausserordentlich gering. Es liegen nur wenige Kanäle als Porenräume vor. Es folgt die Kiesschicht 7.2 im Hangenden, bei der es sich um einen Grobkies in unregelmässiger Lagerung mit einer Matrix aus Sand, Mikrit, Holzkohle und etwas organischem Material handelt. Die Kiesel sind verrundet und kommen mit einem leichten organischem Saum ziemlich direkt auf 7.3.1b zu liegen. Im oberen Bereich „umspült“ die Seekreide 0.8 in Form einer erosiv umgelagerten Schicht die Kiesel von Schicht 7.2. Es handelt sich hierbei um einen sandigen Mikrit, welcher nur noch wenig Lehmbrocken und organisches Material beinhaltet und somit einen stärkeren Einfluss limnischer Sedimentation anzeigt.

5.2 Zürich-Opéra

5.2.1 Vorstellung der Fundstelle

Die Grabung Zürich-Opéra umfasst mehr als 5000 m² auf dem Gelände des heutigen Theaterplatzes bis in die Schillerstrasse hinein. Auf dem Gelände des Theaterplatzes wurde ein unterirdisches Parkhaus mit dem Namen „Opéra“ projektiert. Eigentlich läge es nahe, dass in diesem Bereich in der Nähe der ehemaligen Grossgrabung Mozartstrasse ebenfalls Kulturschichten von ehemaligen Seeufersiedlungen vorhanden sind. Doch gab es schon früh die Ansicht, dass sich hier eine ehemalige Bucht befunden habe und die Siedlungen der Mozartstrasse auf einer Art Landzunge lägen (Gross und Diggelmann 1987, S. 71 Abb. 102). Im

Vorfeld der Bauarbeiten für das Parkhaus durchgeführte Bohrsondierungen schienen diese Annahme auch zu bestätigen, denn sie erbrachten keinen Befund von Kulturschichten. Die vorsorglich eingerichtete baubegleitende Beobachtung der Bohrungen für die Fundamentpfiler des Parkhauses ab 2009 zeigte aber bald, dass hier ein Irrtum vorlag und sehr wohl mit prähistorischen Seeufersiedlungen in diesem Bereich zu rechnen ist (Bleicher et al. 2011). Dies hatte zur Folge, dass die Fertigstellung des Parkhauses um ein Jahr verschoben wurde und ab dem Frühjahr 2010 eine mehrmonatige Grabungskampagne zur Dokumentation der Siedlungsschichten initiiert wurde. Während der bis Ende Januar 2012 dauernden Arbeiten stellte sich heraus, dass sich über weite Teile des Areals mehrere Siedlungsschichten von neolithischen Seeufersiedlungen erstrecken. Trotz eines grossen personellen Aufwands erschien es als unmöglich, die Schichten in allen Bereichen detailliert zu dokumentieren. Als Folge wurde die Grabungsfläche in Grob- und Feingrabungsbereiche aufgeteilt. Dabei handelt es sich um ein Vorgehen, das etwa auch auf der Grabung Zürich-Mozartstrasse Anwendung fand. Damit sich jedoch nicht wie bei der Mozartstrasse nur ein detailliertes Bild des Siedlungszentrums erschliessen lässt, da der Feingrabungsbereich dort im Zentrum lag und der Randbereich in den Grobgrabungsbereich fiel, wurden Grob- und Feingrabungsbereiche hier flexibler verteilt. Es wurde sogar ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, den Randbereich der Siedlung zu erfassen, was zumindest teilweise auch gelang (vor allem im Nordosten und Südosten). Gegen Westen, zum See hin, konnte man jedoch aus baustatischen Gründen eine bestimmte Höhenkote nicht unterschreiten. Da hier die Kulturschichten abfallen, war nur noch eine eingeschränkte Dokumentation möglich. Trotzdem gelang es, etwa 3000 m² Siedlungsschichten und Pfahlfelder aufzunehmen (Bleicher und Riethmann 2011; Michel 2012).

5.2.2 Stratigraphie und Datierung

Anhand einer „Idealstratigraphie“ kann man die Abfolge von Kulturschichten der Grabung Zürich-Opéra nachvollziehen (Tab. 9). In der Realität fällt die angetroffene Schichtenfolge allerdings lokal sehr unterschiedlich aus. Dies wird in den untersuchten Profilen (siehe unten) deutlich und soll unter anderem in Kapitel 8 weiter erklärt werden. Im Folgenden geht es um einen groben Überblick über die verschiedenen erkannten Schichten, ihre Zeitstellung und grundsätzliche Charakteristika. Darüber hinaus ist die Nummerierung beziehungsweise Bezeichnung der Schichten besonders wichtig für das Verständnis der Präsentation der Resultate.

Tabelle 9 Zürich-Opéra. Kulturschichten.

Übersicht über die Stratigraphie mit den Kulturschichten (übergeordnete Schichten) nach Bleicher 2015.

Schichten	Typ	Datierung	Archäologie
	<i>Auffüllung Bürkli</i>		
1	Dunkelgraue Seekreide mit Sand	Neuzeitlich	Hafen/Auffüllung
	<i>Seekreide</i>		
10 / R	Schicht mit Holzkohle und Steinen		Reduktionshorizont
	<i>Seekreide</i>		
17	Aufgearbeitete Kulturschicht mit Holzkohle, organische Basis	2753 / 2730 v. Chr.	Schnurkeramik
	<i>Seekreide</i>		
16	Aufgearbeitete Kulturschicht mit Holzkohle, organische Basis	um 2885 v. Chr.	Spätes Horgen
	<i>Seekreide</i>		
15	Aufgearbeitete Kulturschicht mit Holzkohle	um 3065 v. Chr.	Mittleres Horgen
	<i>Seekreide</i>		
14	Organische Kulturschicht	um 3090 v. Chr.	Mittleres Horgen
	<i>Seekreide</i>		
13	Organische Kulturschicht	um 3165 v. Chr.	Frühes Horgen
	<i>Seekreide</i>		
12 (PH)	Stark aufgearbeitete Kulturschicht	um 3230 v. Chr.	Frühes Horgen
	<i>Seekreide</i>		
11	Graue, sandige Seekreide		In dieser Schicht wurde ein Skelett gefunden

Zuunterst lag eine graue sandige Seekreide in der ein Skelett gefunden wurde. Es handelt sich um einen Off-Site Fund, denn ansonsten gibt es keine Hinweise auf menschliche Aktivitäten. Die Untersuchung des Skelettes steht noch aus, es könnte sich aber um eine „Wasserleiche“ handeln. Dass ein solcher Befund nicht ungewöhnlich sein muss, zeigt ein eisenzeitliches Skelett aus dem Haldenbereich von Greifensee-Böschen (Eberschweiler et al. 2007, S. 28). Dieses Skelett lag allerdings oberflächlich und nicht wie auf der Grabung Opéra unter allen Siedlungsschichten. Aus der benachbarten Fundstelle Zürich-Mozartstrasse kennt man drei Skelette, die pfnzeitlich datieren und mit einem Siedlungsbrand in Verbindung gebracht werden, sowie weitere Skeletteile, die den Horgener und frühbronzezeitlichen Siedlungsphasen zugeordnet werden (Etter und Menk 1983). Die älteste Kulturschicht (Schicht 12) wird an den Übergang Cortaillod/Pfyn datiert und fällt sehr diffus aus. Eingebettet zwischen zwei gelblichen, gebänderten Seekreiden kann man eine graue Seekreidelage erkennen, die ein braunes, schwach organisches Band enthält. In stärker organischer Ausprägung hat sich die Schicht im Bereich der Zufahrt Schillerstrasse erhalten (Bleicher 2011b). Im Verlauf der Auswertungsarbeiten hat sich allerdings herausgestellt, dass es sich bei der Schicht 12 im Areal des Parkhauses (Schicht 12 PH) und der Schicht 12 im Bereich der Zufahrt Schillerstrasse (Schicht 12 S) um zwei getrennte Schichtkörper handelt. Die Schicht 12 S datiert über ein ¹⁴C-Datum und Keramikfunde ins Pfyn, während Schicht 12 PH dendrochronologisch und typologisch klar um 3230 v. Chr. datiert werden kann (Bleicher und Harb 2015, S. 50). Im Bereich Schillerstrasse lag jedoch die Horgener Schicht 12 teilweise auch ohne erkennbare Trennung auf der Pfyner Schicht, was die Ansprache der Schicht insgesamt sehr schwierig gestaltete. In der vorliegenden Studie wird nur die Schicht 12 PH betrachtet, da keine Proben aus dem Bereich der Zufahrt Schillerstrasse untersucht wurden.

Wiederum jeweils durch Seekreiden von den Schichten im Liegenden und Hangenden getrennt, folgen die beiden Kulturschichten 13 und 14. Diese beiden Schichten zeichnen sich dadurch aus, dass sie besonders stark organisch ausgeprägt sind. Die Kulturschicht 13 datiert in das frühe Horgen, während die Kulturschicht 14 bereits dem mittleren Horgen zugewiesen werden kann. Bei der Kulturschicht 13 handelt es sich im Prinzip um die „Hauptschicht“ der Grabung, die – wie die Kulturschicht 12 – über die gesamte Grabungsfläche nachgewiesen werden konnte. Im mittleren und südlichen Bereich der Grabung ist die Schicht besonders mächtig ausgeprägt. Im nordwestlichen Grabungsbereich, wo sich auch die Kulturschicht 14 und weitere jüngere Schichten erhalten haben, fällt die Kulturschicht 13 weniger mächtig aus.

Die jüngeren Schichten 15 (mittleres bis spätes Horgen), 16 (spätes Horgen) und 17 (Schnurkeramik) haben sich ebenfalls vor allem im westlichen beziehungsweise nordwestlichen Bereich der Grabung erhalten. Schicht 17 konnte nur auf wenigen Quadratmetern gefasst werden. Im Südteil verschwindet Schicht 15 ab einem bestimmten Punkt, so dass Schicht 16 direkt auf Schicht 14 folgt. Diese Schichten sind nicht sehr organisch ausgeprägt und sind vor allem als grau „verfärbte“ Seekreide mit viel Holzkohle zu erkennen. Als Schicht 10 wird der Reduktionshorizont (zum Begriff siehe Kapitel 8.2.2) bezeichnet. In der Schicht wurde Keramik aus dem Horgen, der Schnurkeramik sowie sogar aus der Bronzezeit gefunden. Im mittleren Grabungsbereich liegt er direkt über Schicht 13, im Nordosten ist er gar nicht erhalten. Nach einer Seekreidelage kommt ein graues, mikritisches Sediment, welches relativ viel Sand enthält. In dieser Schicht wurden stellenweise organische Bänder entdeckt. In einem dieser Bänder wurde ein römischer Leistenziegel gefunden, was darauf hindeutet, dass wir hier die jüngsten Schichten fassen. Abgeschlossen wird die Stratigraphie jeweils von den Verfüllschichten der Quaianlage von Bürkli im 19. Jahrhundert.

5.2.3 Material und Methode

Wichtigstes Ziel bei der Auswahl der Proben war es, die grosse flächenmässige Ausdehnung der Fundstelle auszunutzen. Dennoch waren auch die spezifische Qualität der Proben und ihr Potential zur Beantwortung der hier untersuchten Fragestellungen von grosser Bedeutung. So konnten in der vorliegenden Studie insgesamt 27 Proben von Zürich-Opéra bearbeitet werden, die sich – wenn nicht ganz regelmässig – über die gesamte Grabungsfläche verteilen (Abb. 14). Etliche Profile konzentrieren sich dabei auf den zentralen Bereich der Grabungsfläche, womit der guten Ausprägung von Schicht 13 in diesem Bereich und der in ihr enthaltenen Komplexität Rechnung getragen wird. Darüber hinaus wird der seewärtige Bereich mit den beiden Profilen 477/142.9 sowie 475/142.9 abgedeckt. Die beiden dicht aneinander gelegene Profile sollen einen direkten Vergleich und somit eine Analyse auf laterale Wechsel in den dort vorhandenen Schichteinheiten ermöglichen. Mit den Profilen 492/160 und 474/178 wurde ein Gradient durch den zwischen diesen Profilen gelegenen Spülsaum gelegt. Die Profile 519/160 und 519/123 liegen im äussersten Nord- beziehungsweise Südosten und damit in einen Bereich ausserhalb auffälliger linearer Strukturen. Letztere können eventuell als Palisaden oder Wege gedeutet werden und kennzeichnen somit den äussersten Rand der Siedlung beziehungsweise eigentlich einen Bereich ausserhalb der überbauten Fläche (Abb. 15).

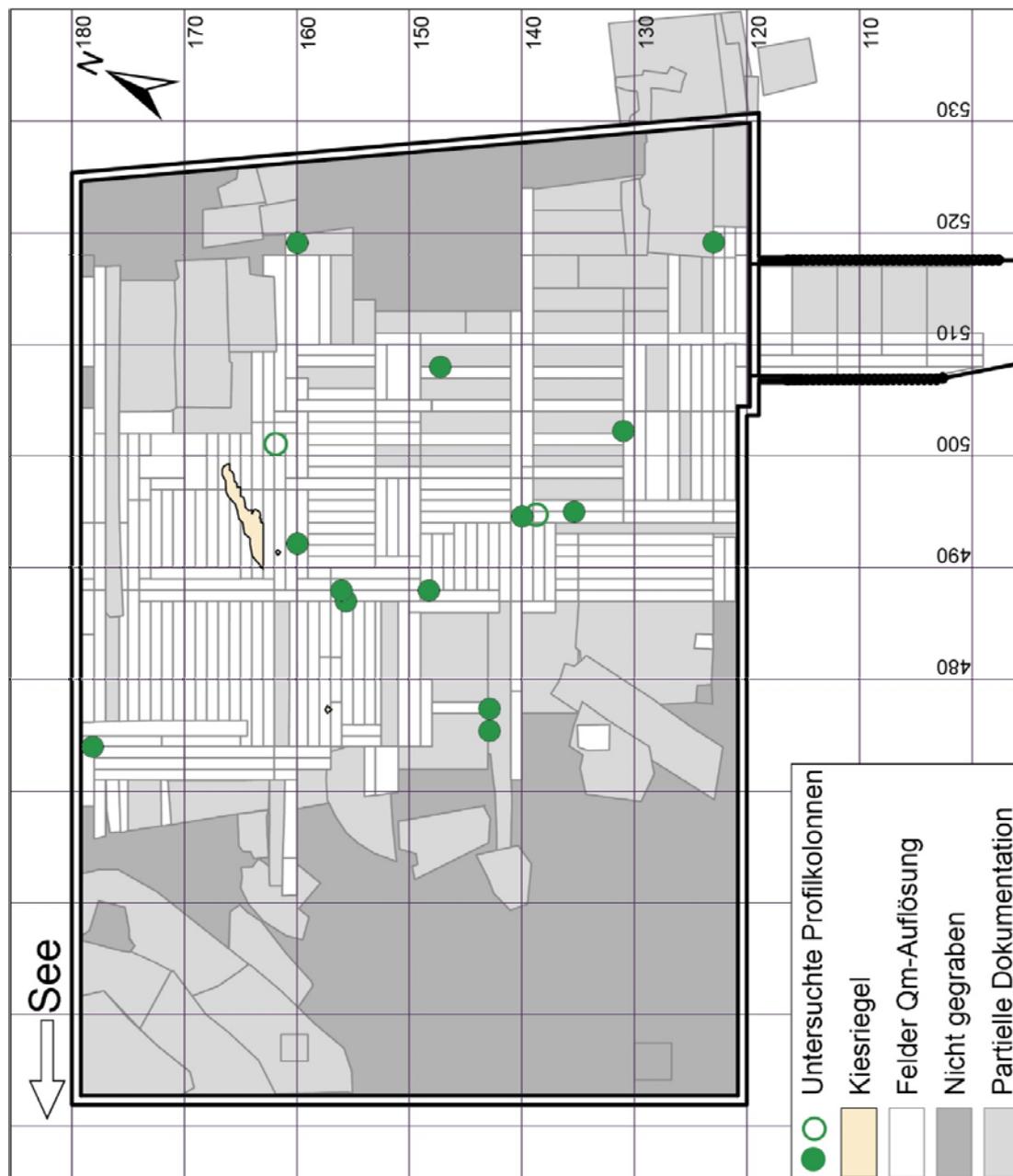


Abbildung 14 Zürich-Opéra. Untersuchte Profilkolonnen.

Plan der Ausgrabung Zürich-Opéra mit Einzeichnung der beprobten Profile. Die mikromorphologisch untersuchten Profilkolonnen sind mit einem ausgefüllten grünen Kreis gekennzeichnet, während die sedimentologisch untersuchten Profilkolonnen durch einen leeren grünen Kreis angegeben werden (Grafik: Amt für Städtebau der Stadt Zürich –Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie).

Obwohl das seewärtige Ende der Siedlung aufgrund der oben erwähnten baustatischen Gründe nicht erfasst werden konnte, kann anhand der ausgewählten Profile ein umfassender Eindruck von den in der Grabung Zürich-Opéra vorkommenden Schichten gewonnen und ihre

Geometrie über Strecken von 50-60 m verfolgt und analysiert werden. Die Profile wurden dabei entweder mittels mehrerer 25 cm Plastikkisten oder 60 bis 80 cm langen Blumenkisten beprobt. Letztere machten eine Unterteilung in Teilproben notwendig, die wiederum mittels 20 und 25 cm langen Plastikkisten vorgenommen wurde. Mit den übrigen, in einem weiterführenden Projekt ausgewerteten Proben (Pümpin et al. 2015) gilt Zürich-Opéra als eine der am umfangreichsten und grossflächigsten beprobten Seeufersiedlungen der Schweiz.

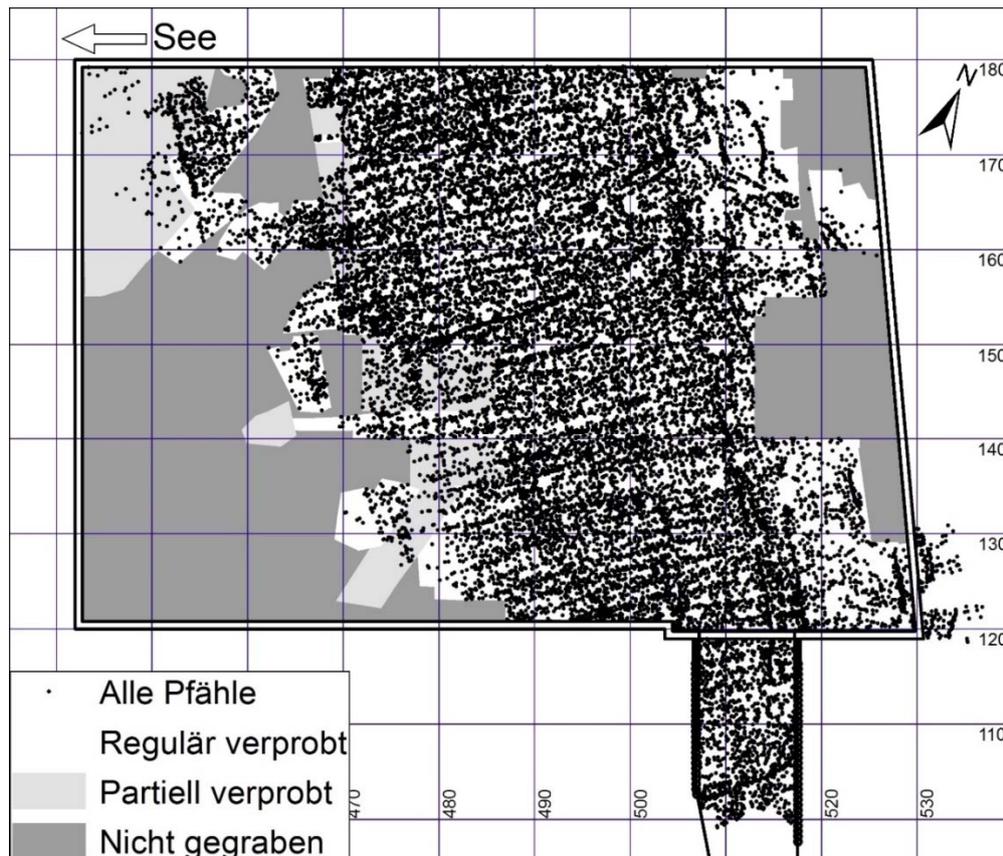


Abbildung 15 Zürich-Opéra. Pfählpfadplan.

Kartierung aller eingemessenen Pfähle auf der Grabungsfläche. Es sind bereits einzelne Baufluchten durch dicht gesetzte Pfähle zur erkennen. Im Osten zeichnen sich lineare Strukturen ab, bei denen es sich um Palisadenverläufe und Stege handeln dürfte. Aus Bleicher et al. 2015, S. 122 Abb. 121 (Grafik: Amt für Städtebau der Stadt Zürich –Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie).

5.2.4 Resultate

Profil 494/140

An der Unterkante der Grabungsfläche liegt ein markanter grauer Silt (Schichteinheit 412), in dem, in unmittelbarer Nähe zu dem besprochenen Profil, ein Skelett gefunden wurde (siehe oben). Das Sediment beinhaltet ausserdem mehrere grössere Steine, die aber nicht mit der Probe erfasst wurden. Den Abschluss an diese Schichteinheit bildet ein dünnes, dunkleres Band mit einem gewissen organischen Anteil, dem auf der Grabung keine Schichtnummer zugeteilt wurde. In diesem Band eingebettet, aber noch ins Hangende reichend, liegen ebenfalls kleinere Steine. Es folgen Lagen aus fein- bis mittelsandigen karbonatischem Silt mit Mollusken und wenigen Holzkohlen (Schichteinheit 409) bis schliesslich die jeweils dreiteilige graue Schicht 12 auftritt. Sie lässt sich in die Schichteinheiten 408, 421 und 420 unterteilen. Es handelt sich dabei um zwei Lagen aus leicht tonigem Silt, welcher durch ein dünnes, verstärkt organisch erscheinendes Band aufgeteilt wird. Auf diese Schicht folgt wiederum ein gebänderter Silt (Schichteinheit 407). Direkt an der Unterkante des sich daran anschliessenden, dunkelbraunen organischen Schichtpakets liegt ein heterogen erscheinendes Substratum (Schichteinheit 406a). Vordergründig ist es ein Silt mit Molluskenschalen und Holzkohlen, der aber dunkel gefärbte Spuren aufweist, die wie Intrusionen aus der organischen Schicht im Hangenden erscheinen.

Der Übergang zur organischen Schicht 13, welche hier mit Schichteinheit 406 beginnt, fällt trotz dieses vermittelnden Substratums recht scharf aus. Sofort ist auch kein Karbonat im Sediment mit der HCl-Methode nachweisbar. Die organische Schicht fällt vergleichsweise kompakt aus und enthält Holz, Äste sowie etwas Kies und Holzkohle. Es kommen nur wenige Lehmaggregate vor, allerdings folgt nur kurz darüber eine Lehmlage (Schichteinheit 417). Die Schichteinheit 416 ist dann wieder sehr organisch ausgeprägt, wobei Holzkohle und Hölzer mit Brandspuren zunehmen zu scheinen. Es schliessen wiederum eine Lehmlage (Schichteinheit 415) sowie eine organische Schichteinheit (405) in Wechsellage an. Die Lehmlagen weisen bei der Betrachtung des Gesamtprofils eine nur sehr schwach linsenförmige Ausprägung auf und laufen im Profil nach Westen hin aus. In der oberen organischen Schichteinheit (405) überwiegen die groben Komponenten mit viel Holzkohle und angekohlten Hölzern.

Mit einem deutlich ausgeprägten Übergang geht es von der dunkelbraun bis braunschwarzen organischen Schichteinheit mit viel Holzkohle (405) zu einem dunkelbraunen Silt über (Schichteinheit 402). Bemerkenswert ist, dass im Silt neben Mollusken auch angekohlte Hölzer auftreten. Es folgt ein gelblichgrauer Silt vergleichbarer Ausprägung (Schichteinheit 404), der schliesslich in eine Steinlage (401) übergeht, die mit dem Reduktionshorizont 10 in Verbindung gebracht werden kann. An der Basis der Steinlage haben sich viel organisches Material sowie Wurzelspuren erhalten. Über den Steinen liegt ein fleckig ausgeprägter, grauer Silt (401), der neben Mollusken auch Holzkohle enthält. Das auffällige organische Band (411), welches sich hier deutlich im Silt abzeichnet, wurde nicht beprobt. Es ist aber insofern interessant, da in der Nähe des hier betrachteten Profils ein römischer Leistenziegel in dieser Schicht gefunden wurde (mündliche Mitteilung Bleicher 2010). Darüber schliessen jüngere Schichten an, welche mit dem Bau der Stadtbefestigung im 17. Jahrhundert und noch jüngeren Aktivitäten in Verbindung stehen. Die späteren Auffüllschichten zur Ufergewinnung sind hier nicht erfasst.

Probe ZHOP 220

Die analysierte Schichtsequenz beginnt mit Schichteinheit 412, einer leicht feinsandigen (10%) Seekreide. Mit Molluskenschalen und Stängeln sowie Oogonien von Characeen wird primär ein limnisches Ablagerungsmilieu angezeigt. Der nicht ganz unwesentliche Feinsandeintrag könnte die Aktivität eines in der Nähe gelegenen Baches andeuten. Da die Holzkohle jedoch keine Verrundung aufweist, wie es bei einem Transport in einem Bach anzunehmen wäre, ist auch eine differenziertere Herkunft des Sediments möglich. Es ist etwa nicht auszuschliessen, dass es sich auch um einen Eintrag aus Siedlungen in der Nähe gehandelt haben könnte. Diese nahegelegenen Siedlungsschichten könnten dann in gleicher Weise für das ebenfalls in dieser Schicht vorhandene organische Gewebe verantwortlich gemacht werden.

Die Schichteinheit 409 wird im Rahmen der mikromorphologischen Analyse viergeteilt, wobei zwei dieser Unterschichten in der Probe ZHOP 220 enthalten sind: Das untenliegende Substratum 409a ähnelt in vielerlei Hinsicht Schichteinheit 412 im Liegenden, fällt aber weniger sandig aus und enthält zudem etwas mehr Holzkohle. Die Holzkohle ist hier leicht verrundet. Diese ausgesprochen geringmächtige Schicht war bereits makroskopisch im Profil erkennbar, hat aber auf der Ausgrabung keine eigene Schichtnummer bekommen. Auf dieser Höhe waren kleine Steine und gemäss der makroskopischen Probenbeschreibung ein Ast, Zweige sowie Tonaggregate im Profil erkennbar. Es könnte sich hier gut um Anzeiger und Überreste einer

frühen Regression des Sees mit erhöhtem organischem Eintrag – etwa aus einer nahegelegenen Siedlung – handeln.

Nach oben zum Substratum 409b hin nimmt sowohl der organische Eintrag wie auch der Feinsandanteil und die Holzkohle ab. Sie sind jeweils nur noch in Spuren von etwa 2% vorhanden, während der Karbonatgehalt dieses Sediments auf bis zu 84 Flächenprozent ansteigt. Die genannten Charakteristika, gut erhaltene Molluskenschalen und andere limnischen Zeiger sowie die deutlich erkennbare Bänderung weisen die Schicht als gebänderte Seekreide aus, welche sich unter eher ruhigen Bedingungen in etwas tieferem Wasser gebildet hat (vgl. Kapitel 8.1.1).

Probe ZHOP 248

Die gebänderte Seekreide 409b findet gewissermassen in der Seekreide Substratum 409c eine Fortsetzung. Es handelt sich um einen sehr massiven, kompakten Mikrit, der immer noch ein klein wenig (2%) Feinsand sowie einen grösseren Rest (1,5 cm lang) organisches Gewebe enthält. Die Schicht wird von dem viel lockereren Mikrit 409d abgelöst, der zudem mehr gut erhaltene Mollusken und Characeenstängel sowie Oogonien enthält. Vor allem durch diese Komponenten wirkt das Sediment im Dünnschliff lockerer und poröser. Der Grund für die Unterschiede zwischen den beiden Substrata ist in einem Wechsel des Sedimentationsmilieus zu suchen, in dem mehr solche limnischen Komponenten sedimentiert wurden. Es ist ausserdem eine Bänderung der Seekreide erkennbar. Nach oben hin sind einzelne verrundete Holzkohlen zu erkennen, welche gewissermassen bereits die nachfolgende Schicht „ankündigen“.

In Substratum 409e scheint mit etwas mehr Holzkohle und organischem Eintrag wieder ein stärkerer Einfluss einer nahegelegenen Siedlungstätigkeit in das Sediment Eingang zu finden. Ansonsten handelt es sich aber immer noch um eine eindeutig limnisch gebildete schwach organische Seekreide. Mit einer diffusen Grenze geht sie in Schichteinheit 408 über, welche makroskopisch grauer erscheint und mikromorphologisch vor allem durch einen leicht höheren Holzkohleanteil (etwa 5%) auffällt. Immer wieder gibt es diagonal verlaufende Kavernen, in denen sich durch die Trocknung bei der Probenpräparation geschrumpftes organisches Material befindet. Obwohl eine derartige Ansprache als sehr wahrscheinlich erscheint, ist es in diesem Fall allerdings zu schlecht erhalten, um eindeutig von Wurzeln sprechen zu können (Abb. 16A). Die besprochene Schichteinheit gehört als unterste Lage zu den drei Schichteinheiten,

welche als übergeordnete Schicht 12 bezeichnet werden. Die zweite Schichteinheit dieses Paketes (Schichteinheit 421) erscheint makroskopisch dunkler und lässt sich deutlich von 408 abgrenzen. Die dunkle Farbe geht auf viele Holzkohlestückchen in der Feinsandfraktion sowie Holzkohleflitter zurück (Abb. 16B). Ausserdem ist sie einem höheren Anteil an feinem und feinstem organischem Material geschuldet. Die Holzkohle und das organische Material liegen in dieser Schicht sehr gut horizontal eingeregelt vor. Insgesamt ähnelt 408 in der Schichtausprägung dem Substratum 409a, weshalb an dieser Stelle nochmals für eine frühere Regressionsphase plädiert wird.

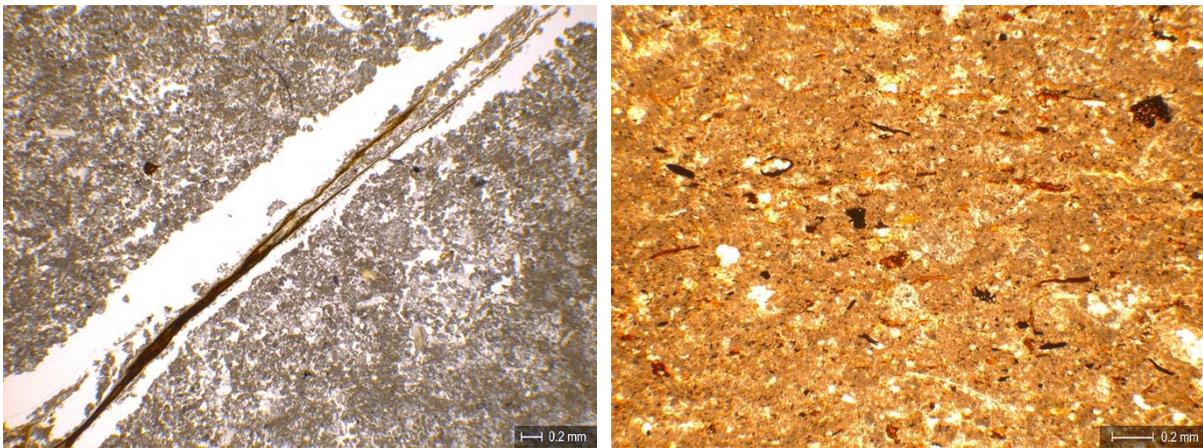


Abbildung 16 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 248.

A) Links: Eine mögliche Wurzel läuft diagonal durch Schichteinheit 408 aus massivem Mikrit (PPL). **B) Rechts:** Im massivem Mikrit 421 verteilt finden sich feine Holzkohleflitter und amorphes organisches Feinmaterial (PPL).

Nach oben schliesst Schichteinheit 420 dieses Dreischichten-Konstrukt ab. Die Schichteinheit 420 ähnelt dabei sowohl in Farbe als auch in der mikromorphologischen Ausprägung der Schichteinheit 408, wobei der Anteil an organischem Material und Holzkohleflitter hier sogar noch leicht geringer, der Sandgehalt dafür leicht höher ausfällt. Davon abgesehen zeigt diese Schicht eine leichte Bänderung. Nachdem der Holzkohleanteil zunächst wieder etwas zurückgegangen ist, steigt er in Schichteinheit 407 wieder auf ca. 5% an. Dabei handelt es sich bei diesem Sediment ansonsten um eine fast reine Seekreide mit keinem erkennbarem Sandeintrag. An Komponenten liegen hier nur 2% organisches Material und vor allem Characeenstängel vor, welche das Sediment insgesamt eher locker erscheinen lassen.

Probe ZHOP 247

Nach oben setzt sich Schichteinheit 407 in Probe 247 fort. Sie behält im Wesentlichen die bereits beschriebenen Charakteristika über den Schichtverlauf bei, wobei gegen oben die Porosität etwas abnimmt. Auffallend ist, dass neben Molluskenschalen auch Characeenstängel und Oogonien in fragmentierter Form vorliegen. Die Fragmentierung letztgenannter Komponenten könnte die Quelle für das reichliche Vorkommen von Sparit in dieser Schichteinheit sein und somit auf eine Beeinflussung durch Wellenschlag während der Sedimentation hinweisen. Die Bänderung des Sediments hingegen deutet eher auf ruhigere Sedimentationsbedingungen hin.

Mit dem diffus ausfallenden Übergang zum Substratum 406a nimmt der Anteil an unsortiertem Fein- bis Grobsand deutlich zu. Daneben sind auch Kies und leicht verrundete Lehmbrocken zu erkennen. Holzkohle und organisches Gewebe haben zusammen etwa 10% Anteil an den Bestandteilen dieses Sediments. Die Holzkohle ist leicht kantig und die Gewebefragmente sind vergleichsweise schlecht erhalten. An einem Lehmbrocken ist ein fragmentierter Mohnsamen anheftend (Abb. 17A). Somit kann man an diesem Substratum einen zunehmenden Eintrag von nicht seebürtigen Komponenten feststellen. Trotzdem lassen sich neben dem Mikrit immer noch Oogonien von Characeen nachweisen. Makroskopisch sind an dieser Schicht vor allem die sich dunkel abzeichnenden organischen Intrusionen und gangartige Verfärbungen auffällig. Im Dünnschliff erkennt man hier zwar immer wieder amorphes organisches Feinmaterial in der Seekreidematrix, doch eine scharfe Grenze zu Bereichen mit weniger organischem Feinmaterial fehlt. Interessanterweise lassen sich in dieser Probe auch stark geschrumpfte Wurzeln erkennen, die von der stärker organisch geprägten Schicht im Hangenden in das hier beschriebene Niveau hineinreichen (Abb. 17B). Es ist ausserdem sehr gut erkennbar, dass sich die Wurzelkanäle nicht weiter in das obere Substratum 406b eindringen. Interessant ist an dieser Stelle auch der Übergang zwischen 406a und 406b. Dieser ist grundsätzlich klar ausgebildet, was zudem durch eine Lücke – bedingt durch Lufttrocknungsartefakte – unterstrichen wird. Trotz dieser künstlichen Einschränkung lässt sich ein schmaler (1.2 mm) Übergangsbereich erkennen, in dem sich der Mikrit zunehmend mit organischem Material vermischt.

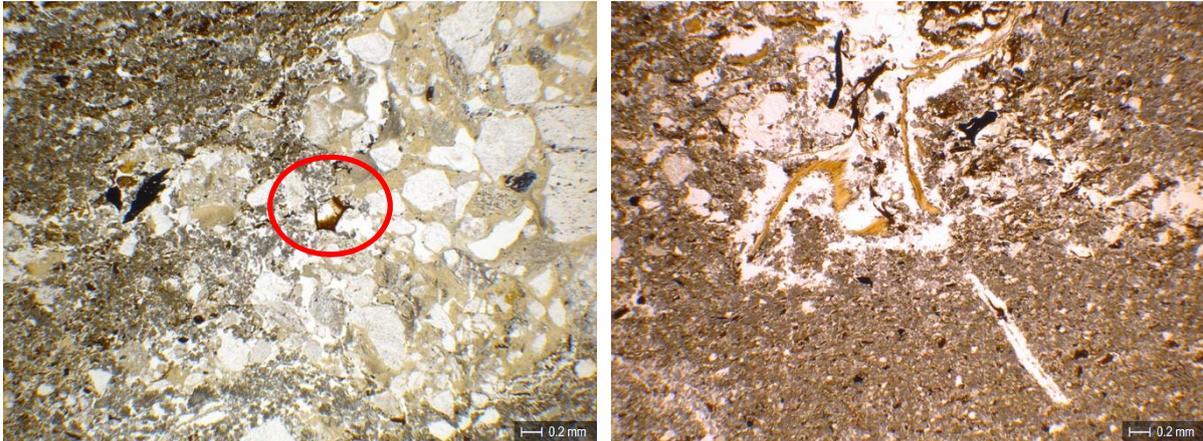


Abbildung 17 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 247.

A) Links: Im rechten Bildabschnitt ist in Schichteinheit 406a ein toniger (gelblich) und grobsandiger Lehmbrocken zu erkennen. Im Zentrum des Bildes ist der fragmentierte Mohnsamen angezeichnet (PPL). **B) Rechts:** In der mikritischen Matrix von 406a liegt eine Zone mit größeren organischen Komponenten aus, der sich eine mögliche Wurzel in einem schräg verlaufenden Kanal in die untenliegende Schicht erstreckt (PPL).

Am beschriebenen Übergang beginnt mit 406b ein stark organisches Sediment, welches sich in vielerlei Hinsicht von den untenliegenden und von Mikrit dominierten Schichteinheiten unterscheidet: Zum einen fällt ein starker Anstieg von Sand (20%), Holzkohle (10%) und natürlich des organischen Materials (45%) auf. Auch die Porosität steigt auf 28% an. Die Zunahme dieser Bestandteile äussert sich ebenfalls in einem Wechsel des c/f-Ratios von 2/8 oder 1/9 in den mikritischen Schichten hin zu 6/4 in der Schicht 406b, womit folglich mehr grobe Komponenten als Feinmasse vorliegen. Dies äussert sich zudem in einem Wechsel der c/f-Relativverteilung (c/f-RDP) von offen porphyrisch in den mikritischen Schichten zu enaulisch in der organischen Schicht. Neben dem schwach sortieren Fein- bis Grobsand kommen auch Lehmbrocken vor. An einem dieser Lehmbrocken haftet ein Sklerotium an (Abb. 18A). An organischem Material halten sich Gewebefragmente und amorphes Feinmaterial etwa die Waage. Es kommen aber auch viele Makroreste wie Blätter, Misteln, Zweige und vieles anderes mehr vor. Hinzu kommt ein geringer Dunganteil. Das organische Material sowie die Lehmbrocken unterstreichen den anthropogen eingebrachten Charakter dieser Schicht. Das Sklerotium legt nahe, dass der Lehmbrocken aus dem Oberbodenbereich stammt. Dies wird unterstrichen von einem nicht mehr erkennbaren Tonanteil sowie einer Vermischung des Brockens mit organischem Material und Holzkohle.

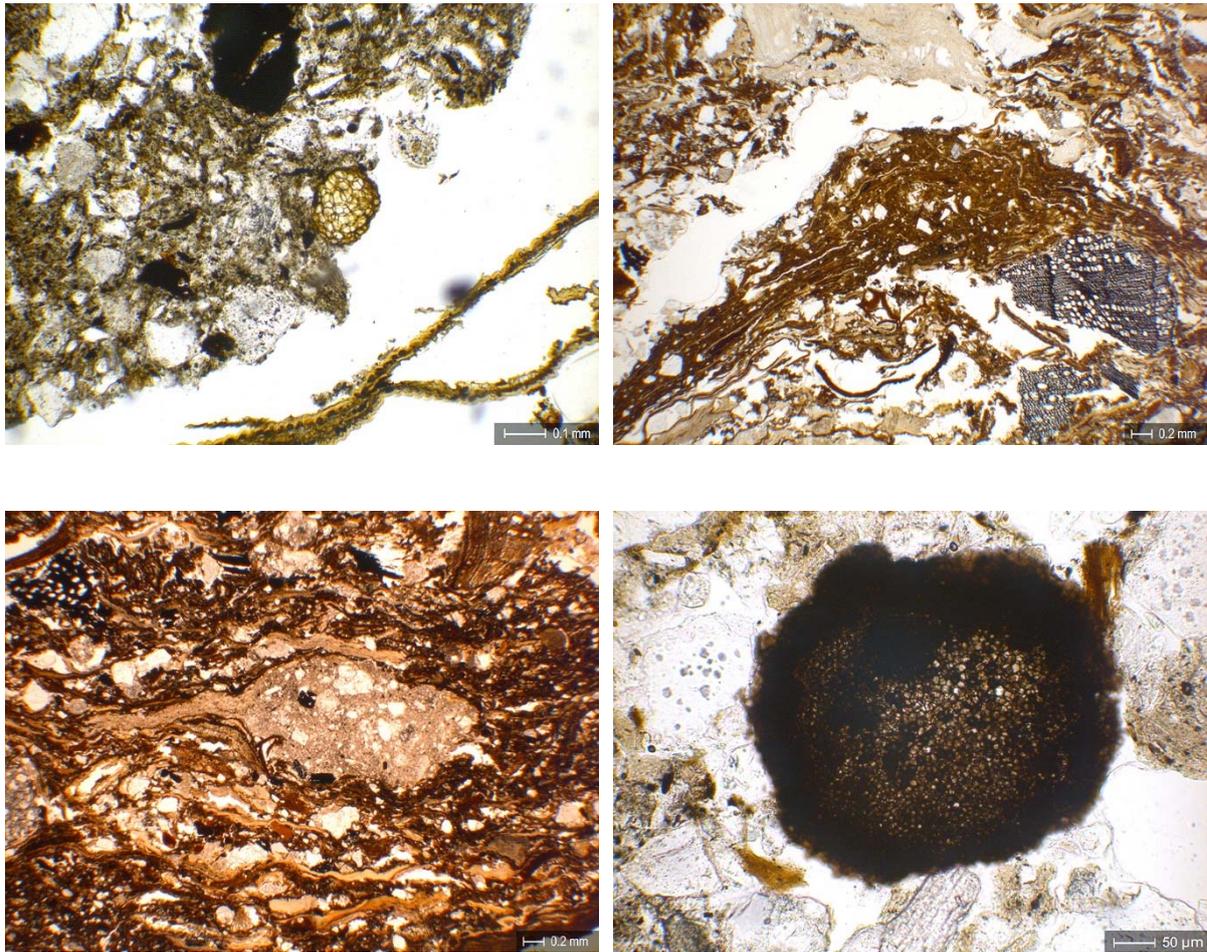


Abbildung 18 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 247.

A) Oben links: Eine Konzentration von Pilzsporen an einem Lehmbrocken in Schichteinheit 406b (PPL). B) Oben rechts: Stark zersetztes organisches Material in Schichteinheit 406c mit einem gewissen Gehalt an Quarzsand (kantige weisse Komponenten) und Holzkohle (unterer Bereich, rechts; PPL). C) Unten links: Ausgepresster Lehmbrocken in organischer Matrix (Schichteinheit 406d) mit nach links abfließendem Ton (PPL). D) Unten rechts: Nahaufnahme eines Sklerotium (PPL).

Es folgt eine Sequenz aus organisch geprägten Schichten, welche hier in die Schichteinheiten 406c-e unterteilt werden. All diese Sedimente haben gemeinsam, dass bei ihnen die groben Komponenten bei weitem über die Feinmasse überwiegen (c/f -Ratio von $7/3$ bis $8/2$) und sie ein enaulisches Verteilungsmuster aufweisen. Sie besitzen zudem allesamt einen hohen Anteil an organischem Material, wie Gewebereste, Feinmaterial und verschiedene Makroreste. Die Feinmasse besteht aus organischem Detritus. Es ist ausserdem ein Anteil an Dung oder stark zersetztem organischem Material vorhanden, wie etwa eine stark sandhaltige Struktur in 406c zeigt, die an subfossilen Wiederkäuerung erinnert (Abb. 18B). Die Unterteilung in verschie-

dene Schichten konnte vor allem aufgrund des wechselnden mineralischen Anteils vorgenommen werden, wobei allen Schichten ein recht hoher Sandanteil von 15-30% gemeinsam ist. Der frei in der organischen Schicht verteilte Quarzsand sowie die ebenfalls vorhandenen Gesteinsfragmente zeigen vergleichbare Korngrößen und weitere Charakteristika, wie sie auch am Quarzsand und an den Gesteinsfragmenten in den Lehmbrocken vorkommen. Von daher liegt der Schluss nahe, dass der Sandanteil in der Kulturschicht von aufgelösten Lehmbrocken herrührt. Die enge Verzahnung von Lehmbrocken und organischem Material kann man an einem Lehmbrocken erkennen, dessen Feinanteil in die organische Matrix ausläuft (Abb. 18C). Derart zerdrückte Lehmbrocken könnten auf Lösungserscheinungen oder sogar auf eine Begehung („Trampling“) der Schicht hinweisen. In die gleiche Richtung können auch die auffallend kompaktierten Lagen des organischen Materials interpretiert werden. Dieser Befund soll in Kapitel 8.2.1 weiter diskutiert werden. 406d weist gegenüber 406c einen höheren Anteil an Lehmbrocken auf. Das organische Material ist nicht besonders gut erhalten, wobei es auch zur Bildung von gelifiziertem organischen Material beziehungsweise Dopplerit kam (vgl. Kapitel 8.2.1). In Schichteinheit 406e macht das organische Material einen besser erhaltenen Eindruck. Es gibt zwar ganze Bereiche aus organischem Feinmaterial (Detritus), dann aber wieder Lagen mit gut erkennbaren Zweigen, Blättern und anderen grösseren organischen Resten. Es sind zwar auch hier Zersetzungsspuren in Form von Milbenkot zu erkennen, doch das organische Material macht keinen gelifizierten Eindruck wie dasjenige im Liegenden. Hinzu kommt ein leicht gesteigerter Anteil an Holzkohle inklusive Mikroholzkohle, welche mit der Detritusmasse vermischt vorliegt.

Eine relativ scharf ausgeprägte Grenze kennzeichnet den Übergang zu Schichteinheit 417a. Es handelt sich um eine heterogene, lockere Lehmlage. Sie besteht aus Lehmbrocken, welche mit schlecht erhaltenem gröberem organischem Material wie Blättern und Rinde vermischt sind. Es scheint eine mechanische Beeinflussung des organischen Materials stattgefunden zu haben, wie die fragmentierte Erhaltung der Mohnsamen nahelegt. Auffällig sind auch die mit 20% Flächenanteil relativ zahlreich vorkommenden Gesteinsfragmente in der Kiesfraktion. Bei einem dieser Gesteinsfragmente, einer Art Gneis, konnten Tonanhaftungen festgestellt werden, welche zum Gestein gehören und dessen Herkunft aus einer Moräneablagerung anzeigen. Bei den Lehmbrocken im Sediment handelt es sich um Brocken aus tonarmem Lehm, solche mit erkennbarem Tongehalt sowie stark detritushaltige Lehmbrocken. Diese heterogene Verteilung belegt, dass es sich um Lehm aus verschiedenen Tiefen im Bodenprofil einer nahegelegenen Moräne handelt, welcher vermutlich zu Bauzwecken in die Siedlung gebracht

wurde. Ein Sklerotium (Abb. 18D) könnte auch hier anzeigen, dass Lehmbrocken ebenfalls aus dem Bereich des Oberbodens entnommen wurden. Da er aber nicht in direktem Zusammenhang mit einem Lehmbrocken gefunden wurde, könnte es sich auch um eine lokale Bildung handeln und ein Trockenfallen mit Verwitterungsphase anzeigen. Weiterhin können Knochen in dem Sediment erkannt werden, welche in Zusammenhang mit dem ebenfalls in der Lehmlage nachgewiesenen organischen Material den Eindruck einer Lehmdeponie entstehen lassen. Es könnte sich also um eine Ablagerung in Form eines Abfallhaufens handeln, in dem Lehmbrocken einer Herdstelle zusammen mit Resten der Nahrungszubereitung entsorgt wurden. Ein mögliches Dungfragment von einem Wiederkäuer (Abb. 19A) könnte ebenfalls mit entsorgt worden sein, wobei die sich abzeichnende Omnipräsenz von derartigem möglichem Dung eine Entsorgungshandlung nicht zwingend notwendig macht und somit auch eine lokale „Entstehung“ als in Frage kommend erscheinen lässt.

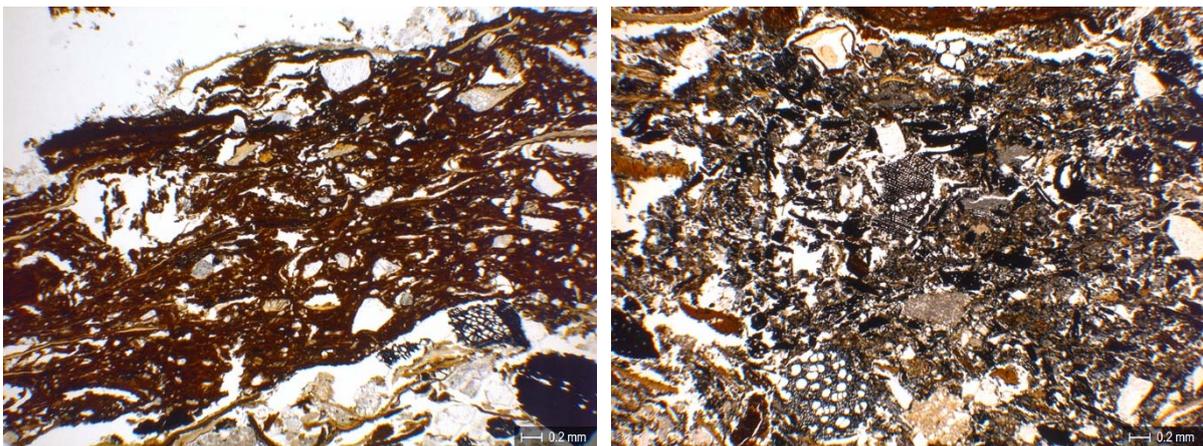


Abbildung 19 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 247.

A) Links: Möglicher Wiederkäuerdung mit Grobsand in Schichteinheit 417a (PPL). B) Rechts: Die heterogene Schicht 416c mit grösserem Holzkohleanteil. Daneben sind auch unverbrannte organische Komponenten zu erkennen. Die Matrix ist als Mischung aus Mikroholzkohle und Mikrit dunkelgrau gefärbt (PPL).

In Schicht 417b mischt sich ein zunehmender Detritusanteil zwischen den weiterhin vertretenen Sand und die Lehmbrocken. An grösseren organischen Resten sind vor allem Zweige, Blätter, Moos und Rinden vorhanden. Insgesamt macht das organische Material einen eher abgebauten Eindruck und es konnte auch hier wieder ein Sklerotium identifiziert werden. Darauf folgt mit 416a ein mit nur 5 mm Mächtigkeit relativ dünnes und stark detritushaltiges Band, welches daneben vorwiegend Zweige, Lehmbrocken und ein Keramikfragment enthält. Der Detritus ist relativ stark mit Quarzsand durchsetzt und die Lehmbrocken sind zum Teil leicht

ausgepresst. In Verbindung mit dem Nachweis eines Sklerotiums kann hier wiederum vorsichtig auf eine mögliche Verwitterungsphase geschlossen werden. Eventuell handelt es sich um eine ehemalige Oberfläche, worauf der Detritusanteil, die horizontale Einregelung der Komponenten sowie die Lehmbrocken hinweisen könnten. Immer noch sehr sandhaltig (20%) präsentiert sich Schicht 416b wieder mit weniger Detritus, dafür aber mit größeren organischen Komponenten und mehr Lehmbrocken. Besonders auffallend sind viele Zonen mit Dopplerit. Es handelt sich hier jedoch um eine heterogene Erhaltung des organischen Materials, da auch gut erhaltene Makroreste wie Moose und Him-/Brombeersamen vorkommen. An der Oberkante der Schicht ist erneut ein recht sandiges organisches Aggregat zu erkennen, welches stark an ein Fragment von Dung eines Wiederkäuers erinnert. Mit Schichteinheit 416c im Hangenden liegt eine eigentliche Holzkohleschicht vor, die von Mikroholzkohle bis hin zu Stücken in der Kiesfraktion alle Grössen von Holzkohlen enthält. In diese Holzkohlematrix eingebettet finden sich aber immer wieder unverkohlte organische Reste wie Gewebefragmente und vereinzelt Zweige. Auch einige fragmentierte und klar vom Feuer betroffene Knochen liegen vor. Es handelt sich folglich also um eine Art Brandschutt, der mit unverkohlten organischen Resten vermischt ist. Die Matrix dieses Sediments besteht nicht nur aus Mikroholzkohle, sondern auch aus karbonatischen Bestandteilen (Abb. 19B). Da keine Indizien für einen Eintrag von limnischen Sedimenten vorliegen, könnte bei den Karbonaten auf Holzasche geschlossen werden. Das als Brandschicht angesprochene Sediment steht mit einer mächtigen Brandschicht im Westen in Verbindung (siehe Kapitel 8.2.1 Reparaturen und Brände). Wobei die Durchmischung mit unverbrannten organischen Resten auch auf eine Brandschuttdeponie oder gar eine ausgeräumte Herdstelle hindeuten könnte. Die auffallend grossen Lehmbrocken zeigen stellenweise ein netzstreifiges b-Gefüge und sind auch sonst recht tonhaltig. Sie weisen keine deutliche Brandrötung oder sonstige erkennbare Feuereinwirkung auf.

Probe ZHOP 245

Die ersten beiden Schichteneinheiten von ZHOP 245 überschneiden sich mit den letzten beiden Schichteneinheiten in ZHOP 247. Da die Proben nur in wenig Abstand voneinander genommen wurden, ist die Schichtausprägung in beiden Fällen ähnlich. So beginnt Probe ZHOP 245 mit Schichteinheit 416b, einer mit der gleichnamigen Schichteinheit aus ZHOP 247 zu parallelisierende, sandig-organische Schicht, welche sich durch eher schlecht erhaltenes organisches Material auszeichnet. Dies umfasst auch die Bildung von Dopplerit sowie das Vorkommen von Dung und Knochen. In dem Dünnschliff ZHOP 245.4 beinhaltet sie ausserdem

noch auffallend grosse Gesteinsfragmente von mehreren Zentimetern im Durchmesser. Die Schicht wird als Kulturschicht mit Siedlungsabfällen angesprochen. Darüber folgt 416c, eine ebenfalls mit der gleichnamigen Schicht aus ZHOP 247 zu parallelisierendes, stark holzkohlehaltiges Sediment, das mit verbrannten und unverbrannten Knochen sowie ebenfalls unverbranntem aber schlecht erhaltenem organischem Material vermischt ist. Bemerkenswert ist hier besonders der deutliche Nachweis von Fischresten durch einen Fischwirbel (Abb. 20A). Ausserdem kommt recht viel Dopplerit vor. Darüber folgt eine Schicht (415) mit grossen Lehmbrocken, die in eine sehr ähnliche holzkohlehaltige Matrix eingebettet sind. Es handelt sich bei den Lehmbrocken sowohl um tonangereicherten Lehm mit gut erkennbarem b-Gefüge (getupft bis stellenweise kreuzstreifig) als auch um Lehm ohne im polarisierten Licht erkennbaren Tonanteil. Die Lehmbrocken weisen deutliche Durchwurzelungsspuren auf und in einem der Brocken ist ein Sklerotium zu erkennen (Abb. 20B). Der Lehm scheint aus einem Oberbodenbereich entnommen worden zu sein, weshalb diese Spuren von Bioturbation also nicht *in situ* oder synsedimentär entstanden sein dürften.

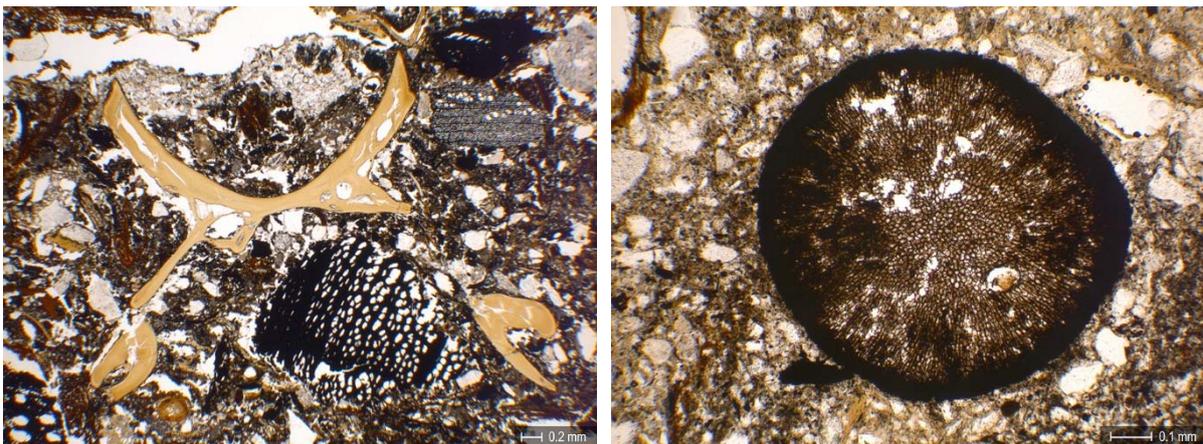


Abbildung 20 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245.

A) Links: Schnitt durch einen Fischwirbel in Schicht 416c (PPL). **B)** Rechts: Gut erhaltenes Sklerotium in einem Lehmbrocken in Schicht 415 (PPL).

Über dieser vor allem holzkohle- und lehmhaltigen Schichtabfolge liegt eine Kulturschichtsequenz, die sich in fünf Substrata (405a-e) unterteilen lässt. Bei 405a handelt es sich um eine heterogene Schicht mit verbreitet schwach sortiertem Quarzsand, Lehmbrocken und Detritus. Es kommen darüber hinaus auch Knochen, Dopplerit und ein Sklerotium vor. In 405b treten die Lehmbrocken zurück und das organische Material dominiert mit 45% Anteil die Schicht. Dabei handelt es sich sowohl um organischen Detritus wie auch grössere Gewebe- und Mak-

roreste. Bei letzteren überwiegen vor allem die Mohnsamen. Auch Knochen kommen in beachtlicher Menge vor – sie sind allerdings recht fragmentiert erhalten. Schichteinheit 405c zeichnet sich wieder weniger durch organischen Detritus, sondern durch Mikroholzkohle und Karbonat als Feinmasse aus. Insgesamt steigt der Anteil der Feinmasse leicht an, was durch eine Veränderung des c/f-Ratios von 8/2 auf 7/3 deutlich wird. Das in dem Sediment feststellbare Karbonat ist wiederum sehr wahrscheinlich aufgrund von ausbleibenden Indizien für einen Seeinfluss als Holzasche zu deuten. Das organische Material, welches hier vor allem in Form von Gewebereste vorliegt, ist schlecht erhalten und Dopplerit kommt ebenfalls vor. Dessen Anteil nimmt dann in 405d noch einmal mehr zu. In dieser Schichteinheit ist der Holzkohleanteil zwar gleichbleibend hoch, die Mikroholzkohle und die Holzasche fallen aber weg. Die Holzkohlen liegen hier in der Mittel- und Grobsandfraktion vor und auch das organische Material ist eher grob. Darüber hinaus ist es aber besonders schlecht erhalten (Abb. 21A) und es kommen wie oben erwähnt sehr viel Dopplerit sowie auch Sklerotien vor. Mit 405c wird also eine beginnende Brandschuttablagerung gefasst, welche mit 405d dann in besonders deutlicher Ausprägung festgestellt werden kann. Schicht 405e schliesslich setzt den grossen Anteil an größerem organischem Material fort. Darin kommen neben organischem Gewebe vor allem Rinden, Blätter, Tannennadeln sowie Mohnsamen vor. Das organische Material ist hier in der Tendenz besser erhalten als in der Schicht im Liegenden, wobei auch hier gewisse Verwitterungsspuren (Verlust der Zellstruktur bis hin zu beginnender Gelifikation) zu erkennen sind (Abb. 21B). Es ist immer noch ein deutlicher Sandanteil (20%) zu verzeichnen. Die hier beschriebene Sequenz organischer Schichten repräsentiert vermutlich unterschiedliche Entsorgungstätigkeiten, die im Zusammenhang mit der Besiedlung an dieser Stelle stattgefunden haben und zeigt darüber hinaus Hinweise auf Abbau von organischem Material, der möglicherweise in Verbindung mit einer Verwitterungsphase oder gar einem Trockenfallen der Schicht steht.

Abgeschlossen wird die Sequenz von einem Band aus schwachsortiertem Quarzsand (422a), der verbreitet mit Gesteinsfragmenten (20%) sowie wenig Holzkohle (10%) und organischem Material (10%) vermischt ist. Er bildet eine relativ scharfe Grenze zu der organischen Sequenz, was auf ein Erosionsereignis hinweist (siehe Kapitel 8.2.2 Einfluss von Überflutung und erosive Umlagerung). Es könnte sich hierbei also um den fluviatilen Eintrag eines Baches aus der Nähe gehandelt haben, der aufgrund grösserer Niederschläge Sand über die organische Schichtsequenz gespült hat. Dies könnte ein erstes Anzeichen für einen Seespiegelanstieg gewesen sein, der zu der nachfolgenden Erosionsschicht (422b) geführt hat.

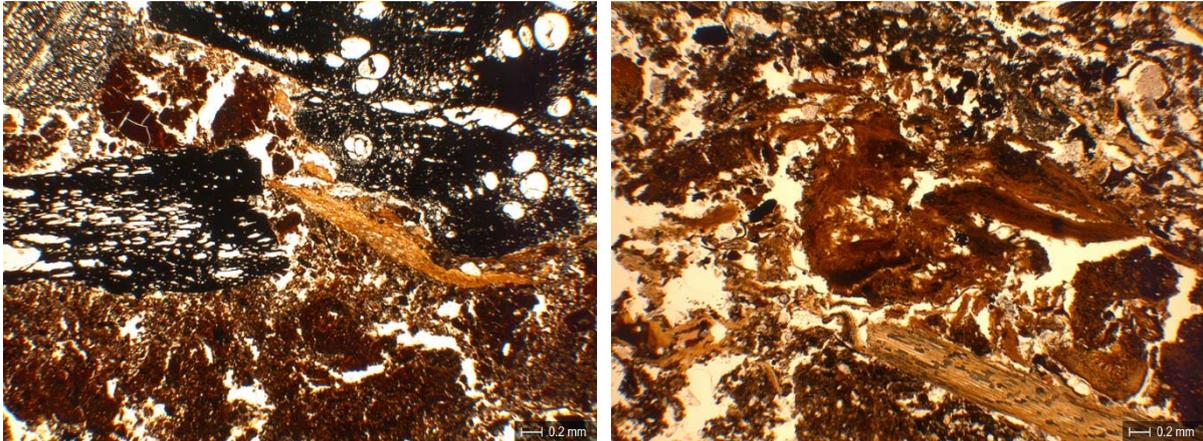


Abbildung 21 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245.

A) Links: Schlecht erhaltenes organisches Material und grosse Holzkohlen in Schichteinheit 405d (PPL). B) Rechts: Beginnende Gelifikation und Doppleritbildung an organischem Material in Schichteinheit 405e (PPL).

Wiederum mit scharfer beziehungsweise erosiver Grenze legt sich die Schicht 422b über das Sandband 422a. Es handelt sich um eine vergleichsweise chaotische Mischung aus Mikrit (ca. 30%) sowie Gesteinsfragmenten, organischem Material und Holzkohle. Auffallend an diesem Sediment ist vor allem, dass sich mit Ausnahme des Quarzsandes, der von fein bis grob alle Fraktionen umfasst, nur gröbere Komponenten abgelagert haben. So fehlt etwa das amorphe organische Feinmaterial im üblicherweise grösseren Umfang und auch Holzkohle liegt nur in der Grobsand- und vor allem in der Kiesfraktion vor. Des Weiteren kommen grössere Keramikfragmente vor. Das organische Material ist sehr schlecht erhalten und liegt vor allem in Form von wurzelähnlichen Streifen vor. Vereinzelt können Makroreste wie Rindenfragmente ausgemacht werden. Der Mikrit stammt hier eindeutig aus einem limnischen Sedimentationsraum, wie diverse Molluskenschalenfragmente und Oogonien von Characeen anzeigen. Es handelt sich folglich um ein Überflutungsereignis, bei dem der Seespiegel beziehungsweise der Wellenschlagsbereich soweit anstieg, dass organisches Schichtmaterial erodiert und zusammen mit seebürtigen Material abgelagert wurde. Darüber folgt mit 422c eine leicht horizontal eingeregelter Schicht, die vor allem aus Mikrit und feinem organischem Material besteht. Letzteres kommt in Form von mehr oder weniger horizontalen Fäden in dieser Schicht vor. Die organischen Komponenten sind ausserdem extrem schlecht erhalten, wobei etwa die in der Pore eines organischen Gewebes festsetzenden Pilzsporen auf Abbauprozesse hinweisen (Abb. 22A). Eine in dieser Schicht ebenfalls vorhandene Haselnusschale weist einen stark fragmentierten Zustand auf (Abb. 22B). Zusammen mit diesem Sediment haben sich relativ

viele fragmentierte Molluskenschalen abgelagert und zeigen einen Seeinfluss bei der Sedimentation an. Es handelt sich hier wohl um eine kurze „Ruhephase“ nach dem durch 422b repräsentierten Erosionsereignis, in der die Sedimentationsbedingungen so ruhig waren, dass sich eine horizontal eingeregelter Ablagerung bilden konnte. Später wird das Sedimentationsgeschehen zunehmend vom See dominiert, wie der relativ dichte Mikrit 422d im Hangenden mit nur etwas Sand und Gesteinsfragmenten und abnehmendem Anteil (von 25% auf 15%) von organischem Material anzeigt. Es handelt sich dabei aber bei weitem noch um keine reine Seekreide, wie der noch geringe Karbonatanteil von 55% und die c/f-Ratio von immer noch 6/4 anzeigen. Interessanterweise konnte in dieser Schicht ein kalzitischer Biospheroid („Regenwurmkalzit“) entdeckt werden (siehe Kapitel 8.2.2 Bioturbation; Abb. 23A). Das Fehlen von Gängen deutet eher auf aus einem Lehmbröckchen herausgelöstes Biospheroid als auf wirkliche sekundäre Bioturbation hin.

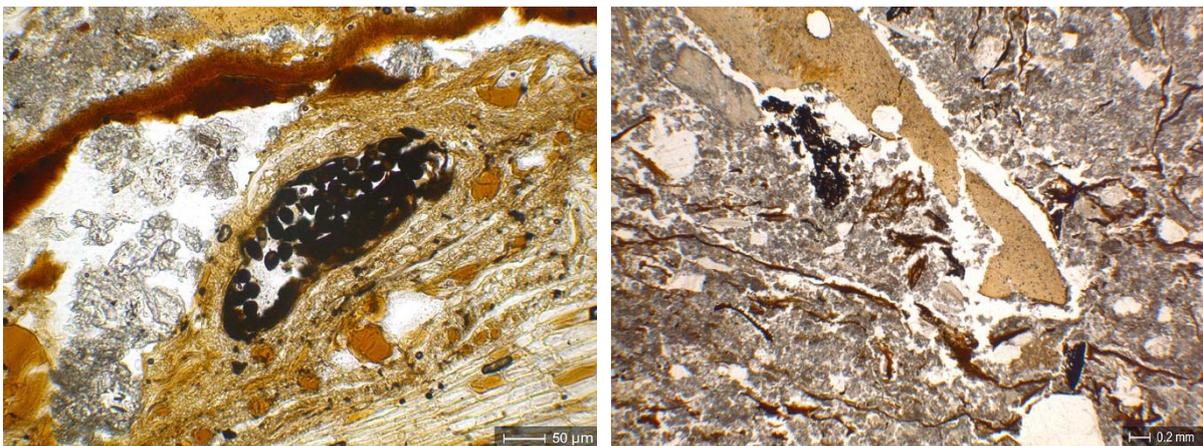


Abbildung 22 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245.

A) Links: In Schichteinheit 422c haben sich Pilzsporen innerhalb eines Hohlraumes in einem organischem Gewebe angesammelt (PPL). **B) Rechts:** Eine fragmentierte Haselnusschale in der mikritischen Matrix von Schichteinheit 422c mit unregelmässig verteilten Streifen von organischem Feinmaterial (PPL).

An sekundären Prozessen können in dieser Probe jedoch Hinweise auf eine mögliche Durchwurzelung festgestellt werden. Die ersten Spuren sind in 415 an den Lehmbröckchen erkennbar, wobei es sich dort noch um eine ursprüngliche Durchwurzelung handeln könnte. Sicher erkannt werden kann sie ab 422a und kommt dann bis zum oberen Ende der Probe vor.

Probe ZHOP 246

Die oben beschriebene Durchwurzelung kann auch in der Probe ZHOP 246 nachvollzogen werden. Die Probe beginnt mit der Schichteinheit 422, die sich aber nicht genau mit den entsprechenden Substrata (a-d) im Überlappungsbereich aus ZHOP 245 parallelisieren lässt. Sie kann nur grob den Schichten 422b-d zugeordnet werden. Es handelt sich um einen schwach sandigen Mikrit mit einem gewissen Anteil an Gesteinsfragmenten (10%) und etwa 10% schlecht erhaltenem organischem Material, bei dem es sich zu einem guten Teil um Wurzeln handeln dürfte. Auch hier kann wieder ein kalzitischer Biospheroid erkannt werden. Dieses Mal enthält die Schicht auch einen nicht unerheblichen Anteil an Lehmbrocken (Abb. 23B), darunter auch solche aus karbonatischem Lehm. Sie sind zum Teil fragmentiert und zeichnen sich im einfach polarisierten Licht durch ihre bräunliche Farbe vom umliegenden seebürtigen Mikrit ab. Die erwähnten kalzitischen Biospheroide dürften also eher aus einem solchen Lehmbrocken stammen als wirklich auf mögliche Bioturbation vor Ort hinweisen, zumal zwar Wurzelkanäle, aber keine Regenwurmkanäle erkannt werden können (zur Herkunft des karbonatischen Lehms siehe Kapitel 8.1.2).

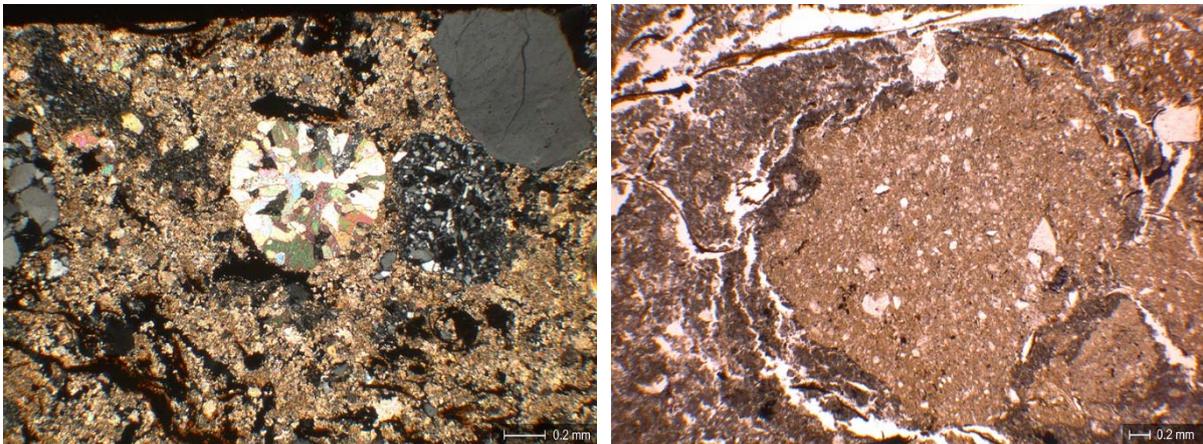


Abbildung 23 Zürich-Opéra. Profil 494/140. Probe 245 (links). Probe 246 (rechts).

A) Links: Kalzitischer Biospheroid in der mikritischen Matrix von Schichteinheit 422d (PPL). **B) Rechts:** Schwachverrundeter Lehmbrocken in Schichteinheit 422 (PPL).

In Schichteinheit 404 mischt sich schlecht erhaltenes organisches Gewebe in den Mikrit, der neben etwas Sparit mit 40% noch den Hauptanteil der Schicht ausmacht. Auch die Anteile von Sand und der Gesteinsfragmenten steigen leicht an. Des Weiteren kommen viele fragmentierte Molluskenschalen vor und es zeigt sich eine deutliche Durchwurzelung des Sediments. Die Schichteinheit 403 im Hangengen wurde in der mikromorphologischen Analyse mehrfach

unterteilt (403a-e). Die darunterliegende organische Seekreide 404 wird durch ein lockeres organisches Band (403a) abgelöst, welches sich insbesondere durch einen stark unregelmässigen Verlauf auszeichnet. Es ist bereits makroskopisch erkennbar, dass in Schichteinheit 403 mehr als 6 cm grosse Steine zu liegen kommen (vgl. Anschliff im Anhang). Diese Steine verursachen einen unregelmässigen Schichtverlauf, andererseits wirken sie gleichzeitig als Sedimentfalle. So hat sich in 403a schlecht erhaltenes organisches Material angesammelt, welches leicht mit 15% Mikrit vermischt ist. Daneben beinhaltet das Sediment Sand, Lehm und Holzkohle. Eine etwaige Durchwurzelung ist aufgrund der hohen Porosität und der enaulischen c/f-RDP nicht gut zu erkennen. Deutlicher sind Wurzeln wieder in 403b identifizierbar. Es handelt sich dabei um ein Sediment, das vor allem aus Steinen, Sand und Holzkohlen in einer mikritischen Matrix besteht. Es scheint sich ebenfalls vor allem aufgrund des Schutzes vor Erosion, den die grösseren Steine bieten, an dieser Stelle erhalten zu haben. Somit dürfte es sich bei beiden Sedimenten um die Überreste einer organischen Kulturschicht handeln, bei der, zumindest was 403b betrifft, die feineren Komponenten ausgewaschen wurden und nur das gröbere Material übrig geblieben ist. Es folgt mit 403c eine recht chaotisch abgelagerte Schichteinheit, in der diverse Komponenten, wie wenig organisches Material, Sand, sehr wenig Steine und Holzkohle, schwergewichtig in unregelmässiger Lage in einer mikritischen Matrix zu liegen kommen. Darüber hinaus sind viele Molluskenschalenfragmente sowie wenig Characeenstängel zu erkennen. Ein Keramikfragment verstärkt den Hinweis darauf, dass es sich ebenfalls zum Grossteil um Kulturschichtreste handelt, welche stark vom Wellenschlag beeinträchtigt wurden. Abgelöst wird diese Schicht von einem Band aus gut sortiertem Mittelsand (401a), welches immer noch einen 20% Karbonatanteil (Mikrit und Sparit) aufweist. Es beinhaltet horizontal eingeregelte organische „Fäden“, die an Wurzeln erinnern. Darüber liegt ein Mikrit (401b), welcher recht viel Mittelsand beinhaltet (30%). Hier wird der Einfluss des Sees mit Molluskenschalen und Characeenstängeln deutlich. Den Abschluss der Schichtsequenz bilden zwei Seekreiden (401c-d) mit wechselndem Anteil an organischem Material und Sand. Beides ist im Substratum 401c weniger vorhanden als in 401d, was auf wechselnde Sedimentationsbedingungen, gegebenenfalls wiederum mit zunehmend terrigenem Eintrag in 401d, zurückzuführen ist.

Profil 488/156

Das Profil 488/156 zeichnet sich insbesondere durch eine grosse Anzahl erfasster Kulturschichten aus. Zuunterst erkennt man Kulturschicht 12 in der für sie charakteristischen Ausprägung als schwach organisches Band. Nach einer erneuten Seekreidelage folgt Kulturschicht 13, die hier zwar nicht ganz so mächtig ausgeprägt ist wie im oben besprochenen Profil 494/140, aber immer noch gut 15 cm misst. Im Vergleich dazu fallen die jeweils von Seekreide getrennten organischen Kulturschichten 14 und 15 weit dünner aus. Sie konnten ebenfalls in diesem Profil erfasst werden. Die Probe 1174 mit dem oberen Teil von Kulturschicht 13 wurde nicht mikromorphologisch untersucht, da dieser Bereich bereits in diversen anderen Proben dokumentiert ist.

Probe ZHOP 1176

An der Basis der erfassten Schichtabfolge liegt ein sehr reiner Mikrit (Schichteinheit 638a), der nur sehr wenig organisches Material und wenig Holzkohle beinhaltet. Daneben kommen Mollusken- und Characeenreste und auch Diatomeen (Kieselalgen) vor. Diese schwach organische Seekreide präsentiert sich nicht gänzlich einheitlich, so kommen kompakte Zonen mit mehr organischem Feinmaterial neben viel sterileren und lockereren Zonen vor. Darüber folgt der Mikrit 638b, welcher ebenfalls nur mit wenig organischem Material und Holzkohle durchsetzt ist. Das Sediment entspricht den kompakteren Zonen mit organischem Feinmaterial, die in geringerer Masse auch in Schichteinheit 638a feststellbar waren. Auch hier ist ein gewisses Vorkommen von Diatomeen zu verzeichnen (Abb. 24A). Die Komponenten in der Schicht sind unregelmässig ausgerichtet, was den Eindruck einer resedimentierten Seekreide erweckt. Darüber folgt mit scharfer Grenze eine schwach organische Seekreide (Schichteinheit 637a), in der die Komponenten deutlicher horizontal eingeregelt sind. Die daran anschliessende Schichteinheit 637b enthält weniger organisches Material und weist eine Bänderung auf. Über die stratigraphische Position im Profil und den mikroskopischen Vergleich mit anderen Proben lässt sich Schichteinheit 637 mit der Kulturschicht 12 korrelieren, die hier allerdings weniger deutlich vorliegt als in dem oben behandelten Profil 494/140. Darüber folgt mit 636a eine gebänderte Seekreide mit Sparitketten und vielen Molluskenschalen. Auffallend ist, dass hier Diatomeen vertreten sind. Sie kommen auch noch in Schichteinheit 636b vor, bei der es sich ebenfalls um eine Seekreide handelt, die allerdings nicht mehr gebändert ist und leichte Spuren von Wurzeln zeigt (Abb. 24B).

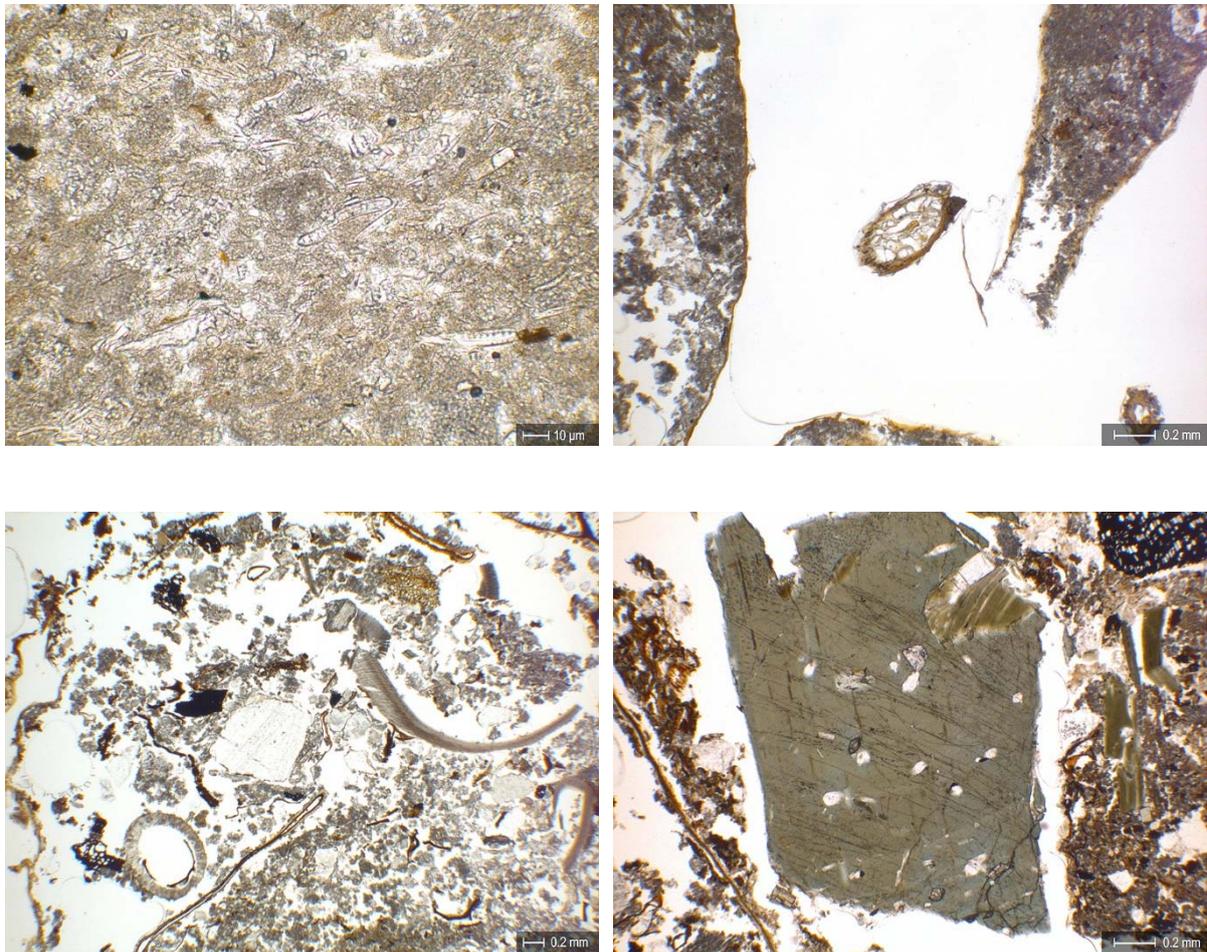


Abbildung 24 Zürich-Opéra. Profil 488/156. Probe 1176.

A) Oben links: Diatomeen (Kieselalgen) in der mikritischen Matrix von Schichteinheit 638b (PPL). B) Oben rechts: Gut erhaltene Wurzeln in Schichteinheit 636b (PPL). C) Unten links: Schichteinheit 630a mit Oogonien, Molluskenschalen und organischem Material in unregelmässiger Lagerung (PPL). D) Unten rechts: Hornblende (Amphibolith), ebenfalls in Schichteinheit 630a (PPL).

In Schichteinheit 636c nimmt die Porosität leicht zu, hin und wieder tauchen vereinzelte Quarzsandkörner auf und der Anteil an Sparit steigt leicht an. Dafür bleiben Characeenreste in dieser Schicht aus, wohingegen die Wurzelspuren auch in dieser Schicht vertreten sind. Die Anteile an Sand, organischem Material und Holzkohle nehmen schliesslich in Schicht 636d noch weiter zu, wobei nun auch vereinzelte Kiesel vorhanden sind. Auch hier sind immer noch Wurzelspuren vertreten. Bei dieser organisch geprägten Seekreide handelt es sich erneut um den sogenannten „Übergangshorizont“ zwischen den limnisch geprägten Schichten im Liegenden und der Kulturschicht. Es folgt somit auch ein klarer Übergang zu der organisch geprägten Schichteinheit 630, welche der Kulturschicht 13 entspricht. Im Substratum 630a liegt neben

einem deutlichen organischen Anteil, der aus organischem Detritus und grösseren Makoresten besteht, ein nicht unerheblicher Anteil an offensichtlich seebürtigem Mikrit vor. Dies wird zusätzlich auch durch in der Schicht enthaltenen Molluskenschalen und Oogonien gezeigt (Abb. 24C). Die Holzkohlen sind verrundet und die Komponenten sind horizontal eingeregelt. Erwähnenswert sind noch die ebenfalls vorhandenen Gesteinsfragmente (Abb. 24D) sowie Pilzsporen. Eventuell haben sich daneben auch punktuell Aschen erhalten, wie gewisse Zonen mit körnigem Karbonat (Abb. 25A) nahelegen. Die Matrix dieser Schicht besteht grundsätzlich aus Mikrit und Detritus in kompakter Form, womit sie sich also sowohl aus terrestrischen wie auch limnischen Schichtbestandteilen zusammensetzt. Es handelt sich also hier nicht um eine organische Kulturschicht in ganz strengem Sinn.

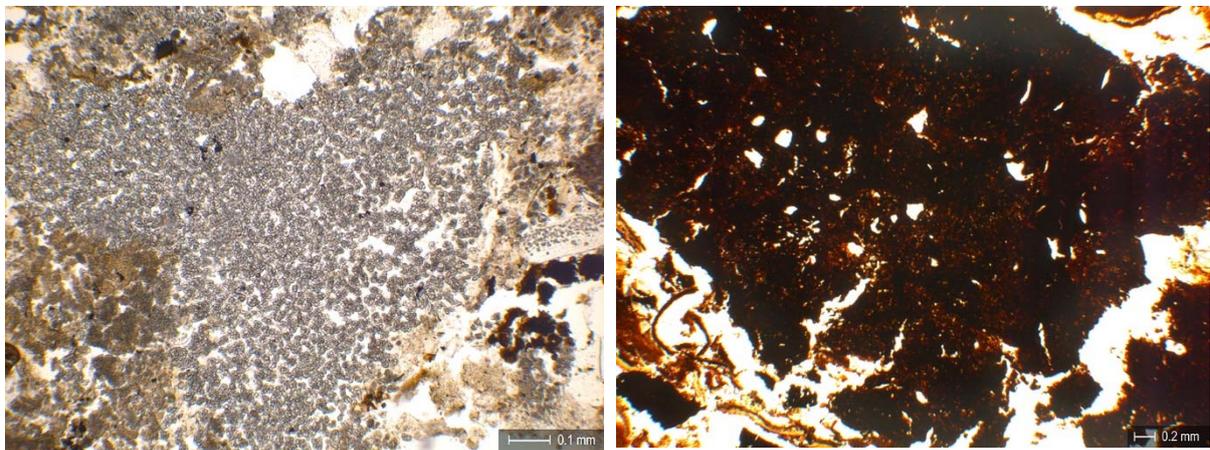


Abbildung 25 Zürich-Opéra. Profil 488/156. Probe 1176.

A) Links: Körniges Karbonat in Schichteinheit 630a, Holzrasche (PPL). B) Rechts: Stark abgebautes organisches Material in Schichteinheit 630e (PPL).

An diese Schicht anschliessend folgt eine spezielle Schichtabfolge, bestehend aus einem Sandband (Schichteinheit 630b) mit vielen Makroresten (eher grössere Komponenten), einem sehr kompakten Sedimentgemisch aus Mikrit und organischem Detritus (Schichteinheit 630c) sowie einem weiteren Sandband (Schichteinheit 630d) von ganz ähnlicher Zusammensetzung wie Schichteinheit 630b. Diese Schichtsequenz soll hier als Abfolge von zwei sandigen Einschwemmungen mit einem dazwischenliegenden detrisch-organischen Mikrit (vgl. Kapitel 8.2.1) angesprochen werden. Darüber kam die stark organische Schichteinheit 630e zu liegen, welche trotz einer enaulischen c/f-RDP immer noch recht viel Feinmaterial (organischer Detritus) enthält, daneben aber auch Gesteinsfragmente (ca. 10%) und Sand (20%) sowie diverse Makroreste beinhaltet. Identifiziert werden konnten ausserdem diverse Zweige, Rinden, Erdbeersamen, Him-/Brombeersamen, Mohnsamen sowie Knochen. Darüber hinaus ist die

Schicht reich an Dung und Holzkohle. Das organische Material macht einen abgebauten Eindruck, was mit dem gehäuften Vorkommen von Sklerotien und Pilzsporen einhergeht (Abb. 25B). Dabei kann aber auch ein Zusammenhang mit dem Dung vorhanden sein, da sich das schlecht erhaltene organische Material und Dung nicht immer zweifelsfrei voneinander abgrenzen lassen. Bemerkenswert ist das Dungfragment eines Wiederkäuers, welches eine grössere Holzkohle beinhaltet (Abb. 26A).

Probe ZHOP 1172

Zuunterst in dieser Probe kommt mit Schichteinheit 627 ein relativ reiner Mikrit zu liegen, der sich neben dem Auftreten von sehr wenig organischem Material vor allem durch Oogonien und eine leichte Durchwurzlung auszeichnet. Er soll hier als schwach organische Seekreide angesprochen werden. Darüber folgt ein weiterer Mikrit (Schichteinheit 626), der aber zu ca. einem Drittel organisches Material beinhaltet. Neben dem eigentlichen Mikrit verweisen Mollusken (mit Algenfrass), Oogonien sowie vereinzelt Diatomeen auf den See als Sedimentationsquelle, wobei das organische Material mit Zweigen, Rinden, Him-/Brombeersamen und Mohn dahingegen in Richtung einer anthropogenen Quelle weist. Das organische Material ist leicht wellenförmig gelagert, erscheint aber durchaus als eingeregelt. Auffallend ist der schlechte Zustand der Organik bis hin zur Bildung von Dopplerit. Es handelt sich bei dieser Schicht um die aufgearbeitete Kulturschicht 14. Im Hangenden schliesst ein Mikrit (Schichteinheit 625a) an, der immer wieder mit organischem Material (bis zu 10%) durchsetzt ist. Beide Schichten sind durchwurzelt. Bemerkenswert ist der geringe Sandanteil, sowohl in der Schichteinheit 626 als auch in Schichteinheit 625a. Die schwach organische Seekreide 625a scheint dabei noch etwas resedimentiertes Kulturschichtmaterial aus Schichteinheit 626 zu enthalten. Das beinahe Fehlen von Sand setzt sich noch in Schichteinheit 625b fort. Dabei handelt es sich um einen sehr reinen Mikrit mit Mollusken und Oogonien und nur sehr wenig organischem Material sowie Holzkohle. Die Mollusken weisen Spuren von Algenfrass auf und eine ganz leichte Durchwurzlung ist feststellbar. Schichteinheit 641 im Hangenden beinhaltet 45% Karbonatanteil (hauptsächlich Mikrit) und die gröberen Komponenten wie Sand, Steine, Holzkohle und organisches Gewebe nehmen Überhand (c/f-Ratio 6/4). Daneben kommen verrundete Lehmbrocken sowie Mollusken mit starkem Algenfrass (Abb. 26B) und Oogonien vor. Bemerkenswert ist ein kalzitisches Gebilde, welches in seiner Form an eine Pflanze erinnert (Pflanzenpseudomorph; Abb. 26C). Darüber folgt mit diffuser Grenze ein Mikrit (Schichteinheit 640) mit wenig Steinen, Sand und organischem Material. Etwas häufiger kommen nun verrundete

Holzkohlen vor. Des Weiteren können Molluskenschalen und Oogonien sowie Schalen von Ostrakoden festgestellt werden. Weiterhin nachweisbar sind Spuren von Wurzeln. Unter anderem deutet die Verrundung der Holzkohlen darauf hin, dass hier Kulturschichtmaterial zusammen mit Seekreide resedimentiert worden sein könnte.

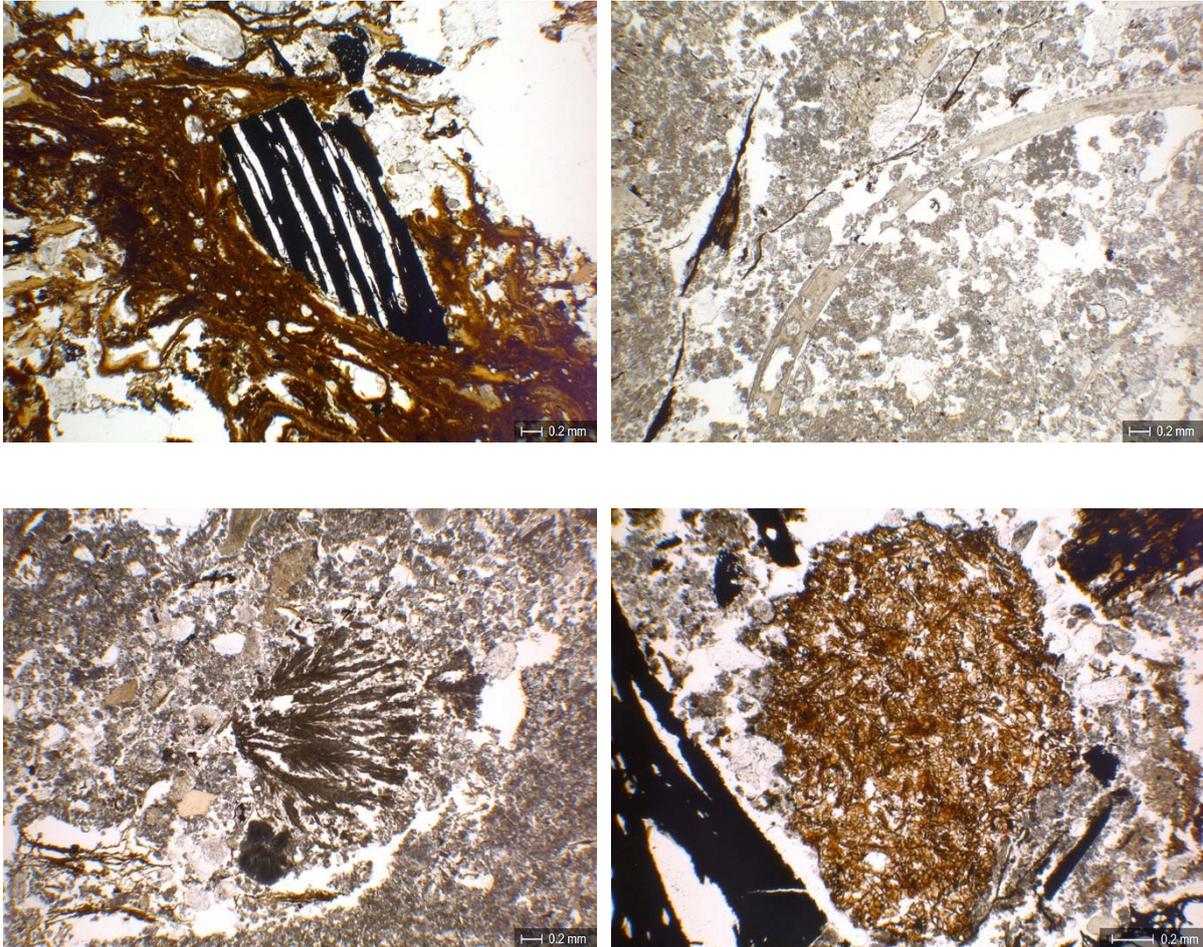


Abbildung 26 Zürich-Opéra. Profil 488/156. Probe 1176 (oben links). Probe 1172 (übrige).

A) Oben links: Mögliches Fragment von Wiederkäuerdung mit Holzkohle in Schichteinheit 630e (PPL). **B)** Oben rechts: Molluskenschale in Schichteinheit 641 mit deutlichen Lösungserscheinungen (PPL). **C)** Unten links: Ein Pflanzenpseudomorph unbekannter Art in Schichteinheit 641 (PPL). **D)** Unten rechts: Ovaler Dung mit faserigem organischem Material (PPL).

Die nachfolgende Schichteinheit 646 hat sich nicht ganz horizontal abgelagert und es scheint, als wäre sie über den Schichtverlauf hinweg unregelmässig erhalten. Es gibt sowohl stärker organische als auch stärker mikritische Zonen. Das Sediment beinhaltet recht viele Rindenfragmente (angekohlt), Him-/Brombeersamen, Fragmente von Haselnusschalen, Knochen sowie Molluskenschalen. Die Holzkohle und die Lehmbrocken in der Schicht sind verrundet und es sind Mollusken mit leichtem Algenfrass sowie eine ebenfalls leichte Durchwurzlung

zu erkennen. Der Erhaltungszustand des organischen Materials ist ansonsten als gut zu bezeichnen. Als Besonderheit ist Dung in auffallend ovaler Form zu erwähnen (Abb. 26D), wie man ihn etwa von Ovicapriden her kennt. Bei diesem Sediment handelt es sich um die aufgearbeitete Kulturschicht 16. Der sich daran anschliessende sandige Mikrit 645a beinhaltet noch relativ viel Kulturschichtmaterial, viele Molluskenschalen sowie Holzkohle. Darüber hinaus ist die Schicht recht stark durchwurzelt. Dasselbe gilt auch für 645b, in der aber weniger organisches Material und Sand vorkommen.

Probe ZHOP 1170

Im unteren Bereich dieser Probe liegen zwei schwach organische Seekreiden (Schichteinheiten 645 und 644). Sie zeichnen sich insbesondere durch eine starke Durchwurzlung aus, wobei die Wurzeln auch den grössten Anteil an organischem Material in dieser Schicht zu stellen scheinen. Verbreitet kommen auch Molluskenschalen vor, die zum grossen Teil stark fragmentiert sind. Der Quarzsandanteil ist im unteren Bereich von Schicht 645 leicht höher, fällt aber insgesamt recht gering aus (2-5%). Schichteinheit 645 unterscheidet sich vor allem durch das leicht höhere Vorkommen an Holzkohle von Schichteinheit 644. Die Holzkohle weist leichte Verrundungserscheinungen auf. Im Hangenden folgt die stärker sandhaltige Schichteinheit 643. Sie lässt sich mikromorphologisch in vier Substrata unterteilen: Der Mikrit 643b ähnelt stark den Sedimenten im Liegenden, weist aber noch einmal leicht mehr Wurzeln auf. Die darauf folgende Schicht 643b ist ein Sandband mit mikritischer Basis. Der gut sortierte Quarzsand (20% Anteil) liegt hier vor allem in der Mittelsandfraktion vor. Viele Mollusken und verbreitet wurzelähnliche Streifen von organischem Material liegen horizontal eingeregelt in der Schicht vor. Eine stark sandige Seekreide (643c) mit verbreitet organischem Material legt sich darüber. Sie beinhaltet kaum mehr Molluskenschalen und zeigt sich mit weniger sandigen, stark mikritischen Zonen etwas heterogen. Ein schwach sandiger Mikrit (643d) mit Oogonien und Sparitketten deutet auf eine stärker limnisch geprägte Sedimentation hin und leitet zur letzten Schichteinheit in dieser Probe über: Die Schichteinheit 1 im Hangenden ist eine heterogene mikritische Schicht. Sie beinhaltet vorwiegend Zonen mit verbreitet Quarzsand und Sparit. Daneben kommen auch kompakte Bereiche mit nur wenig Sandanteil vor. An sonstigen Schichtkomponenten lassen sich verbreitet Molluskenschalen und Oogonien feststellen. Organisches Material und Holzkohle kommen nur in geringem Umfang vor. Im oberen Bereich liegt ein verrundeter Brocken aus einem stark organischen Sediment. Es handelt sich bei dieser Schicht um eine stark sandige Seekreide beziehungsweise einen Mittelsand mit etwas Silt,

der unter anderem angekohlte Äste enthält. Durch die grabungsvorbereitenden Arbeiten ist diese Schicht modern gestört.

Profil 488/148

Das Profil 488/148 wurde mit zehn 25 cm Plastikkästen beprobt (inklusive der Doppelproben für die Botanik). Die Stratigraphie präsentiert sich im Wesentlichen wie folgt: Über der mächtigen Seekreideschicht 208 liegt die Kulturschicht 12 (Schichten 222 und 207). Die Kulturschicht 13 ist hier mit 25 cm besonders mächtig ausgeprägt. Der obere Teil der Schicht ist stark holzkohlehaltig. Den Abschluss bilden mächtige Seekreidelagen. Zur mikromorphologischen Analyse bestimmt wurden die Proben 1586, 1588, 1590 und 1591. Auf die Probe 1584 wurde verzichtet, da dieser Bereich der Seekreide bereits aus verschiedenen anderen Proben bekannt ist.

Probe ZHOP 1586

Schichteinheit 224 ist die erste in der Probe erfasste Schicht. Es handelt sich dabei um eine schwach organische Seekreide (10% organisches Material). Das Sediment enthält vor allem Mollusken, Oogonien und Characeenstängel. Andere Komponenten sind nur in Spuren vorhanden. Das ändert sich relativ deutlich mit Schichteinheit 222, in der der Anteil an Holzkohle von 2 auf 10% steigt. Das Vorkommen von organischem Material steigt ebenfalls auf 15% an, wobei es sich dabei vor allem um Rinden, Zweige und organisches Gewebe handelt. Hinzu kommen einige verrundete Holzkohlen, Lehmbrocken sowie Mollusken. Daneben liessen sich auch Oogonien und Characeenstängel identifizieren. Es scheint sich hierbei um eine schwach organische Seekreide zu handeln, die zusammen mit Kulturschichtmaterial abgelagert wurde. Die beiden nachfolgenden Schichteinheiten 207 und 206a sind wieder viel reinere Seekreiden und beinhalten fast nur Mikrit sowie Mollusken und Diatomeen. Organisches Material und Holzkohle liegen nur in Spuren vor. Diese Schichtcharakteristik steht ganz im Gegensatz zu der folgenden „Mischschicht“ 206b, in der organisches Material sowie Holzkohlen wieder zunehmen. Auch etwas Sand und Kies ist in dieser ansonsten von einer mikritischen Matrix geprägten Schichteinheit zu finden, die wieder als „Übergangshorizont“ angesprochen werden kann. Besonders auffallend sind aber Konzentrationen von Mohnsamen (Abb. 27A), die auch in der mikritischen Matrix immer wieder vorkommen. Die ebenfalls in der Schicht enthaltenen, stärker organischen Zonen sind dabei eher singulär und abgegrenzt. Es handelt sich nicht um

deutliche Kanäle. Ausserdem kommt in diesem Sediment ein grösseres Dungfragment (Wiederkäuer) zu liegen. Die Mollusken in dieser Schichteinheit sind recht vollständig erhalten und zeigen keine Spuren von Algenfrass. Die ebenfalls vorhandenen Holzkohlen sind klar verrundet. Da in der organischen Schicht 205a im Hangenden ebenfalls viele Mohnsamen vorhanden sind und die Mohnsamenkonzentration wie eine in das darunterliegende Sediment hineingedrückte Tasche wirkt, liegt der Schluss nahe, dass organisches Material aus Schicht 205a in 206b verlagert wurde oder es zumindest aus der gleichen Quelle stammt.

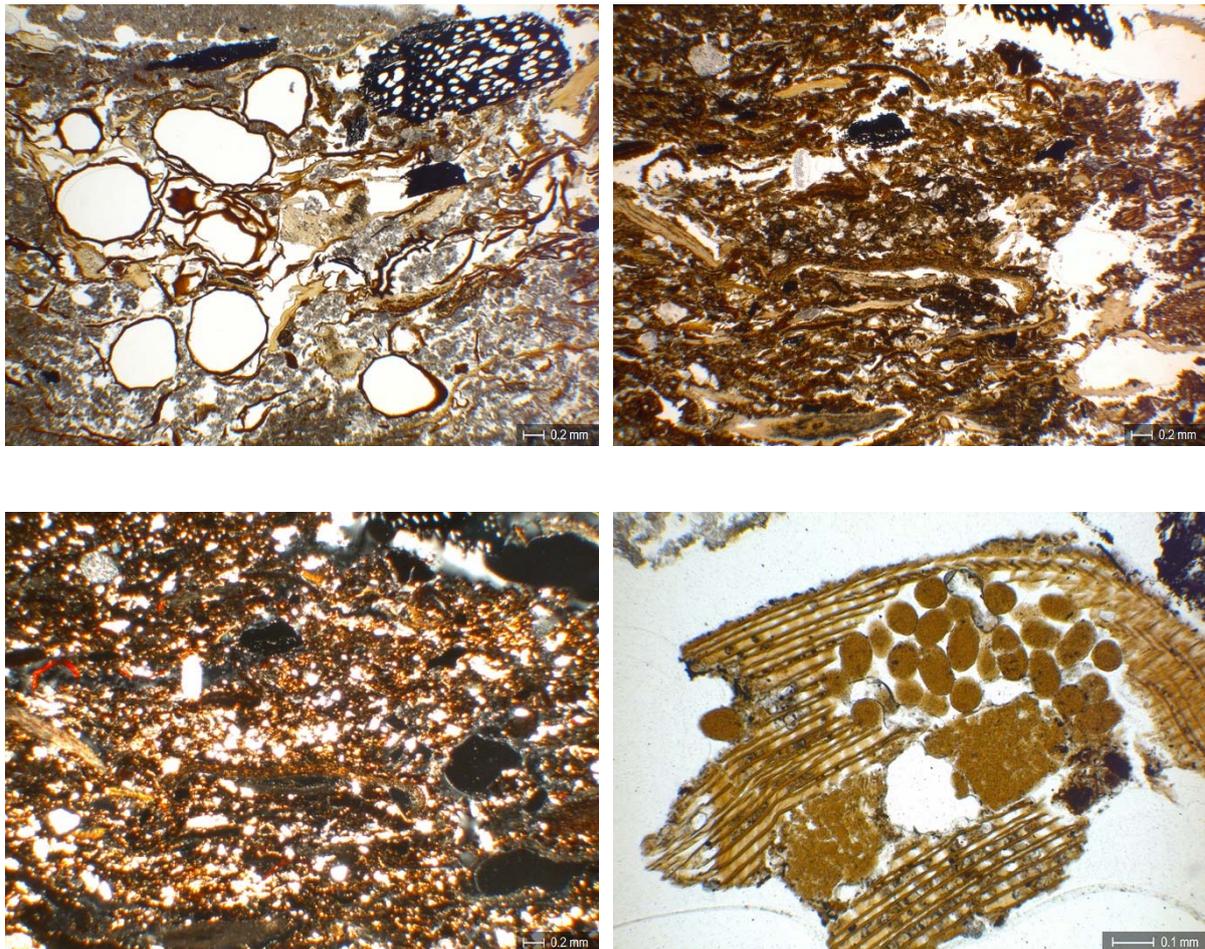


Abbildung 27 Zürich-Opéra. Profil 488/148. Probe 1586. Probe 1588 (unten rechts).

A) Oben links: Konzentration von Mohnsamen und verrundete Holzkohlen in Schichteinheit 206b (PPL). **B)** Oben rechts: Organisches Substratum 205a mit viel organischem Feinmaterial (PPL). **C)** Unten links: Wie zuvor, der Mikritanteil wird deutlich (XPL). **D)** Unten rechts: Milbenkot an organischem Gewebe in Schichteinheit 217a (PPL).

Die organische Kulturschicht 205 im Hangenden ist feingegliedert. Es handelt sich um eine stark organisch geprägte Ablagerung mit vielen Rinden, Zweigen und diversen anderen Makroresten. So konnten unter anderem Blätter, Him-/Brombeersamen, viele Mohnsamen und

auch Misteln identifiziert werden. Darüber hinaus liegen auch noch Dungfragmente und Holzkohlen vor. Die organische Kulturschicht hat einen stetigen Quarzsandanteil, der um die 10% liegt. Die Besonderheit des Substratums 205a liegt darin, dass hier noch ein gewisser Anteil feinen Mikrits in der Kulturschicht vorliegt. Der Mikrit ist keineswegs gleich verteilt, sondern liegt in Zonen und vor allem im unteren Bereich verteilt vor (Abb. 27B,C).

Probe ZHOP 1588

Die in dieser Probe erfasste Sequenz beginnt mit dem Substratum b der Schichteinheit 205. Es handelt sich um eine ausgeprägte organische Kulturschicht wie oben beschrieben. Der Mikritanteil aus 205a fehlt hier jedoch vollständig. Dafür nimmt er aber im Substratum 205c wieder leicht auf 10% Flächenanteil zu. In diesem Sediment dominiert ansonsten das organische Material mit grösseren Resten wie Zweigen und viel organischem Feinmaterial, welches immer noch einen Sandanteil aufweist. Zu Schichteinheit 205d hin ändert das Verhältnis dann wieder zugunsten des Mikrits, der hier über 50% Flächenanteil der Schicht einnimmt. An organischem Material liegen nur mehr die gröbereren Reste vor und es finden sich leicht verrundete Holzkohlen sowie stärker verrundete Lehmbröckchen im Sediment. Die Vielzahl an Gesteinsfragmenten in der Kiesfraktion ist auffallend. Schichteinheit 205d kann als stark organische Seekreide angesprochen werden. Den Abschluss dieser Schichtsequenz bildet das organische Band 205e, welches so gut wie keinen Mikrit beziehungsweise kein Karbonat enthält. Die Matrix wird aus sehr dichtem amorphem organischem Material gebildet, in das schräg oder leicht wellenförmig ausgerichtete gröbere Reste wie Blätter eingebettet sind. Mikrit ist nur sehr wenig und auch nur stellenweise zu erkennen.

Das Erscheinungsbild der Schichten ändert sich drauf vollständig mit einem klaren Übergang zur Schichteinheit 217a. Hier wechselt zum Beispiel die c/f-Relativverteilung von porphyrisch auf enaulisch und auch das Verhältnis von groben Komponenten zur Feinmasse kippt von 6/4 auf 9/1. Die neun Teile grobe Schichtbestandteile werden vor allem von Holzkohlen eingenommen. Es handelt sich um gerundete Holzkohlen vorwiegend in der Kiesfraktion. Dazwischen liegen vereinzelt verkohlte Makroreste und wenig Mikrit als Feinmaterial. Immer wieder kann aber auch unverbranntes organisches Material festgestellt werden. An diesem unverbrannten Material sind vereinzelt Abbauspuren, etwa in Form von Milbenkot (Abb. 27D), zu erkennen. Einzelne Aggregate aus verkohltem organischem Material machen den Eindruck, es handele sich um verkohlten Dung von Schafen oder Ziegen (Abb. 28A). Es ist darauf hinzuweisen,

dass die stark organische Schichteinheit 205e im Liegenden nicht verbrannt ist und auch keine Hitzeeinwirkung zeigt. Dies ist insofern bemerkenswert, da die Holzkohlen direkt auf ihr zu liegen kommen (Abb. 28B). Zusammen mit den unverbrannten Makoresten zwischen den Holzkohlen könnte man also vermuten, dass das Feuer nicht an dieser Stelle stattgefunden hat.

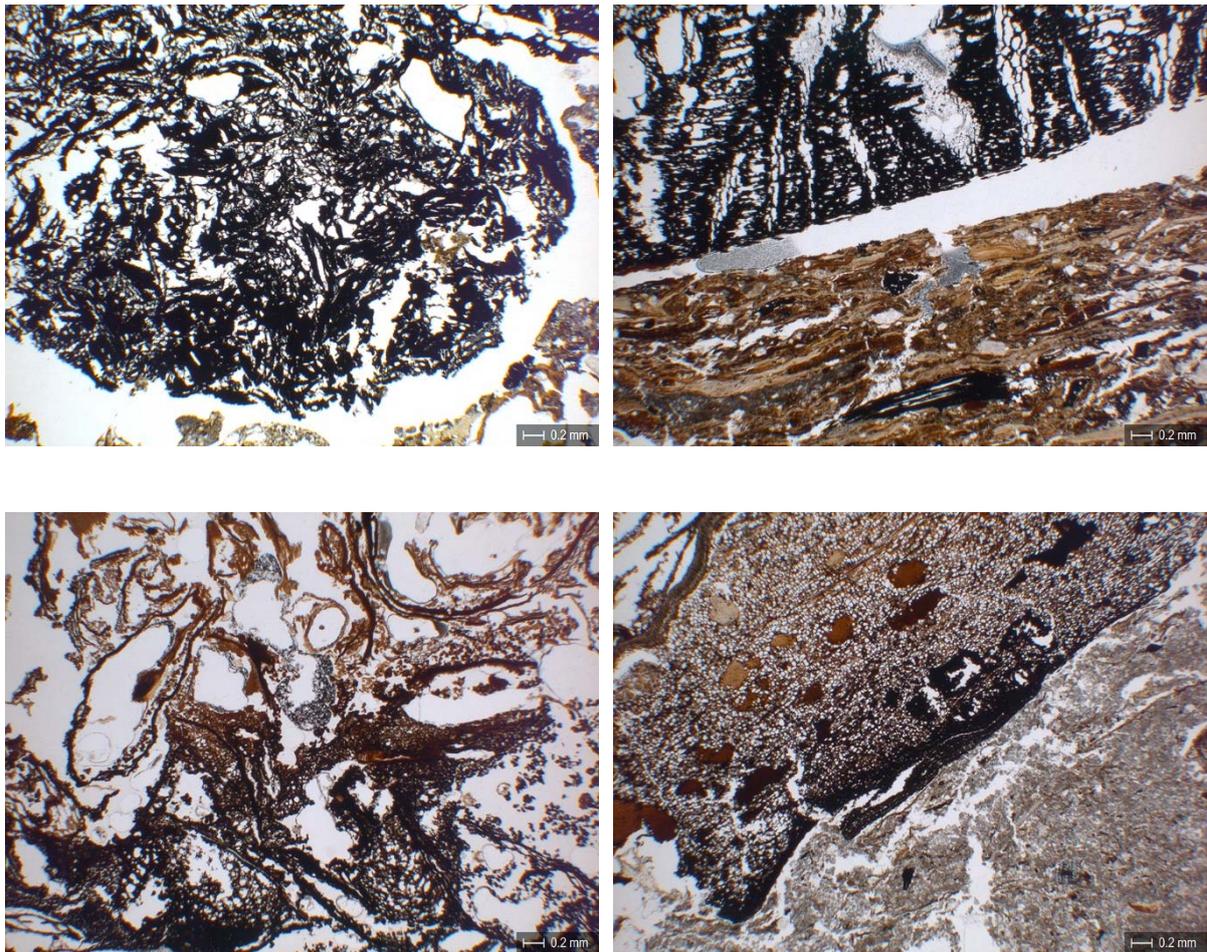


Abbildung 28 Zürich-Opéra. Profil 488/148. Probe 1588. Probe 1590 (unten rechts).

A) Oben links: Verkohlter Koprolith in Schichteinheit 217a (PPL). **B)** Oben rechts: Kontaktzone zwischen Brandschicht 217a und organischer Schicht 205e. Letztere zeigt keine Hitzeeinwirkungen (PPL). **C)** Unten links: Verkohlungsgradient bei einem Makrorest in Schichteinheit 217b (PPL). **D)** Unten rechts: Rinde mit schwarzen Spuren von Brandeinwirkung in Schichteinheit 204a (PPL).

Diese Vermutung könnte auch durch die Schichteinheit 217b bestätigt werden. Es handelt sich bei dieser Schicht nämlich um eine Lage aus verkohlten Makroresten (Abb. 28C), wobei eigentliche Holzkohlen fehlen. Am oberen Rand ist das Material nicht verkohlt und hat sich zum Teil rötlich verfärbt. Geht man davon aus, dass dieser Gradient von schwarz zu rot auf eine Brand- oder Hitzeeinwirkung zurückgeht, so wäre die Stratigraphie der Brandschicht invers.

Dies wiederum würde auf eine Verlagerung der Brandschicht hindeuten. Dagegen würde ein grösserer und sicher nicht einfach zu verlagernder Kiesel sprechen, welcher direkt über den Makroresten zu liegen kam. Allerdings zeigt er auch keine Brandspuren. Die Lage mit den verkohlten Makroresten wird von Schichteinheit 216a abgelöst. Dabei handelt sich um eine organische Schicht mit viel amorphem organischem Feinmaterial, welches zunächst nur leicht, dann aber nach oben zunehmend stärker von Mikrit durchsetzt ist. Das abgebaut erscheinende organische Material aus diesem Sediment ähnelt dem Material aus dem rötlichem Brandsaum, wobei allerdings keine derart grossen Makroreste vertreten sind. In der Schichteinheit 216b im Hangenden ist schliesslich wieder Mikrit mit 40% Flächenanteil der wichtigste Schichtbestandteil. Das Sediment besteht ansonsten aus organischem Material, unsortiertem Quarzsand sowie leicht verrundeten Holzkohlen. Das organische Material ist ähnlich stark abgebaut und auch sonst sehr ähnlich dem Material aus 216b. Es hat sich offensichtlich auch ein Stück des graduell von schwarz zu rötlich gefärbten Brandsaumes in dieser Schicht erhalten. Vermutlich hat es sich von unten gelöst und wurde mit dem Mikrit zusammen erneut abgelagert.

Probe ZHOP 1590

Am Beispiel von Profil 1590 zeigt sich die grosse Variabilität in der Schichtausprägung, welche sich bereits in Proben widerspiegelt, die kaum mehr als 60 cm voneinander entfernt entnommen wurden. Dabei handelt es sich nämlich um die Distanz zwischen Probe 1590 und der oben beschriebenen Probe 1588. Da sich die Proben ca. um vier Zentimeter überlappen, müssten die oberen beziehungsweise unteren Schichten folglich korreliert werden können. Dies gelang aber nur teilweise, da sich weder die Makrorestlage 217b noch die anschliessende organische Kulturschicht 216a in der Probe 1590 deutlich erhalten haben. In einer Schichteinheit, die zwar der Brandschicht 217a mit den vielen Holzkohlen ähnelt, sind nur vereinzelt andersartig verkohlte Komponenten wie in 217b enthalten. Ausserdem ist viel mehr Mikrit zwischen die Holzkohlen gemischt. Dieses Sediment, das als Schichteinheit 216 bezeichnet wird, scheint also stärker von einer Aufarbeitung durch den See betroffen gewesen zu sein, als dies an den vergleichbaren Schichten nur 60 cm entfernt zu beobachten ist. Eventuell hat im Fall der Probe 1590 auch noch ein Pfahl einen negativen Einfluss auf die Schichterhaltung gehabt, oder der grössere Stein in Schichteinheit 216 hatte einen positiven Einfluss auf die Erhaltung von Schichteinheit 217b sowie 216a in Probe 1588 (vgl. die Profilzeichnung im Anhang). Letz-

teres scheint eher der Fall zu sein. Mit dem deutlichen Vorkommen von Mikrit, Molluskenschalen und Oogonien zeigt die Schicht 216 jedenfalls einen deutlichen Seeinfluss. Dieser nimmt in der darauf folgenden Schichteinheit 204a sogar noch weiter zu. In diesem sandigen Mikrit kamen vor allem grössere Holzkohlen sowie gröberes organisches Material zu liegen. Als organische Makroreste können etwa Blätter, aber auch Rindenfragmente identifiziert werden. Zum Teil sind die Rindenstücken eindeutig angekohlt (Abb. 28D), was einen Zusammenhang mit der untenliegenden Brandschicht herstellt. Erstaunlicherweise sind die Holzkohlen und auch die Makroreste bis auf den oben erwähnten Saum aber alle vollständig verkohlt. Eine Vielzahl von fragmentierten Molluskenschalen (mit deutlichem Algenfrass) belegt sowohl den Seeinfluss als auch eine gewisse mechanische Beeinflussung der in diesem Sediment vorhandenen Komponenten.

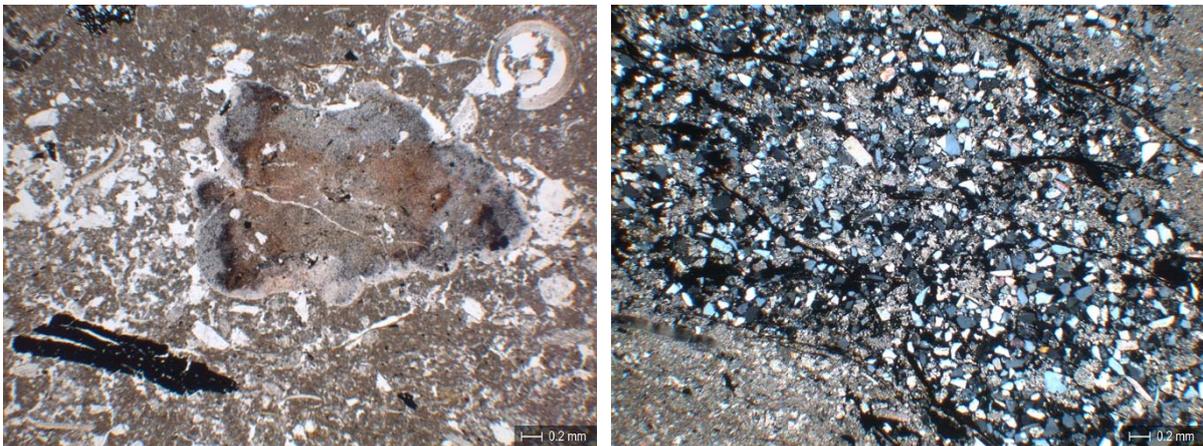


Abbildung 29 Zürich-Opéra. Profil 488/148. Probe 1590 (links). Probe 1591 (rechts).

A) Links: Kiesel mit Brandeinwirkung in Schichteinheit 204b (PPL). **B)** Rechts: Schichteinheit 210 mit gut sortiertem Quarzsand, welcher auf eine Einschwemmung (durch einen nahen Bach?) zurückgehen könnte (XPL).

Die mechanische Beanspruchung scheint nach oben zu Schichteinheit 204b hin noch weiter zuzunehmen: Die Holzkohlen sind verrundet, gleiches gilt für einen grossen Lehmbrocken. Die Characeenstängel sind weitgehend zerdrückt und insgesamt wirkt die Schichteinheit sehr unruhig. Im oberen Bereich des Sediments ist ein Kiesel mit Brandeinwirkung zu finden (Abb. 29A). Darüber hinaus liegen wieder viele Molluskenschalen vor. Die Schichteinheit 204b enthält zudem einen höheren Anteil (20%) an unsortiertem Quarzsand als dies bei der Schichteinheit 204a mit 10% Flächenanteil der Fall war. Daneben liegen Anzeichen für eine leichte Durchwurzelung vor. Den Abschluss der in mit dieser Probe erfassten Schichtsequenz bildet

die schwach sandige Seekreide 203 mit wenig Kulturschichtmaterial. In dem nicht sortierten Quarzsand sind allen Korngrößen vertreten.

Probe ZHOP 1591

Probe 1591 umfasst die Seekreiden 203, 202, 201 und 211 sowie die sandige Seekreide Schichteinheit 1. Hinzu kommt noch das Sandband 210, welches von der Schichteinheit 211 im Hangenden sowie der Schichteinheit 201 im Liegenden umgeben ist. Die bereits aus Probe 1590 bekannte Schichteinheit 203 ist höchstens randlich in Probe 1591 zu fassen. Es handelt sich hier um eine schwach organische Seekreide mit wenig Holzkohle. Das organische Material setzt sich mehrheitlich aus Wurzeln und weniger aus organischem Gewebe zusammen. Zu der schwach organischen Seekreide 201 hin geht der Anteil an Holzkohle, Quarzsand und organischem Material (mit Ausnahme von Wurzeln) nochmals weiter zurück. Dafür sind mehr Molluskenschalen in diesem Sediment vertreten. Sie sind zum Teil vollständig erhalten. Der Übergang von Schichteinheit 202 zu 201 ist schwer zu fassen. Langsam scheinen die Wurzelspuren zuzunehmen und es ist in 201 tendenziell etwas mehr Quarzsand vorhanden. Die Schichteinheit 201 ist somit ein Mikrit mit verbreitet Mollusken, wenig Holzkohle und oftmals horizontal eingeregelt organischen Fäden. Letztere erinnern an Wurzeln. Deutlichere Wurzelspuren verlaufen auch diagonal. Mit klarer Grenze folgt die Schichteinheit 210, ein Band aus sehr gut sortiertem Quarzsand in der Fein- und Mittelsandfraktion (Abb. 29B). Der Sand hat dabei gesamthaft 60% Anteil an diesem Sediment. Darin eingebettet finden sich einige wenige Mollusken und Wurzeln. Dieser Quarzsandanteil ist zwar nicht in dem Umfang, dennoch aber auch spürbar in Schichteinheit 211 vertreten. Es handelt sich um eine schwach sandige Seekreide mit wenig organischem Material und Holzkohle. Darüber hinaus kommen in dieser Schicht verbreitet Mollusken und Characeenstängel vor. Im Hangenden folgt eine eher uneinheitlich ausgeprägte stark sandige Seekreide. In dieser Schicht überwiegen Bereiche mit einem relativ hohen Anteil an Quarzsand, doch es kommen auch stark mikritische Zonen vor, die weniger oder kaum Quarzsand enthalten. Sie zeigen zum Teil eine leichte Laminierung. Im Sediment selber kommen selten verrundete Holzkohlen sowie ebenfalls verrundete Brocken eines bräunlich-organischen Sediments vor. Molluskenschalen und Oogonien zeigen die limnische Prägung dieser Schicht an. Nichtsdestotrotz sind auch leichte Wurzelspuren zu erkennen. Schicht 1 spiegelt die jüngsten Events an dieser Stelle wieder.

Profil 492/160

Das bei Quadratmeter 492/160 beprobte Profil beinhaltet drei Kulturschichten. Zuunterst liegt Schicht 12, die einmal mehr nur als graues Band ausgebildet ist. Auf dazwischenliegende Seekreidelagen folgt die stark organisch geprägte Kulturschicht 13 mit ca. 15 cm Mächtigkeit. Bemerkenswert für die Kulturschicht 12 ist ein liegendes Holz (Nr. 1859), welches auf der Höhe dieser Schicht liegt. Ein kantiger Stein drückt aus Schicht 13 mit einer Ecke bis auf dieses Holz hinab. Wiederum mit einer Seekreidelage als Trennschicht stellt Schicht 14 die oberste in diesem Profil erfasste Kulturschicht dar. Schichteinheit 647 liegt direkt darüber und ist recht lehmig. Den Abschluss des erfassten Ausschnittes bildet einmal mehr eine Seekreide. Für die mikromorphologische Analyse wurden nur die Proben 1686 sowie 1683 ausgewählt, da Schicht 12 in relativ ähnlicher Ausprägung über die gesamte Grabungsfläche hinweg vorkommt und andernorts schon mehrfach erfasst wurde.

Probe ZHOP 1686

Schichteinheit 26 ist ein mit 90% Karbonatanteil sehr reiner Mikrit, der sich besonders durch die Bänderung auszeichnet. Darüber folgt die schwach organische Seekreide Schichteinheit 34, in der Mikrit mit etwas organischem Material zusammen vorkommen. Beim organischen Material handelt es sich sowohl um amorphes Material als auch um Makroreste wie Mohnsamen. Diese Schichtbestandteile ähneln sehr stark dem organischen Material in der Schichteinheit im Hangenden (604a). Die Trennung der beiden Schichten erfolgt aber sehr deutlich durch liegende Rinden (Abb. 30A). Dennoch kann man erkennen, wie organisches Material „taschenartig“ in die untere Schicht eindringt und so die dunklen Intrusionen in die untenliegende Seekreide ausmacht („Übergangshorizont“). Charakteristisch für den Übergang zwischen Seekreide und Kulturschicht ist der auch andernorts festgestellt abrupte Wechsel von einer karbonatreichen zu einer karbonatfreien Matrix. Die organische Kulturschicht kann sehr fein aufgegliedert werden. Grundsätzlich besteht sie aus den makroskopisch erkannten Schichteinheiten 604, 603 und 651. Die mikroskopische Analyse macht eine feinere Unterteilung möglich und insbesondere in Schicht 604 konnten die fünf Substrata a-e unterschieden werden. Die Sequenz beginnt mit 604a, einem stark organischen Sediment mit vielen Rinden, die horizontal in der Schicht liegen. Die Matrix besteht vor allem aus amorphem organischem Feinmaterial, in das verschiedene Makroreste wie Mohnsamen sowie Holzkohlen eingebettet

sind. Das Sediment wirkt vergleichsweise kompakt und Zonen mit klar eingeregelter Komponenten lassen an eine Art „Installationshorizont“ denken (vgl. Kapitel 8.1). Mit 604b folgt ein Band aus schwach sortiertem Quarzsand, welches von 604c, einer erneut stark rindenhaltigen und 604a ähnelnden Schichteinheit, abgelöst wird. Besonders auffallend in 604c ist eine starke Konzentration an Moos. Den Abschluss bildet die ebenfalls stark organische Schichteinheit 604e, deren Matrix aber aus einem Gemisch von amorphem organischem Feinmaterial und Mikrit (bis 35%) besteht. Neben Rinden, Mohnsamen und wenig Sand sowie Holzkohlen kommt auch eine Molluskenschale in dieser Schicht vor. Das organische Material ist in der Schichtsequenz recht gut erhalten. Nur stellenweise gibt es Zonen mit abgebautem Material und in Schichteinheit 604a konnte Dopplerit erkannt werden. Grundsätzlich und übergreifend sollen die verschiedenen Schichtbildungsprozesse erst in Kapitel 8 diskutiert werden, doch meint man in dieser Sequenz, hypothetisch und zumindest sehr lokal, gewisse Prozesse aus der „Dorfgeschichte“ zu erkennen: So könnte die Kompaktheit und die vielen Rinden im Substratum 604a auf die ersten Bauarbeiten vor Ort, etwa zur Errichtung eines Hauses, zurückzuführen sein. Vielleicht wurde in diesem Zusammenhang auch der Quarzsand von 604b eingebracht? Die Substrata 605c und d lassen sich vorläufig nur als organische Kulturschichten bezeichnen und keinen Prozessen zuordnen, dennoch könnte der detrisch-organische Mikrit 604e auf eine limnische Einschwemmung hindeuten.

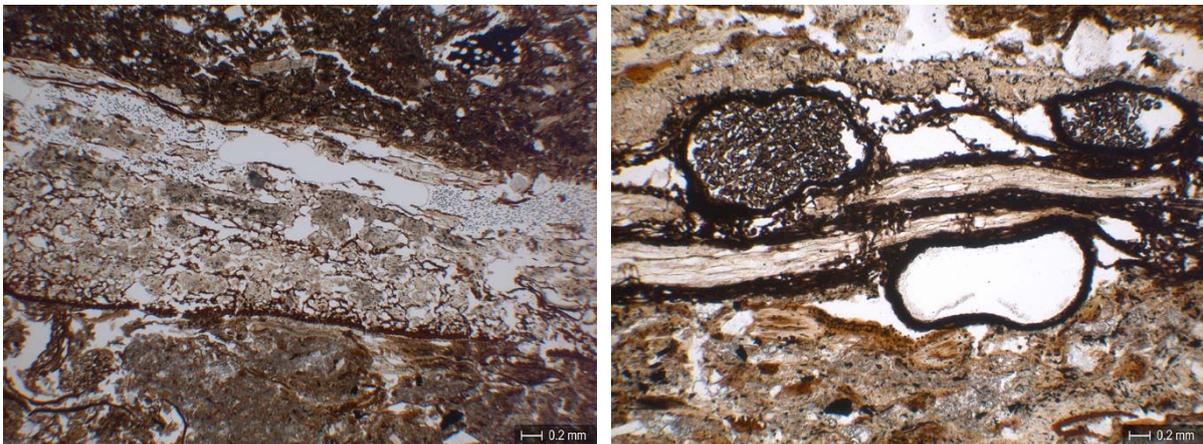


Abbildung 30 Zürich-Opéra. Profil 492/160. Probe 1686.

A) Links: Liegende Rinden trennen die beiden Schichteinheiten 34 und 604a (PPL). B) Rechts: Ein schlecht erhaltenes Rindenfragment in Schichteinheit 602a mit zwei „vollen“ und einem leeren Sklerotium (PPL).

Der Mikritanteil geht in Schichteinheit 603 wieder zurück. In dieser organischen Kulturschicht dominieren neben dem organischen Material vor allem schwach sortierter Quarzsand und

Lehmbrocken. Es kommen dabei ganz unterschiedliche Arten von Lehmbrocken vor: Zum einen lässt sich eine tonhaltige und karbonatfreie Variante feststellen, zum anderen ein eher karbonatischer Lehm, der hier zusätzlich noch sehr stark mit organischem Material durchsetzt ist. Den Abschluss bildet mit 651 eine organische Kulturschicht, die einen starken Dunganteil oder abgebautes organisches Material aufweist. Besonders deutlich äussert sich das in Form eines massiven Koprolithen, der in seiner breiigen Konsistenz zwar wie ein Wiederkäuerkoprolith aussieht, sich hier aber etwas atypisch heterogen zusammensetzt. Die Schichteinheit 602a folgt mit klarer Grenze auf die organische Schichtsequenz im Liegenden. Mit etwa 20% Anteil ist hier immer noch sehr viel organisches Material vorhanden, wobei es sich vor allem um gröbere Komponenten wie Zweige, Rinden, Blätter und Tannennadeln handelt. Doch der Mikritanteil ist sprunghaft auf 50% angestiegen und bildet mit nur wenig organischem Feinmaterial die Matrix dieser Schicht. Bemerkenswert ist der eindeutig abgebaute Zustand der Organik. So finden sich an einem schlecht erhaltenen Rindenfragment anhaftende Sklerotien (Abb. 30B) und ein grösseres organisches Gewebe wurde von Milben angegriffen, wie ihr Kot deutlich bezeugt. Da es sich hier mit dem Mikrit und wenigen Mollusken (mit Algenfrass) aber auch eindeutig um ein erosives Überflutungsereignis handelt, muss das organische Material vorher, das heisst vor der Überflutung, vom Abbau betroffen worden sein. Mit scharfer und somit gleichfalls erosiver Grenze schliesst Schichteinheit 602b an, die zu 80% aus Mikrit besteht und folglich nur wenig organisches Material beinhaltet. Neben Wurzelspuren liegen in dieser schwach organischen Seekreide vor allem im unteren Bereich noch einige in Mikrit eingebettete Blätter vor. Neben Oogonien und Characeenstängeln sind auch Mollusken vertreten. Sie weisen Spuren von einem leichten Algenfrass auf.

Probe ZHOP 1683

Schichteinheit 23a ist mit 78% Karbonatanteil nur wenig mit organischem Material, Sand oder Holzkohle durchsetzt. Sparitketten, viele Characeenstängel und Oogonien weisen auf einen starken Seeinfluss hin, woraufhin das Sediment auch als Seekreide mit sehr geringem Anteil an organischem Material angesprochen wird. Das ändert sich allmählich mit dem Übergang zu Schichteinheit 23b, in der Mikrit mit 50% immer noch den höchsten Anteil einnimmt, organisches Material, Holzkohle, Sand und auch Lehmbrocken jedoch eine zunehmende Bedeutung erlangen. Auch in dieser noch schwach organischen Seekreide sind etliche Oogonien vorhanden. Beide Sedimente zeigen darüber hinaus Spuren einer leichten Durchwurzelung. Die Heterogenität in der Schichtzusammensetzung nimmt mit Schichteinheit 21 weiter zu. Hier mischt

sich schwergewichtig organisches Material (30%) mit Mikrit, Holzkohle, Sand und Kies (Abb. 31A). Beim organischen Material handelt es sich vor allem um Holz- und Gewebefragmente in verhältnismässig schlechtem Erhaltungszustand. Es ist kaum organisches Feinmaterial vorhanden und die Matrix besteht weitgehend aus Mikrit. Ein ovales und schwarzverkohltes Objekt dürfte als ein Koproolith angesprochen werden. Bei diesem Sediment handelt es sich um die selten gefasste Kulturschicht 14.

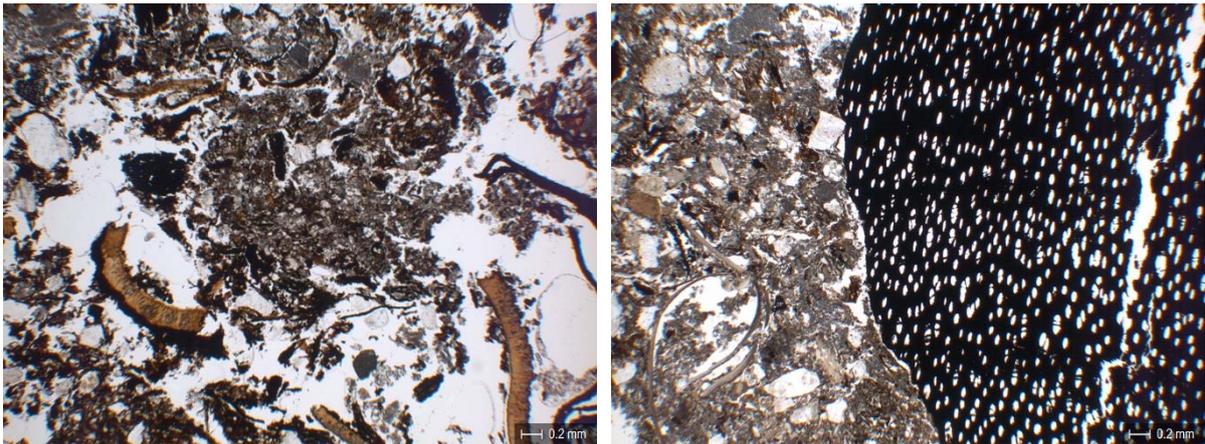


Abbildung 31 Zürich-Opéra. Profil 492/160. Probe 1683.

A) Links: Heterogenes und unregelmässiges Gemisch verschiedener Komponenten in Schichteinheit 21 (Kulturschicht 14; PPL). **B)** Rechts: Randlicher Bereich einer stark verrundeten Holzkohle im Übergang von Schichteinheit 647b zu 25 (PPL).

Darüber folgt ein sandig, lehmiger Bereich (Schichteinheit 647a). Das nun wieder seltener vorhandene organische Material ist hier ebenfalls schlecht erhalten. Dafür liegen nun mehr Lehmbrocken und grössere Holzkohle (10%, bis Kiesfraktion) in der mikritischen Matrix vor. Dieses sehr sandige Sediment ist von eher unruhigem Erscheinungsbild. Der Anteil an Lehmbrocken nimmt zur Schichteinheit 647b noch weiter zu, während der Anteil an Quarzsand dagegen leicht zurückgeht. Das Sediment ist eine chaotische Mixtur aus grossen, zum Teil gerundeten Lehmbrocken mit ebenfalls grossen und gerundeten Holzkohlen und verschiedenem organischem Material. Es handelt sich dabei vor allem um gröbere Komponenten wie Zweige, Rinden, Blätter sowie Erdbeer-, Him-/Brombeersamen und auch Haselnussschalen. Auch ein Stück Keramik mit einem Verbrennungsgradienten konnte identifiziert werden. Dazwischen finden sich immer wieder Spuren einer Durchwurzelung. Die Schichteinheiten 21, 647a und 647b werden als aufgearbeitete Kulturschicht angesprochen. Nach oben dünnen alle der zuvor genannten Komponenten recht abrupt aus und gehen in eine relativ reine schwach sandigen

Seekreide (Schichteinheit 25) über. Im Übergangsbereich beider Sedimente weisen stark gerundete Holzkohlen auf eine Verrundung durch Bewegung im Wasser hin (Abb. 31B).

Profil 487/155

Im Profil 487/155 wurde die an dieser Stelle etwas mehr als 20 cm mächtige Kulturschicht 13 mit einer 25 cm langen Plastikbox beprobt. Die organische Kulturschicht konnte im Feld in die drei Schichteinheiten 630, 635 und 628 unterteilt werden. Bereits der Anschliff hat aber nahegelegt, dass es sich hier um eine sehr kleinteilig zu unterteilende Sequenz aus Feinschichten handelt, die erst mittels der mikroskopischen Analyse genau angesprochen werden können. Aus diesem Grund wurde der Anschliff mit fünf Dünnschliffen durchgehend flächig beprobt und einer detaillierten Analyse unterzogen.

Probe ZHOP 2240

Die Schichtsequenz beginnt mit dem leicht gebänderten Mikrit 636, der wenig gut sortierten Feinsand, sehr wenig Holzkohle und ebenfalls sehr wenig organisches Material enthält. Im Hangenden wird die Schichteinheit von einer schwach organischen Seekreide (Schichteinheit 630a) abgelöst. Sie enthält vor allem gröberes organisches Material wie Rindenfragmente, Blätter, Moos und Mohnsamen. Daneben sind auch wenige fragmentierte aber ansonsten gut erhaltene Molluskenschalen und Knochen unter den Komponenten vertreten. Der Übergang zur Schichteinheit 630b wird durch eine klare Grenze gekennzeichnet. Es handelt sich bei 630b um einen von organischem Feinmaterial durchsetzten Mikrit, der einen sehr hohen Anteil an gröberen organischen Komponenten sowie Kies und Lehmbrocken beinhaltet. Vor allem die kleineren Lehmbrocken sind verrundet, grössere Lehmbrocken weisen höchstens eine leichte Rundung auf. Die verbreitet ebenfalls in dem Sediment enthaltenen Holzkohlen sind eher kantig, weshalb sich kein klares Bild von Rundungserscheinungen durch Verlagerung ergibt. An organischen Komponenten konnten Rindenfragmente, Tannennadeln, Moos, Him-/Brombeersamen, Mohnsamen, Haselnussschalen und organische Gewebereste identifiziert werden. Daneben kommen auch Knochen vor. Bemerkenswert sind aber vor allem die in dieser Schichteinheit enthaltenen Verwitterungszeiger: Über das Sediment verteilt findet sich eine zuvor nicht beobachtete Anzahl an Pilzsporen und Sklerotien. Ein Rindenfragment ist förmlich übersät mit von Sporen gefüllten und nicht mehr gefüllten Sklerotien (Abb. 32A). Auch ein

Porenkanal einer Haselnussschale ist förmlich mit Pilzsporen ausgefüllt. Dabei ist das organische Material nicht komplett zu einer amorphen Masse abgebaut, vielmehr enthält es nur besonders viele Anzeichen für Verwitterungsprozesse.

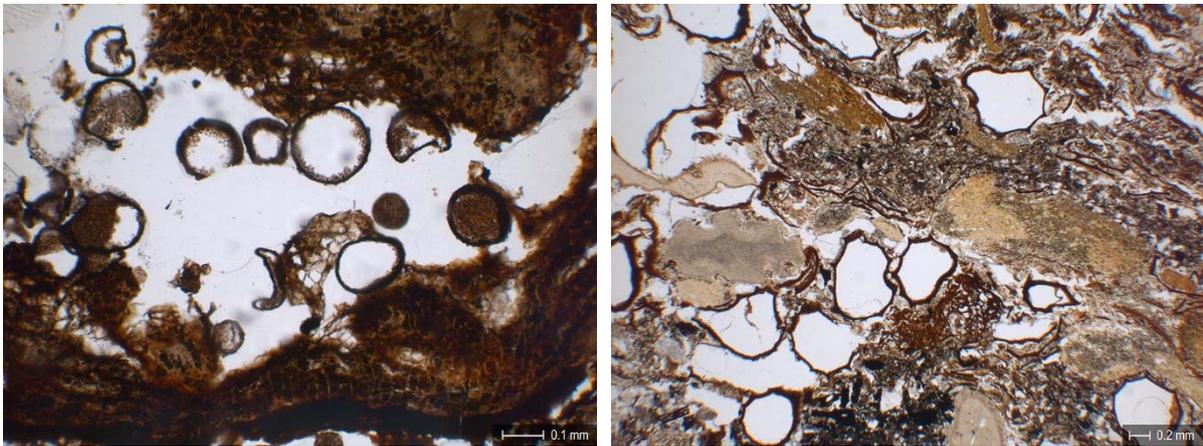


Abbildung 32 Zürich-Opéra. Profil 487/155. Probe 2240.

A) Links: Rindenfragment mit einer Vielzahl von gefüllten und leeren Sklerotien in Schichteinheit 630b (PPL). **B) Rechts:** Eine Konzentration von Mohnsamen und Knochen, begleitet von gelblichen Phosphatausfällungen in Substratum 635g (PPL).

Die darauf folgende Schichteinheit 635 liess sich mikromorphologisch in neun Substrata unterteilen (a-i). Den Beginn macht eine heterogene Lehmlage (635a) aus einem stark sandigen Lehm, der verbreitet Kies und auch organische Gewebereste enthält. Dazwischen treten immer wieder Zonen mit einem relativ reinen detritisch-organischen Mikrit auf, der sich mit Zonen abwechselt, in denen ein ähnlicher detritisch-organischer Mikrit stark mit Mikroholzkohle, Holzkohle und Brandabfall durchsetzt ist. Es folgt ein eigentlicher detritisch-organischer Mikrit (Schichteinheit 635b), der Quarzsand mittlerer Sortierungsgüte sowie einige Pilzsporen und Sklerotien in und ausserhalb von kleineren Lehmbrocken beinhaltet. Daran schliesst eine dunghaltige organische Kulturschicht (Schichteinheit 635c) an, die einen gewissen Sandanteil, aber kaum noch Mikrit aufweist. Sie beinhaltet diverse Makroreste wie Rinden, Moos, Blätter und Him-/Brombeersamen sowie Knochen. Das organische Material macht einen abgebauten und breiigen (d.h. mit aufgehobener Zellstruktur) Eindruck. Es finden sich auch hier wieder diverse Pilzsporen und Sklerotien. Sie stehen einmal mehr eindeutig für Abbauprozesse und sind nicht etwa aus einem Lehmbrocken erodiert, wie unter anderem ihr gehäuftes Auftreten an einem Stück Rinde belegt. Darüber folgt die Schichteinheit 635d in der in ähnlicher Art und Weise abgebautes organisches Material mit Mikrit vermischt vorliegt. Das Sediment fällt in seiner Zusammensetzung sehr heterogen aus und beinhaltet somit auch verbreitet Sand und

Holzkohle. Abgelöst wird diese als heterogener Mikrit zu bezeichnende Schicht von einer weiteren organischen Kulturschicht (Schichteinheit 635e), die wiederum kaum Mikrit, aber dafür umso mehr breiiges organisches Material sowie Rinden und Zweige beinhaltet. Substratum f kann als heterogener Lehm angesprochen werden, der sich darüber hinaus durch einen hohen Anteil an Quarzsand und Kies auszeichnet. Er wird von der organischen Kulturschicht Substratum g abgelöst, die besonders viel abgebautes organisches Material enthält. In diesem Sediment kann neben wenig Sand diesmal auch ein wenig Mikrit festgestellt werden. Auffallend ist insbesondere eine Anhäufung von Mohnsamen und weiteren Makroresten zusammen mit Knochen. Diese spezielle Agglomeration wird von Phosphatausfällungen begleitet (Abb. 32B), was den Eindruck bestätigt, dass weite Teile dieser Schicht aus Dung bestehen. Darüber folgt wieder eine heterogene Lehmlage (635h) mit verbreitet Kies und Sand, die daneben aber auch etwas Mikrit, Holzkohle und organisches Material enthält. Zwischen den grösseren Gesteinsfragmenten und Lehmbrocken in diesem Sediment liegen sowohl sandige Zonen mit organischem Material als auch mikritische Zonen mit viel Holzkohle und organischem Material. In der organischen Kulturschicht 635i treten die Lehmbrocken etwas zurück und man kann ein leicht heterogenes Sediment aus Holzkohle, Knochen und diversen Makroresten beobachten, welches daneben noch verbreitet Sand und organisches Feinmaterial in einer schwach mikritischen Matrix beinhaltet. Es gibt aber auch hier Zonen mit relativ vielen Lehmbrocken, stärker holzkohlehaltige Bereiche und einen Abschnitt, in dem Mikrit in der Matrix deutlich überwiegt. Dazwischen findet sich immer wieder das bereits oben beschriebene abgebaute organische Material mit Sklerotien.

Die Schichteinheit 628 liess sich in drei Substrata aufgliedern. Das erste Substratum 628a zeigt einen Mikritanteil von 25%, der aber noch von 35% Flächenanteil an Gesteinsfragmenten in der Kiesfraktion übertroffen wird. Daneben finden sich wenig Holzkohle, ca. 10% unsortierter Quarzsand sowie ebenfalls 10% abgebautes organisches Material (vor allem Rinde) in dem Sediment. In geringerem Umfang konnten auch Knochen, Pilzsporen und Sklerotien identifiziert werden. Das organische Material in dieser als aufgearbeitete Kulturschicht zu verstehenden Schicht erinnert stark an jenes aus der organischen Kulturschicht 635. Erstaunlicherweise tritt der Mikritanteil in der darauf folgenden, nur 6 mm mächtigen organischen Kulturschicht 628b komplett zurück. Neben 60% abgebautem und mehrheitlich breiig-faserigem organischem Material verteilen sich die übrigen Schichtanteile auf 10% Quarzsand und 10% Holzkohle bei einer Porosität von 20%. Dieses organische Band wird von zwei leicht schrägen Rindenlagen eingefasst, wobei zwischen der unteren Lage und dem organischen Band noch

etwas Material aus 628a liegt, worin sogar einige Diatomeen identifiziert werden konnten. Mit scharfer Grenze schliesst die stark organische Seekreide 628c an, die neben diversen Makroresten ebenfalls abgebautes organisches Material enthält. Es liegt der Schluss nahe, dass sich mit 628b dank der beiden Rindenlagen noch etwas Kulturschicht in dem ansonsten bereits von limnisch induzierten Aufarbeitungsprozessen betroffenen Sediment erhalten hat. Obwohl ein horizontal liegendes Holz direkt auf der Grenze zur Schichteinheit 627 im Hangenden liegt, kann man erkennen, dass auch diese Grenze relativ scharf ausgeprägt ist. Es handelt sich bei diesem Sediment um eine Mischung aus schwach organischer und gebänderter Seekreide, die neben einigen Him-/Brombeersamen auch erstaunlich grosse (bis 1,2 cm) und verrundete Holzkohlen enthält. Ansonsten zeigt diese Schicht eindeutig limnische Komponenten wie Molluskenschalen, Oogonien, Diatomeen und eine leichte Bänderung. Abschliessend betrachtet handelt es sich bei der in Probe 2240 analysierten Schichtsequenz um eine besonders feinteilig gegliederte Abfolge von organischen Kulturschichten, deren Schichtbestandteile von Abbauprozessen betroffen waren, und von Sedimenten, die Hinweise auf eine stärker limnisch geprägte Sedimentation beinhalten (siehe auch Kapitel 8).

Profil 474/178

Das Profil 474/178 liegt im äussersten Nordwesten der Grabungsfläche und wurde direkt vor der schon bestehenden äusseren Betonwand des zukünftigen Parkhauses entnommen. An dieser Stelle wurde die maximale Anzahl von durch Seekreidelagen getrennten Kulturschichten in unterschiedlicher Ausprägung angetroffen. Für die Kulturschicht 13 ist allerdings anzumerken, dass sie hier nur in vergleichsweise geringmächtiger aber immer noch stark organischer Ausprägung vorliegt. Dafür konnten in diesem Profil für einmal die jüngeren Schichten gut gefasst werden.

Das Profil wurde mit je drei leicht überlappenden Plastikboxen vollständig doppelt beprobt. Mit drei der Plastikboxen stand der Mikromorphologie das gesamte Profil zur Verfügung. Die Anschliffe wurden aufgrund des grossen Seekreideanteils nicht komplett flächig mit Dünnschliffen abgedeckt, so konzentrierte sich die Analyse auf die Kulturschichten und die jeweilig angrenzenden Seekreidelagen im Hangenden und Liegenden.

Probe ZHOP 2831

Den Beginn der erfassten Sequenz macht die schwach organische Seekreide 666, die nur leicht organisch überprägt ist. Es handelt sich vermutlich um resedimentiertes Material, welches etwa von einer organischen Kulturschicht in der Nähe abgespült worden sein könnte. Es folgt die sehr reine und gebänderte Seekreide 665. Der Übergang zur sich anschließenden Schichteinheit 680 fällt sehr diffus aus beziehungsweise ist kaum feststellbar. Es handelt sich bei 680 ebenfalls um eine relativ reine und gebänderte Seekreide, die aber in geringem Masse Zonen oder Konzentrationen mit schlecht erhaltenem organischem Feinmaterial beinhaltet. Diese Bereiche fransen zwar jeweils leicht aus, sind aber ansonsten relativ gut abgegrenzt. Die ebenfalls in diesem Sediment vorhandenen Molluskenschalen sind gut erhalten und weisen keine erkennbaren Anzeichen von Algenfrass auf. Im Hangenden folgt die etwa sieben Zentimeter mächtige organische Schichteinheit 664, die hier in vier Substrata unterteilt werden kann. Das erste Substratum 664a besteht aus einem Mikrit, der häufig und nach oben zunehmend mit organischem Feinmaterial durchsetzt ist (Abb. 33A).

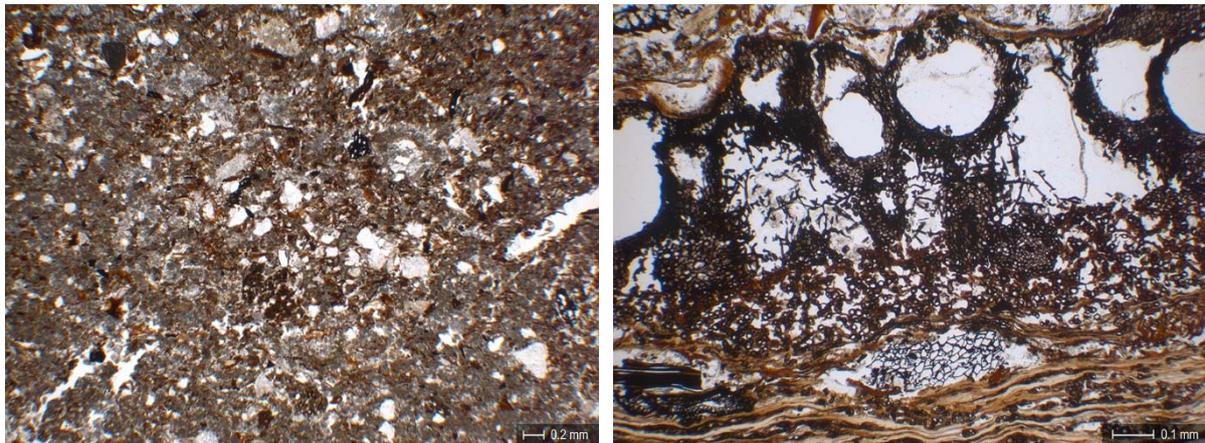


Abbildung 33 Zürich-Opéra. Profil 474/178. Probe 2831 (links) und Probe 2829 (rechts).

A) Links: Substratum 664a mit mikritischer Matrix, die von amorphem organischem Feinmaterial durchsetzt ist (PPL). **B)** Rechts: Rinde mit Sklerotien und Pilzhhyphen (PPL).

Es handelt sich um dasselbe Material wie es bereits in den organischen Konzentrationen in Schichteinheit 680 nachgewiesen werden konnte. Darüber hinaus liegen wenig unsortierter Quarzsand sowie Gesteinsfragmente und Holzkohle vor. Das organische Material reicht unterschiedlich tief in Schichteinheit 660 hinein, so dass eine wellige Grenze entstanden ist. Letzteres könnte darin begründet liegen, dass hier der sogenannte „Übergangshorizont“ vorliegt.

Dieser ist öfters von einer Durchwurzelung betroffen, welche durch eine unterschiedliche Intensität das wellenförmige Erscheinungsbild geprägt haben dürfte. Allerdings sind in diesem Dünnschliff keine eindeutigen Wurzelspuren feststellbar. An Makroresten liegt ein Mohnsamen vor. Nach oben hin wird die Schichteinheit von einem grösseren Stück Rinde abgeschlossen. In der Schicht selber konnten Oogonien sowie gut erhaltene Characeenstängel identifiziert werden. Letztere geben durch ihren Erhaltungszustand einen Hinweis auf ein eher ruhiges Sedimentationsmilieu. Mit der Rinde als Grenze folgt das Substratum 664b, bei welchem es sich um eine organische Kulturschicht mit verbreitet Mikrit und wenig Sand und Holzkohle handelt. Das organische Material ist horizontal eingeregelt. Es kommt vor allem amorphes Feinmaterial vor, aber auch einige grössere Gewebe- und Rindenfragmente befinden sich in diesem Sediment. Zwischen diesen organischen Bereichen liegt Mikrit. Das organische Material ist grundsätzlich schlecht erhalten und vereinzelt kam es zur Bildung von Dopplerit. Mit klarem Übergang und nur sehr wenig Vermischung an der Schichtgrenze folgt das sandig-organische Substratum 664c, welches nun fast frei von Mikrit ist. Dafür wird das Sediment regelhaft von einem gut sortierten Quarzsand durchsetzt. Es ist viel amorphes organisches Feinmaterial vorhanden, aber auch einzelne Komponenten wie Mohnsamen, Misteln, Zweige und vor allem Rinde sind zu erkennen. Daneben liegt ein grösserer, gerundeter Lehmbrocken. Auch hier kommt wieder Dopplerit vor. Das letzte Substratum von 664 mit der Kennung d ist dahingegen eine heterogene Schicht mit einem Gemisch aus Mikrit und organischem Feinmaterial, das neben Kies auch verbreitet unsortierten Quarzsand und gut erhaltene organische Komponenten (Rinden, Samen etc.) enthält. Dazu kommen verrundete Lehmbrocken. Auffällig ist die horizontale Einregelung der Komponenten. Dieses als erosiv umgelagerte Schicht anzusprechende Sediment geht mit klarer Grenze in den Mikrit 663 über. An der Basis dieser Schichteinheit findet sich noch Quarzsand, Holzkohle, organisches Material und Lehmbrocken, wobei es sich um das gleiche Material wie in 664d zu handeln scheint. Nach oben dünnt die Anzahl dieses anthropogenen Eintrages langsam aus und die limnischen Komponenten wie Molluskenschalen etc. beginnen zu überwiegen.

Probe ZHOP 2829

Schichteinheit 662 ist ein gebänderter Mikrit mit nur sehr wenig organischem Material und Holzkohle. Der Übergang zu Schichteinheit 679 ist sehr diffus, die Bänderung hört auf und es mischen sich mehr Holzkohle und organisches Material sowie Quarzsand und Kies in die bis-

her hoch mikritische Basis. Neben Molluskenschalen und Characeenstängeln treten besonders viele Oogonien in dieser schwach organischen Seekreide auf. Dieser vor allem von mikritischen Schichten geprägte Abschnitt der Schichtsequenz wird mit Schichteinheit 677 zugunsten eines organisch geprägten Sediments abgelöst. Dabei entspricht Schichteinheit 677 der Kulturschicht 14, wie sie für die gesamte Grabungsfläche definiert wurde. In der mikromorphologischen Analyse wurde die organische Kulturschicht 677 in die drei Substrata a-c unterteilt. 677a beginnt mit einer scharfen, von einer Rindenlage gebildeten Grenze zum Mikrit 679 im Liegenden. Im Bereich der Schicht ohne Rindenlage ist eine bis zu 4 mm messende Mischzone aus Mikrit und organischem Material vorhanden. Beim Substratum a handelt es sich um eine sandig organische Schicht mit wenig Mikrit, Holzkohle und Kies. Vereinzelt kommen Lehmbrocken und Knochen vor. Es ist viel amorphes organisches Feinmaterial enthalten, daneben kommen vor allem Rinden und Blätter vor. Besonders hervorgehoben werden muss die bereits erwähnte Rindenlage: Unter der Zuhilfenahme von höheren Vergrößerungen (100x und 400x) erkennt man, dass die Rinde sehr stark mit Pilzsporen durchsetzt ist. Des Weiteren befindet sich zwischen der Rinde eine Konzentration von Sklerotien, zwischen denen eindeutig Hyphen zu erkennen sind (Abb. 33B). Es handelt sich bei diesem Rindenstück an der Schichtbasis also erneut um einen Beleg für Sklerotien, die sich hier in der Rinde selbst gebildet haben und nicht aus einem Lehmbrocken „herausgerodiert“ wurden.

Das darauf folgende Substratum 677b ist ein 5 mm mächtiges Band aus eher locker gelagerten organischen Komponenten mit verbreitet Holzkohle und wenig unsortiertem Quarzsand. Die in diesem Sediment hauptsächlich enthaltenen organischen Gewebefragmente, Rinden, Zweige und Mohnsamen sind leicht horizontal eingeregelt. Das nachfolgende Substratum 677c entspricht vom allgemeinen Erscheinungsbild her wieder dem Substratum 677a. Es handelt sich ebenfalls um eine Schicht, die stark von amorphem organischem Feinmaterial geprägt ist. Hier kommen jedoch mehr Lehmbrocken vor, die zum Teil leicht verrundet sind. Die Schicht enthält schwergewichtig Quarzsand in der Fein- bis Mittelsandfraktion. In der Matrix der Schicht finden sich ausserdem regelhaft Pilzsporen sowie schwarzopake organische Aggregate, was auf Abbauprozesse hindeutet. Nach oben hin nimmt der Anteil an Feinmaterial leicht ab und es kommt zu einer Annäherung im Erscheinungsbild an das Substratum 677b. Darauf folgt mit einer eine Erosion andeutenden scharfen Grenze die Schichteinheit 660a. Es handelt sich dabei um einen Mikrit mit wenig organischem Material, Sand und Holzkohle. Dabei dürfte sich in erster Linie um abgerodiertes Material aus Schichteinheit 677 handeln, welches in diesem Sediment zusammen mit Mikrit resedimentiert wurde. Daneben sind noch

leichte Spuren einer Durchwurzelung zu erkennen. Der Anteil an organischen Komponenten und anderen gröberen Schichtbestandteilen nimmt zum Substratum 660b hin weiter ab, so dass hier ein fast reiner Mikrit mit Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängeln vorliegt. Vereinzelt sind Diatomeen zu erkennen und die Durchwurzelungsspuren werden deutlicher. Ausserdem ist eine Bänderung erkennbar. Auf diese gebänderte Seekreide folgt ein weiteres stärker organisch geprägtes Sediment (Schichteinheit 659), wobei hier der organische Anteil vergleichsweise viel geringer ausfällt und durchgängig Mikrit vorhanden ist. Die mit Kulturschicht 15 parallelisierte Schichteinheit 659 kann in die drei Substrata a-c unterteilt werden. Das erste Substratum a besteht ungefähr zur Hälfte aus Mikrit und beinhaltet ansonsten vor allem grössere Holzkohlen (in der Grobsand- und Kiesfraktion), sehr wenig Quarzsand und wenig gröbere organische Gewebefragmente. Daneben sind auch verrundete Lehmbrocken zu erkennen. Dies ist insbesondere auffallend, da die Holzkohlen nur zum Teil verrundet sind. Im darauf folgenden Substratum 659b ist weniger Holzkohle und mehr organisches Feinmaterial enthalten. Letzteres ist im Gegensatz zu den unregelmässig ausgerichteten Komponenten in 659a sehr gut horizontal eingeregelt. Hier muss also ein Wechsel des Sedimentationsmilieus stattgefunden haben, wobei 659a stärker von Bewegung und Ausspülung betroffen gewesen zu sein scheint. Das Substratum 659b erinnert schwach an jene Schichteinheiten, die jeweils als detritisch-organischer Mikrit angesprochen werden. Den Abschluss dieser Schichteinheit bildet 659c, welches nochmals organischer ausfällt. Hier haben sich organisches Feinmaterial aber auch gröbere organische Komponenten erhalten, die in unregelmässiger beziehungsweise wellenförmiger Lagerung vorliegen. Es handelt sich dabei vor allem um Rindenfragmente. Vereinzelt kommen auch Knochen, Mohnsamen und Molluskenschalen vor. An einem stark abgebauten organischen Fragment hat sich ein Sklerotium ausgebildet. Schliesslich geht die aufgearbeitete Kulturschicht 659 mit ihren Substrata, vermittelt über eine klarer Grenze, in die schwach organische Seekreide 671 über. Sie enthält nur wenig organisches Material, Holzkohlen und Sand. Vereinzelt kommen noch verrundete Lehmbrocken vor und etwas häufiger treten Molluskenschalen auf. Die Schichteinheiten 659 sowie 671 zeigen eine durchgängige Durchwurzelung.

Probe ZHOP 2827

Die Probe 2827 ist mit einer leichten Überlappung zu Probe 2829 entnommen worden. Somit beginnt die Schichtsequenz ebenfalls mit der Schichteinheit 659, die hier allerdings in vier

Substrata unterteilt vorliegt. Das weicht von Probe 2829 ab, in der die Schicht nur in drei Substrata unterteilt werden konnte. Da die Schichtkorrelation folglich nicht ganz eindeutig ausfällt, werden die einzelnen Substrata in Probe 2829 mit den fortlaufenden Buchstaben d-g bezeichnet. In der Probe 2827 liegen die einzelnen Straten ausserdem schräg und nicht horizontal wie in Probe 2829 und enthalten generell mehr orange-rötliches, abgebautes organisches Material. Dies ist besonders auffällig, da der Abstand zwischen beiden Proben nicht mehr als die Breite einer Probenkiste betrug, was in etwa nur 9,5 cm entspricht. Doch kann genau unter der Probe 2827 ein Schichtkeil beobachtet werden, der durch einen Pfahl verursacht sein könnte. Dieser stört die Schichtgeometrie leicht und könnte somit für die beobachtete Korrelationschwierigkeit verantwortlich gemacht werden. Das Substratum 659e, ein Mikrit mit verbreitet verrundeter Holzkohle und organischem Material, erinnert mit der grossen Anzahl an Holzkohle noch am ehesten an 659a in Probe 2829. Daneben enthält der Mikrit noch wenig Sand und weist eine höhere Porosität auf, die hier aber auf Schrumpfung der luftgetrockneten Rinde zurückgeführt werden kann. Es konnten auch Sklerotien an einem Rindenfragment identifiziert werden. Das Substratum 659e enthält zwar weniger organisches Material als dasjenige im Liegenden, dafür handelt es sich um mehr amorphes Feinmaterial, welches sich mit Blättern, Rinden und weiterem gröberem organischem Material, einigen Holzkohlen sowie verrundeten Lehmbrocken im Mikrit verteilt. Das organische Material nimmt in Schicht 659f neben dem ebenfalls verbreiteten Mikrit mit 30% den höchsten Anteil ein. Weniger stark sind Sand, Holzkohle und Kies vertreten. Der Kiesanteil wird dabei von wenigen, dafür aber grösseren und gerundeten Kieseln gestellt. Die Holzkohlen zeigen nur teilweise Verrundungsspuren. Besondere Bemerkung verdienen noch die hohe Anzahl an Mohnsamen, leichte Spuren einer Durchwurzelung sowie eine Konzentration von Sklerotien. Zum Substratum 659g hin steigt der Anteil an Mikrit erneut an. Es handelt sich aber immer noch um eine recht heterogene Schicht mit organischem Material wie Rinden, Mohn und Moos sowie Holzkohle.

Einmal mehr dünnt das Vorkommen sämtlicher Komponenten nach oben sehr stark aus, so dass schliesslich ein fast reiner Mikrit (Schichteinheit 671) vorliegt. Beim organischen Material in dieser Schicht handelt es sich vor allem um Wurzeln. In ähnlicher Weise, nur wiederum noch ein wenig reiner, setzt der Mikrit 658 die Schichtsequenz im Hangenden fort. Darauf wechselt die Schichtenfolge abrupt hin zur sehr heterogenen organischen Schicht 657. Die Grenze fällt relativ klar aus, dennoch – da hier einige Wurzeln vorhanden sind – gibt es Bereiche in denen durch die Wurzeln Material aus Schichteinheit 657 in Schichteinheit 658 gelangte. Schichteinheit 657 selbst setzt sich vor allem (30%) aus organischen Komponenten zusammen. Dabei

handelt es sich hauptsächlich um Rinden und auffallend viele Him-/Brombeersamen. Daneben kommen auch Fragmente von Haselnussschalen und Mohnsamen vor. Weiterhin konnten Knochen und Molluskenschalen in dieser Schichteinheit erkannt werden. Auffallend ist der feststellbare Algenfrass an den Molluskenschalen. Holzkohlen liegen in der Grobsand- und Kiesfraktion vor und sind nur zum Teil verrundet. An den mineralischen Bestandteilen ist der mit schwachsortiertem (viel Grobsand) Quarzsand durchsetzte Mikrit zu erwähnen, der hier vor allem die Matrix mit kristallitischem b-Gefüge bildet. Dennoch ist von 658 zu 657 ein Wechsel von einer porphyrischen hin zu einer enaulischen c/f-Relativverteilung feststellbar. Das organische Material weist einen unterschiedlichen, insgesamt aber eher mässigen bis abgebauten Erhaltungszustand auf, wofür auch die vereinzelt Doppleritvorkommen sprechen. In der Schichteinheit (656) im Hangenden nimmt der Mikrit wieder klar Überhand und das organische Material tritt zurück. Wieder deutlich sind auch die Wurzeln zu erkennen, die ihre Kanäle in der porphyrischen, mikritischen Matrix hinterlassen haben. Mit 20% Anteil nehmen die Holzkohlen einen hohen Stellenwert in dieser Schichteinheit ein. Es handelt sich aber um wenige grössere Stücke, die klar verrundet sind. Unter den üblichen limnischen Zeigern, wie Molluskenschalen, Characeenstängel und Oogonien, fallen die Molluskenschalen mit einer guten Erhaltung auf.

Profil 519/160

Das Profil 519/160 liegt im Nordosten der Grabungsfläche im Bereich vor der festgestellten Palisade. Es ist als Gegenstück zum Profil 519/123 gedacht, welches sich an ähnlicher Position im Südosten der Grabungsfläche befindet. Am Profil 519/160 kann man die Kulturschicht 13 ungefähr auf Kote 404,60 m ü. M. und damit vergleichsweise hoch liegend antreffend. Die Oberkante der Kulturschicht zeigt sich daher auch als von Erosion betroffen und ist dementsprechend unregelmässig gestaltet. Die entnommene 40 cm hohe Probe beziehungsweise die daraus gewonnene 25 cm hohe Teilprobe für die Mikromorphologie konzentrieren sich folglich auch auf die erhaltene organische Kulturschicht inklusive der Seekreidelage im Liegenden und den Übergang zur Deckschicht im Hangenden. Leider wurde beim Entnehmen der Teilprobe eine Störung im Bereich der oberen Schichteinheiten (589, 563) festgestellt, welche die genaue Schichtzuweisung erschwert hat. Trotzdem – oder gerade deshalb – wurde die Teilprobe flächig mit fünf Dünnschliffen abgedeckt. Es hat sich gezeigt, dass die Schichtabfolge trotz der Störung gut erfasst werden konnte.

Probe ZHOP 3465

Bei der untersten erfassten Schichteinheit handelt es sich um einen sandigen Mikrit (Schichteinheit 566). Durch die mikromorphologische Analyse sollte sich die im Feld als Mittelsand angesprochene Schicht jedoch als Besonderheit herausstellen. Die mikroskopische Betrachtung erbrachte den Nachweis, dass es sich beim zwischen den Händen spürbaren Mittelsand nur vermeintlich um Sandkörner handelt. In Wahrheit liegen hier Mikrit-Aggregate vor, die einzelne oder auch zusammenhängende Körner bilden (Abb. 34A,B).

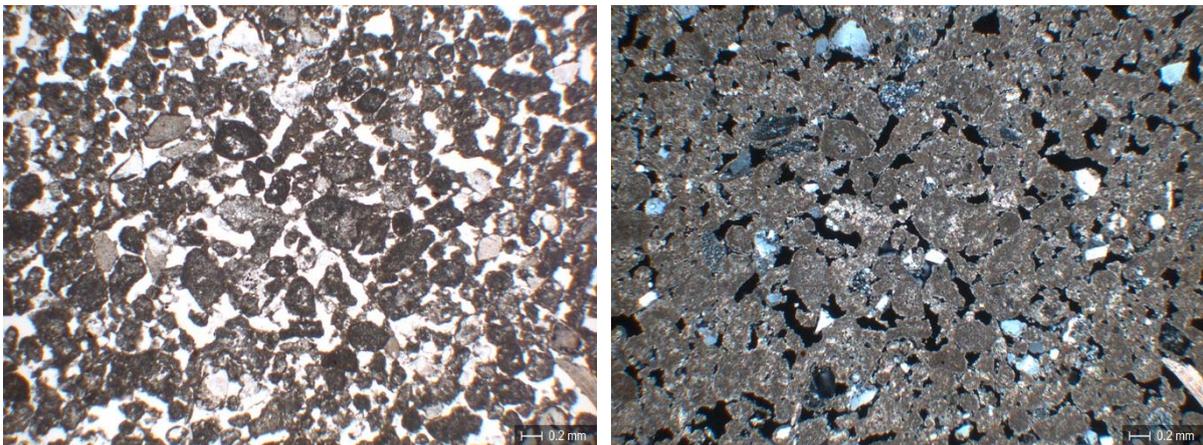


Abbildung 34 Zürich-Opéra. Profil 519/160. Probe 3465.

A) Links: Die granulare Seekreide Schichteinheit 566 (PPL). **B) Rechts:** Mit gekreuzten Polarisatoren erkennt man, dass sich die Granulen in Schichteinheit 566 aus Mikrit zusammensetzen und nur wenig Quarzsand und Molluskenschalen in der Schicht enthalten sind (XPL).

Diese Körner, die eigentlich gar keine Körner sind, sondern aus Feinmaterial bestehen, werden auch Granulen genannt. Aus diesem Grund kann die Schicht als granulare Seekreide klassifiziert werden. Dazwischen und zum Teil auch in den Mikritkörpern eingebettet liegen unsortierte Quarzsandkörner. Einige der Quarzkörner weisen sogar eine leichte Verrundung auf. Die Molluskenschalen im Sediment sind zumeist auffallend kleinfragmentiert, was auf eine gewisse mechanische Beeinflussung (Wellenschlag?) hinweisen dürfte. Zwischen der Schichteinheit 566 und dem darauf folgenden Substratum a von Schichteinheit 565 liegt eine deutliche Grenze, die besonders scharf und horizontal ausfällt. Dieser Befund ist insbesondere bemerkenswert, da es sich bei 565a eigentlich um eine „normale“, leicht mit organischem Feinmaterial durchsetzte Seekreide handelt. Doch gerade im unteren Bereich dieser Schicht sind die charakteristischen mikritischen Aggregate aus Schichteinheit 566 noch gut verbreitet. Dies weist darauf hin, dass hier ein Erosionsereignis stattgefunden hat. Die Oberkante von 566

wurde erodiert und mit neuem Sediment vermischt resedimentiert. Dieses neue Material beinhaltet etwa 10% amorphes organisches Feinmaterial, welches sich in der Schicht verteilt hat, sowie wenig Holzkohle und Kies. Der Anteil an Quarzsand ist von 10 auf nur mehr 5% zurückgegangen. Dazwischen liegen Schalen von Mollusken und Ostrakoden, vereinzelt sind auch Characeenstängel nachweisbar. Die Mikritaggregate dünnen nach oben hin beziehungsweise spätestens nach 15 mm langsam aus. Dies geschieht bei gleichzeitiger Zunahme der limnischen Komponenten (Mollusken- und Ostrakodenschalen, Characeenstängel sowie Oogonien), so dass hier mit einem diffusen Übergang das Substratum 565b definiert wird. Es enthält neben Mikrit nur wenig Sand und ebenfalls nur noch wenig organisches Material, welches sich als Feinmaterial und in Form von gröberer Komponenten über die gesamte schwach organische Seekreide verteilt. Das Substratum 565c ist ebenfalls eine schwach organische Seekreide und von ganz ähnlicher Gestalt, allerdings mit dem Unterschied, dass der Anteil an organischem Material leicht zunimmt. Es handelt sich wiederum vor allem um Feinmaterial. Etwas Moos und vereinzelte Mohnsamen sind allerdings auch vorhanden. Es lässt sich also eine graduelle Zunahme von organischem Material beobachten, die sich auch noch in der folgenden Schichteinheit 570 abzeichnet. In dieser Schicht kommt zum Feinmaterial aber bedeutend mehr organisches Gewebe und Makroreste wie Rinde und Mohnsamen, was das Sediment als stark organische Seekreide auszeichnet. Nur noch vereinzelt können Mollusken- und Ostrakodenschalen entdeckt werden, dafür treten neu auch Knochen und Lehmbröckchen auf. Das organische Material weist dabei eine horizontale Einregelung auf. Wurzeln, die hinunter bis in die Schichteinheit 565 reichen, scheinen ebenfalls vorhanden zu sein. Sie sind allerdings nicht ganz eindeutig erkennbar. Das organische Material zeigt einen schlechten Erhaltungszustand mit Verbreitung (vgl. Tab. 14). Vereinzelt können Pilzsporen in der Matrix entdeckt werden.

Der leider nicht im Dünnschliff erfasste Übergang zur organischen Schichteinheit 564 lässt sich am treffendsten als scharf und wellenförmig kennzeichnen. Hier ist einmal mehr das Phänomen des abrupten Wechsels von einem mikritisch geprägten Sediment hin zu einem organischen Sediment, welches frei von Mikrit und sonstigen erkennbaren limnischen Komponenten ist, festzustellen. Wellenförmig fällt die Grenze insbesondere deshalb aus, weil an der Schichtbasis gröbere Rindenfragmente zu liegen kamen, die unterschiedlich weit in die Schichteinheit 570 hineinreichen. Bei 564 handelt es sich um eine stark organische Schicht (65% organischer Anteil) mit wenig Sand, Holzkohle und Kies. Das organische Material besteht vor allem aus Zweigen, Rinden, Blättern, Moos und Mohnsamen, die in einem schwach sandigen amorphen organischen Feinmaterial liegen. Das organische Material macht einen

stark abgebauten Eindruck und befindet sich vielfach im Stadium der Verbreitung. Besonders an den Rinden ist starker Pilzbefall feststellbar. Auf einen gewissen Dunganteil im Sediment könnte auch der wahrscheinliche Nachweis eines Parasiteneis hinweisen. In die gleiche Richtung scheinen stark phosphatische Stellen zu deuten. Die Grenze zur Schichteinheit 589 fällt einmal mehr erosiv aus. Es handelt sich bei diesem Sediment um einen Mikrit mit wenig organischem Material und unsortiertem Quarzsand sowie etwas Holzkohle, Kies und Lehmbröckchen. Das organische Material besteht aus Rindenfragmenten, Zweigen und Gewebe sowie auch aus amorphem Feinmaterial, welches in der mikritischen Matrix verteilt vorliegt. Somit hat hier trotz der durch die scharfe Grenze und andere Hinweise eindeutig nachgewiesenen Erosion keine vollständige Auswaschung des Feinmaterials stattgefunden, was auf niedrig-energetische Erosionsprozesse hindeutet (siehe auch Kapitel 8.2). Dennoch weisen die in der Schichteinheit vorkommenden Lehmbröckchen eine deutliche Verrundung auf. Daneben scheinen sie einer Hitzeeinwirkung ausgesetzt worden zu sein. Auffällig ist weiterhin eine schwammartige karbonatische Struktur unbekannter Art, die sich sicher nicht bei starker Wellenenergie erhalten haben könnte. Mit Schichteinheit 563a folgt erneut mit scharfer Grenze eine stark sandige Seekreide. Neben dem unsortierten Quarzsand ist die Schicht verbreitet mit organischem Material durchsetzt. Daneben kommen noch Molluskenschalen, Oogonien sowie eine grössere (-4 mm) verrundete Holzkohle vor. Relativ ähnlich fällt das Substratum b der gleichen Schichteinheit aus, welches sich jedoch vor allem durch etwas weniger organisches Material und das Auftreten von verrundeten Lehmbröckchen vom vergleichbaren Sediment im Liegenden unterscheidet. Es folgt ein Band aus feinsandigem Mikrit mit wenig organischem Feinmaterial (563c), welches wiederum von einem stark organischen Mikrit mit verbreitet gut sortiertem Mittelsand (563d) überlagert wird. In diesem Substratum überwiegen die größeren organischen Bestandteile wie Zweige, Rinden und organisches Gewebe. Das oberste erfasste Substratum e ist ein Mikrit, der vor allem wenig Sand (mittel bis gut sortierter Mittel- bis Grobsand) und amorphes organisches Feinmaterial enthält. Es gibt aber auch sandigere Zonen, was dieses Substratum zu einem heterogenen Konglomerat aus 563d und einem detritisch-organischen Mikrit macht.

Profil 495/134

Etwas südlich von der Mitte der Grabungsfläche liegt das Profil 495/134. An dieser Stelle wurden zwei Proben aus ungefähr der gleichen Höhe entnommen. Eine dieser beiden Proben

stand für die mikromorphologische Analyse zur Verfügung. Es handelt sich hier um eine speziell feinstratifizierte Situation in der Kulturschicht 13 aus mehreren sandig-siltigen Lagen, die sich mit organischen Lagen abwechseln. Die Probe umfasst diese Situation sowie die untenliegende Seekreide. Beim Präparieren der Probe stellte sich heraus, dass hier eine grössere Störung vorlag. Sie konnte bei der Auswahl der Positionen für die fünf Dünnschliffe glücklicherweise umgangen werden.

Probe ZHOP 3631

Die Probe beginnt mit Schicht 407, einem Mikrit der gewisse organische Zonen aufweist. Es handelt sich dabei um das Phänomen des „Übergangshorizontes“, der auch in anderen Proben an der Basis von Schicht 13 anzutreffen ist. Neben wenig Sand und Holzkohle kommen auch Characeenstängel, Oogonien und Molluskenschalen vor. Letztere zeigen Korrosionsspuren, die als Algenfrass angesprochen werden können. Wie oben erwähnt, finden sich makroskopisch leicht dunkel erscheinende Zonen mit organischem Feinmaterial in diesem als schwach-organische Seekreide anzusprechenden Sediment. Es wird mit relativ klarer Grenze von der Schichteinheit 704a abgelöst, bei der es sich um ein Sediment mit vielen gröberen organischen Komponenten und Holzkohle handelt. In weit geringerem Umfang kommen Lehmbrocken, Quarzsand und Kies vor. Die gröberen Komponenten dominieren die Schicht, so dass sie ein vergleichsweise lockeres Mikrogefüge aufweist (enaulisches c/f-RDP). Das lockere Erscheinungsbild liegt aber wohl vor allem in der Schrumpfung der organischen Bestandteile begründet, (Aeschmann und Guisan 1995) so war die Matrix aus Mikrit und organischem Feinmaterial sicher einmal dominanter und das Sediment erschien massiver. Die Matrix ähnelt im Übrigen stark den organischen Zonen in der Schichteinheit 407. Unter den vielen organischen Komponenten im Sediment fallen besonders die zahlreichen Mohnsamen auf. Es handelt sich dabei um ein häufiges Phänomen, welches auch in anderen Profilen an der Basis der Schicht 13 angetroffen werden kann. Das Sediment kann als organische Kulturschicht angesprochen werden. In der Schichteinheit 704b im Hangenden gehen die organischen Komponenten etwas zurück und Lehmbrocken sowie die mikritische Matrix nehmen zu. In dieser Matrix ist aber immer noch amorphes organisches Feinmaterial eingebettet, es ist jedoch nicht in der Masse feinverteilt wie es in detritisch-organischen Mikriten im Allgemeinen zu beobachten ist. So kommen auch immer noch recht viele Mohnsamen vor. An Lehmbrocken sind vier verschiedene Varianten vertreten: ein karbonatischer Lehm, ein Lehm aus einem Al-Horizont (Oberboden mit Auswaschung von Tonpartikeln) sowie Lehm aus einem Bt-Horizont (Bodenhorizont

mit Tonanreicherung). Daneben kommt als vierte Lehmart auch ein fast reiner Ton vor. Einer dieser Tonbrocken weist eine Art Magerung auf, welche in Material und Grösse einen ähnlichen Zuschlagsstoff (grober, kantiger Quarzsand) wie in der an dieser Fundstelle vertretenen Horgener Keramik aufweist. Er unterscheidet sich sehr deutlich von den anderen Lehmtypen, weshalb an Produktionsabfall von Töpferei gedacht werden kann. Daneben liegen noch Aschen und verkohlte Makroreste vor. Die Schichtzusammensetzung fällt somit relativ heterogen aus, weshalb das Sediment als heterogener Mikrit angesprochen werden kann. Die darauf folgende Schichteinheit 704c ist relativ ähnlich und kann ebenfalls als heterogener Mikrit bezeichnet werden, allerdings kommen hier weniger Lehmbrocken vor. Daneben fallen besonders viele Mohnsamen und ein grosses Keramikfragment auf. Letzteres bietet einen guten Vergleich zum zuvor postulierten Töpferthon. Auffällig ist auch das stark rötlich eingefärbte organische Material, was aber bei den benachbarten Schichten ebenfalls beobachtet werden konnte. Vor allem im oberen Bereich der Schichteinheit liessen sich einige Knochen, Sklerotien, Dung und weitere Makroreste (u.a. Tannennadeln) feststellen, womit der Übergang zu Schicht 703 gekennzeichnet werden kann. Bemerkenswert ist der Nachweis von körnigem Karbonat, das als Holzasche gedeutet werden könnte. Darauf deuten ausserdem veraschte organische Gewebe hin, die durch ihre zum Teil pseudomorphe Gestalt zu erkennen sind (Abb. 35A,B). Dieser Nachweis von Holzaschen spricht für eine rasche Sedimentation unter nicht wasserbedeckten Bedingungen, da ansonsten ihre Erhaltung kaum zu erklären ist.

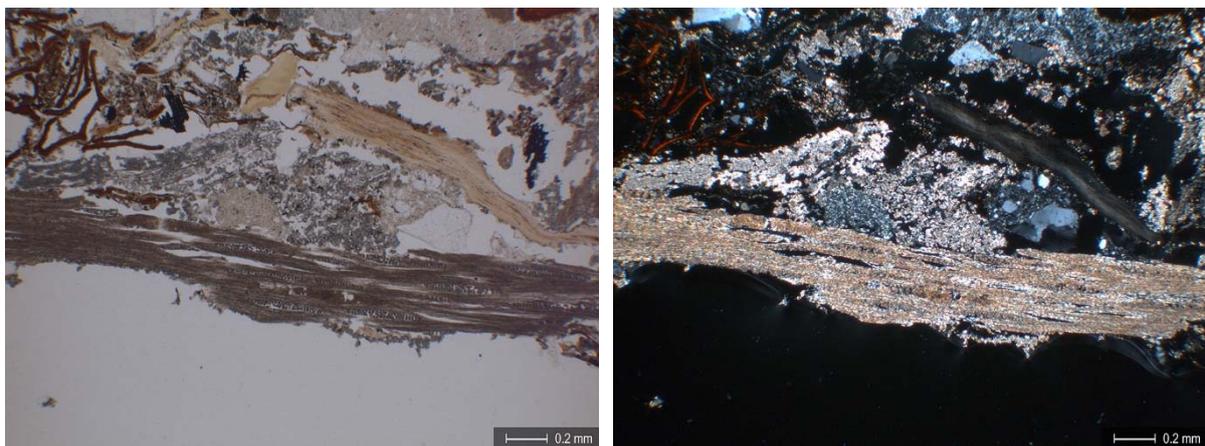


Abbildung 35 Zürich-Opéra. Profil 519/160. Probe 3465.

A) Links: Verashtes organisches Gewebe als karbonatischer Pseudomorph in Schichteinheit 704c (PPL).
B) Rechts: Das gleiche Motiv. Mit gekreuten Polarisatoren erkennt man den Karbonatanteil anhand deutlicher Doppelbrechung (XPL).

In der Schichteinheit 703 tritt der Mikrit stark zurück und es zeigt sich eine sehr ausgeprägte organische Kulturschicht mit vielen Makroresten. Doch zwischen den gröberen Komponenten ist auch sehr viel organischer Detritus vorhanden, der den Hauptanteil der Matrix einnimmt. Mikrit kommt nur noch in sehr geringem Masse vor (10%). Die Schicht hat einen hohen Anteil an Dung oder sehr stark zersetztem organischem Material, der genau wie das übrige organische Material in dieser Schicht stark rötlich eingefärbt ist. Daneben liegen auch Mollusken-schalen und ein verkohlter Makrorest vor. Den grössten Anteil des im Sediment enthaltenen Quarzsands von mittlerer Sortierung nimmt die Feinsandfraktion ein. Die Matrix von Schicht-einheit 695a setzt sich dahingegen wieder vor allem aus Mikrit und weniger aus organischem Feinmaterial zusammen. Das organische Material entspricht in der rötlichen Farbe weitgehend demjenigen aus Schichteinheit 703. Die häufig auftretenden Zweige zeigen im Gegensatz zum übrigen rötlich verfärbten und abgebauten organischen Material deutliche Interferenzfarben. Daneben kommen auch wieder Holzaschen sowie kalzinierte Knochen vor. Auch vereinzelte Ostrakodenschalen liessen sich nachweisen. Oogonien und andere Hinweise auf limnische Sedimentationsquellen fehlen. Aufgrund ihrer uneinheitlichen Zusammensetzung kann die Schicht als heterogener Mikrit bezeichnet werden. Die gleiche Ansprache trifft auf die Schicht-einheit 695b zu, wobei hier der Anteil an organischem Material auf bis zu 20% ansteigt. An-sonsten sind sich die beiden Schichteinheiten aber recht ähnlich. Ostrakoden- und Mollusken-schalen lassen sich als wahrscheinlich limnischen Ursprungs nachweisen. Ebenfalls limni-schen Ursprungs, aber eher über den Umweg der menschlichen Nahrungszubereitung in das Sediment gelangt, sind Fischreste, die zum Teil Spuren von Hitze einwirkung zeigen.

Die Schichteinheit 702 im Hangenden ähnelt wiederum der bereits beschriebenen organischen Kulturschicht 703. Es handelt sich bei 702 also um ein organisches Sediment, in der der Mikri-tanteil deutlich zurücktritt. Der untere Bereich der Schicht ist wieder markant geprägt von stark abgebautem beziehungsweise dunghaltigem und rötlich gefärbtem organischem Material. Im oberen Teil der Schicht liegt vor allem braungefärbtes organisches Material vor. Während im oberen Bereich alle Fraktionen ohne erkennbare Sortierung vorkommen, besteht der Sand im rötlichen Bereich vor allem aus gut sortiertem Feinsand. Hier sind zudem verschiedene Mak-roreste wie Rinden und Mohnsamen enthalten. Einen grossen Anteil am organischen Material nimmt aber der Detritus ein. Die ebenfalls vorhandenen Knochen weisen zum Teil Brandspu-ren auf. Im Hangenden schliesst ein stark heterogener Mikrit mit relativ viel Kies, Quarzsand und Holzkohle an (Schichteinheit 701). Das in diesem Sediment enthaltene organische Mate-rial ist zum Teil stark abgebaut. Dieses Bild setzt sich mit Schichteinheit 700 fort, wo zum

grossen Kies- und Sandanteil eine Zunahme an abgebautem organischem Material, Holzkohle und Dopplerit beziehungsweise gelifiziertem organischem Material kommt. Knochen (zum Teil verbrannt) belegen den immer noch stark anthropogenen Charakter dieses Sediments. Erstaunlicherweise ist das organische Material in der Schicht nicht überall gleich schlecht erhalten, denn es kommen immer wieder Moose vor, die besser erhalten sind und auch noch Interferenzfarben zeigen. Das oberste in der Probe erfasste Sediment ist Schichtnummer 699, in der sowohl Mikrit als auch organisches Material immer mehr abnehmen bis schliesslich der Kiesanteil stark dominiert. Das wenige im Sediment enthaltene organische Material ist in der Regel stark abgebaut.

Profil 502/131

Das Profil 502/131 zeigt eine mehrfach durch feine Lehmlagen getrennte Kulturschichtsequenz zwischen zwei Seekreideschichten. Das etwas mehr als 40 cm mächtige Schichtpaket wurde mittels einer 80 cm langen Probenkiste entnommen. Für die mikromorphologische Analyse wurden zwei dicht aufeinander folgende 25 cm lange Teilproben entnommen, welche die gesamte organische Schichtsequenz erfassen.

Probe ZHOP 5313 MM2

Schichteinheit 407a, welche zu Beginn der Schichtsequenz liegt, ist ein fast reiner Mikrit mit sehr wenigen andersartigen Bestandteilen. Jedoch nehmen vor allem die organischen Komponenten zu Schichteinheit 407b hin zu, wobei unter den identifizierbaren Komponenten die Mohnsamen überwiegen und daher besonders auffallen. In dieser Schicht kommen ausserdem kleinere Lehmbrocken und anderes Kulturschichtmaterial hinzu. Es handelt sich um die gleiche Ausprägung einer schwach organischen Seekreide, wie sie auch in anderen Profilen direkt unter der Kulturschicht angetroffen wurde („Übergangshorizont“). Auffallend ist hier, dass sich das organische Material in sparitischen Zonen konzentriert und diese annähernd ein Niveau bilden. Mit scharfer Grenze geht die Schichtsequenz in eine mit nur ca. neun Millimetern sehr dünne organische Schicht (707a) über. Darin befinden sich viele Rinden (liegend), Knochen, Mohnsamen, Fragmente von Haselnussschalen, Moos und Holzkohlen. Eine Besonderheit stellt ein verkohltes, „breiig“ aussehendes Objekt dar, bei dem es sich eventuell um einen verkohlten Nahrungsrest handelt könnte (Abb. 36A). Als Matrix ist auch in dieser Schicht

immer noch etwas Mikrit vorhanden. Auffallend ist eine deutliche Dislozierung von Zellen beziehungsweise Gewebefragmenten bei den grossen liegenden Rinden. Die Knochen wirken verbrannt.

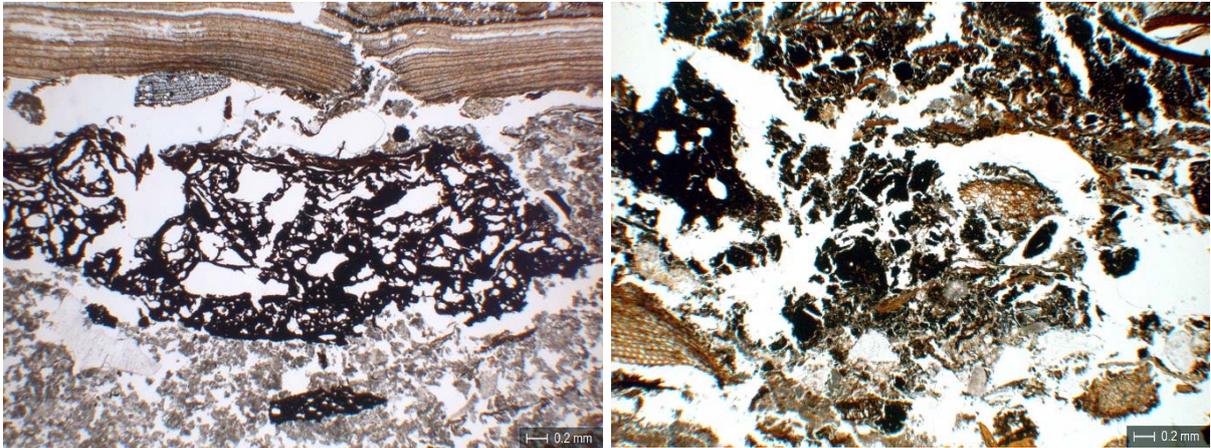


Abbildung 36 Zürich-Opéra. Profil 502/131. Probe 5313.

A) Links: Verkohlter organischer Makrorrest in Schichteinheit 707a, der aufgrund der unregelmässigen Porosität und einer kavernen Mikrostruktur an einen Nahrungsrest erinnert (PPL). **B) Rechts:** Stark abgebaute organische Aggregate in Schichteinheit 635a (PPL).

Die darauf folgende Schichteinheit 707b fällt recht heterogen aus und weist eine deutlich mikritischere Matrix auf. Es handelt sich um eine Mischung aus horizontal gelagertem Kulturschichtmaterial, darunter Holz- beziehungsweise Gewebereste, schwach verrundeter Holzkohle und Lehmbrocken. Dazwischen liegt schlechtsortierter Quarzsand. Es sind ausserdem Zonen mit Mikroholzkohle zu erkennen. Da keine Molluskenschalen vorliegen und der Mikrit recht körnig ausfällt, stellt sich die Frage, ob hier Aschen mit eingelagert sind. Ausserdem sind eindeutig Sklerotien zu erkennen. Neben Knochen sind auch Makroreste wie Mohn- und Him-/Brombeersamen zu erkennen. Die Schicht wird vom dünnen organischen Band 707c abgelöst, welches sich durch besonders stark abgebautes organisches Material auszeichnet. In die Matrix aus organischem Feinmaterial ist auch ein geringer Anteil an Karbonat (10%) eingelagert. An Makroresten sind vor allem Mohnsamen zu erkennen. Die Schichteinheit 764a ähnelt wiederum der Schicht 707b. Auch hier erkennt man ein stark heterogenes Gemisch aus organischem Kulturschichtmaterial (abgebaut), Quarzsand, Gesteinsfragmenten/Kies und Mikrit. Daneben können wieder Sklerotien nachgewiesen werden. Ein fast kalzifiziertes Fragment von organischem Gewebe und ein in der Nähe gelegener Pseudomorph belegen das Vorhandensein von Aschen in dieser Schicht. Innerhalb Schichteinheit 764a nehmen karbonatische Lehmbrocken nach oben hin zu. Sie liegen immer noch in der gleichen mikritischen Matrix mit

abgebautem organischem Material. Dazu kommen kleinere Lehmbrocken mit Lehm aus einem A1-Horizont sowie Keramikfragmente. In 764b nehmen die Lehmbrocken zugunsten eines heterogenen Mikrits mit organischem Material ab. Schichteinheit 747a weist erneut die gleiche heterogene mikritische Matrix auf, hier sind aber wieder mehr organische Komponenten und Knochen vorhanden. In dieser Schichtsequenz sind vor allem die fließenden Übergänge typisch, so ist der Übergang zu Schichteinheit 747b auch nicht besonders deutlich, aber vor allem an der Zunahme von Holzkohle und Mikroholzkohle zu erkennen. Ansonsten handelt es sich bei 747b um eine heterogene Schicht mit vielen verkohlten und unverkohlten Makroresten (Mohnsamen sowie Him-/Brombeersamen), Knochen, Quarzsand, Lehmbrocken und Kies/Gesteinsfragmente, die in eine Mischung aus amorphem organischem Feinmaterial und Mikrit eingebettet sind. Am Übergang zu Schichteinheit 757 liegen grössere Keramikfragmente, die einen Brandsaum inklusive Gradienten in Hitzeverfärbung aufweisen. Die Schicht selber besteht erneut aus einem heterogenen Mikrit, unsortiertem Quarzsand, stark verrundeten Lehmbrocken und verrundeten Holzkohlen. Dazwischen liegen oftmals schlecht erhaltene organische Bestandteile, verbrannte und unverbrannte Makroreste sowie verbrannte und unverbrannte Knochen. Ein Fragment von Wiederkäuerdung konnte ebenfalls identifiziert werden. Die körnige Ausprägung des Mikrits macht das Vorhandensein von Holzaschen wahrscheinlich. Auffallend an dieser Schicht ist eine leichte Bänderung, in der sich mikritische und organische Bereiche abzuwechseln scheinen. Zuerst in dieser Probe ist mit Schichteinheit 635a noch ein Band aus sehr stark abgebautem organischem Material und etwas Quarzsand angeschnitten, das aber ebenfalls den heterogenen Mikriten zugerechnet werden kann. Der Abbaugrad des organischen Materials ist sehr hoch, was sich vor allem durch das hohe Vorkommen von sehr vielen organischen Aggregaten äussert (Abb. 36B).

Probe ZHOP 5313 MM1

Zuunterst in Schichteinheit 635b kann man die zuvor erwähnten organischen Aggregate noch randlich angeschnitten erkennen. Die Schichteinheit selber besteht aber vor allem aus Mikrit (30%), der mit Holzkohle, Quarzsand, Kies und organischem Material vermischt ist. Es handelt sich um einen recht heterogenen Mikrit, der auch verrundete Lehmbrocken enthält. Bemerkenswert ist der mit 20% recht hohe Anteil an Holzkohlen, die in allen Grössenfraktionen und gut über das gesamte Sediment verbreitet vorkommen. Die ebenfalls nachgewiesenen, kleinen Aschekonzentrationen muss man sicherlich in Verbindung mit den Holzkohlen sehen. Bemerkenswert sind weiterhin organische Zonen, die keinen Mikritanteil beinhalten. Das erinnert

an eine Situation, wie sie später bei einem besonderen Befund beobachtet werden konnte (vgl. Kapitel 7.2). In der nachfolgenden Schichteinheit 745a nimmt der Anteil an Mikrit und Lehmbrocken stark zu. Unter dem Mikrit sind wiederum viele Holzaschen vertreten, wie deutliche Zellstrukturen beziehungsweise sogenannte Pseudomorphe zeigen. Auffallend sind bräunliche siltige Bereiche, die keine Interferenzfarben zeigen und bei gekreuzten Polarisatoren schwarz erscheinen. Sie sind auch noch in Schichteinheit 745b zu finden. In dieser Schicht hat das organische Material wieder zugenommen. Es liegen aber immer noch eine mikritische Matrix und viele Holzaschen vor. Neu sind jedoch mehr amorphes organisches Feinmaterial (15%) sowie gröbere organische Komponenten enthalten. Das organische Material weist deutliche Abbauspuren auf und ist zum Teil stark mit Sklerotien durchsetzt. Diese Sedimente können als heterogene Mikrite angesprochen werden.

Der Mikritanteil bricht schliesslich komplett weg und in Schichteinheit 744 dominiert das organische Material sowohl die Matrix in Form von amorphem Feinmaterial als auch die Komponenten in Form von Geweberesten und Rindenfragmenten. Daneben kommen vor allem noch Sand, wenige Holzkohlen, Kies und Lehmbrocken vor. In diesem feinen Detritus eingebettet finden sich auch Pilzsporen. Bemerkenswert ist ein organisches Gewebefragment, welches deutlich rötliche Interferenzfarben aufweist. Diese unterschiedlich gefärbten organischen Reste weisen auf eine differentielle Erhaltung des organischen Materials hin. In der Schichteinheit 759 im Hangenden liegen nur noch Kies, Sand und wenig organisches Material in einer lehmigen Matrix vor. Es handelt sich um eine recht heterogene Lehmlage, die sich aus mal mehr und mal weniger stark tonigen Brocken zusammensetzt. Ausserdem gibt es auch Zonen mit organischem Detritus. Dabei haben die organischen Komponenten einen klaren kulturellen Ursprung, wie ein verkohltes Getreide oder Haselnussschalen belegen. Ein Rindenfragment weist darüber hinaus einen Brandgradienten auf. Sklerotien zeigen wiederum gewisse Verwitterungsprozesse an. In Schichteinheit 761 findet man den Lehm bereits aufgelöst und mehr oder weniger auf seine gröberen Bestandteile wie Sand und Kies reduziert. Die Matrix wird nun bereits leicht von einem Mikrit bestimmt. Daneben sind aber immer noch organische Reste (vor allem Rinden) und Holzkohlen vorhanden. Diese offenbar von Erosionsprozessen betroffene Schichteinheit stellt den Übergang zur Schichteinheit 403 dar, in der die mikritische Matrix überwiegt und wie bereits im Liegenden unregelmässig orientierte Kiesel, Sand und wenig organische Komponenten vorkommen. Neu sind zahlreiche Molluskenschalen, die alleamt recht kleinfragmentiert sind. Es handelt sich um einen Reduktionshorizont, in dem der obere Bereich der Lehmlage durch Wellenschlag aufgearbeitet wurde und der Sand und Kies

sowie das organische Material mit seebürtigem Mikrit und Molluskenschalen resedimentiert wurden.

Profil 508/147

Das Profil 508/147 befindet sich in der östlichen Mitte der Grabungsfläche. Hier liegt die Kulturschicht 13 als kompakte organische Schicht mit recht vielen liegenden Hölzern über einer dünneren, gebänderten Seekreide (407), welche ihrerseits über einem grauen Sand (408) zu liegen kam. Die organische Kulturschicht 406 wird von der Lehmlage 769 unterteilt und findet als Schichteinheit 781 ihre Fortsetzung. Damit endet die in dieser Probe erfasste Sequenz, während im Profil noch die Seekreide 410 und Verfüllschichten (Schichteinheit 1) folgen, welche beide aber nicht Gegenstand der hier vorgenommenen Untersuchungen sein sollen. Aus der 60 cm messende Probe wurden zwei Teilproben à 25 cm Länge entnommen und für die mikromorphologische Analyse präpariert.

Probe ZHOP 5866 MM2

Bei der makroskopisch als Sand angesprochenen Schichteinheit 408 handelt es sich um einen Mikrit, bei dem sich die siltigen Karbonate zu grösseren Granulen formten. Dazwischen sind aber auch immer wieder vollständig mikritische Zonen vorhanden. In dieses Sediment eingebettet finden sich 5% wenig sortierter Quarzsand, Kies, Molluskenschalen mit Anzeichen für Algenfrass sowie sehr wenig Holzkohle und wenige organische Reste. Vereinzelt sind auch schlecht erhaltene Characeenstängel erkennbar. Alle Komponenten sind unregelmässig in der Schicht eingelagert. Aufgrund der speziellen Ausprägung der Schicht mit den mikritischen Granulen kann das Sediment als granulare Seekreide bezeichnet werden (vgl. Kapitel 8.1.1) Die darüber folgende Seekreide Schichtnummer 407 kann dreigeteilt werden: Das Substratum 407a ist dabei eine Art Übergangsniveau zwischen den Schichten 408 und 407. Es handelt sich um einen Mikrit mit immer noch wenig organischem Gewebe. Das granulare Erscheinungsbild tritt hier vollständig zurück und auch der Sandgehalt ist leicht zurückgegangen. Daneben kommen auch ganz wenig Kies und Holzkohle vor. Ausserdem konnten auch Molluskenschalen und Chaceenstängel identifiziert werden. Das dichte Sediment mit massivem Mikrogefüge kann als schwach organische Seekreide angesprochen werden. Ganz ähnlich fällt Schichteinheit 407b aus. Es handelt sich dabei um eine kompakte, schwach organische

Seekreide mit einer Porosität von 5%. Das übrige Sediment besteht aus einem dichten, massiven Kalkschlamm. Neben sehr wenig Kies und Sand kommen Molluskenschalen und Characeenstängel vor. Holzkohlen können ebenfalls nur in sehr geringem Masse nachgewiesen werden. Unter dem mit ca. 5% geringen Vorkommen von organischem Material sind organische Fäden zu erkennen, die an Wurzeln erinnern. Es ist eine leichte Bänderung vorhanden. Am Übergang zur Kulturschicht 406 liegt mit 407c ein geringmächtiges Band aus organischem Mikrit, dessen Komponenten horizontal eingeregelt sind. Es handelt sich vor allem um Blätter, organische Gewebefragmente, Molluskenschalen sowie mit Mikrit vermisches Feinmaterial. Am relativ klaren Übergang zur organischen Kulturschicht 406a liegt Mikrit nur noch in Form von Einschlüssen vor. Ansonsten handelt es sich um ein leicht sandiges Sediment mit 45-50% Anteil an organischem Material. Darunter fallen Zweige, Rinden, Blätter sowie diverse andere Makroreste. Einen grossen Anteil nimmt auch amorphes organisches Feinmaterial ein. Letzteres ist mit relativ viel Mikroholzkohle durchsetzt. Im Sediment kommen allerdings auch grössere und leicht verrundete Holzkohlen in der Kies- und Grobsandfraktion vor. Daneben lassen sich auch Knochen sowie ein deutlicher Dunganteil nachweisen. Die Porosität fällt im Vergleich mit den Seekreidelagen im Hangenden mit 20% leicht höher aus.

Probe ZHOP 5866 MM1

Die Teilprobe MM1 beginnt mit der organischen Schichteinheit 406b, die sich durch sehr viel amorphes organisches Feinmaterial (25%) auszeichnet, welches von ebenso viel Quarzsand (vor allem Feinsand) von mittlerer bis guter Sortierung durchsetzt ist. Daneben ist ein gewisser Anteil an Holzkohlen (15%), Gesteinsfragmenten (10%) und Ton (10%) zu erkennen. Unter den organischen Resten können nur vereinzelt Zweige und Misteln identifiziert werden, da das organische Material einen insgesamt stark abgebauten Eindruck macht. Dies wird von Pilzsporen unterstrichen, die im Sediment nachgewiesen werden konnten. Ausserdem ist eine gewisse Durchwurzlung zu erkennen. Die Schicht wird von einem sehr sandigen Lehm (Schichteinheit 769; Abb. 37) abgeschlossen, der ansonsten nur wenig organisches Material (5%) und Holzkohle (5%) enthält. Den grössten Schichtbestandteil nehmen Quarzsand (45%), Kies (20%) und Ton (20%) ein. Der Lehm weist ein massives Mikrogefüge mit einer Porosität von nur 5% auf. Einige organische Reste machen in ihrer länglichen und fadenartigen Form den Anschein, als handele es sich um Wurzeln. Vereinzelt lassen sich in dieser Lehmlage auch Knochen nachweisen.

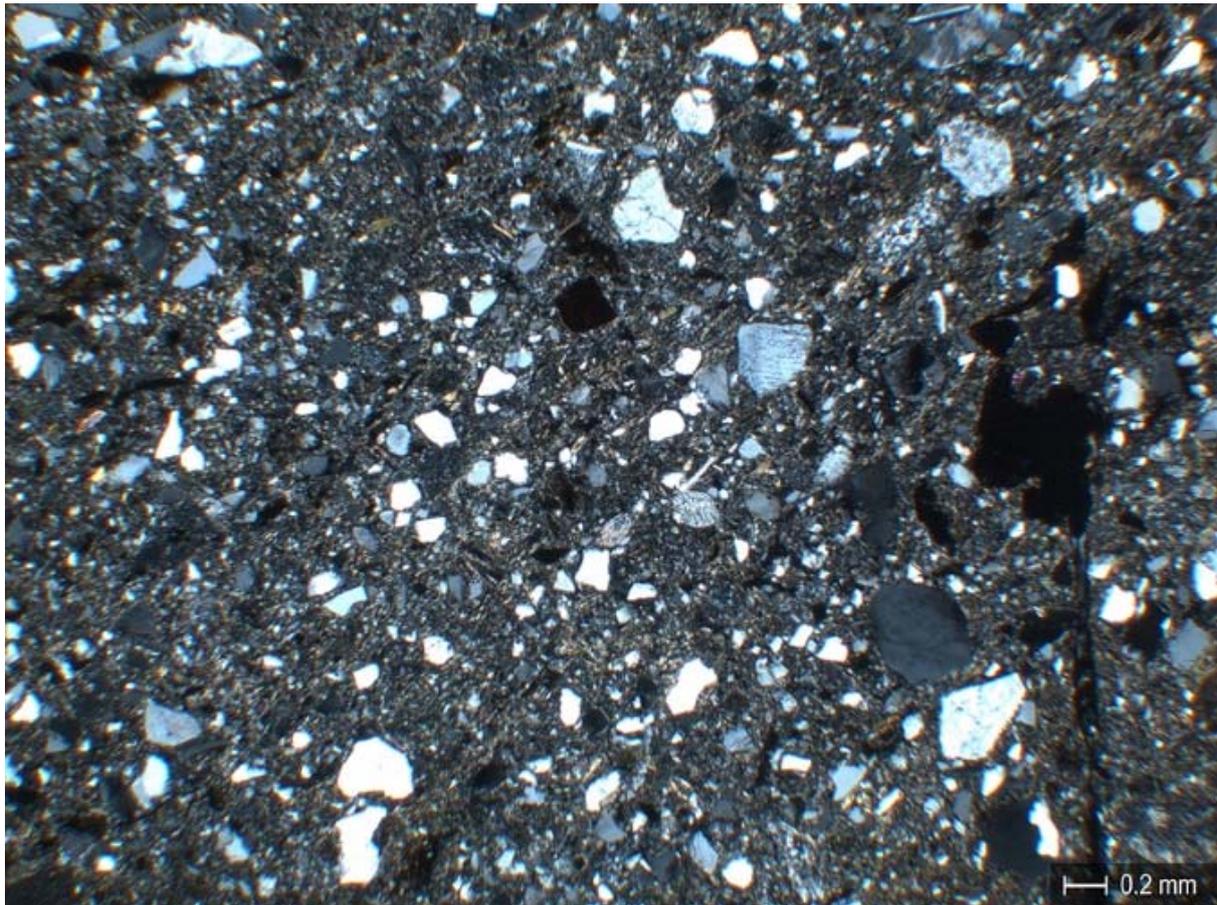


Abbildung 37 Zürich-Opéra. Profil 508/147. Probe 5866 MM1.

Relativ stark sandiger Lehm der Schichteinheit 769 mit kantigem Quarzsand. Schwach und leicht gelblich scheint das tonige b-Gefüge durch, welches einen schwach entwickelten Bt-Horizont eines Luvisols als Herkunft des Lehms nahelegt (XPL).

Die darauf folgende Schichteinheit 781 ist ein organisches Sediment mit viel Mikroholzkohle sowie auch grösseren Holzkohlen. Ein c/f-RDP von 7/3 verdeutlicht, dass nicht sehr viel Feinmaterial vorhanden ist. Letzteres besteht vor allem aus organischen Fasern (25%), die mit Mikroholzkohle vermischt sind. Daneben sind immer wieder auch Lehmbrocken und Kiesel im Sediment (jeweils 10%) eingebettet. In einem dieser Brocken ist ein Sklerotium zu erkennen, was zeigt, dass diese auch über Lehmbrocken in das Sediment kommen können. Einige Holzreste zeigen Spuren von Feuereinwirkung. Daneben sind aber auch unverbrannte Makroreste, zum Beispiel Mohnsamen, zu erkennen. Des Weiteren zeigt ein grösseres Holz deutlich Abbauanzeichen. Das Sediment kann als organische Kulturschicht angesprochen werden. Die vielen Holzkohlen und die Holzreste mit Brandspuren zeigen an, dass sich hier etwas mehr Material aus einem Brand in der Kulturschicht abgelagert hat, als dies gewöhnlich der Fall ist. Die Grenze zur Schichteinheit 410 ist zwar klar, aber unregelmässig bis wellenförmig geformt

und macht somit einen erosiven Eindruck. Der mit sehr sandige (20% Sandanteil) Mikrit 410 beinhaltet vor allem gröberes organisches Material und zeichnet sich durch ein relativ unruhiges Erscheinungsbild aus. Auffällig ist Milbenfrass an organischem Gewebe. Die Schicht beinhaltet ausserdem noch diverse Gesteinsfragmente, Holzkohlen, Knochen und weiteres Kulturschichtmaterial. Die Ausrichtung der Komponenten ist unregelmässig.

Profil 519/123

Das Profil 519/123 liegt im äussersten Südosten der Grabungsfläche in einem Bereich, der sich als "vor der Palisade" bezeichnen lässt. Zusammen mit dem Profil 519/160 (Probe 3465) ist hier zweimal die Situation vor der mutmasslichen Begrenzung des horgeneitlichen Dorfes erfasst worden. Im Fall von Profil 519/123 liegt hier eine stark organische Schicht (1046) vor, die von einem organischen Lehm im Liegenden (1043) sowie einem Silt (1045) im Hangenden eingefasst ist. Die 50 cm messende Probenkiste wurde mit einer 20 cm (MM1) und einer 25 cm (MM2) langen Plastikkiste teilbeprob.

Probe ZHOP 7942 MM2

An der Basis der erfassten Schichtsequenz liegt ein besonderes Sediment (Schichteinheit 1050), in dem sich Mikrit zu einzelnen Körnern agglomeriert hat. So hat sich ein gut sortiertes und wie Mittelsand erscheinendes Sediment gebildet. In beziehungsweise zwischen den einzelnen Körnern oder Granulen sind Quarzsandkörner eingebettet. Daneben kommen wenig Holzkohle sowie sehr wenig organisches Material in der Schicht vor. Die ebenfalls im Sediment vorhandenen Molluskenschalen weisen zum Teil leichte Spuren von Algenfrass auf. Stellenweise sind Wurzelspuren erkennbar. Nach oben läuft dieser als granulare Seekreide zu bezeichnender „Mittelsand“ langsam aus und andere Komponenten wie Kies, Holzkohle, organisches Material und Quarzsand nehmen auf jeweils 10% Anteil zu (Schicht 1043a). Der Mikrit ist nun flächiger vorhanden und nicht mehr so körnig, dafür kommen jetzt neben den Mollusken auch Oogonien und Characeen-stängel vor. Daneben sind auch immer wieder leicht horizontal eingeregelt Rinden, organisches Gewebe und Holzkohlen vertreten. Häufig kommen auch teilweise gerundete Lehmbrocken vor. Eine leichte Durchwurzelung ist ebenfalls erkennbar und ein Sklerotium konnte identifiziert werden. Die Schicht kann als schwach organische Seekreide angesprochen werden. In Schichteinheit 1043b nimmt das organische Material auf 20%

zu und ist zudem deutlich horizontal eingeregelt. Es sind zwar einige Zweige erkennbar, ansonsten ist das organische Material jedoch nur mittelmässig gut erhalten und liegt nur mehr in Form von nicht genau ansprechbaren Geweberesten vor. Auffällig ist im Vergleich zur Schichtseinheit im Liegenden das Fehlen von Lehmbrocken. Diese als detritisch-organischer Mikrit anzusprechende Schicht wird durch ein nur mehr 1-2 mm mächtiges Niveau aus fast reinem Mikrit mit wenig organischem Material und Holzkohle abgelöst (1043c). Das Niveau ist nicht ganz durchgehend und wird an einer Stelle von einer Wurzel oder einem Stück organischem Material aus der Schicht darüber durchstossen. Mit Schichtseinheit 1043d setzt sich die Schichtsequenz in ähnlicher Ausprägung fort, wie sie bereits für 1043b beschrieben wurde. Beim eher schlecht erhaltenen organischen Material im detritisch-organischen Mikrit handelt es sich vor allem um längliche Reste ohne erkennbare Zellstruktur in horizontaler Lage. Gegen oben erkennt man im Unterschied zur Schichtseinheit 1043b mehr Holzkohlen. Ausserdem treten hier einzelne Makroreste auf, wie etwa anhand von Mohn- und Erdbeersamen nachgewiesen werden kann. Der ansonsten deutliche bis scharfe Übergang zur eigentlichen organischen Kulturschicht 1046a zeichnet sich also bereits in 1043d ab. In der organischen Kulturschicht finden sich nämlich weitere Makroreste in Form von Him-/Brombeersamen, Mohnsamen sowie auch Blättern. Ansonsten besteht das organische Material vor allem aus horizontal eingeregelt, amorphem Feinmaterial, einzelnen organischen Zellen sowie wenigen Geweberesten. Vor allem an der Basis sind ausserdem noch Lehmbrocken und Keramikfragmente auszumachen. Daneben können Holzkohlen in dieser fein-organischen, nur mit wenig unsortiertem Quarzsand und Mikrit durchsetzten Matrix nachgewiesen werden. Insbesondere der mikritische Anteil ist für eine organische Kulturschicht bemerkenswert, scheint im Bereich der oberen Schichtseinheit 1046b aber aus einer Schicht im Hangenden zu stammen.

Probe ZHOP 7942 MM1

Da der überwiegende Bereich der Teilprobe aus einer schwach organischen Seekreide (Schichtseinheit 1045) besteht wurden, nur zwei Dünnschliffe angefertigt und analysiert. In der organischen Kulturschicht 1046b tritt Mikrit nur in Zonen auf und scheint aus Schichtseinheit 1045 im Hangenden zu stammen. Ansonsten fällt eine Vielzahl verschiedener Makroreste auf, wobei es sich vor allem um Rinden und diverse Samen handelt. Das meiste organische Material besteht aber weiterhin aus amorphem Feinmaterial (c/f-Ratio 4/6). Dazwischen gibt es immer wieder Lehmbrocken, Knochen und Keramikfragmente (mit Brandspuren). Die Organik ist

nicht sonderlich gut erhalten und Pilzsporen zeigen einen Abbau des Materials an. Der Übergang zur mikritisch geprägten Schichteinheit 1045 fällt erosiv und unregelmässig aus. Es handelt sich um eine schwach organische Seekreide mit wenig Quarzsand. Der Mikrit ist vor allem im unteren beziehungsweise im Übergangsbereich mit grösseren organischen Komponenten und Holzkohle (schwach verrundet) vermischt. Ebenfalls in diesem Bereich kommen auch vereinzelt Oogonien und Molluskenschalen vor. Über das gesamte Sediment kommen vereinzelt Diatomeen vor. Die Matrix ist nicht ganz einheitlich und so kommen etwa sandige Zonen (vor allem mit Mittelsand) vor, die aber nicht durchgängig sind und somit keine eigentlichen Niveaus bilden. Sie lassen das Sediment aber leicht „gebändert“ erscheinen. Auf diese Schichteinheit folgt der als Schichteinheit 3 bezeichnete kompakte (5% Porosität) Kies. Es handelt sich bei diesem heterogenen Kies wohl um neuzeitliche Aufschüttungen.

Profil 477/142.9

Das Profil befindet sich im äussersten Südwesten der Grabungsfläche, in einem Bereich, wo die aus statischen Gründen verordnete Tiefenbeschränkung gerade noch Grabungsarbeiten zulässt. Hier liegt eine etwa 35 cm messende, stark organisch geprägte Schichtsequenz vor, die von drei Lehmlagen unterteilt ist. In der darüber liegenden Seekreide zeichnet sich zudem ein dünneres, schwach organisches Band ab (Schichteinheit 1417). Aus der 80 cm messenden Probe wurden zwei 25 cm lange Teilproben präpariert, welche mit vier (untere Teilprobe) beziehungsweise fünf (obere Teilprobe) Dünnschliffen einer detaillierten Analyse unterzogen worden sind.

Probe ZHOP 12696 MM2

Die erfasste Sequenz beginnt mit dem fast reinen, gebänderten Mikrit 206a, der deutliche Trocknungsrisse zeigt. Darüber beginnt der Mikrit stark mit Sand und Lehmbrocken vermischt zu sein (Schicht 206b), wobei immer noch Molluskenschalen und Characeenstängel vorhanden sind. Das wenige organische Material setzt sich aus Makroresten wie Mohnsamen und etwas Feinmaterial zusammen. Daneben kommen vereinzelt auch Knochen vor. Auf diese stark sandige Seekreide, welche mit den Mohnsamen etc. Parallelen zum desöfteren an dieser stratigraphischen Positionen angetroffenen „Übergangshorizont“ zeigt, folgt mit Schichteinheit 1824a ein eher heterogenes Sediment, welches sich als ein Gemisch aus gröbereren organischen Komponenten, Holzkohlen, Lehmbrocken, Sand und mikritischen Zonen beschreiben

lässt. Die in dieser Schichteinheit ebenfalls vorkommenden Molluskenschalen weisen deutliche Spuren von Algenfrass auf. Das organische Material sowie ebenfalls vorkommende Knochen weisen das Sediment als organische Kulturschicht aus, wobei die mikritischen Zonen und Molluskenschalen auf einen gewissen limnischen Eintrag hindeuten. Das Substratum 1824b enthält ebenfalls viele gröbere organische Komponenten (darunter viele Blätter), die allerdings eher locker gelagert sind. Sie werden von schlecht sortiertem Quarzsand und vielen Lehmbrocken begleitet. Dazwischen ist immer wieder ein mit organischem Feinmaterial vermischter Mikrit vorhanden. Über dieser organischen Kulturschicht liegt ein kompakter, stark sandiger Lehm (Schichteinheit 1823a). Es handelt sich um ein heterogenes Lehmgemisch, das aus Brocken mit einem starken Tonanteil sowie aus Zonen mit organischem Mikrit besteht. Dazwischen liegen Bereiche mit organischem Material, an dem vereinzelt Pilzsporen anhaften. Auch im Lehm selbst sind Pilzsporen erkennbar. Darüber liegt der sehr kompakte, aber immer noch stark sandhaltige karbonatische Lehm 1823b mit nur wenig (5%) organischem Anteil. Besonders im oberen Bereich fällt das Sediment heterogener aus und enthält neben dem Sand auch höhere Anteile an Kies und Holzkohle. Auch Lehmbrocken kommen vor, wobei einer sogar eine Ankrustung von Brandmaterial aufweist. Ausserdem liegen auch Knochen vor. Sie finden sich auch noch in der organischen Kulturschicht 1822 im Hangenden. In diesem ansonsten recht sandhaltigen organischen Sediment ist besonders viel amorphes organisches Feinmaterial vorhanden. Darin eingebettet finden sich verbreitet grössere Fragmente von Rinden und Misteln sowie Lehmbrocken. Einige Rinden zeigen Zersetzungsspuren in Form von Milbenkot. Ausserdem ist ein stark zersetztes beziehungsweise bereits umgewandeltes Aggregat organischen Ursprungs vorhanden. Im Hangenden folgt ein Lehmgemisch mit 30% Sandanteil (Schichteinheit 1821), in dem immer wieder Material aus dem Liegenden (Schichteinheit 1822) untergemischt worden zu sein scheint. Lehmaggregate kommen in angekohelter Form mit einer Mikrokruste vor. Das organische Material liegt sowohl in besser erhaltenem Zustand als auch nur noch in Form von stark abgebauten amorphen Aggregaten vor. Dazwischen liegen immer wieder grössere Kiesel. Im Lehm selbst finden sich sowohl ein kalzitischer Biospheroid als auch Molluskenschalen mit Algenfrass. Mit klarer, aber welliger Grenze geht der Lehm schliesslich in einen detritisch-organischen Mikrit über. Diese Schichteinheit (1820a) besteht schwergewichtig aus einem Mikrit mit horizontal eingeregelter, länglichem organischem Feinmaterial. Dazwischen liegt auch immer wieder gut sortierter Fein- bis Mittelsand. Doch kommen auch wenige (10%) Holzkohlen in Grobsandfraktion sowie verbreitet gröberes organisches Material (Rinde, Moos) vor. Die Schicht 1820a legt sich an einen grösseren runden Kiesel an, der eigentlich in Schichteinheit 1821 liegt. Sie steigt quasi an der Flanke des

Kiesels auf, was aber vermutlich damit zu tun hat, dass die Schichten im übrigen Bereich durch die Auflast der Deckschichten komprimiert wurden. Darüber liegt die heterogene Schichteinheit 1820b, die eine mikritische Matrix mit verbreitet schwachsortiertem Quarzsand sowie Lehmbrocken aufweist. Dazu kommen Makroreste wie Mohn- und Erbersamen und Zweige. Amorphes organisches Feinmaterial ist kaum vorhanden, dafür lässt sich ein auffälliges, stark abgebautes organisches Aggretat beziehungsweise Dopplerit ausmachen. Die Komponenten in dieser von Erosion beeinflussten Schicht sind unregelmäßig ausgerichtet.

Probe ZHOP 12696 MM1

Die Schichteinheit 1820c stellt ein heterogenes Gemisch aus Kies, Sand, Lehmbrocken, Holzkohle und gröberen organischen Komponenten dar, die allesamt in einer Matrix aus mit feinem organischem Material durchsetzten Mikrit liegen. Hinzu kommen Knochen, darunter solche mit Brandspuren, sowie amorphe organische Aggregate von rötlich-gelartiger Gestalt (Dopplerit). Ausserdem wurde ein kalzitischer Biospheroid nachgewiesen, das vermutlich aus einem der gut vertretenen Lehmbrocken stammt. Auffällig ist darüber hinaus ein verbrannter organischer „Brei“, an dem etwas karbonatischer Lehm anhaftet (Abb. 38). Dieses Sediment ist als erosiv umgelagerte Schicht anzusprechen.

Darüber liegt ein homogener Lehm mit einem hohen Anteil an unsortiertem Quarzsand (Schichteinheit 1819). Der Lehm ist recht kompakt (5% Porosität) und aus einzelnen Lehmbrocken aufgebaut. Dazwischen ist wenig organisches Material (z.B. Rindenfragmente, Zweige) und Holzkohle eingearbeitet. Das Vorkommen von sowohl tonfreien als auch stark tonhaltigen Zonen sowie kleineren karbonatischen Brocken zeigt an, dass sich der Lehm aus verschiedenen Brocken unterschiedlicher Herkunft zusammensetzt, die sich hier zu einer kompakten Masse verbunden haben. Gegen oben folgt mit klarer bis scharfer Grenze eine sandig-organische Kulturschicht (Schichteinheit 1818a). Die Matrix der leicht schräg verlaufenden Schichteinheit besteht einmal mehr aus amorphem organischem Feinmaterial, das in einem mit schwach bis gut sortiertem Fein- und Mittelsand durchsetzten Mikrit eingebettet ist. Dazwischen gibt es aber viele Bereiche mit gröberen organischen Komponenten wie Rinden, Zweigen, verkohlten Makroresten, Holzkohlen und vielen Him-/Brombeersamen. Dazu kommt auch immer wieder Grobsand. Ausserdem konnten auch verbrannte Knochen und ein Keramikfragment mit Brandsaum identifiziert werden.

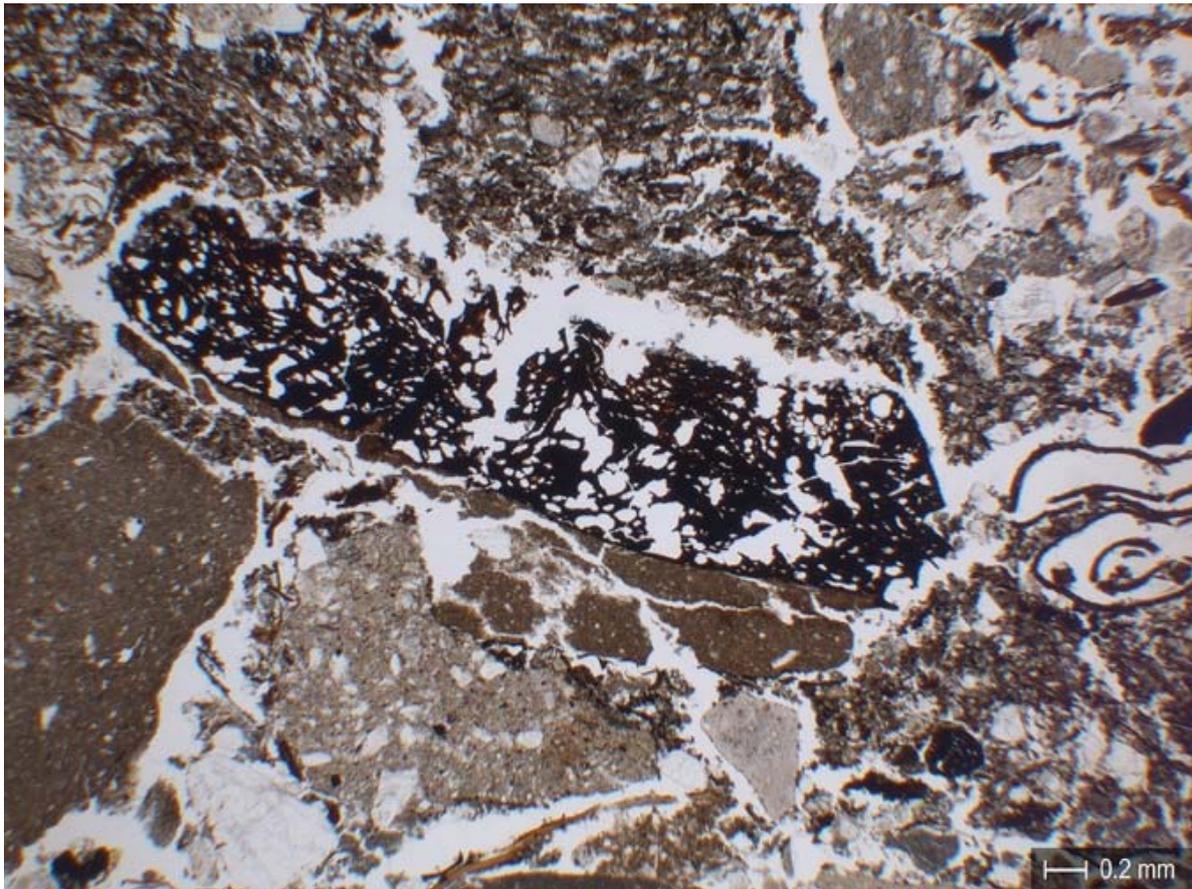


Abbildung 38 Zürich-Opéra. Profil 477/142.9. Probe 12696 MM1.
Verkohelter organischer Makrorest mit auffallend poröser Mikrostruktur, an dem unten Lehm anhaftet. Eventuell handelt es sich um eine Essenskruste aus einer Keramik (PPL).

Der Übergang zwischen 1818a und 1818b lässt sich als erosiv beschreiben. Bei 1818b handelt es sich um einen schwach sandigen Mikrit, der grössere organische Komponenten wie Zweige und Rinden sowie verrundete Holzkohlen beinhaltet. Darüber hinaus gibt es noch Zonen mit schlechter erhaltenem organischem Feinmaterial, Knochen sowie Him-/Brombeersamen. Es scheint sich insgesamt also um Material zu handeln, das klar aus 1818a stammt und offenbar zusammen mit dem bis auf einen Sandanteil recht reinen Mikrit resedimentiert wurde. Molluskschalen, Oogonien und Ostrakodenschalen belegen klar, dass hier eine limnische Sedimentationsquelle eine Rolle bei der Ablagerung des Sediments gespielt haben muss. Ausserdem liegen Sparitketten vor, die sich in der Schichteinheit 1478 im Hangenden häufen. Hier geht die Schichtsequenz in einen sehr reinen Mikrit, mit nur vereinzelt Eintrag von organischem Material und Sand über. Die ebenfalls nur vereinzelt vorkommenden Holzkohlen und Lehmbrocken sind verrundet. Neben Oogonien und Molluskschalen können auch einzelne Diatomeen erkannt werden. Die Molluskschalen weisen Spuren von Algenfrass auf. Den

Abschluss der erfassten Schichtsequenz bilden die beiden stark mikritischen Schichteinheiten 1477 und 1484. Das mikritische Sediment 1477 zeichnet sich besonders dadurch aus, dass es leicht mit amorphem organischem Material durchsetzt ist. Den Rest des insgesamt 10% organischen Materials dieser schwach organischen Seekreide machen horizontal eingeregelter Gewebereste aus. Dazu kommen wenige Holzkohlen. Der Mikrit 1484 fällt dahingegen reiner aus und organisches Material und verrundete Holzkohlen kommen hier nur noch vereinzelt vor. Das Sediment beinhaltet vor allem Molluskenschalen mit Algenfrass, Oogonien und Characeenstängel. Vereinzelt finden sich auch Quarzsand, organisches Material und Grobkies. Eine Besonderheit stellt eine „freie“ Pilzspore dar, die im Mikrit liegt. Aufgrund der Bänderung kann die Schicht den gebänderten Seekreiden zugerechnet werden. Beide Schichteinheiten zeigen deutliche Wurzelspuren.

Profil 475/142.9

Das Profil 475/142.9 befindet sich wie das zuvor besprochene Profil in Feld 319, welches im äussersten seewärtigen Grabungsbereich liegt. Im untersuchten Profil trifft man die von zwei Lehmlinsen unterteilte organische Kulturschicht 13 an. Es fiel bereits makroskopisch auf, dass der mittlere Teil der Kulturschichtsequenz eher grünlich statt dunkelbraun und auch nicht besonders stark organisch ausgeprägt war. Die komplette Kulturschichtsequenz konnte mittels einer 40 cm langen Plastikkiste beprobt werden, woraus eine etwa 35 cm messende Teilprobe entnommen wurde. Damit war man an das Maximum der verarbeitbaren Probengrösse gelangt. Die so beprobte Schichtsequenz wurde vollständig eingegossen und nahezu komplett in sechs Dünnschliffen erfasst. Besondere Aufmerksamkeit verdient die makroskopisch festgestellte Kontaktzone der beiden Lehme 1826 und 1688.

Probe ZHOP 12695

Zuunterst der erfassten Schichtsequenz liegt eine sehr reine, gebänderte Seekreide (Schichteinheit 206a) mit Molluskenschalen, Oogonien und Diatomeen, die in einen Mikrit (206b) mit sehr wenig Sand, Lehmbrocken und Holzkohle übergeht. Die Schichteinheit 206b enthält wenig organisches Material, dafür aber Molluskenschalen, Oogonien, Characeenstängel und Diatomeen. Das Sediment zeigt als schwach organische Seekreide im „Übergangsbereich“ makroskopisch viele Intrusionen aus dem oberen, stärker organischen Bereich. Neben dem wenig organischen Material enthält die Schicht sehr wenig Sand, Lehmbrocken und Holzkohle.

Mit klarem Übergang schliesst eine vorwiegend organisch geprägte Schichtsequenz mit fünf Substrata an. Beim ersten Substratum (Schichteinheit 1822a) handelt es sich um einen sandig-organischen Mikrit mit wenig Holzkohle und Kies. Die Holzkohle und die ebenfalls vorkommenden Lehmbrocken sind verrundet. Es liegen weiterhin verbreitet Molluskenschalen sowie Oogonien und Characeenstängel vor. Das organische Material besteht aus gröberen Komponenten wie Rinde, Mohn- und Him-/Brombeersamen und Misteln. Es kommen ausserdem noch Knochen und Keramikfragmente vor. Die Molluskenschalen weisen deutlichen Algenfress auf und am organischen Material lassen sich Zersetzungspuren in Form von Milbenkot feststellen. An einer Stelle ist das organische Material soweit abgebaut, dass gerade noch Phytolithen als silikatische Reste der pflanzlichen Bestandteile erkennbar sind. Der mikritische Schichtanteil wird als Hinweis auf eine Durchmischung dieser organischen Kulturschicht gewertet.

Die Schichteinheit 1822a wird von einem nicht ganz durchgehenden Band (Schichteinheit 1822b) aus organischem Feinmaterial unterbrochen. Es enthält verbreitet unsortierten Quarzsand sowie verschiedene Makroreste, Knochen und Keramikfragmente. Auch Lehmbrocken und Gesteinsfragmente kommen mit diesem Band assoziiert vor. Im Gegensatz zu den Schichten im Liegenden und im Hangenden zeigt es weniger Mikrit, aber auch weniger gröbere Komponenten. Es kann nicht eindeutig einer der vorgestellten Fazies zugerechnet werden. Am ehesten kann es als organische Kulturschicht mit Spuren von Aufarbeitung angesprochen werden. Darüber folgt die sandig-mikritische Schichteinheit 1822c mit verbreitet organischem Material. Darunter fallen diverse Makroreste und gröbere Gewebereste, aber auch Zonen mit amorphem organischem Feinmaterial. Auch hier sind wieder Knochen und Keramikfragmente enthalten. Die Holzkohle und die Lehmbrocken sind verrundet, was auf eine mechanische Beeinflussung beziehungsweise Aufarbeitung hinweist. Zudem kommen wenige Molluskenschalen vor. Das organische Material ist zum Teil recht gut erhalten und nur wenig Verbraunung ist zu erkennen. Die Schichteinheit ist insgesamt „lockerer“ gelagert als die Schichteinheiten im Liegenden, was sich auch in der enaulischen c/f-Relativverteilung äussert. Diese Kombination aus Schichtbestandteilen, die man in einer Kulturschicht erwartet, und verstärkt limnischen Bestandteilen weist die Schicht wieder als organische Kulturschicht mit Aufarbeitungspuren aus. Dies setzt sich im Prinzip auch in der Schichteinheit 1822d fort, in der der Anteil an organischem Material nochmals leicht zunimmt, wobei allerdings etwas weniger Mikrit vorhanden ist. Das organische Material ist zum Teil recht stark abgebaut und nur noch in Form von schwarz-opaken organischen Aggregaten vorhanden. Es scheint sich hier ein Übergang von

stärker aufgearbeiteten Kulturschichten zu solchen mit weniger derartigen Spuren abzuzeichnen. Den Abschluss dieser feingegliederten organischen Schichtsequenz bildet die Schichteinheit 1822e, die besonders durch einen erhöhten Anteil an Lehm und Holzkohle (stellenweise auch Mikroholzkohle) auffällt. Vereinzelt sind karbonatische Zonen erkennbar, bei denen es sich um Holzasche handeln dürfte. Neben dem verbrannten Material gibt es aber sowohl detritisch-mikritische Zonen wie im Liegenden als auch Zonen mit vielen, gut erhaltenen Moosen (Doppelbrechung). In dieser Schicht liegt auch ein Stück subfossiler Dung und/oder stark abgebautes organisches Material vor. Auffallend sind weiterhin viele schwarz-opake organische Aggregate. In dieser organischen Kulturschicht treten die Aufarbeitungsspuren etwas zurück.

Über dieser eben beschriebenen Schichtsequenz liegt ein 19 mm mächtiger, verbrannter Lehm (Schichteinheit 1821). Es handelt sich um eine sehr sandige (40% Sandanteil) Lehmlage mit einem ebenfalls recht hohen Kiesanteil (20%). Der Lehm ist, mit unterschiedlich starken Tonkonzentrationen, durchwegs recht tonhaltig. Vereinzelt finden sich auch Brocken eines karbonatischen Lehms. Hier ist also erneut – trotz der Kompaktheit dieser Lehmlage – ein brockiges Ausgangssubstrat zu postulieren. Dieser Eindruck wird auch vom im Lehm enthaltenen organischen Material verstärkt. Es gibt zum Beispiel Zonen mit detritisch-organischem Mikrit sowie Zonen mit „brandigem“ (also holzkohlehaltigem) Mikrit, die der Schichteinheit 1822d ähneln. Stellenweise sind auch die gleichen organischen Aggregate vorhanden. Ein Stück Rinde zeigt darüber hinaus eine auffällige Dislozierung und Vermischung von Zellmaterial, die an Verwitterungsphänomene erinnern lassen. An der Grenze zur Schichteinheit 1827a im Hangenden liegt ausserdem ein Gesteinsfragment mit Anzeichen von Brandeinwirkung, das zum Teil noch in die obere Schichteinheit hinein ragt. Letztere besteht aus einem schwach sandigen Mikrit, der verbreitet mit amorphem organischem Feinmaterial durchsetzt ist (Abb. 39). Daneben kommen nur wenig Holzkohle, Kies und Lehmbrocken vor. An grösseren organischen Makroresten sind Misteln, Mohnsamen und Blätter im Sediment vorhanden. Am Übergang von Schichteinheit 1821 ist noch etwas mehr unsortierter Quarzsand vorhanden, der weiter oben auch stellenweise noch in Konzentrationen vorliegt. In organischeren Zonen finden sich vereinzelt Pilzsporen. Auffallend ist die sehr gute horizontale Einregelung der Komponenten und des organischen Feinmaterials, was dem Sediment eine bemerkenswerte Feinschichtung verleiht. Die vor allem im unteren Bereich vorkommenden Lehmbrocken sind stark, die Holzkohlen aber nur leicht verrundet. Am horizontal liegenden und länglichen organischen Material haben sich vereinzelt Sparitketten gebildet.



Abbildung 39 Zürich-Opéra. Profil 475/142.9. Probe 12695.

Detritisch-organischer Mikrit Schichteinheit 1827a: Ein mit amorphem organischem Feinmaterial durchsetzter Mikrit. Erkennbar sind zudem einige Quarzsandkörner und kleinere Holzkohlen (PPL).

Im Anschluss an der als detritisch-organischer Mikrit anzusprechende Schichteinheit 1827a folgt ein Konglomerat aus dem Lehm im Hangenden und dem detritischen Mikrit im Liegenden (Schichteinheit 1827b). Besondere Beachtung verdient die doch recht scharfe Grenze zu dieser stark durchmischten Schicht: Hier befinden sich mehrere Pilzsporen in Zusammenhang mit schlecht erhaltenem organischem Material. Diese Pilzsporen lassen sich noch in der darauf folgenden Lehmschicht 1826a nachweisen, dort vor allem in sandig-organischen Zonen. Es handelt sich bei 1826a um einen sehr sandigen Lehm, der sich aus fest verbackenen Brocken mit unterschiedlichem Tongehalt zusammensetzt. Zum Teil weisen die Lehmbrocken Spuren von Hitzeeinwirkung auf. Dazwischen liegt, wie oben erwähnt, immer wieder organisches Material. Auch eine Zone mit sehr viel Holzkohle und einem Keramikfragment in einer stark an Schichteinheit 1822e erinnernden mikritischen Matrix ist in dieser Schicht vorhanden. Insgesamt ähnelt der Lehm 1826a auch infolge der Brandspuren dem Lehm 1821. Bemerkenswert ist ein Bereich mit schwarz-opaken organischen Aggregaten, die von Pilzsporen durchsetzt

sind. Randlich ist zudem ein grosses Fragment von sehr schlecht erhaltenem organischem Material angeschnitten, welches an subfossilen Dung von Wiederkäuern erinnert. Mit schrägem Verlauf legt sich die heterogene Schichteinheit 1826b über die Lehmlage 1826a. Es handelt sich um eine sandige Schicht mit wenig Kies und organischem Material, dafür aber verbreitet mit Holzkohle und Lehmbrocken. Auffällig ist, dass diese Schicht sowohl an der Oberkante als auch an der Unterkante eine Rindenlage aufweist, deren Verlauf mit dem der Schichteinheit identisch ist. Zwischen den Rindenlagen finden sich leicht verrundete Lehmbrocken und organisches Material, darunter sowohl gröbere Komponenten als auch Zonen mit organischem Feinmaterial. Das organische Material ist mittelmässig gut erhalten, es gibt aber auch schwarz-opake organische Aggregate. Daneben liegt übliches Kulturschichtmaterial wie Mohnsamen vor. Interessant ist an dieser Schicht vor allem, dass sie zwischen den beiden Lehmlagen 1826a und 1688 liegt. Der Lehm 1826a dünnt an dieser Stelle aus und wird nach Osten mächtiger, während sich der Lehm 1688 hier an 1826a „anlehnt“. Dieser Kontakt wurde bereits im Feld festgestellt und die Dünnschliffanalyse belegt, dass die Schichteinheit 1826b eine Art Kontaktzone bildet. Über eine kurze Zeitspanne hinweg haben hier verschiedene Prozesse stattgefunden, in deren Folge die auffälligen Rinden sowie auch Kulturschichtmaterial wie Mohnsamen und Knochen eingebracht vorliegen. Somit sind die Lehme zu trennen und wurden zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten sedimentiert, zwischen denen es verstärkt zur Ablagerung von Kulturschichtmaterial kam. Vereinzelte Lehmbrocken in der Schicht 1826b beinhaltet Sklerotien. Die Schichtgrenzen sind zwar relativ klar, aber doch unregelmässig. Es stellt sich die Frage, ob die Lehmbrocken hier von einer externen Quelle sedimentiert oder von der Schicht 1826a gelöst wurden. Gegen letzteres würde die über weite Bereiche trennende Rindenlage sprechen. Die genaue Deutung der Kontaktzone ist weitgehend abhängig von der Deutung der Lehmsedimentation beziehungsweise der Frage, ob es sich um eigentliche *in situ* Lehm Böden respektive Feuerstellen oder um Lehme in sekundärer Lage (Abfall) handelt. In ersterem Fall könnte es sich bei 1826b um eine erhaltene Nutzungsschicht handeln. Gegen die *in situ*-These spricht die uneinheitliche, brockige Gestalt der Lehme.

Der über Schichteinheit 1826b liegende Lehm 1488 ist dem Lehm 1826a in der Zusammensetzung recht ähnlich. Es handelt sich ebenfalls um ein sehr sandiges Sediment, in dem verbreitet Kies und nur wenig organisches Material und Holzkohle vorkommen. Es sind auch hier sowohl stark tonige als auch karbonatische Brocken zu erkennen. Im oberen Bereich der Schichteinheit weisen die Lehmbrocken zunehmend eine Brandrötung auf. Es gibt einen eher

unregelmässigen Übergang zur Schichteinheit 1847a, die sich weitgehend aus locker gelager-tem organischem Material mit wenig Sand, aber viel Holzkohle zusammensetzt. Mikrit kommt nur ganz vereinzelt und ihm oberen Bereich vor. Das gleiche gilt für die Molluskenschalen. Neben Kies aus Gesteinsfragmenten (meist Quarzit) kommen wenig Lehmbrocken vor. Im un-teren Bereich der Schicht liegt ausserdem ein Sklerotium. Das organische Material besteht weitgehend aus Zweigen, Rindenfragmenten sowie vereinzelt Him-/Brombeersamen oder ver-kohlten Makroresten (wahrscheinlich Getreide). Auffällig ist der schlechte Erhaltungszustand des organischen Materials in den Zonen mit Feinmaterial. Dort sind unter anderem auch freie Pilzsporen und ein Pollenkorn zu erkennen. An einem grösseren Fragment organischen Ge-webes kann man gut erkennen, wie sich Pyrit in die einzelnen Zellen einlagert. Eine Zone fällt besonders auf, die sich aus vielen kleineren Holzkohlen und ebenfalls kleinfragmentiertem organischem Material in chaotischer Lagerung zusammensetzt. Sie erinnert stark an durch Bodenfauna zersetztes Material aus Humushorizonten. Die organische Kulturschicht enthält kein beziehungsweise kaum Mikrit, weshalb ein Aufarbeiten durch den See ausgeschlossen werden muss. Nur gegen oben wird der Seeinfluss durch einen leicht zunehmenden Mikrit anteil und Zonen mit eingespültem Mikrit spürbar. Deutlich nimmt der Mikritanteil dann mit Schichteinheit 1847b zu. Es handelt sich wieder um einen mit organischem Feinmaterial durchsetzten detritisch-organischen Mikrit mit vereinzelt Zweigen und anderen, gröberem organischen Komponenten und wenig Holzkohle. Es ist zudem ein gut sortierter Mittelsand vertreten. Auf dieses Sediment folgt der relativ dichte (5% Porosität) und schwach organische Mikrit 1847c, der sich vor allem durch eine Vielzahl von Diatomeen auszeichnet. Andere Kom-ponenten wie Sand und Holzkohle kommen nur noch vereinzelt in dieser Schicht vor. Diese schwach organische Seekreide wird schliesslich von einem lockerer gelagerten Mikrit mit we-nig organischem Material und Holzkohle sowie vereinzelt Quarzsand abgelöst (Schichteinheit 1478). In dieses ebenfalls als schwach organische Seekreide zu bezeichnende Sediment sind vereinzelt Molluskenschalen eingebettet und Diatomeen treten auf.

Profil 501/162 (Sedimentologie)

Das Profil befindet sich im Bereich des nördlichen Schachtes/Öffnung des Betondeckels etwas nördlich vom Mittelpunkt der Grabung. Im Profil ist Schicht 12 in typischer Ausprägung als dunkles organisches Band zu erkennen. Bemerkenswert sind grössere Steine, die auf Höhe von Schicht 12 zu liegen kamen (siehe Profildfoto im Anhang). Darüber folgt die stark organisch

ausgeprägte Schicht 13 mit einer Mächtigkeit von 16 cm. An eine 6-8 cm mächtige Seekreidelage scheint sich ein Reduktionshorizont (Schicht 10) anzuschließen. Hier geht das Profil aber bereits in moderne Störungen über, die beim ersten Aushub und Präparieren der Grabungsfläche entstanden sind. Anhand der Ergebnisse der Geochemie und Sedimentologie lässt sich das Profil wie folgt charakterisieren:

Die pH-Werte setzen an der Basis mit Werten knapp über 8 ein und fallen dann leicht auf Werte unter 8 ab. Derartige Werte sind für stark kalkhaltige Silte allerdings keineswegs ungewöhnlich (Joos 1980, S. 70). Auch Werte für organische Schichten im neutralen und sauren Bereich (um oder unter 7) entsprechen den Erwartungen. Hier weist die organische Kulturschicht einen Wert von 6,3 auf. Bemerkenswert ist hingegen der starke Abfall des Karbonatwertes, der in der organischen Kulturschicht 0 beträgt. Das bestätigt die mikromorphologischen Beobachtungen in Bezug auf das Fehlen von Karbonat in der organischen Kulturschicht. Glühverlust, Humus und Phosphatwert unterstreichen den besonderen Charakter dieser Schicht im Gegensatz zu den Seekreidelagen, wobei der Phosphatwert hier eine intensivere Betrachtung verdient – er ist nämlich keineswegs über die gesamte Seekreide gleich und schwankt etwas in Schichteinheit 30 zwischen 1,4 und 3,2.

Profil 494/139 (Sedimentologie)

Das Profil 494/139 liegt am fast gleichen Ort wie das mikromorphologisch untersuchte Profil 494/140. Da die sedimentologische Beprobung nach der mikromorphologischen Probenentnahme mit Plastikboxen durchgeführt wurde, ist es dieses Profil um einen Meter nach Süden versetzt. Trotz dieser Abweichung können die Schichten recht gut verglichen werden und in diesem Fall die sedimentologischen und geochemischen Analysen direkt mit den Ergebnissen der Mikromorphologie (siehe oben) in Verbindung gebracht werden.

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung stützen die Feldbeobachtungen, wobei der Anteil an Feinsand oftmals etwas stärker ausfällt als mit der Fingerprobe ermittelt. In geringerem Masse lässt sich in den Siltschichten zumeist auch ein Mittelsandanteil nachweisen. Die Probe 2 oberhalb des Reduktionshorizonts 10 fällt durch einen besonders hohen Feinsandanteil auf. Größere Anteile wie Kies und Steine sind vor allem mit dem Reduktionshorizont Schicht 10 und den organischen Lagen zu verbinden. Bei letzteren Sedimenten mindert allerdings jeweils die geringe Probenmenge beziehungsweise der insgesamt geringe anorganische Anteil die

statistische Aussagefähigkeit der Resultate. Grundsätzlich erscheinen die Siltschichten oberhalb der Kulturschicht heterogener, während die Schichten an der Basis der Probe ein sehr einheitliches Bild abgeben. Davon abweichend zeichnet sich die Siltschicht direkt unterhalb der Kulturschicht in Profil 494/139 durch einen leicht erhöhten Mittelsandanteil aus. Die Kulturschicht 12 (Probe 18), welche als dunkelgraues Band zwischen zwei hellgrauen Siltschichten besonders auffällt, zeigt im Profil 494/139 einen höheren Siltanteil bei einem geringeren Feinsandanteil als die „benachbarten“ Schichten.

5.3 Zug-Riedmatt

5.3.1 Vorstellung der Fundstelle

Zug-Riedmatt liegt am Nordufer des Zugersees zwischen Cham und Zug im Bereich einer grossen Alluvialfläche (siehe Kapitel 2.1.3) zwischen den beiden Lorzen. Das aussergewöhnliche an dieser Fundstelle ist sicherlich die Position der Fundschichten in mehr als 5 m Tiefe unter der heutigen Oberfläche. Zum einen werden die Schichten von massiven fluviatilen Sedimenten überdeckt, zum anderen lässt sich ihre tiefe Lage auch mit den besonderen Eigenschaften der Seekreide erklären, die auf sich verändernde hydrologische Bedingungen mit unter Umständen starken Setzungserscheinungen reagieren kann. Am Zugersee sind derartige Terrainabsenkungen mehrfach historisch dokumentiert (Horat 2000). Sie werden für gewöhnlich mit der künstlichen Seespiegelabsenkung im 16. Jahrhundert in Verbindung gebracht. Auch das Phänomen, dass zeitgleiche Fundschichten von unterschiedlichen Fundstellen am gleichen See auf ganz unterschiedlichen Höhenkoten liegen können, wurde bereits dokumentiert (Eberschweiler 2004, S. 18–20). Im Fall von Zug-Riedmatt führte die tiefe Lage der Kulturschichten dazu, dass sie anders als die meisten Seeufersiedlungen am Zugersee im Bereich des Grundwassers lagen und so auch nach der künstlichen Seespiegelabsenkung unter Luftabschluss konserviert blieben. Somit haben sich die organischen Kulturschichten in dieser Fundstelle besonders gut erhalten.

Trotz dieser günstigen Erhaltungsbedingungen konnte im Verlauf des Jahres 2008 nur ein kleiner Bereich dieser Siedlung von 64 m² ausgegraben werden (Gross et al. 2013). Dafür wurde diese Fläche aber mit 110 Profilkolonnen und 577 Flächenproben sehr intensiv beprobt, was eine möglichst kleinräumige Analyse im Sinne einer „Mikroarchäologie“ ermöglichen sollte. Die Kulturschichtabfolge stellte sich als stark mikrostratifiziert heraus, was den hohen

Informationsgehalt dieser Fundstelle belegt. Aus diesem Grund wurde am IPNA ein eigenes Projekt zur Entschlüsselung der taphonomischen Prozesse mittels einer multidisziplinären Analyse initiiert.



Abbildung 40 Zug-Riedmatt. Profil der Südwestecke mit auffälligen Lehmlagen. Die beiden analysierten Proben stammen aus den Profilwänden beiderseits dieser Ecke (Fotografie von Matthias Bolliger).

5.3.2 Stratigraphie und Methode

Trotz der komplexen Mikrostratigraphie haben sich bereits während der Grabung drei Schichten abgezeichnet, die leicht grauer und weniger organisch als die sie umgebende organische Kulturschicht ausfielen. Wie später zu zeigen sein wird, kann man sie den detritisch-organischen Mikriten zuweisen, die auch in Zürich-Opéra angetroffen wurden. Die Schichten unter-

teilen das Kulturschichtpaket in vier Einheiten, die *ad hoc* mit vier Siedlungsphasen gleichgesetzt wurden. Erste Dendrodaten weisen in das 32. Jahrhundert oder bis spätestens in das 31. Jahrhundert v. Chr. und somit einmal mehr in die Zeit der Horgener Kultur. Es wird davon ausgegangen, dass es sich um vier kurze Siedlungsphasen handelt und die Gesamtdauer der Siedlungstätigkeit 100 Jahre nicht überschreitet. Die erwähnten detritisch-organischen Mikrite stellen somit aller Wahrscheinlichkeit nach Siedlungsunterbrüche dar. Ausserdem enthält der Kulturschichtkörper viele Lehmlagen, wobei in der Südwestecke der Grabungsfläche eine besonders ausgeprägte Ansammlung von Lehmlagen angeschnitten wurde (Abb. 40). Zwischen den einzelnen Lehmlagen befinden sich organische Schichten, die aus einer Nutzungsphase zwischen den Phasen mit Ablagerung der Lehmlagen stammen müssen.

5.3.3 Material und Datierung

Die Untersuchungen an Zug-Riedmatt wurden im Rahmen dieser Arbeit auf zwei Teilproben aus der Südwest-Ecke mit dem ersten beziehungsweise untersten der detritisch-organischen Mikrite beschränkt (Abb. 41). Besonders im oberen Bereich der Profilkolonnen sind diese Schichten nicht mehr so gut zu verfolgen, weshalb bei einer kleinen Probenmenge die Konzentration auf den klar zu erkennenden untersten detritisch-organischen Mikrit am sinnvollsten erschien. Die Proben wurden aus den randlichen Bereichen der oben erwähnten und in Abbildung 40 abgebildeten Lehlabfolge entnommen. Im Folgenden geht es primär darum, die detritisch-organischen Mikrite in einer besonders guten Erhaltung, wie sie in Zug-Riedmatt zweifelsfrei vorliegt, studieren und sie mit den entsprechenden Schichten in Zürich-Opéra vergleichen zu können.

5.3.4 Resultate

ZGRI 96

Die Profilkolonne 96 wurde in Schnitt 2 von Feld 4 im äussersten Süden des westlichen Grabungsprofils entnommen. Sie beinhaltet eine im vierteilige Schichtabfolge: Zuunterst liegt eine graue Seekreide, die von einer organischen Kulturschicht abgelöst wird. Letztere geht in eine dunkelgraue, karbonathaltige Schichtabfolge über. Darüber folgt eine mächtige organische Kulturschicht. Die Profilkolonne wurde mit zwei 25 cm langen Plastikboxen in Teilproben unterteilt. Zur Analyse im Rahmen dieser Arbeit wurde nur die unterste der beiden Teilproben herangezogen.

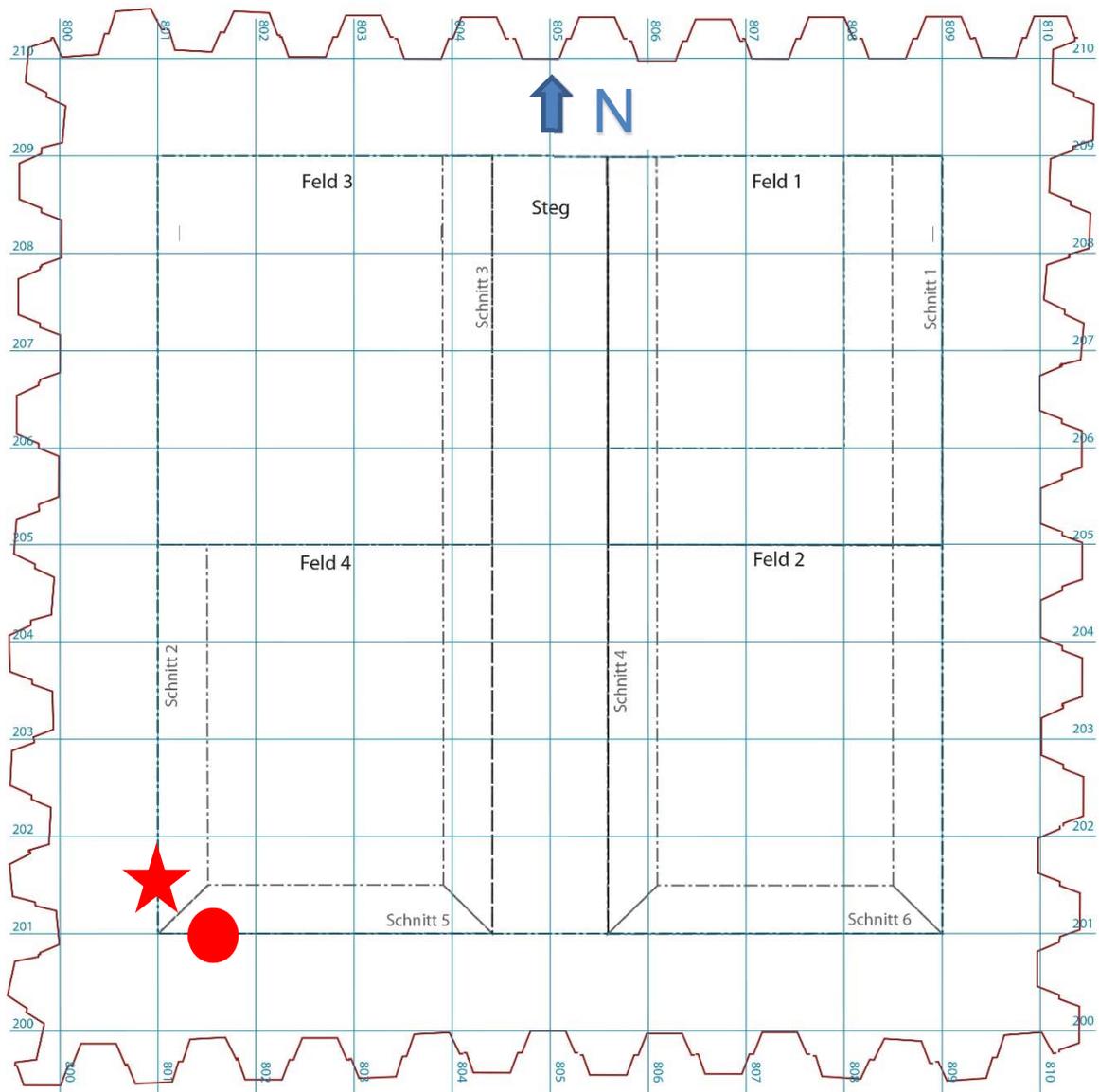


Abbildung 41 Zug-Riedmatt. Profilproben.

Plan der Grabungsfläche mit eingezeichneten Probenpositionen. Stern: ZGRI 96. Kreis: ZGRI 91 (Plangrundlage: Amt für Denkmalpflege und Archäologie des Kantons Zug, Direktion des Innern, Grafik Silvia Hlavová (Archiv Archäologie). Die Grafik wurde im Rahmen des SNF-Projekts *Formation and taphonomy of archaeological wetland deposits: two transdisciplinary case studies and their impact on lakeshore archaeology* erstellt).

ZGRI 96.2

Die Probe 96.2 beginnt mit dem gebänderten Mikrit 516. Eine Vielzahl an Characeenstängeln und Oogonien (Abb. 42A) belegt eindrücklich den limnischen Sedimentationsraum als Ursprung dieser gebänderten Seekreide. Mit dem Übergang zu Schichteinheit 517 nimmt der

Feinsandanteil leicht zu. Die Characeenstängel sind nun zum Teil zerdrückt, was neben dem Sandanteil einen Hinweis auf eine gewisse mechanische Beeinflussung des Sediments gibt (Abb. 42B).

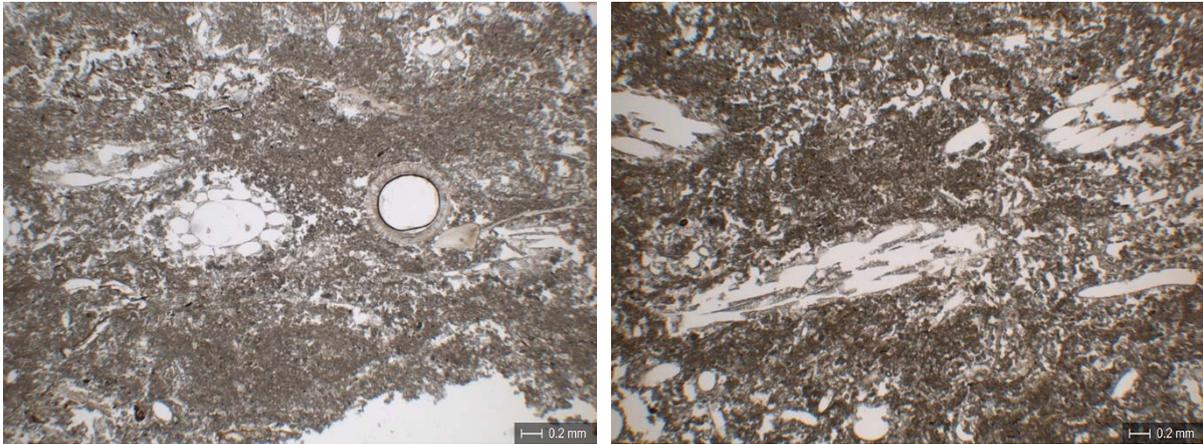


Abbildung 42 Zug-Riedmatt. Probe 96.2 (links). Probe 91.2 (rechts).
A) Links: Gut erhaltene Characeenstängel und Oogonien in Schichteinheit 516 (PPL). B) Rechts: Zerdrückte Characeenstängel in Schichteinheit 517 (PPL).

Eine Möglichkeit dafür könnte in Wellen beziehungsweise Wellenschlag zu suchen sein, die eine gewisse Wirkung auf diese schwach sandige Seekreide hatten. Neben sehr wenig organischem Gewebe finden sich nun auch erstmals schwach verrundete Holzkohlen in dem Sediment. Darüber folgt die schwach organische Seekreide 518 mit einem zunehmenden Anteil an organischem Feinmaterial. Im Sediment sind nun auch grössere Holzkohlen und Holzfragmente enthalten. In Schichteinheit 531 nehmen sowohl das amorphe organische Feinmaterial als auch organische Makroreste (Moose, Rinden und Tannennadeln) deutlich zu und haben den Mikrit nun gleichmässig durchsetzt. Das Sediment kann folglich auch als detritisch-organischer Mikrit angesprochen werden. Mit einem graduellen Übergang unter Zunahme von organischem Material schliesst die Schichteinheit 611 im Hangenden an. In der mikromorphologischen Analyse konnte sie in die vier Substrata 611a-d unterteilt werden. Das Substratum 611a ist ein sehr organisch-detritusreiches Sediment mit einem feinen Mikrit und einem hohen Feinsandanteil. Die in geringerem Masse vorhandenen Makroreste wie Moos sind zum grossen Teil gut erhalten. Der Anteil an Mikrit nimmt zum Substratum 611b hin weiter ab. Das ansonsten von einem hohen Detritusanteil geprägte Gefüge wirkt im Fall von 611b etwas aufgebrochen. In diesem Substratum liegen mehr und lockerer gelagerte Makroreste in enaulischer c/f-RDP vor. Ein dünnes organisches Band (Schichteinheit 611c) mit verbreitet Feinsand und wenig Mikrit legt sich über diese Schicht. Der Schichtcharakter wechselt erneut mit dem

Übergang zu Schichteinheit 611d, wo amorphes organisches Feinmaterial sowie ein leichter Mikritanteil erneut die Matrix wie auch das ganze Sediment charakterisieren. Bei einigen der feinen mikritischen Zonen beziehungsweise Strukturen könnte es sich um Holzaschen handeln. Über diese weitgehend als organische Kulturschichten zu bezeichnenden Sedimente legt sich mit Schichteinheit 642 ein grösseres Aggregat aus einem karbonatischen Lehm. Es beinhaltet ausserdem einen kalzitischen Biospheroid. In der direkten Nachbarschaft liegt ein weiteres, tonhaltiges Lehmfragment, das aus einem Bt-Horizont stammt. Man kann hier also von einer heterogenen Lehmlage in einer detritusreichen mikritischen Matrix ausgehen. Daneben enthält das die Lehmbrocken umgebende Sediment noch einige Makroreste (Zweige, Moos, Mohnsamen) sowie Holzkohlen. Von ganz anderer Gestalt ist dagegen Schichteinheit 651. Bei diesem Sediment handelt es sich um einen sehr feinen Mikrit mit etwas Feinsand. Im etwas schräg gelagerten Sediment sind einige Makroreste (Mohn, Moos etc.) sowie vereinzelt Molluskenschalen enthalten. Randlich ist ein rundlicher Kiesel angeschnitten. Besonders ist die wolkige Ausprägung des Mikrits. In diesen „mikritischen Wolken“ und auch im übrigen Mikrit finden sich auffallend viele Diatomeen und amorphes organisches Feinmaterial eingelagert. Aus diesem Grund lässt sich die Schicht den detritisch-organischen Mikriten zurechnen. Darauf folgt ein Gemisch aus Mikrit, Lehmbrocken und Gesteinsfragmenten, das als Substratum a zur insgesamt recht lehmig-organischen Schichteinheit 723 gehört. Das Substratum 723b ist ein organisches Band mit vielen Makroresten (vor allem Him-/Brombeersamen) und organischem Gewebe sowie Holzkohlen. Insgesamt enthält es eher gröbere Komponenten und nur wenig Detritus. Besonders auffallend ist ein grosses Sklerotium, das sich in diesem Band befindet. Es muss sich aber nicht zwangsläufig *in situ* gebildet haben, sondern könnte sehr wohl aus einem der Lehmbrocken herausgerodiert worden sein. In dieser Schicht befindet sich allerdings nicht besonders viel Quarzsand, der auf eine gewisse Auflösung der Lehmbrocken hindeuten würde. Ausserdem weist das organische Material zusammen mit ein wenig Dung einen leicht fragmentierten Zustand auf, so dass man eine kurze Phase des Offenliegens dieser Oberfläche vermuten kann. Dazu passt auch das brockige Erscheinungsbild der untenliegenden Lehmschicht (mündliche Mitteilung Ismail-Meyer 2011). Die heterogene Lage aus Lehmbrocken (723c) im Hangenden beinhaltet allerdings auch Sklerotien, weshalb diese Vermutung einer Bildung des Sklerotiums vor Ort mit einer gewissen Unsicherheit befrachtet bleiben muss. In der Probe folgt eine dünne erosiv umgelagerte Schicht und eine mächtige organische Kulturschichtsequenz, die aber aufgrund des Schwerpunkts auf dem erwähnten detritisch-organischen Mikrit 651 nicht Teil dieser Untersuchung sein soll.

ZGRI 91

Die Profilkolonne 91 wurde in Schnitt 5 von Feld 4 im äussersten Westen des südlichen Grabungsprofils entnommen. Zuunterst liegt eine graue Seekreide, die von einer organischen Kulturschicht abgelöst wird. Die organische Kulturschicht wird von zwei leicht grauen, karbonathaltigen Schichten in drei Abschnitte unterteilt. Die Profilkolonne wurde mit einer 25 cm langen Plastikkiste im unteren Bereich und zwei schmalen 25 cm langen Plastikkisten im oberen Bereich in drei Teilproben unterteilt. Zur Analyse im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde nur die unterste Teilprobe herangezogen.

ZGRI 91.2

Wie bereits die vorhergehende Teilprobe beginnt ZGRI 91.2 mit Schichteinheit 516 und somit mit einem Mikrit, der mit Characeenstängeln, Oogonien und Molluskenschalen das typische Spektrum von Komponenten einer Seekreide besitzt und mit seiner Bänderung den gebänderten Seekreide zuzuweisen ist. Erwähnenswert sind Korrosionsspuren an den Molluskenschalen, die auf Algenfrass zurückgehen. Die Schichteinheit 517 im Hangenden ist grundsätzlich ähnlich, wirkt aufgrund von zerdrückten Characeenstängeln aber komprimiert (Abb. 42B). Aufgrund des geringen organischen Anteils bei immer noch geringem, aber häufigerem Feinsandanteil kann das Sediment den schwach sandigen Seekreiden zugerechnet werden. In der Schichteinheit 518 im Hangenden hat der Feinsandanteil schliesslich zugenommen und der Mikrit enthält zunehmend organisches Material. Neben Moos und Mohnsamen lassen sich auch Knochen und Holzkohle fassen. Auffallend ist, dass die Characeenstängel nun fragmentiert sind. Bei dieser als schwach organische Seekreide anzusprechenden Schicht könnte es sich um den Installationshorizont der ersten Siedlungsphase handeln. Sie geht in einen fein- bis grobsandigen Mikrit (Schichteinheit 531) über, der neben einem noch höheren Anteil an organischem Feinmaterial auch viele Rinden, Zweige und Mohnsamen enthält. Neben Holzkohlen kommen auch wenige Splitter von Mollusken vor. Es handelt sich hierbei wieder um einen detritisch-organischen Mikrit. Darüber folgen drei stark organisch geprägte Schichteinheiten beziehungsweise organische Kulturschichten. Sie beinhalten immer feinste Spuren von Mikrit sowie im Fall von 614 und 615 darin auch vereinzelt Diatomeen. Auch Molluskenschalen können durchaus Bestandteil dieser Schichten sein (613, Abb. 43A,B). Daneben liegen aber stets viele organische Makroreste vor, die auf eine anthropogene Akkumulation schliessen

lassen. Darunter fallen etwa Rinden und Moose, aber auch den anthropogenen Charakter unterstreichende Knochen. Nicht ganz so homogen wie in ZGRI 96.2, aber in ganz ähnlicher Ausprägung legt sich schliesslich der detritisch-organische Mikrit 651 über diese Abfolge aus organischen Kulturschichten. Es handelt sich wieder um einen feinsandigen Mikrit in wolkiger Ausprägung (Abb. 43C,D), der neben wenigen Makroresten (Zweige, Moos, Mohnsamen) und Holzkohle auch Sparitketten und eine Vielzahl an Diatomeen beinhaltet.

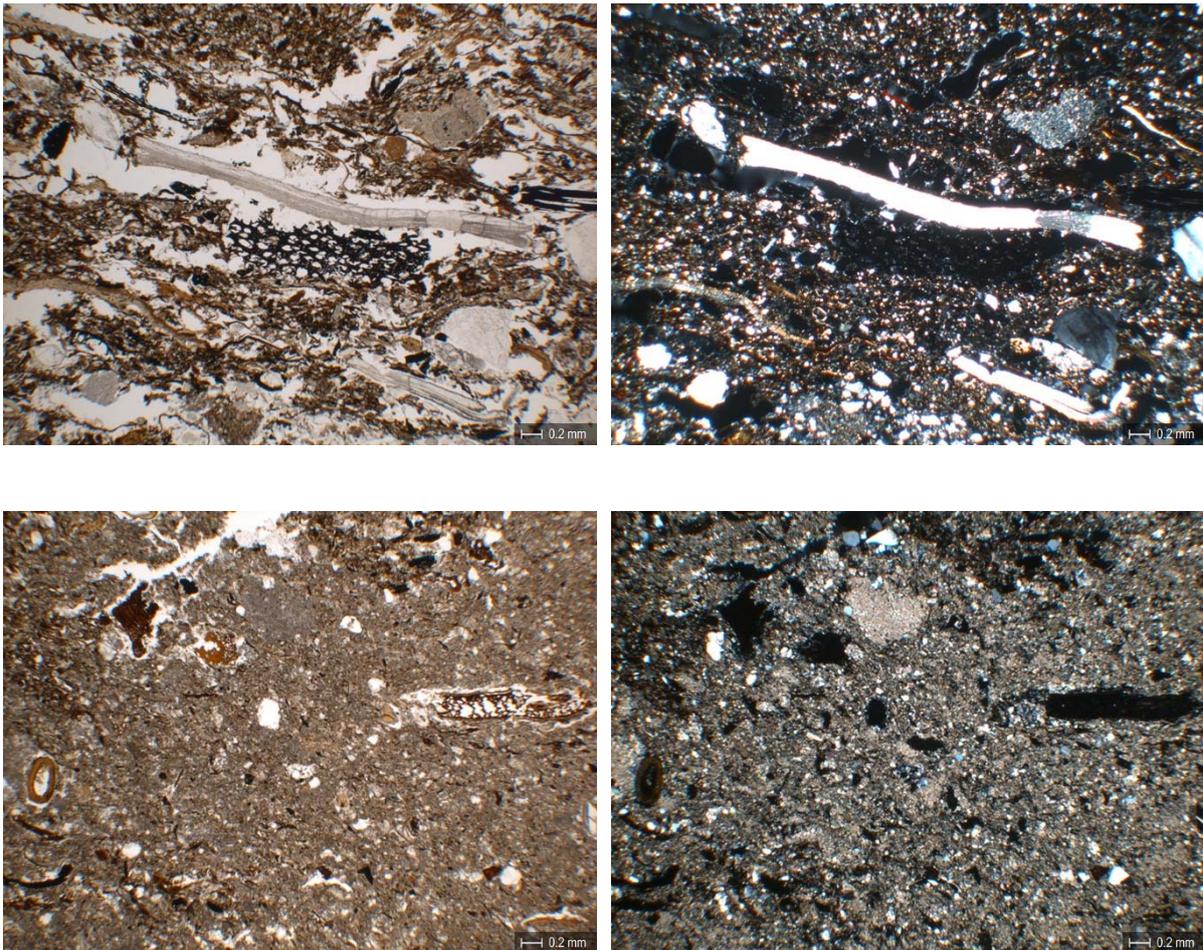


Abbildung 43 Zug-Riedmatt. Probe 91.2.

A) Oben links: Die organisch geprägte Schichteinheit 613 mit einer Molluskschale in der Mitte. (PPL) B) Oben rechts: Die gleiche Situation mit deutlichen Interferenzfarben der Molluskschale. Auch der in diesem Sediment enthaltene leichte Mikritanteil tritt mit leicht dunkleren, gelblichen Interferenzfarben hervor (XPL). C) Unten links: Der detritisch-organische Mikrit 651 (PPL). D) Unten rechts: Die gleiche Situation wie in C). Mit gekreuzten Polarisatoren kommt die leicht wolkige Ausprägung des Mikrits (=einzelne stärker mikritische Zonen) zum Vorschein (XPL).

6 Mikromorphologische Analyse von zwei bronzezeitlichen Seeufersiedlungen

Im Folgenden werden Analyseresultate zu den zwei untersuchten bronzezeitlichen Seeufersiedlungen Greifensee-Böschen und Zürich-Alpenquai präsentiert. Die Fundstellen werden jeweils kurz vorgestellt und Informationen zur angetroffenen Stratigraphie und den Datierungen gegeben. Nach weiteren Angaben zum analysierten Material werden die Schichtabfolgen in den untersuchten Profilen vorgestellt.

6.1 Greifensee-Böschen

6.1.1 Vorstellung der Fundstelle

Die spätbronzezeitliche Seeufersiedlung Böschen liegt am nordöstlichen Ufer des Greifensees. Nach ersten Funden in der Mitte des 20. Jahrhunderts unserer Zeit wurde die Fundstelle etwas später, in den 1970er Jahren, durch Sporttaucher (wieder-)entdeckt. Kurz darauf folgten in den 1980er Jahren erste Dokumentationsarbeiten durch die Tauchequipe des Büros für Archäologie der Stadt Zürich, bei denen bereits viele der für diese Fundstelle typischen Blockrahmen entdeckt und anschliessende Rettungsgrabungen veranlasst wurden. Diese „Holzgerüste“ konnten in der Folge als spätbronzezeitliche Hausstellen interpretiert werden. Anlässlich der bis 1996 andauernden Tauchgrabung wurden etwa 3400 m² ausgegraben und weitere 2800 m² im Bereich der tiefer im See liegenden Halde zumindest oberflächlich untersucht (Eberschweiler et al. 2007, S. 18). Insgesamt umfasst die Siedlungsfläche etwa 2500 m² (Primas 2008, S. 39 Abb. 2.24). Im Jahr 2000 wurden an der nur 50 m vom Siedlungsrand Böschens entfernten frühbronzezeitlichen Station Greifensee-Starkstromkabel diverse offensichtlich in sekundärer Lage befindliche Rundhölzer entdeckt (Conscience und Eberschweiler 2001). Die Datierung mittels ¹⁴C-Methode und Dendrochronologie legt nahe, dass es sich hierbei um verschwemmte Hölzer der Seeufersiedlung von Greifensee-Böschen handelt (Eberschweiler et al. 2007, S. 25). Die in die Stufe Ha B1 datierende Siedlung Greifensee-Böschen (Bolliger Schreyer und Seifert 1998, S. 84–86) liegt auf dem äussersten Rand einer schwach geneigten 200–250 m breiten Fläche, welche sich von den wenig ansteigenden Moränenrücken über Feuchtwiesen, Riedflächen und schliesslich heute 50 m in den See hinein erstreckt.

6.1.2 Stratigraphie und Datierung

Da die Feldsituation aufgrund der lang zurückliegenden Grabung nicht vor Ort begutachtet werden konnte, basieren die folgenden Aussagen auf der Grabungsdokumentation und der verfügbaren Literatur (Eberschweiler et al. 2007).

Die Mächtigkeit der Seekreideablagerungen unter der Siedlungsschicht konnte nicht genau bestimmt werden. Eine Sondage zeigte schon nach 2.2 m einen Wechsel hin zu einer tonigen Schicht. Schlagsondierungen deuten aber auf eine mächtigere Seekreideablagerung hin, die seeseitig tiefer als am landseitigen Siedlungsrand ausfallen dürfte (Eberschweiler et al. 2007, S. 25). Ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet bleibt die Antwort auf die Frage, inwieweit die heutige Topographie des Seegrundes noch der spätbronzezeitlichen Situation entspricht. Die unterschiedlichen Seekreidemächtigkeiten innerhalb der Siedlung könnten zu unterschiedlich starken Setzungen geführt haben. Man muss ausserdem davon ausgehen, dass ein nahe gelegener Bach ebenfalls einen gewissen Einfluss auf die Topographie gehabt hatte (Eberschweiler et al. 2007, S. 259). Die Unterkante der Kulturschicht (KS 1) liegt heute allerdings seeseitig nur 70 cm tiefer als im landseitigen Bereich, was gegen eine sehr starke Setzung spricht.

Diese Seekreidelage (SE 0.2) stellt somit den Baugrund der Siedlung dar. Vielerorts wurde daneben noch eine 2-3 cm dicke, auffällig weisse Seekreidelage direkt unter der Kulturschicht beobachtet. Auf oder in dieser Schicht konnten auffällige Steine dokumentiert werden, die von einer weissen Kalkkruste und von unregelmässigen Furchen überzogen waren (sogenannte „Furchensteine“). Sie entstehen durch eine von Cyanobakterien eingeleitete Bioerosion (Golubić 1962). Die weissliche Seekreide ist teilweise erodiert und hat sich vor allem unter Pfahlschuhen und Schwellen erhalten. Die Entstehung dieser Schicht wird mit einer Strukturveränderung beim Trockenfallen der Uferplatte erklärt (Eberschweiler et al. 2007, S. 26).

Die tendenziell bessere Kulturschichterhaltung im östlichen Bereich, insbesondere in Verbindung mit der Erhaltung von feinen Lagen von Molluskentrümmern auf der weissen Seekreide an der Basis der Kulturschicht im Bereich der Hausstellen B, C, D und X (Eberschweiler et al. 2007, S. 26; Abb. 44), belegt eindeutig, dass dieser Bereich viel weniger von postsedimentären Störungen betroffen war, als dies für den westlichen Teil angenommen werden kann. Die feinen Molluskulagen werden mit Spülsäumen in Verbindung gebracht (Lassau 1993, S. 56–

61). Eberschweiler vermutet, dass weiter im landseitigen Bereich einst auch solche dünnen Seekreide- und Molluskenlagen vorhanden waren, sie aber durch postsedimentäre Prozesse mitsamt der Kulturschicht aufgearbeitet und mit Seekreide durchmischt wurden.

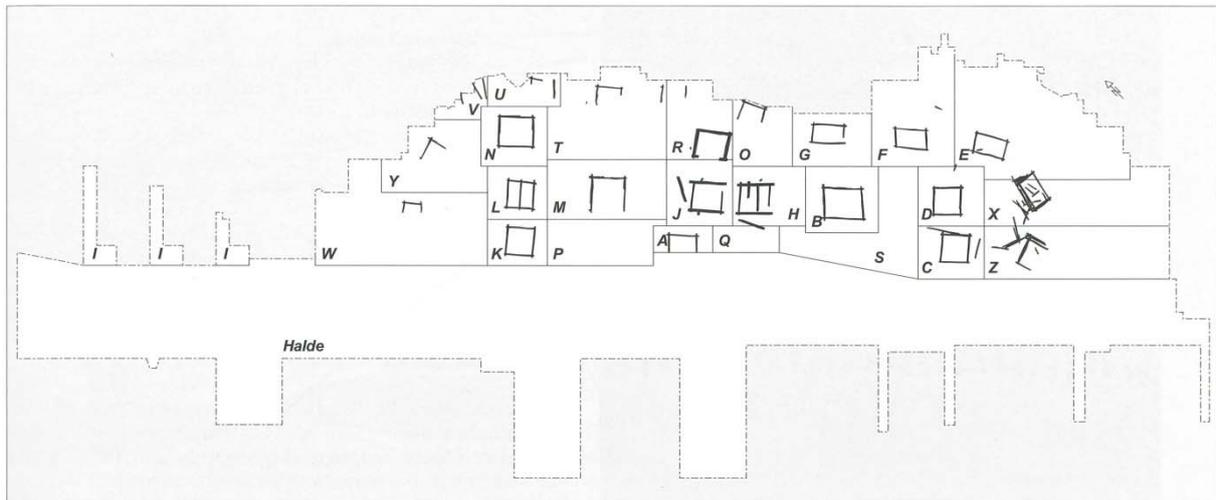


Abbildung 44 Greifensee-Böschchen. Einteilung der Grabungsflächen.

Kartierung der Grabungsfläche mit eingezeichneten „Holzgevierten“ unter Angabe der Bezeichnung der Hausstellen. Das heutige Ufer befindet sich im Nordosten und der See im Südwesten. Die Halde kennzeichnet einen starken Anstieg der Wassertiefe. Aus Eberschweiler et al. 2007, S. 19 Abb. 16 (Grafik: Amt für Städtebau der Stadt Zürich, Unterwasserarchäologie).

Die moderne Halde ist vermutlich durch Erosion nach der Besiedlungszeit entstanden. Eine mögliche Fortsetzung der spätbronzezeitlichen Kulturschicht im Bereich der Halde wird dahingehen interpretiert, dass die siedlungszeitliche Halde nur wenig weiter nordöstlich im Bereich des Zaunes gelegen haben muss (Eberschweiler et al. 2007, S. 27–29). Der Zaun wird durch eine seeseitige Pfahlreihe gebildet (Abb. 45 unten). Laut Eberschweiler deutet auch das kaum eingesedimentierte und sich noch im Knochenverbund befindliche eisenzeitliche Skelett aus dem Haldenbereich (Etter 1993) darauf hin, dass hier mit eher geringen Störungen zu rechnen ist.

Besonders herauszustreichen ist, dass die Kulturschicht von Greifensee-Böschchen bei weitem nicht so ausgeprägt ist, wie man es von anderen Seeufersiedlungen her kennt. Eine dementsprechend mächtig ausgeprägte Kulturschicht ist nur im Bereich von einigen Häusern erhalten (Abb. 45). Auffällig ist aber, dass diese Schicht auch in Vertiefungen (zum Beispiel in die Seekreide hineingedrückte oder umgestürzte Konstruktionen) erhalten geblieben ist. In diesen Vertiefungen lag auf der Kulturschicht für gewöhnlich eine mit Seekreide vermischte Schicht oder an einigen Stellen auch eine stark holzkohlehaltige Schicht. Dies kann als Hinweis darauf

gedeutet werden, dass eine organische Kulturschichtausprägung zuvor in grossen Teilen der Siedlung vorhanden war (Eberschweiler et al. 2007, S. 29–30).



Abbildung 45 Greifensee-Böschen. Schichterhaltung.

Kartierung der unterschiedlichen Schichterhaltung in der Fläche und des Pfahlfelds. Man erkennt weiterhin die Siedlung umgebenden Zaun und die als Annäherungshindernis interpretierte Pfahlsetzung im Nordosten. Weiss: Kulturschicht nicht oder kaum erhalten. Mittelgrau: Typische Kulturschicht für diese Fundstelle mit eher geringem organischem Anteil. Dunkelgrau: Kulturschicht mit hohem Anteil an organischem Material. Aus Eberschweiler et al. 2007, S. 30 Abb. 41 (Grafik: Amt für Städtebau der Stadt Zürich, Unterwasserarchäologie).

Die heute in den meisten Bereichen von Greifensee-Böschen verbreitete Fundschicht wird von Eberschweiler et al. (2007, S. 31) wie folgt charakterisiert: „Es handelt sich um eine meist nur 1 bis 3 cm, seltener bis 6 cm dicke Ablagerung von verschmutzter Seekreide, die mit etwas Holzkohle, Pflanzenresten und da und dort mit Mollusken durchsetzt war [...]“. An einigen Stellen besteht sie aus vielen Molluskentrümmern. Landseitig und seeseitig des die Siedlung umgebenden Holzzaunes waren kaum mehr Siedlungszeiger vorhanden und die Kulturschicht konnte fast nur noch an einer körnigen Struktur und Molluskenschalenrückständen erkannt werden (Eberschweiler et al. 2007, S. 31). In dieser Schicht kamen aber auch kleinere Keramikscherben vor, die zum Teil hochgestellt orientiert waren. Die Wellen haben hier also ganz eindeutig bereits sehr stark gewirkt und vor allem gröbere Kulturanzeiger wie Scherben sowie seebürtige Komponenten wie Molluskenschalen resedimentiert. Für den seewärtigen Teil ist dieser Befund auch leicht nachzuvollziehen. Anhand der Karte (Abb. 45) kann man aber gut sehen, dass die Erosionserscheinungen, hier mit dem Nachweis von Wellenerosion gleichgesetzt, vor allem halbringförmig im landseitigen östlichen Bereich um die Siedlung herum vorkommen. Dies könnte darauf hindeuten, dass hier die Wellen am stärksten angegriffen haben. Die dichte Bebauung im Südosten mag der Erosion jedoch etwas entgegengesetzt haben.

Zum Teil wurden die Kulturzeiger aber derart stark erodiert, dass nur noch ein schwacher farblicher Wechsel in der Seekreide mit ganz wenig Holzkohle und pflanzlichem Material die Fundschicht anzeigte (Eberschweiler et al. 2007, S. 31).

Eine weissliche Seekreide (SE 0.1) überlagert die Kulturschicht, wobei diese Schicht – zum Teil mitsamt der Kulturschicht – landseitig und im zentralen Teil der Siedlung bereits der Erosion zum Opfer gefallen ist. Bei der deckenden Seekreide liessen sich ein festerer unterer und ein weicherer oberer Teil unterscheiden. Eine solche weiche Seekreide konnte nach eigener Anschauung auch im Attersee (Österreich) festgestellt werden.

Im Dorf Greifensee-Böschen wurden 1051 v. Chr. die ersten Häuser erreicht, aber erst 1048/47 v. Chr. eine erste uferparallele Reihe gebaut (Eberschweiler et al. 2007, S. 276). Der Zaun und das Annäherungshindernis folgten um das Jahr 1047 v. Chr. Ein Jahr später wurden weitere Häuser im unterdessen umzäunten Bereich gebaut. Der Zaun scheint bereits im Jahr 1045 v. Chr. nicht mehr von Bedeutung zu sein, denn die meisten in dieser Zeit errichteten Kleinbauten reichten über ihn hinaus. Um 1042 v. Chr. waren die Bauarbeiten im Dorf abgeschlossen. Dieses Datum ist an besonders vielen Hölzern des Hauses Z belegt. Das Ausbleiben jüngerer Dendrodaten und ein nachweisbares Brandereignis legen nahe, dass das Dorf kurz darauf bereits wieder aufgeben werden musste.

6.1.3 Material und Methode

Ein besonderer Kulturschichtbefund wurde ausserhalb der Häuser X und Z beobachtet (Eberschweiler et al. 2007, S. 31): Hier konnte eine Abfolge von einer dünnen grauen Seekreidelage mit viel organischem Material, einer leicht braunen Seekreide sowie einer obersten eher weisslichen Seekreide dokumentiert werden. Zum Teil liegt zwischen der leicht braunen und der obersten weisslichen Seekreide noch eine zweite, eher dünn ausfallende gräuliche Seekreidelage. Die bräunliche Seekreide enthielt Funde, Reste von Kulturzeigern und Hölzern, so dass sie, wie die untere gräuliche Schicht ebenfalls als Kulturschicht bezeichnet wurde. Ein Schlämmen des Materials mit anschliessender Abschätzung der Anteile zeigte, dass die graue Schicht im Vergleich zur bräunlichen viel mehr organisches Material enthielt (Eberschweiler et al. 2007, S. 32 Abb. 47). Die graue Schicht entspricht dabei laut Eberschweiler et al. in ihren Komponenten der Kulturschicht aus den anderen Bereichen. Zwischen den Häusern Z und X liegen zudem mächtigere mehrlagige Brandschichten, relativstark organisch ausgeprägte

Schichten und Lehmlagen. Dies gilt auch für den Bereich zwischen Haus C und D. Eberschweiler et al. (2007, S. 33) schliessen daraus, dass sich zwischen den Häusern nie eine Kulturschicht gewöhnlicher Ausprägung bilden konnte und diese sich stets auf begrenzte Flächen im überbauten Bereich zwischen Blockgeviert und Ständer beschränkte. Um dem nachzugehen, wurden zwei Proben aus dem besonders viele Informationen versprechenden Bereich mit der mehrlagig ausgeprägten Kulturschicht untersucht (Abb. 46). Bei den Proben handelt es sich um mittels einer 60 cm langen Blumenkiste (ZHBO 1090) respektive einer 50 cm langen Metallkiste (ZHBO 1091) herausgestochene Profilabschnitte.

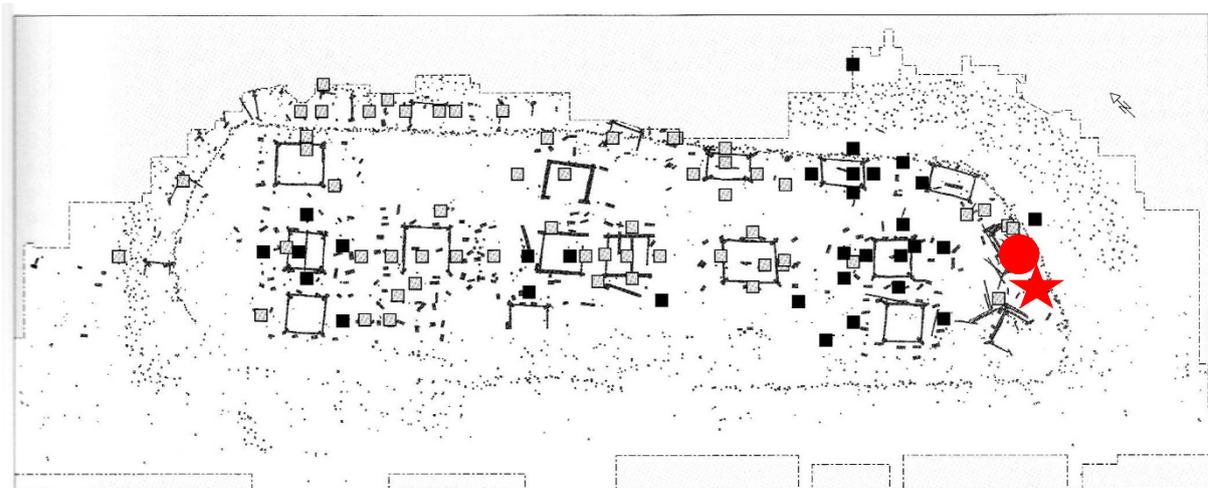


Abbildung 46 Greifensee-Böschchen. Verteilung der Profilkolonnen.
Übersicht aller entnommenen Profilkolonnen. Schwarz: Bereits archäobotanisch ausgewertet. Grau: Für eine spätere Bearbeitung zurückgestellt. Stern: ZHBO 1090. Kreis: ZHBO 1091. Nach Eberschweiler et al. 2007, S. 23 Abb. 29 (Plangrundlage: Amt für Städtebau der Stadt Zürich, Unterwasserarchäologie).

6.1.4 Resultate

Profil ZHBO 1091

Mit dem Profil 1091 wurde eine ca. 5 cm mächtige organische Kulturschicht erfasst. Sie wird von Seekreidelagen im Liegenden und Hangenden begleitet. Zur besseren Präparation der Probe wurde eine 25 cm lange Teilprobe mittels einer Plastikkiste aus dem mittleren Teil der Metallkiste entnommen.

Probe 1091

Die erfasste Schichtsequenz beginnt mit einem locker gelagerten, gebänderten Mikrit (SE 0.2 gelb), der sich besonders durch eine sehr grosse Anzahl an Characeenstängeln, ebenfalls vielen Oogonien sowie vollständigen Molluskenschalen auszeichnet. Bereits in diesem unteren Bereich der Schichtsequenz zeigen sich einige Schilfwurzeln, die von oben kommend die gesamte Sequenz durchschlagen. Mit einer recht klaren Grenze geht die Schicht in einen eher „wolkig“ und dichter (10% Porosität statt 20%) ausgeprägten Mikrit (SE 0.2 weiss) über, der nun aber weniger Characeenstängel und Oogonien aufweist. Auch in dieser Schicht kommen viele Molluskenschalen zu liegen, welche gut erhalten sind. Neu tritt erstmals wenig (5%) Feinsand auf.

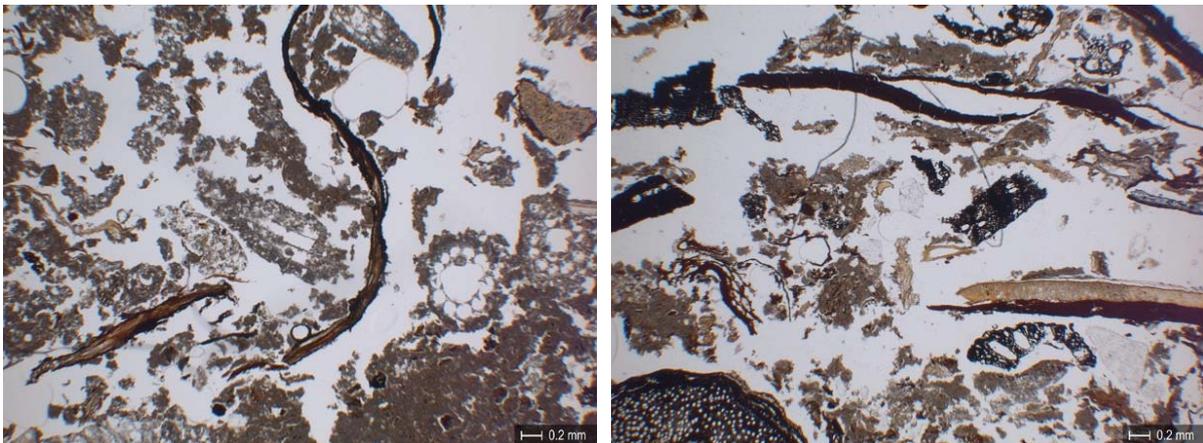


Abbildung 47 Greifensee-Böschchen. Probe 1091.

**A) Links: Schicht SE/org. mit organischen Komponenten und gut erkennbaren Characeenstängeln (PPL).
B) Rechts: Schicht KS1 SE braun mit organischem Material in lockerer Lagerung sowie dazwischen Zonen mit detritisch-organischem Mikrit (PPL).**

Der organische Eintrag beginnt in der darauf folgenden Schicht SE/Org. recht schnell auf ca. 20% anzusteigen. Es handelt sich um eine stark durchmischte Schicht mit einem diffusen Übergang zu SE 0.2 weiss. Es gibt viele Rinden und Gewebefragmente, einige Holzkohlen sowie vereinzelt kleine, gerundete Lehmbrocken. Alle Komponenten sind in einer mikritischen Feinmasse eingebettet (Abb. 47A). Die Molluskenschalen zeigen Spuren von Algenfrass und die organischen Reste sind eher schlecht erhalten. Die eigentliche Kulturschicht KS 1 zeichnet sich im Vergleich zu SE/Org. nicht unbedingt durch eine sehr grosse Zunahme des organischen Anteils aus. Vielmehr fällt der von kaum vorhanden auf 25% steigende Anteil an Holzkohle mit einer Vielzahl von verbrannten Zweigen auf. Entscheidend ist aber, dass das c/f

Ratio von 1/9 zu 7/3 kippt, was den hohen Anteil an Grobmaterial in dieser Schicht kennzeichnet. Darüber hinaus konnte weiter oben ein Keramikfragment identifiziert werden. Nur wenig oberhalb davon bricht die Schicht SE/org. erosiv mit einer durch horizontal liegende Rinden gekennzeichneten Grenze ab.

Über SE/org. folgt mit KS1 SE braun eine relativ lockere organische Schicht mit viel leicht verrundeter Holzkohle und verkohlten Ästen, Getreide, Keramik (Abb. 47B) und verschiedenen Samen. Neben diesen gröberen Komponenten gibt es Zonen mit organischem Detritus, der mit Mikrit und Sand vermischt ist. Diese Zonen sind nicht so häufig, als dass sie die einzige Matrix dieser organischen Schicht darstellen könnten – es gibt ebenfalls mikritische Zonen ohne amorphes organisches Feinmaterial. Es könnte sich allerdings bei diesen Zonen aus detritisch-organischem Mikrit um die ursprüngliche Matrix der Schicht handeln, während die rein mikritischen Zonen aus einer späteren Überflutung durch den See resultieren. Daher könnten dann auch die Molluskschalen stammen. So zeigt sich der Seeinfluss auch deutlich in KS 1 SE braun. Es handelt sich um einen massiven Mikrit mit Mollusken, Characeenstängeln sowie sehr wenig Sand, Holzkohle und organisches Material. Die Characeenstängel sind gut erhalten, während die Mollusken zwar zum Teil vollständig, zum anderen Teil aber fragmentiert vorliegen. Ausserdem zeigen die Mollusken starke Spuren von Algenfrass. An organischem Material sind es vor allem grössere Gewebefragmente und Blätter, die in dieser Schicht zu liegen kamen. Auffällig ist die starke Durchwurzelung. Nach oben, zu SE 0.1 braun hin, tritt der Holzkohleanteil ganz zurück. Auch die Porosität verringert sich nochmals, wobei neben einigen Planar-Rissen als Trocknungsartefakte vor allem Wurzelkanäle als Porenräume vorkommen.

Profil ZHBO 1090

Mit dem Profil 1090 wurde eine ca. 20 cm mächtige Kulturschichtsequenz mit einem hohen Lehmanteil erfasst. Sie wird von Seekreidelagen im Liegenden und Hangenden begleitet. Zur besseren Präparation der Probe wurde eine 25 cm lange Teilprobe mittels einer Plastikkiste aus dem mittleren Teil der Blumenkiste entnommen.

Probe ZHBO 1090

Die in Probe ZHBO 1090 erfasste Schichtsequenz beginnt mit SE 0.2 gelb, einem lockeren Mikrit mit vielen Molluskenschalen sowie Stängeln und Oogonien von Characeen. Die Molluskenschalen sind fragmentiert und weisen Spuren von Algenfrass auf. Der nur ganz schwach fein- bis mittelsandige Mikrit enthält ausserdem noch wenig organisches Material (5%) und sehr wenig Holzkohle (2%). In KS1 org. steigt das organische Material auf einen Flächenanteil von 10% an, was, auch im Vergleich mit den anderen hier betrachteten Fundstellen, für eine im Feld als organische Kulturschicht angesprochene Schicht sehr wenig ist. Die Schicht besteht aus einem locker gelagerten Mikrit mit wenig Fein- bis Mittelsand, grösseren organischen Resten wie Gewebefragmenten und Haselnussschalen. Daneben kommen auch Mollusken- und Ostrakodenschalen sowie Characeenstängel vor. Die Komponenten sind leicht horizontal eingeregelt. Besonders auffällig ist, dass sich kein amorphes organisches Feinmaterial in dieser Schicht erhalten hat. Weiterhin auffallend ist der ebenfalls geringe Anteil von nur 5% Holzkohle. Organische Kulturschichten anderer Fundstellen können weit mehr Holzkohle enthalten. Diese Beobachtungen bestärken den Eindruck, dass es sich im Fall von Greifensee-Böschen um eine besondere Kulturschichtausprägung handelt.

Mit scharfer Grenze kommt die Lehmlage KS1 Lehm/z.T. org. auf der oben beschriebenen, schwach organischen Seekreide KS1 org. zu liegen. Es handelt sich um eine massive Lehmlage, die aus zwei verschiedenen Lehmtypen besteht. Bei einem der Lehme handelt es sich um eine tonarme Ausprägung, wie sie in Al-Horizonten vorkommt. Die andere in diesem Sediment enthaltene Varität ist ein stark karbonatischer Lehm. Mit 68% Quarzsandanteil fällt die Lehmlage extrem sandig aus, was sich auch in einem eng porphyrischen c/f-RDP ausdrückt. Vor allem im unteren Bereich kommt in Porenräumen etwas organisches Gewebe vor, ansonsten ist der organische Anteil aber recht gering und beschränkt sich weitestgehend auf einige Wurzeln, die den Lehm vertikal durchstossen. Der Lehm weist stellenweise eine Brandrötung auf. Wiederum mit scharfer Grenze folgt auf diese Lehmlage mit Brandeinfluss die heterogene Schicht KS1 Lehm/org. Sie besteht etwa zu gleichen Teilen aus Kiesel, Sand, Karbonat, organischem Material und Holzkohle. Das organische Material ist zum Teil verbrannt, was einen Hinweis darauf gibt, dass der karbonatische Schichtanteil auf Holzrasche zurückgeführt werden kann (Abb. 48A). Das organische Material besteht neben den bereits erwähnten verbrannten Makroresten vor allem aus Detritus. Es ist darüber hinaus nicht besonders gut erhalten und sowohl Dopplerit als auch Sklerotien können nachgewiesen werden.

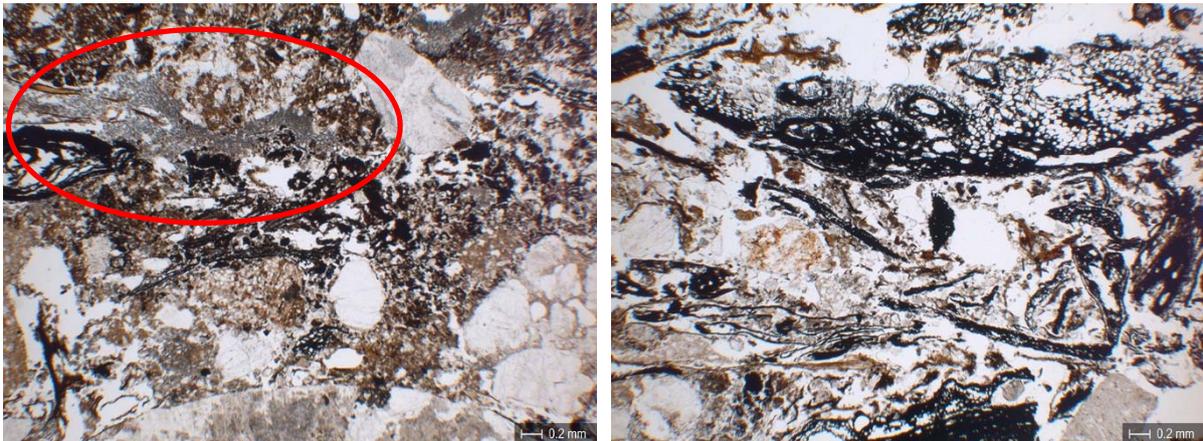


Abbildung 48 Greifensee-Böschchen. Probe 1090.

A) Links: Schicht KS1 Lehm/org. mit angezeichneter Asche (PPL). B) Rechts: Schicht KS1 SE org. mit starkem Anteil an Holzkohle und verkohlten Makroresten (PPL).

Diese als Brandschutt angesprochene Schicht wird von der kompakten Lehmlage KS1 Lehm praktisch „versiegelt“. Es handelt sich um einen sehr sandigen (45%) Lehm mit einfach-abständiger porphyrischer c/f-RDP, wie derjenige, der bereits im Fall von Schicht KS1 Lehm/z.T. org. nachgewiesen wurde. Es sind zwar auch andere Komponenten wie organisches Gewebe und Holzkohle enthalten, sie kommen aber nur in sehr geringem Ausmass im Sediment vor. Dafür sind weit mehr Steine (15%) vertreten. Auch der Karbonatanteil fällt mit 20% nicht unbedingt gering aus und ist vor allem dem teilweise karbonatischen Lehm geschuldet. Der Lehm ist zum grossen Teil brandgerötet und deutliche Spuren einer Durchwurzelung sind vorhanden. Mit erosiver und leicht in den Lehm eingreifender Grenze wechselt diese recht kompakte Lehmlage zu einem locker-enaulischen Sediment (KS1 SE org.), bestehend aus einer sandig-mikritischen Matrix, die mit Holzkohle, organischem Material, vielen Lehmbrocken und Kieseln durchsetzt ist. Die Schicht zieht in ihrem Verlauf etwas schräg nach oben und macht einen relativ „chaotischen“ Eindruck (Abb. 48B.). Die im Sediment enthaltenen Lehmbrocken sind verundet und zum Teil verziegelt. Daneben kommen auch verkohlte Makroreste vor, was den Eindruck einer Brandschuttschicht verstärkt. Im Sediment finden sich zwar keine direkten Anzeiger für einen Seeinfluss, wie etwa Characeenreste, doch bei dem wenigen (10% Flächenanteil) im Sediment enthaltenen Mikrit ist es schwer zu entscheiden, ob hier Asche vorliegt oder Mikrit von der im Hangenden liegenden Seekreide in diese Schicht gewaschen wurde. Letztere Schicht (Schicht KS1 SE braun) enthält nur noch wenige verrundete Lehmbrocken, Holzkohle und organisches Material (vor allem Rinden). Der Sand- und Kiesanteil scheint dabei vor allem aus aufgelösten Lehmbrocken zu stammen. Ein besonderer Befund stellt ein

Streifen organisches Feinmaterial mit Quarzsand dar, der sich in einem vertikalen Bogen um ein halbrundes, durch die Lufttrocknung stark geschrumpftes Holz legt. Dies kann als Strömungseinfluss gedeutet werden. Diverse Characeenreste und Molluskenschalen (fragmentiert und ganz erhalten) zeigen eindeutig eine limnische Sedimentation an. Die Molluskenschalen weisen allerdings starken Algenfrass auf. Nach oben hin nimmt der anthropogene Einfluss ab und der Mikrit wird „reiner“. Der Übergang zu SE 0.1 braun wird spürbar, ohne aber direkt im Dünnschliff erfasst zu sein.

6.2 Zürich-Alpenquai

6.2.1 Vorstellung der Fundstelle

Die spätbronzezeitliche Seeufersiedlung Zürich-Alpenquai liegt im unteren Zürichseebecken vor dem Zürcher Stadtquartier Enge (vgl. Abb. 49). In diesem Gebiet fand im 19. Jahrhundert eine umfangreiche Neugestaltung der Uferlinie statt, wozu massive Aufschüttungen vorgenommen wurden (Künzler Wagner 2005, S. 8). Die heute noch als Untiefe auf Luftbildern erkennbare Strandplatte mit den prähistorischen Siedlungsresten befindet sich direkt vor diesen Aufschüttungen. Ob es sich in der Bronzezeit um eine Insellage handelte oder es eine Verbindung mit dem Festland gab, ist zurzeit noch nicht gänzlich geklärt. Die Kulturschichten erstrecken sich insgesamt auf einer Fläche von 28 000 m² (Betschart 2001, S. 10). Der heutige Bootssteg des Zürcher Yacht Clubs befindet sich ungefähr im Zentrum der Siedlungsschichten (Abb. 50). Ihren Namen erhielt die Fundstelle im Übrigen daher, dass der General-Guisan-Quai – vor und unter dem sich die Fundstelle heute befindet – zur Zeit der ersten Ausgrabungen noch Alpenquai hiess.

Die oben erwähnten Aufschüttungen aus den Jahren um 1890 verfälschen den Eindruck, den man heute vom Gelände gewinnen kann. Bohrungen, die in Zusammenhang mit den damaligen Eingriffen entstanden sind, lassen jedoch die ursprüngliche Topographie dieses Bereiches erschliessen. Es lässt sich eine leicht in Richtung der ehemaligen Quaimauer ansteigende und relativ ausgedehnte Strandplatte rekonstruieren (Betschart 2001, S. 10). Sie verläuft bis auf einen Buckel auf Höhe der heutigen Bootshäuser annähernd eben um dann allerdings im Süden abzubrechen. Die Aufschüttungen weisen eine Mächtigkeit von bis zu sechs Metern auf (Betschart 2001, S. 12). Im Bereich des alten Sihldeltas liegt basaler Faulschlamm auf den

eiszeitlichen Seeablagerungen, der gegen oben zunehmend sandig wird und zu den Deltaablagerungen der Sihl überführt. Ausserhalb des von den Sihlablagerungen betroffenen Bereiches liegt eine Seekreideschicht, auf die zum Teil neuzeitliche Sedimente folgen.

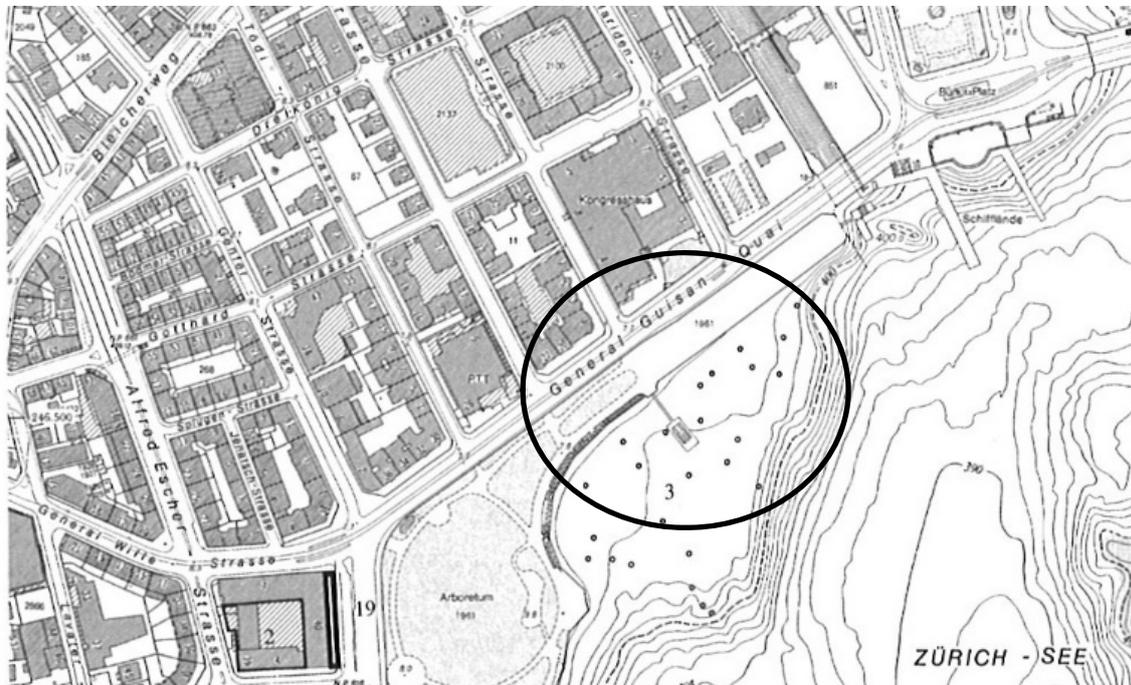


Abbildung 49 Das linke, untere Zürichseebecken mit der Fundstelle Alpenquai. Die Situation vor dem General Guisan Quai, ehemals Alpenquai. Die Grabung Zürich-Alpenquai wurde mit einem Kreis auf der Karte ergänzt. Ausschnitt aus Stöckli 2009, S. 53 Abb. 27 nach Schibler et al. 1997 (Grafik: Kantonsarchäologie Zürich).

Die spätbronzezeitliche Siedlung Zürich-Alpenquai wurde 1916 beim Bau des Bootshauses für den Zürcher Yachtclub entdeckt. Während dieser Arbeiten konnte das Schweizerische Landesmuseum unter der Leitung von Ferdinand Blanc viel Fundmaterial bergen, welches von einem Löffelbagger zu Tage gefördert wurde (Betschart 2001, S. 13). Bei einer Vorverlegung der Quaianlage im Jahr 1919 konnten auf die gleiche Art und Weise weitere Untersuchungen angestellt werden. Wichtigstes Ergebnis dieser Ausgrabungen (im Wortsinn) war, dass Blanc trotz der schlechten Beobachtungsmöglichkeiten 34 sogenannte „Hüttenstandorte“ und zwei Kulturschichten feststellen konnte. Die „Hüttenstandorte“ machte Blanc gemäss seiner Beobachtungsmöglichkeiten an Stein- und Fundkonzentrationen fest, die der Bagger zu Tage förderte. Seine bei Andreas Mäder (2001, S. 88–93) transkribierten Fundnotizen bildeten und bilden auch heute noch einen grossen Teil unserer Kenntnis von dieser Fundstelle.

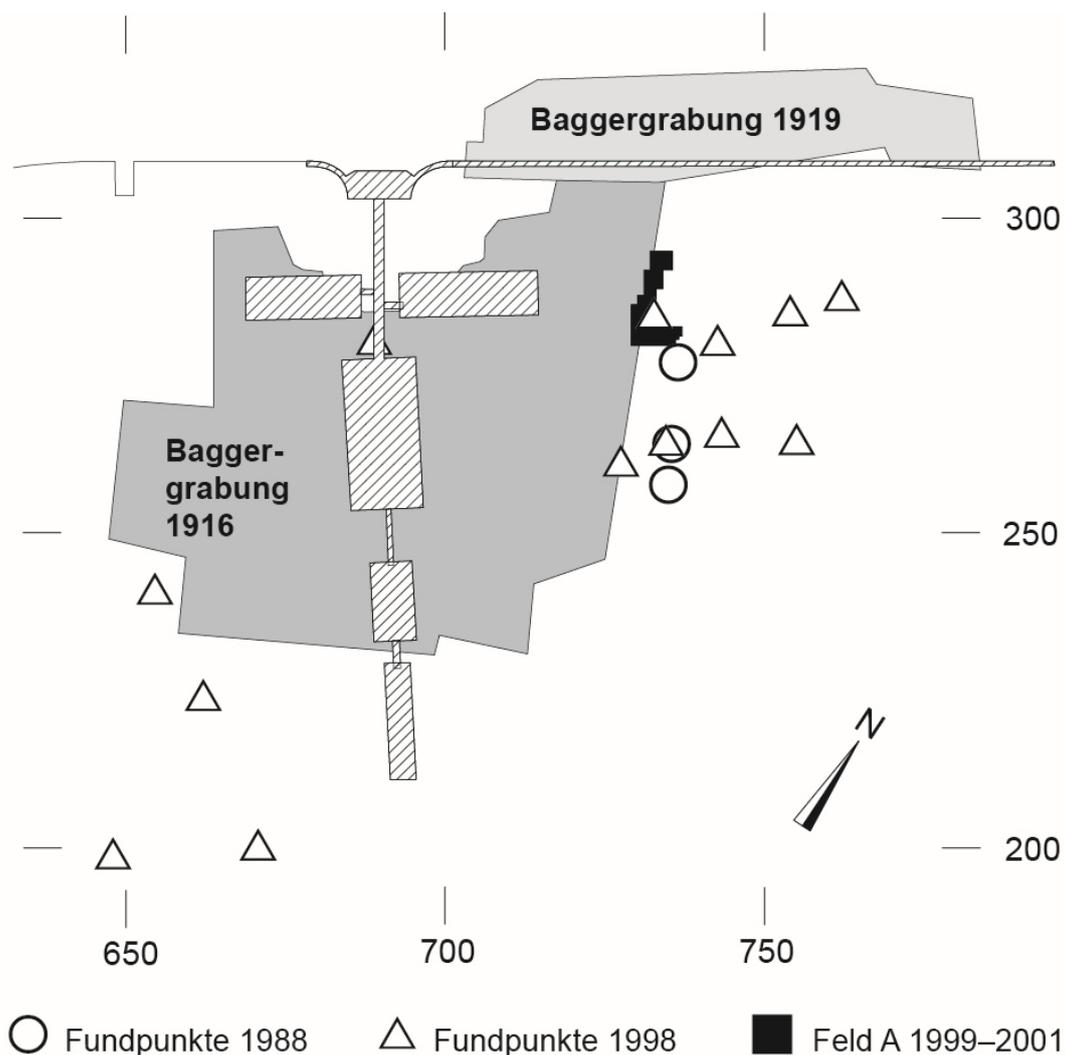


Abbildung 50 Zürich-Alpenquai. Situationsplan.

Plan der Fundstelle mit den heutigen Bootshäusern in der Mitte. Künzler Wagner 2005, S. 9 Abb. 4 (Grafik: Peter Riethmann, Amt für Städtebau der Stadt Zürich, und Marcus Moser, Kantonsarchäologie Zürich).

Im Rahmen späterer taucharchäologischer Aktionen, wie einigen Fundbergungen und Sondierungen in den 60er und 70er Jahren des 20. Jahrhunderts, sollte die Ausdehnung der Siedlung genauer festgestellt werden. Es zeigte sich, dass trotz der umfangreichen und zerstörerischen Ausbaggerungen noch grosse Bereiche des ehemaligen Siedlungsareals erhalten geblieben sind. Ausserdem konnte mittels der Taucharchäologie der Aufbau der Kulturschichten unmittelbarer und vor allem detaillierter beobachtet werden, wodurch sich auch Blancs Beobachtung von zwei Kulturschichten bestätigte (Büro für Archäologie 1976). Trockeneis Sondierungen im Jahr 1983, bei denen mit Trockeneis gefüllte Metalllanzen in den Seeboden gestossen wurden, zeigten, dass sich das Vorkommen der zwei Kulturschichten auf den ufernahen und somit

landseitigen Bereich beschränkt (Betschart 2001, S. 13; 17; Abb. 9-10). Aus den Sondierungen konnten Durchschnittswerte für die Kulturschichten abgeleitet werden: Die untere Kulturschicht ist demnach maximal 6-10 cm dick. Die jüngere obere Schicht ist durch 5-12 cm Seekreide von der unteren Schicht getrennt und fällt mit 13-44 cm deutlich mächtiger aus. An der Oberfläche konnte man an mehreren Stellen einen sandigen Reduktionshorizont feststellen und das Auftreten von Funden in den Seekreideschichten deutet auf ältere Umlagerungsprozesse hin (Betschart 2001, S. 15). Eine umfangreiche Abschwimmaktion des Jahres 1988 offenbarte das Schadensbild durch die Ausbaggerungen mit einem grossflächigen Offenliegen der Kulturschichten.

Die Inventarisierung Zürcher Seeufersiedlungen in den 1990er Jahren bestätigte das Schadensbild einer freigespülten und von Bootsketten schwer geschädigten Kulturschicht, was zu einer Rettungsgrabung in den Jahren 1999-2001 führte (Büro für Archäologie 2000). Die Grabungen umfassten insgesamt 60 m² und konzentrierten sich – von der Baggerkante ausgehend – auf den nordöstlichen Bereich der Siedlungsfläche (Künzler Wagner 2005, S. 10). Während in der ersten Kampagne im Winter 1999/2000 die zwei durch eine Seekreidelage getrennten Kulturschichten mit einer Mächtigkeit von bis zu 40 cm gegraben wurden, untersuchte man in der zweiten Kampagne 2000/2001 nur die akut gefährdete jüngere Kulturschicht an der Oberfläche. Anschliessend wurden die Flächen mit Geotextil abgedeckt und somit geschützt. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Proben stammen aus dieser jüngsten Grabungskampagne.

Der Siedlung Zürich-Alpenquai kommt insofern eine grosse Bedeutung zu, als dass es sich bis auf die Untersuchungen an der verschwemmten spätbronzezeitlichen Schicht von Zürich-Mozartstrasse um die einzige multidisziplinär (d.h. archäologisch und naturwissenschaftlich) untersuchte spätbronzezeitliche Kulturschicht am unteren Zürichseebecken handelt (Künzler Wagner 2005, S. 9).

6.2.2 Stratigraphie und Datierung

An der Fundstelle Zürich-Alpenquai liegen im Wesentlichen zwei von einer Seekreidelage getrennte Kulturschichtpakete vor (Abb. 51). Unter diesen Kulturschichten ist allerdings stellenweise eine dritte Kulturschicht von nur 3 cm Mächtigkeit erhalten, die durch eine dünne, partiell organische Seekreide abgetrennt ist (Künzler Wagner 2005, S. 11). Mit den analysierten Proben 622.1 und 651.1 wurde jedoch nicht die gesamte stratigraphische Sequenz vom Alpenquai

erfasst. Aus diesem Grund soll hier ein Eindruck der nicht erfassten Schichten anhand von Nina Künzler Wagner wiedergegeben werden (Künzler Wagner 2005, S. 11).

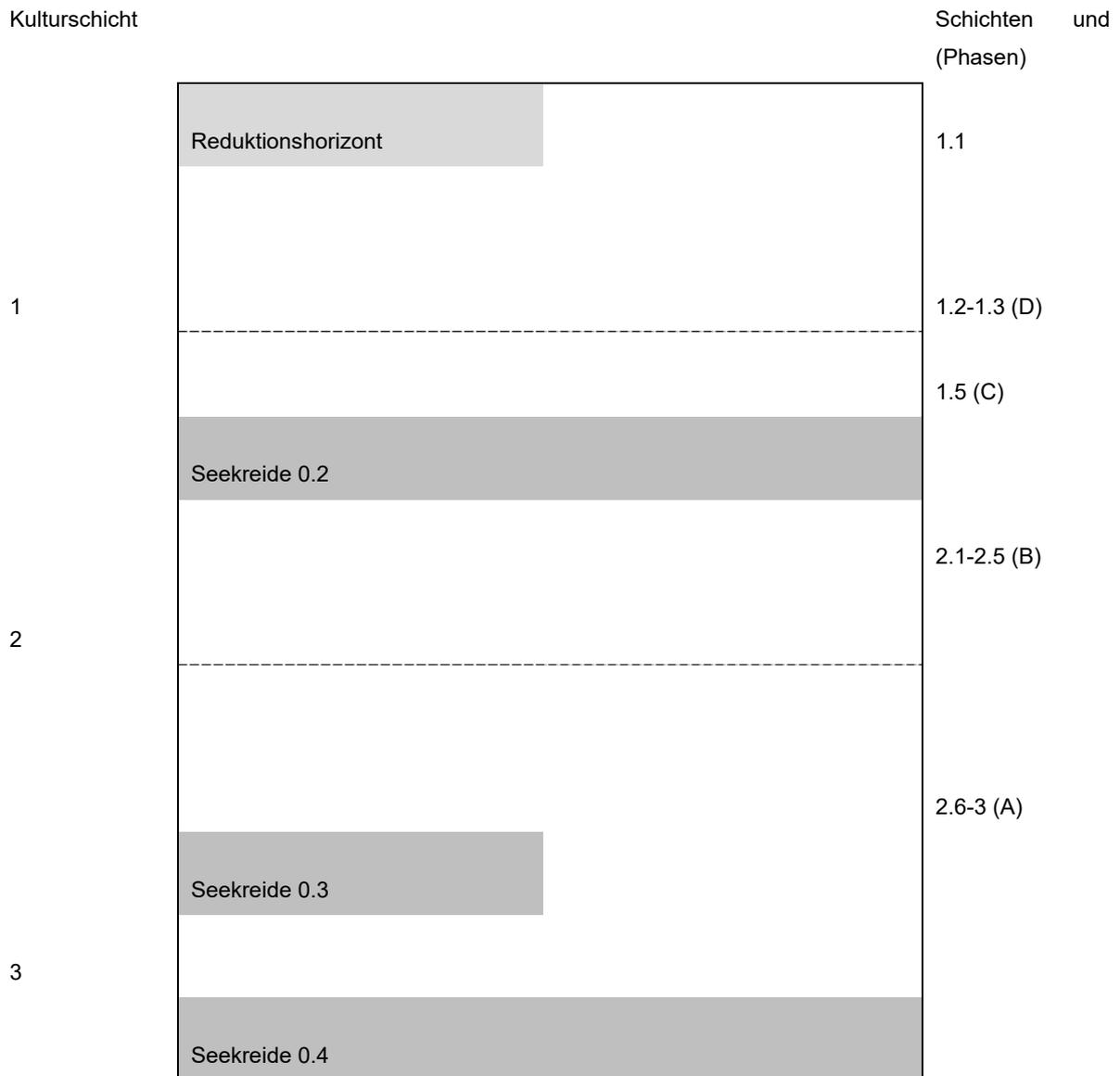


Abbildung 51 Zürich-Alpenquai. Phasenübersicht. Schematisches Profil der Phasenabfolge (in Klammern) von Zürich-Alpenquai. Nach Künzler Wagner 2005, S. 11 Abb. 6 (Grafik: Kantonsarchäologie Zürich).

Besonders die unteren Schichten scheinen durch verschiedene postsedimentäre Prozesse gestört zu sein. Den Beginn der Schichtsequenz begründet die hellgelbe Seekreide 0.4. Auf dieser molluskenführende Schicht kommt die oben erwähnte, nur stellenweise vorhandene und stark mit Seekreide vermischte dritte Kulturschicht der Siedlungsphase A zu liegen. Dar-

über folgt eine graue fundleere Seekreide 0.3, die mit Mollusken und zumeist auch mit organischem Material durchsetzt ist. Sie war von daher schwer von der ersten Schicht 2.8 zu trennen, da letztere stark mit Seekreide zersetzt ist. Hier fanden sich Holzbearbeitungsabfälle, Holzkohle und im Bereich zweier Lehmlinsen diverse kulturzeigende Makroreste (verkohltes Getreide, Haselnüsse etc.). Nur stellenweise liegt die fast fundleere und molluskenführende Seekreide 2.7 zwischen den Kulturschichten 2.8 und 2.6. Die Kulturschicht 2.6 ist recht organisch ausgeprägt und beinhaltet Holzkohle, Holzbearbeitungsabfälle sowie verkohltes und nicht verkohltes Getreide.

Der graue, lehmige und fundleere Sand 2.5 liegt über Schichteinheit 2.6 und gehört bereits zur Phase B. Die Schichteinheit 2.3 ist wiederum mit vielen Holzbearbeitungs- und Holzkohleresten sowie (wenigen) Funden als Kulturschicht gekennzeichnet. Schichteinheit 2.1 beinhaltet stellenweise viel Holzkohle, jedoch wenig organische Reste. Aus dieser Schicht konnten viele Funde geborgen werden, wobei die Keramik fast immer Spuren sekundärer Brandeinwirkung aufweist. Die Schicht wird mit einem lehmigem Band abgeschlossen, welches von Künzler Wagner (2005, S. 14) aufgrund der Dominanz verbrannter Keramik und des fast vollständigen Fehlens organischer Funde als erodierter Brandhorizont interpretiert wird. Der oberste Teil dieser Schichteinheit ist in der Probe 622.1 erfasst. Darüber folgen die Seekreide 0.2 sowie die Schicht 1.5 (Phase C) und die Schichten 1.2-1.3 (Phase D), welche im Detail weiter unten besprochen werden sollen.

An den Hölzern von Zürich-Alpenquai wurden umfangreiche dendrochronologische Untersuchungen vorgenommen, welche von Künzler Wagner (2005, S. 14–18) vorgelegt wurden. Die Dendrodaten aus den Schichteinheiten 2.6-3 (Phase A) deuten auf eine Siedlungstätigkeit von 1041 bis 976 v. Chr., welche jedoch auch unterbrochen gewesen sein könnte. Für den Beginn der Phase B liegt mit 978 v. Chr. ein *terminus post quem* vor. Unter Zuhilfenahme der Keramiktypologie und Splintholzstatistik wird mit einer Datierung der Schlagjahre um oder nach der Mitte des 10. Jahrhundert v. Chr. gerechnet. Ebenso unsicher ist die Datierungslage für die Phase C. Anhand der Stratigraphie werden einige Hölzer zwischen 900 und 860 v. Chr. eingeordnet. In Phase D konnte ein Pfahlschuh aus der Schichteinheit 1.3 ins Jahr 863 v. Chr. datiert werden. Das mit 844 v. Chr. jüngste Datum liefert ein direkt unter dem Reduktionshorizont liegendes Holz. Es ist jedoch nicht sicher den Schichteinheiten 1.2-1.3 oder 1.1 zuzuordnen.

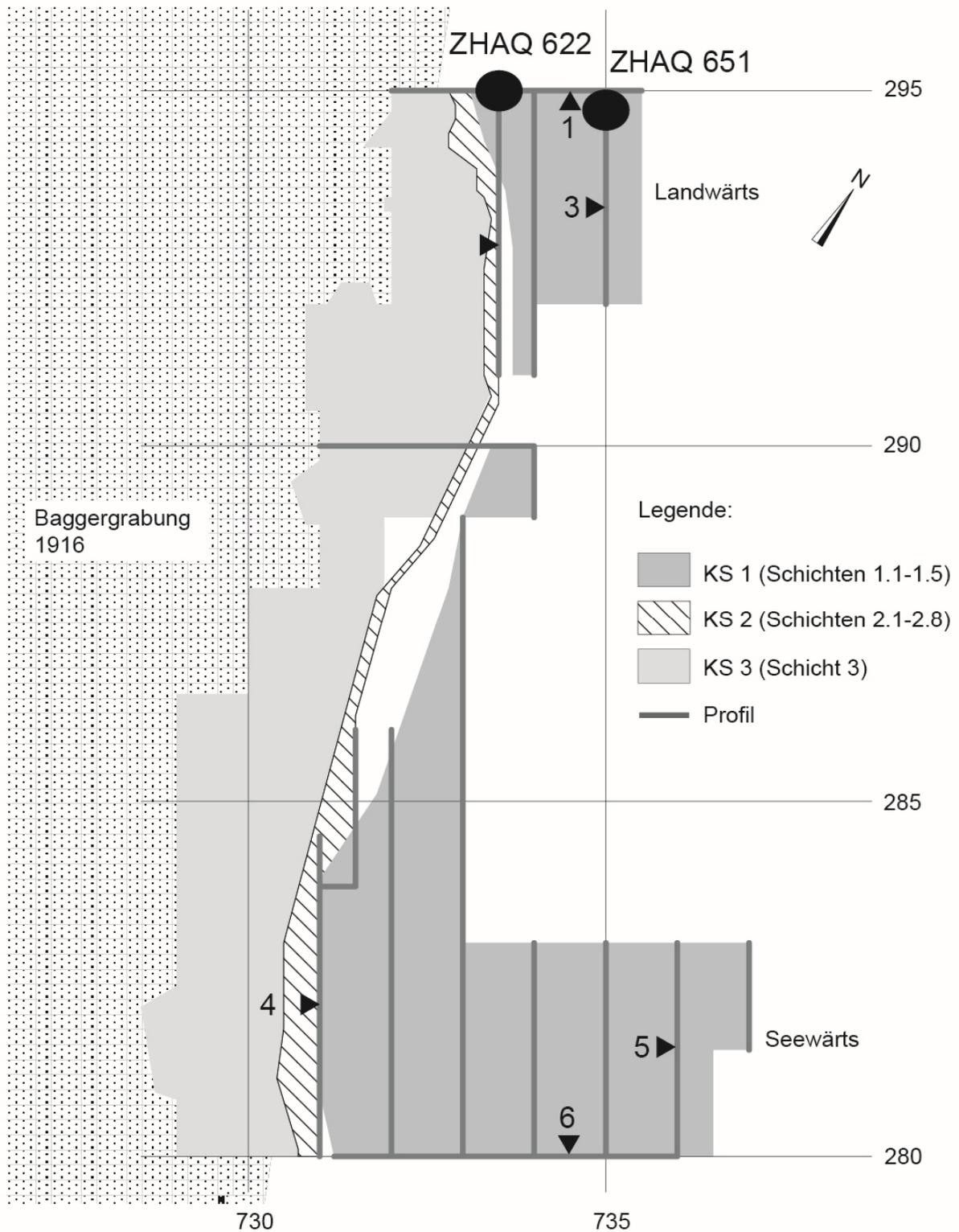


Abbildung 52 Zürich-Alpenquai. Plan Feld A.

Plan des in den Kampagnen 1999-2001 untersuchten Feld A mit Probenpositionen. Nach Künzler Wagner 2005, S. 9 Abb. 5 (Plangrundlage: Peter Riethmann, Amt für Städtebau der Stadt Zürich, und Marcus Moser, Kantonsarchäologie Zürich).

6.2.3 Material und Methode

Für die mikromorphologische Analyse standen zwei von Ismail-Meyer (Universität Basel) aufbereitete und freundlicherweise zur Verfügung gestellte Proben bereit. Die 50-60 cm messenden Blumenkisten wurden während der Kampagne 1999/2000 aus dem nördlichen Bereich der Grabungsfläche entnommen (Abb. 52). Aufgrund der Umsicht von Ismail-Meyer waren auch noch botanische Proben verfügbar, die im Rahmen des gleichen Projektes analysiert werden konnten, in dem auch die vorliegende Arbeit durchgeführt wurde. Zusammen mit weiteren archäozoologischen Resultaten und einer Analyse der materiellen Kultur wurden die Ergebnisse der Pollen- und Makrorestanalyse mitsamt mit der Mikromorphologie in einem gemeinsamen Artikel vorgestellt (Wiemann et al. 2012).

6.2.4 Resultate

Profil ZHAQ 622

Die Probe ZHAQ 622 umfasst den obersten Teil der Siedlungsphasen B, die trennende Seekreide SE 0.2 sowie die Siedlungsphasen C und D. Während in der Phase C noch recht viel Seekreide zu erkennen ist, besteht die Phase D aus einer lockeren, organischen Schicht mit recht vielen und grossen Holzkohlen. Von dieser Probe wurden zwei Teilproben genommen und insgesamt sieben Dünnschliffe angefertigt und analysiert.

Probe ZHAQ 622 MM2

Die Schichteinheit 2.1 gehört zur Siedlungsphase B und beinhaltet makroskopisch betrachtet wenig organisches Material, Lehmbrocken und Hölzer, dafür aber relativ viel Holzkohle. Mikromorphologisch hat sich eine Dreiteilung dieser Schicht abgezeichnet. Das gelblichgraue (PPL) beziehungsweise dunkelgraue (XPL) Substratum 2.1.1a ist die unterste im Dünnschliff erfasste Schicht. Sie besteht im Wesentlichen aus einem Lehm beziehungsweise aus Lehmaggregaten mit deutlichem Anteil an unsortiertem Sand (50%). Der ebenfalls nicht unerhebliche Tonanteil (25%) ist als getüpfeltes b-Gefüge ausgeprägt. Einen wichtigen Befund stellt eine Feinkruste (Micropan) dar, die in Form eines schwarzen, krümeligen Saumes um ein Lehmaggregat liegt (Abb. 53A). Dieses Aggregat weist randlich eine dunklere Färbung auf, die sich zum Zentrum hin verliert. Daran kann abgelesen werden, dass diese Lehmlage aus ho-

mogenisierten Lehmbrocken besteht und nicht einen einzelnen Lehmauftrag darstellt. Die Substrata 2.1a und 2.1b wirken dahingegen ein recht heterogenes Gemisch aus organischem Material, Lehmbrocken, Quarzsand sowie einigen Gesteinsfragmenten. Im Gegensatz zu 2.1.1a beinhalten sie ausserdem wesentlich mehr Holzkohle. Besonders in 2.1b zeigt sich ein erhöhter organischer Anteil. Das Sediment weist darüber hinaus mit einer c/f-Ratio von 6/4 einen weit grösseren Anteil an Feinmaterial auf als dies in Schichteinheit 2.1a mit einer Ratio von 8/2 und somit mit mehr gröberen Komponenten erkannt werden kann. Das organische Material ist grundsätzlich in einem schlechten Erhaltungszustand. Einen ungewöhnlichen Befund stellen sicherlich die Diatomeen dar, die in Schichteinheit 2.1a vorkommen. Sie befinden sich in den Zonen mit viel organischem Feinmaterial und Punktierungen. Trotzdem können die Sedimente als organische Kulturschichten gedeutet werden, die vermutlich Anzeichen für eine Aufarbeitung des Sediments und somit eine Auffassung der Siedlung aufweisen.

Die Seekreide 0.2 (SE 0.2) ist eine Schichtsequenz, die einen zunehmenden Anteil an Mikrit zeigt. Am Beginn der Sequenz ist bei SE 0.2b noch ein hoher Anteil an Lehm vorhanden, der bereits mit etwas Mikrit vermischt ist. Zudem ist ein Keramikfragment, aber nur sehr wenig Holzkohle zu erkennen. Es ist keine Einregelung der Komponenten feststellbar. In SE 0.2a hat die Seekreide den Lehm als dominierenden Anteil abgelöst, so liegt dieser hier nur mehr in Form einer Vielzahl kleiner, verrundeter Lehmbrocken vor. Auch die wenigen Holzkohlen sind gerundet. Fruchtkörper von Characeen belegen deutlich den Einfluss des Sees. Die beiden Sedimente sind als erosiv umgelagerte Schichten anzusprechen. In der darüber liegenden Schicht 1.5.5 tritt der anthropogene Einfluss zugunsten eines limnisch geprägten Milieus stark zurück. Eine grosse Anzahl an Diatomeen belegt den Seeinfluss eindrücklich, wobei vereinzelte gerundete Lehmbrocken auf eine beständige anthropogene Sedimentationsquelle in der Nähe hinweisen. Zonen mit Lösungserscheinungen und sparitische Zonen bilden die Bänderung der Seekreide und deuten auf eher ruhige Ablagerungsbedingungen hin. Die schwach organische Seekreide 1.5.2 zeigt ähnliche Eigenschaften, wobei hier Wurzelspuren vorliegen und keine Bänderung mehr erkannt werden kann. In diesem limnisch geprägten Milieu erscheint das Auftreten von Sklerotien etwas ungewöhnlich. Dabei handelt es sich um Pilzsporen, die sich oft im Oberbodenbereich finden. Doch in diesem Fall weisen Reste eines organischen Belags um das Sklerotium darauf hin, dass es sich hier um eine allochthone Bildung handelt, wobei das Sklerotium und die Lehmbrocken aus einem ehemaligen Oberboden stammen und zusammen mit der Seekreide sedimentiert worden sind. In Schichteinheit 1.5.1

steigt der anthropogene Eintrag wieder merklich an, wobei eine starke Verrundung der Holzkohlen auf eine Bewegung durch das Wasser hinweist. Bei den Lehmbrocken handelt es sich meist um recht organische, tonhaltige Exemplare, die stellenweise ein netzstreifiges b-Gefüge zeigen. Allerdings kommen hier auch tonfreie Lehmbrocken vor, die eine relativ farblose (PPL) beziehungsweise eine dunkelgrau bis schwarze (XPL) Feinmasse aufweisen. Die Schicht kann als organische Kulturschicht mit Spuren von Aufarbeitung angesprochen werden.

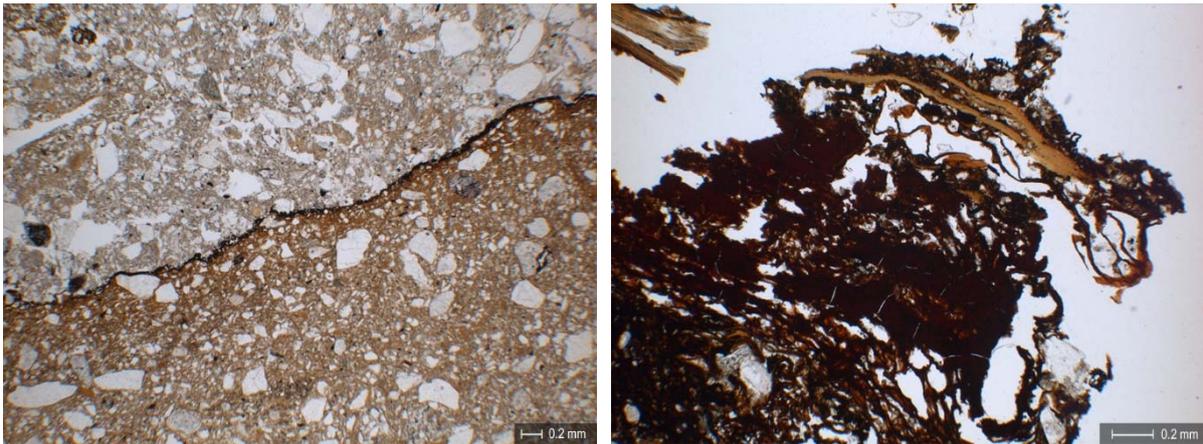


Abbildung 53 Zürich-Alpenquai. Profilkolonne 622.

**A) Links: Mikrokruste in der Lehmlage 2.1.1a (PPL). B) Rechts: Abgebautes organisches Material mit Dopp-
leritbildung in Schichteinheit 1.2.2 (Mitte, PPL).**

Es folgt mit Schichteinheit 1.3 erneut eine Mischschicht aus Mikrit und organischem Material. Bemerkenswert ist hier vor allem das Vorkommen eines Koprolithen (mutmasslich Schaf/Ziege) sowie von Diatomeen, was die Vermischung von Seeinfluss und organischer Ablagerung unterstreicht. Dies deckt sich mit dem Eindruck, der schon von der vorherigen Schichteinheit gewonnen werden konnte. Es handelt sich also ebenfalls um eine aufgearbeitete organische Kulturschicht. Im Hangenden folgt mit einem scharfen Übergang eine völlig karbonatfreie organische Kulturschicht, die unsortierten Sand und Lehmbrocken beinhaltet. Diese Schicht und eine weitere organische Kulturschicht im Hangenden (Schichteinheit 1.2.4a) weisen neben gröberen organischen Komponenten auch einen grösseren Gehalt an amorphem organischem Feinmaterial auf. Er scheint nach oben hin anzusteigen, was mit dem Auftreten von Zerfallsprozessen (Gelifikation bis hin zur Bildung von Dopp-
lerit) einhergeht.

Probe ZHAQ 622 MM2

Leider wurde aufgrund des Wechsels zu einer anderen Teilprobe der Übergang von Schichteinheit 1.2.4a zu 1.2.3 nicht erfasst. Dieser Übergang wäre eventuell aussagekräftig gewesen, denn die Schichteinheit 1.2.3 stellt sich gänzlich anders dar als die Schicht im Liegenden. Das zuvor relativ ausgeglichene Verhältnis von Feinmasse zu gröberen Komponenten verändert sich dahingehend, dass fast nur noch grobe Komponenten die Grundmasse bilden. Das Sediment ist recht locker gelagert, wobei hier auch die Lufttrocknung und die damit verbundenen Schrumpfungerscheinungen ihr übriges zu diesem sehr lockeren Erscheinungsbild beigetragen haben. Stellenweise erkennt man Zonen mit amorphem organischem Feinmaterial, die mit Quarzsand vermischt sind. Die lockere Ausprägung des Sediments spiegelt sich in einer enaulischen Relativverteilung mit komplexen Packungshohlräumen wieder. Die zum Teil sehr grossen Holzkohlen weisen nur eine schwache Verrundung auf. Der Zustand der Holzreste ist nicht sonderlich gut, wohingegen die übrigen Makroreste wie Misteln und Moos besser erhalten zu sein scheinen. Stellenweise liegt Dopplerit vor.

Dieses Bild der heterogenen Brand- und organischen Kulturschichten setzt sich nach oben hin fort, wobei in Schichteinheit 1.2.2 wieder mehr amorphes organisches Feinmaterial vorhanden ist. Auffällig bleiben die im Sediment enthaltenen grossen Holzkohlen sowie die verbannten Äste. Das organische Material ist relativ schlecht erhalten und eine Gelifikation beziehungsweise Umwandlung in Dopplerit ist zu beobachten (Abb. 53B). Zudem fällt ein gehäuftes Auftreten von Sklerotien auf, was ebenfalls auf Zerfallsprozesse hindeuten könnte. Im Gegensatz zu den weiter oben erwähnten Sklerotien finden sich hier keine Hinweise darauf, dass sie zusammen mit Lehmbrocken aus dem Oberbodenbereich eingetragen wurden. Vielmehr muss es sich hier um eine autochthone Bildung handeln und die schlechte Erhaltung des organischen Materials geht mit der Bildung von Sklerotien einher. Neben der Holzkohle weist ein Keramikfragment mit einem partiellen Brandsaum darauf hin, dass die Komponenten dieser Schicht einem Feuer ausgesetzt waren. Obwohl nun die organischen Komponenten beziehungsweise der anorganische Anteil biogener Herkunft (z.B. Holzkohlen) eindeutig überwiegen, ist ein stetiger Eintrag von Quarzsand zu verzeichnen.

Den Abschluss der erfassten Schichtsequenz nehmen die Schichteinheiten 1.2.1c und 1.2.1b ein. Nicht mehr im Dünnschliff erfasst folgt im Hangenden mit 1.2.1a ein feinsandiges Niveau. Die anhand des Anschliffes getroffene Abtrennung von Schichteinheit 1.2.2 zu 1.2.1c erweist

sich im Dünnschliff als obsolet. Es handelt sich um dieselbe lockere Schichteinheit mit Zweigen und grossen Holzkohlen, die nur einen geringen Anteil an organischem Feinmaterial sowie Lehmbrocken beinhaltet. Ganz anders präsentiert sich wiederum 1.2.1b. Mit einem scharfen Übergang liegt ein recht kompaktes Sediment aus organischem Feinmaterial vor, das einen grösseren Anteil an Fein- und Mittelsand aufweist. Das organische Feinmaterial ist eher schlecht erhalten. Darüber hinaus lässt sich auch ein wenig Dopplerit nachweisen. Die dunkle Farbe des Sediments und mikroskopische Beobachtung unter höheren Vergrösserungen belegen eindeutig, dass das Feinmaterial viel Mikroholzkohle enthält. Eine vom allgemeinen Schichtcharakter abweichende Zone mit schlecht erhaltenem organischem Material könnte wegen ihrer phosphatischen Ausprägung auf einen Dungeintrag hindeuten.

Profil ZHAQ 651

In Probe ZHAQ 651 wurden nur die Siedlungsphasen C und D erfasst. Wie man aufgrund der räumlichen Nähe der Proben zueinander erwarten kann, ähneln sich die erfassten Sequenzen mit leichten Variationen. Zuerst ist die noch stark limnisch geprägte Phase C erfasst, während im oberen Bereich die organisch, locker sedimentierte Phase D zu liegen kam. Aus der Blumenkiste wurden je eine etwa 20 cm lange und eine etwa 25 cm lange Teilprobe entnommen. Aus den eingegossenen Teilproben wurden sechs Dünnschliffe gewonnen und analysiert.

Probe ZHAQ 651 MM2

Die in Dünnschliffen erfasste Schichtsequenz beginnt hier mit der mikritischen Ablagerung 1.5.5b, welche nur wenig verrundete Lehmbrocken und organisches Material beinhaltet. Auffallend sind die vielen im Sediment enthaltenen Diatomeen. Ein gerundeter Lehmbrocken, der ein grösseres Stück Holzkohle enthält, könnte eine anthropogene Beeinflussung des Lehms anzeigen. Ansonsten kann das Sediment als leicht gebänderte Seekreide angesprochen werden. In den Schichteinheiten 1.5.5a und 1.5.1 ist eine umgekehrte Proportionalität von Mikrit und organischem Material feststellbar, das nun in zunehmender Masse in der Schicht enthalten ist. Daneben kommen nun auch grössere Holzkohlen, Knochen sowie Quarzsand vor. In der Schichteinheit 1.5.1 ist bereits viel weniger Mikrit vorhanden, wobei der Anteil an Lehmbrocken und Sand stark ansteigt. Die beiden Schichten sind als aufgearbeitete Kulturschichten anzusprechen. In Schichteinheit 1.3 ist der Anteil an organischem Feinmaterial noch sehr gross. Er tritt zu Schichteinheit 1.2.4 hin zugunsten grober Komponenten wie Holzkohlen in

Kiesfraktion und in lockerer Lagerung drastisch zurück. In den beiden als organische Kulturschichten mit leichten Aufarbeitungsspuren anzusprechenden Schichteinheiten bestimmen organische Materialien wie Zweige, Samen und Gewebe das Bild, wobei das Feinmaterial immer mit Quarzsand und Lehmbrocken durchsetzt ist.

Probe ZHAQ 651 MM1

Die darauf folgenden Schichteinheiten 1.2.3 und 1.2.2(d-c) weisen grundsätzlich ein ähnliches Erscheinungsbild auf, wobei nach oben hin der Anteil von Holzkohlen auf bis zu 40% ansteigt. Es handelt sich vor allem um sehr grosse Holzkohlen in Kiesfraktion. Doch befindet sich auch weiterhin unverkohlt organisches Material darunter – vor allem Zweige, Samen, aber auch Feinmaterial. Letzteres ist schlecht erhalten und eine Umwandlung zu Dopplerit hat stattgefunden. Mit Ausnahme von 1.2.2b können die Schichten allesamt als heterogene Brand- und organische Kulturschichten angesprochen werden.

Zur Schichteinheit 1.2.2b hin gibt es eine scharfe Grenze, verbunden mit einem plötzlichen Zurücktretten der groben Komponenten zugunsten von amorphem organischem Feinmaterial. Eventuell lässt sich diese Schichteinheit mit 1.2.1b aus ZHAQ 622 parallelisieren. Sie ist leicht schräg geschichtet und weist neben einem organischen Anteil um 40% auch reichlich (20%) gut sortierten Fein- bis Mittelsand auf. Interessanterweise kippt dieses Verhältnis in Schichteinheit 1.2.2.a genauso schnell wieder zugunsten von grossen Holzkohlen, Zweigen und weiteren organischen wie anorganischen Materialien. In dieser Schichteinheit kommen trotz des schlecht erhaltenen organischen Materials auch besser erhaltene Makroreste vor. In Schichteinheit 1.2.1 sind die vielen Zweige und der grosse Anteil grober Komponenten auffällig, wobei hier mit einem Keil aus Mikrit und Sand bereits die Erosion der organischen Schichten durch den See oder einen Fluss erfasst worden sein dürfte.

6.3 Viverone I – Emissario

6.3.1 Vorstellung der Fundstelle

Die Fundstelle Viverone I-Emissario liegt am westlichen Ufer des Lago di Viverone auf einer Wassertiefe zwischen 2 und 3 m (Abb. 54 und 55) und befindet sich in etwa 70 m Entfernung vom „Emissario“, dem namensgebenden künstlichen Ausfluss. Sie wurde im Jahr 1971 von

einem Amateurltaucher entdeckt. In den darauf folgenden Jahren haben andere Hobbytaucher viele Fundgegenstände geborgen. Ab dem Jahr 1977 wurde ein systematisches Survey der Fundstelle durch Luigi Fozzati durchgeführt, in dessen Rahmen bis in die 1990er Jahre Tausende von Pfählen inventarisiert und vermessen wurden. In jüngerer Zeit erfolgte eine Auswertung und Neubewertung im Rahmen der Dissertation von Francesco Rubat Borel (2009). Viverone I – Emissario ist eine der zirkumalpinen Seeufersiedlungen, die im Jahr 2011 Teil des UNESCO Weltkulturerbes geworden sind.

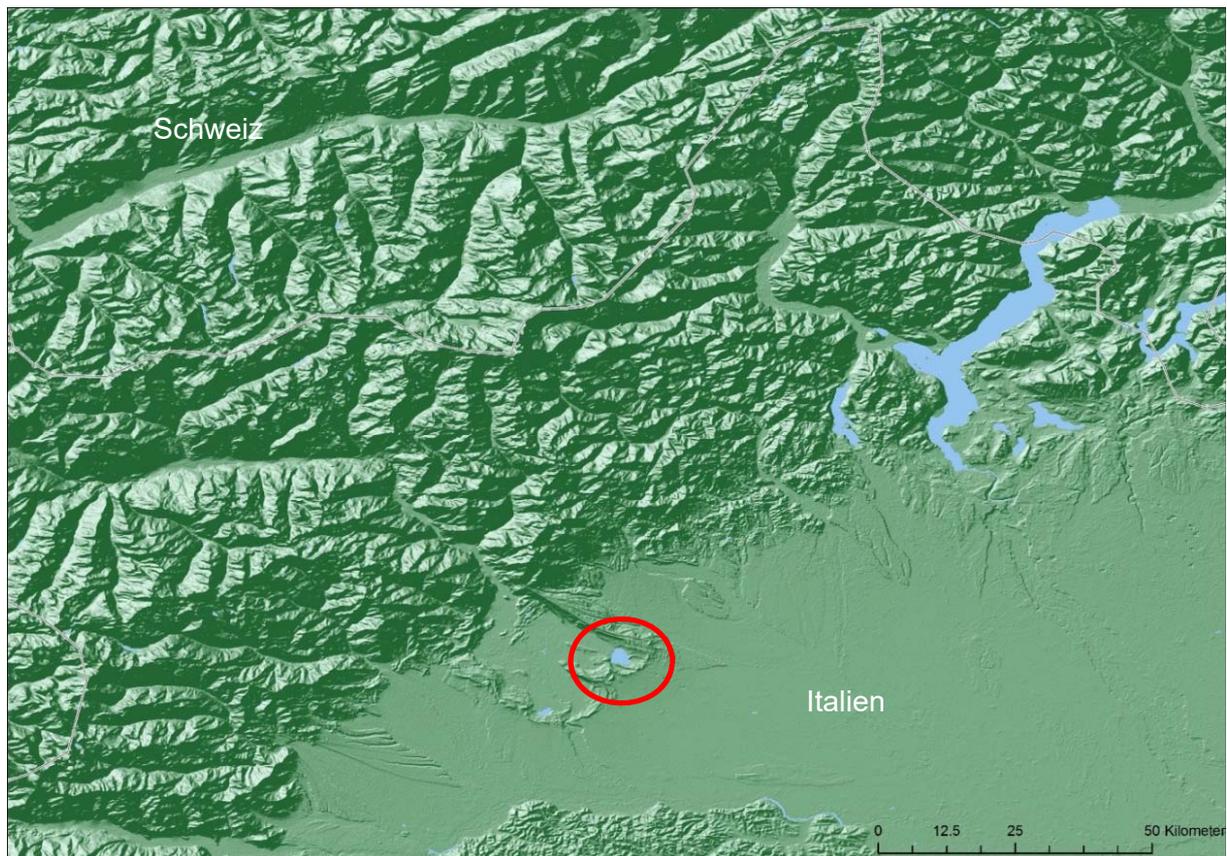


Abbildung 54 Viverone I – Emissario. Lage des Lago di Viverone.
Der Lago di Viverone am Rande der Po Ebene (Plangrundlage: SRTM Daten aus der ESRI Data & Maps DVD).

Im Rahmen des dieser Arbeit zugrundeliegenden SNF-Projekts "The end of lake-dwelling phenomenon: cultural versus environmental change" soll unter anderen der Grund für das endgültige Abbrechen der Seeufersiedlungen in Norditalien erforscht werden. Daher wurden während einer Tauchkampagne Proben von Pfählen der Siedlung Viverone I- Emissario entnommen. Diese Arbeiten wurden im März und November 2011 durch die Firma Terramare beziehungsweise J. Königer und einem Team von Forschungstauchern durchgeführt. Erste Resultate

dieser Studie konnten bereits von Francesco Menotti et al. (2012) publiziert werden. Zusätzlich zu der Probenentnahme für die Dendrochronologie wurden während des taucharchäologischen Einsatzes auch zwei Sedimentkerne aus dem Seegrund entnommen. Sie können einen ersten Eindruck von der Stratigraphie der Fundstelle, dem Zustand der Fundschichten sowie der zugrundeliegenden Schichtbildungsprozesse während und nach der Besiedlung liefern.

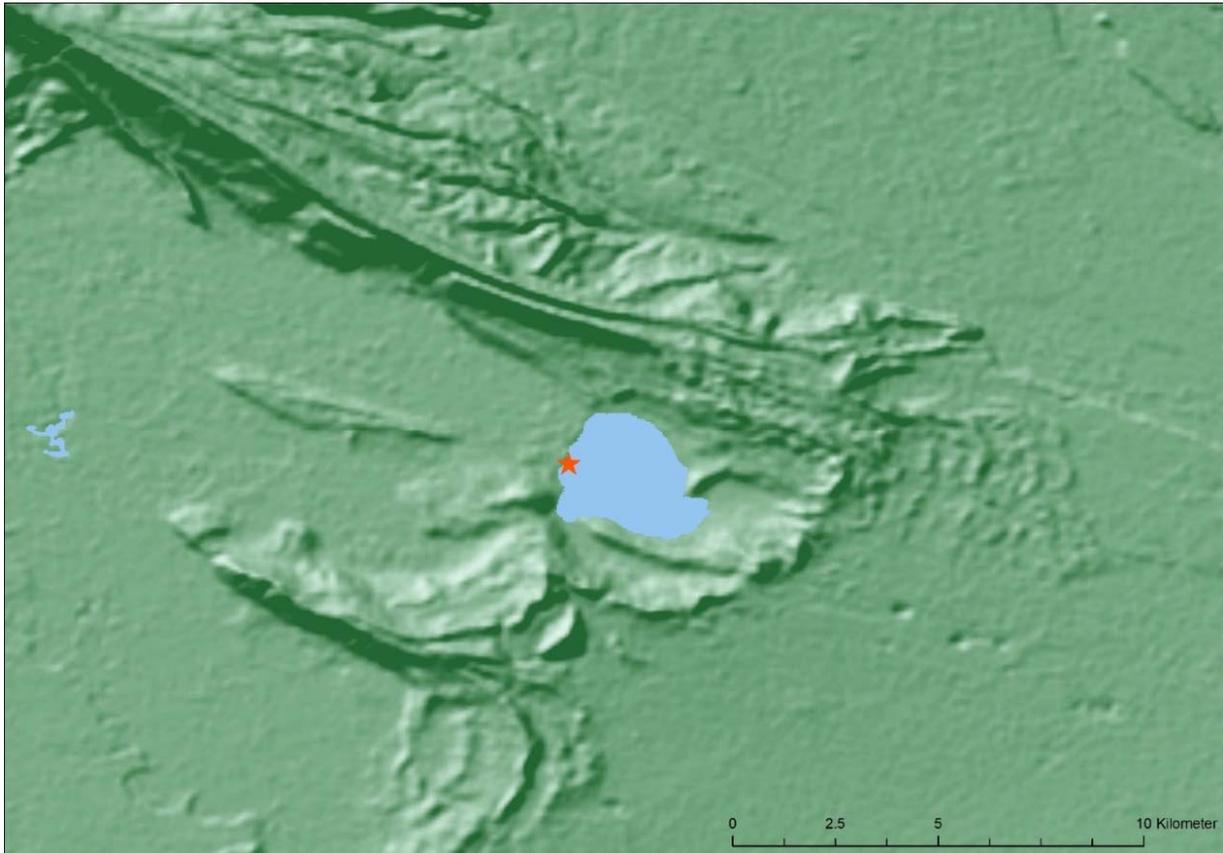


Abbildung 55 Viverone I – Emissario. Lage der Fundstelle.

Die Lage der Fundstelle Viverone I am Westufer des Lago di Viverone. Deutlich erkennbar sind die Moränenhügel im Umfeld des Sees (Plangrundlage: SRTM Daten aus der ESRI Data & Maps DVD).

6.3.2 Stratigraphie und Datierung

Der Siedlungsplan der Fundstelle ist von einer sehr auffälligen, kreisförmigen Gestalt von ungefähr 70 m Durchmesser und wird von mehr als 5000 Pfählen gebildet. In der Mitte der Fundstelle können die Grundrisse einzelner Häuser sowie Gassen erkannt werden. Zwei Palisadenreihen umschlossen die Siedlung und ein Pfahlweg oder –steg führte zum Ufer. Die Hauptphase der Siedlung datiert zwischen 1650 und 1530 v. Chr. in die mittlere Bronzezeit Norditaliens und weist in den Siedlungsaktivitäten einen Höhepunkt von 1550-1400 v. Chr. auf (Rubat

Borel 2009). Es gibt ausserdem Hinweise auf Siedlungsphasen im Mittelneolithikum (erste Hälfte des 5. Jahrtausends v. Chr.) und eine letzte Besiedlung in der Spätbronzezeit (1050-1000 v. Chr.). Die Datierungen basieren hauptsächlich auf der Typologie, ergänzt mit bislang nur wenigen ^{14}C -Daten von Pfählen (Menotti et al. 2012). Da bisher nur Fundbergungen und keine eigentlichen Ausgrabungen stattgefunden haben, liegen keinerlei Angaben über die Ausprägung, Erhaltung und Abfolge der Siedlungsschichten vor.

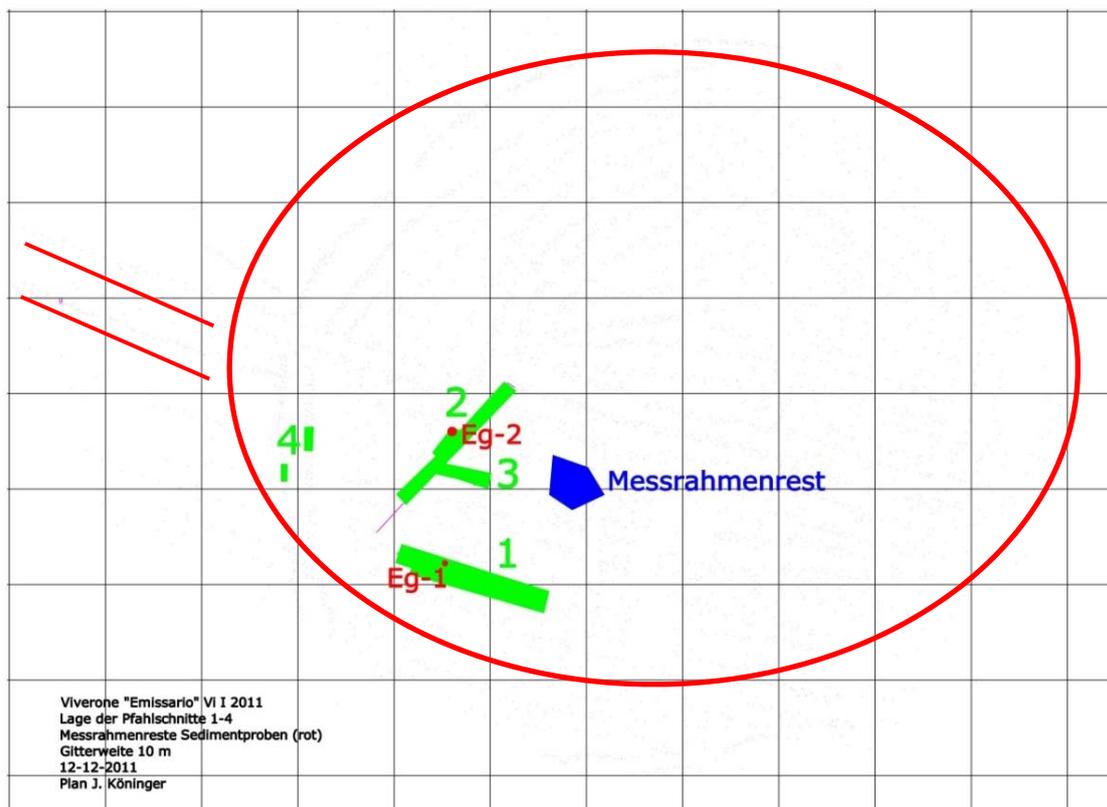


Abbildung 56 Viverone I – Emissario. Verteilung der Profilkolonnen.

Die Lage der Proben in Bezug zu den im Jahr 2011 untersuchten Flächen (grün, Felder 1-4). In Rot sind die ungefähre Siedlungsausdehnung sowie der Zuweg angegeben (Plangrundlage: Terramare - Joachim Königer).

6.3.3 Material und Methode

Für die mikromorphologischen Untersuchungen wurden während des Taucheinsatzes zwei 20 cm hohe ungestörte Kerne (Vi-I 2011 Eg-1 und Eg-2) in Plastikröhren ($\varnothing 10$ cm) entnommen. Die Proben stammen aus den von den Tauchern als sandig bezeichneten Schichten, die vor

allem etwas südlich der Siedlungsmitte vorkommen (Abb. 56). Um eine Störung der Kulturschicht zu verhindern, wurden die Röhren sorgsam in den Seeboden gebohrt. Der vorherrschende Sand erschwerte die Probenentnahme, dass sie nach dem vollständigen Eindringen vorsichtig aus dem umgebenden Sediment ausgegraben und das untere Ende mit einer Plastikplatte abgedeckt werden musste. Dies erwies sich vor allem als wichtig, um zu verhindern, dass sich das sehr lose und sandige Sediment während des Transports der Probe zum Boot oder zur Arbeitsplattform verflüchtigt. Die folgenden Angaben zu den genauen Entnahmepositionen und den dort vorhandenen Schichten richten sich nach dem Bericht von Königer.

Eg 1: Die Probe wurde bei P1226 / P1227 (alte Nummerierung) entnommen (Abb. 57A). Sie umfasst eine 15 cm mächtige stratigraphische Sequenz unter einer Deckschicht von 8 cm Sand. Die organische Kulturschicht konnte nur noch als feine Detrituslage von ca. 1 cm Mächtigkeit erkannt werden. Die unteren Schichten wurden im Feld als graubraune Schichten mit Sand- und Lehmanteil angesprochen (Abb. 57B).

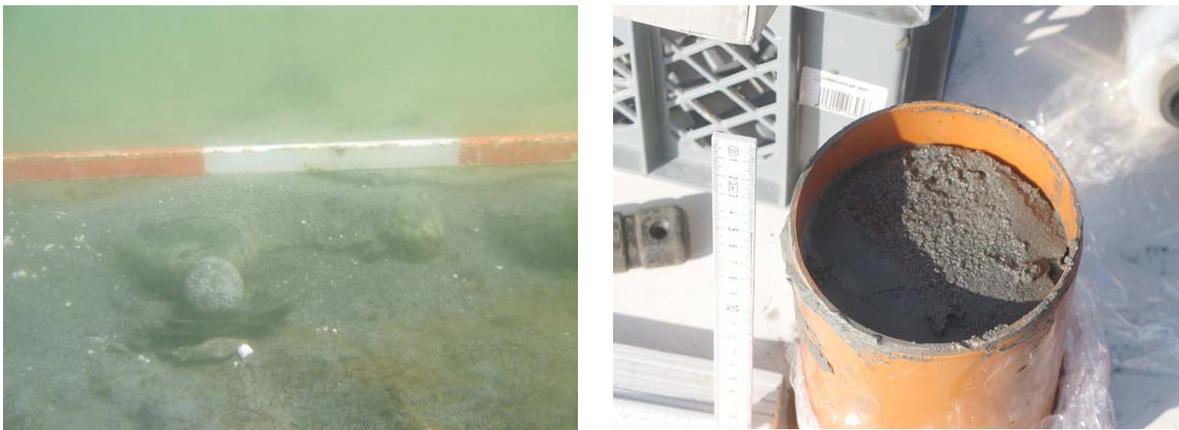


Abbildung 57 Viverone I – Emissario. Probe Eg 1.

A) Links: Entnahmeposition der Probe Eg 1. **B)** Rechts: Das untere Ende der Probe mit einer lehmigen Sandschicht (Fotografien von Terramare - Joachim Königer).

Eg 2: Die Probe wurde an Punkt P46 (neue Nummerierung, Abb. 58A) entnommen. Im Feld konnte eine Detritusschicht unter 5 cm Sand und einer 3 cm messenden zusätzlichen Lage von Fein- bis Mittelsand beschrieben werden (Abb. 58B). Die Röhrenprobe umfasst eine 14 cm mächtige stratigraphische Sequenz, die hauptsächlich aus Grobsand besteht.

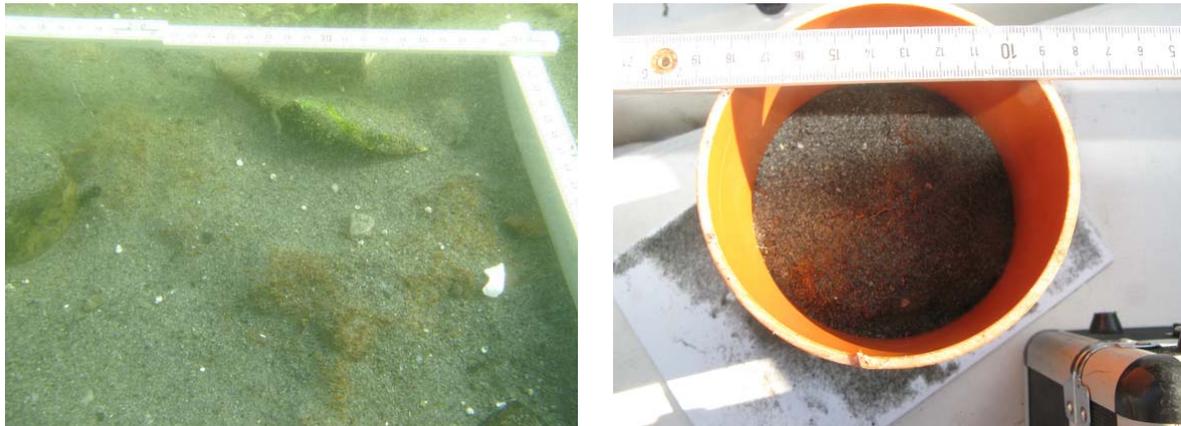


Abbildung 58 Viverone I – Emissario. Probe Eg 2.

A) Links: Entnahmeposition der Probe Eg 2. B) Rechts: Das obere Ende der Probe mit der Kulturschicht (Fotografien von Terramare - Joachim Königler).

6.3.4 Resultate

Probe Eg 1

Schicht 1 besteht aus gut sortiertem Grobsand, der sich hauptsächlich in beziehungsweise über einer deutlichen Intrusion erhalten hat. Über die petrographische Ansprache lassen sich hauptsächlich Quarzsand und einige Quarzite, daneben Glimmer und wenige andere Gesteinsfragmente sowie Mineralien (z.B. Feldspat) nachweisen. Diese Komponenten sind mit organischem Material und Lehmaggregaten vermischt. Neben organischem Gewebe konnte auch ein Him-/Brombeersamen identifiziert werden (Abb. 59A,B). Wenige Holzkohlen und ein phosphatisches Aggregat deuten auf anthropogenen Input im Sediment hin. Die Häufigkeit des organischen Materials nimmt zum unteren Bereich hin ab, wo Grobsand im Allgemeinen überwiegt.

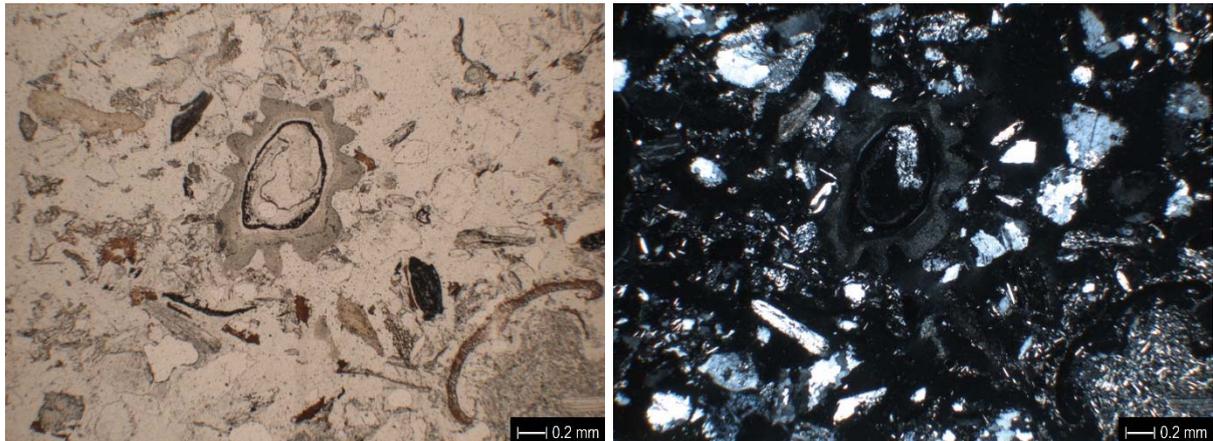


Abbildung 59 Viverone I – Emissario. Probe Eg 1, Schicht 1.

A) Links: Him-/Brombeersamen (PPL). B) Rechts: Der gleiche Samen in XPL. Gut erkennbar ist der mineralogische Schichtanteil aus Quarzsand, Quarziten und Glimmer.

In Schicht 2 können im Gegensatz zu Schicht 1 Wurzeln beziehungsweise Wurzelkanäle nachgewiesen werden (Abb. 60A). Ausserdem lässt sich ein Wechsel in der Mikrostruktur feststellen. Während in Schicht 1 eine „intergrain“-Mikrostruktur sichtbar war, zeigt Schicht 2 eine Kanal-Mikrostruktur mit nicht mehr als 10% Porosität. Schicht 2 enthält ausserdem zumeist Ton und Feinsand mit einer Schichtung, die durch einen wechselnden Gehalt an Feinsand angegeben wird. Einige Substrata dieser Schichtung enthalten mehr Feinsand während andere (d.h. der grösste Teil der Schicht) weniger aus Sand, sondern aus einer tonigen Matrix mit Glimmer bestehen.

Schicht 3 besteht aus gutsortiertem Feinsand (Quarzsand mit Glimmer) mit nur sehr wenig horizontal eingeregelter organischem Material (Abb. 60B). Das im Vergleich zu Schicht 2 vollständige Fehlen von Ton ist in dieser Schicht besonders auffallend. Die erfasste stratigraphische Sequenz endet mit einer weniger feinlaminierten Schicht 4, die sich durch die gleiche Grundmasse auszeichnet, wie sie schon in Schicht 2 festgestellt wurde. Auf sie folgt ein sortierter Feinsand mit unregelmässig orientiertem Glimmer (Schicht 5).

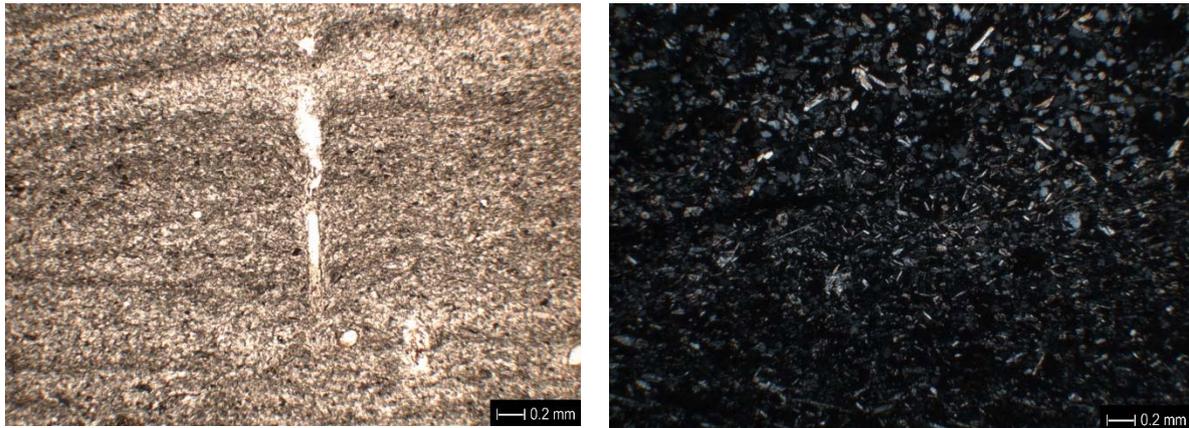


Abbildung 60 Viverone I – Emissario. Probe Eg 1.

A) Links: Im feinlamierten Sediment von Schicht 2 kann ein Wurzelkanal im mittleren Teil des Bildes erkannt werden (PPL). **B) Rechts:** Schicht 3 zeigt viele unregelmässig orientierte Glimmerplättchen (XPL).

Probe Eg 2

Die in Eg 2 erfassten Schichten unterscheiden sich komplett von denjenigen in Eg 1. Schicht 1 und 2 sind relativ einheitlich und bestehen zum grössten Teil aus Sand. Es sind alle Korngrössen vorhanden und die Sortierung fällt dementsprechend schlecht aus (Abb. 61A). Trotzdem gibt es Zonen, in denen der Fein- bis Mittelsand deutlich über den Grobsand dominiert. Der Sand besteht im Wesentlichen aus Quarzkörnern mit wenigen quarzitischen Gesteinsfragmenten und Glimmer. Diese minerogene Signatur weist möglicherweise in die Moränenhügel in der Umgebung der Fundstelle, was mittels eines Materialvergleichs abzuklären wäre. Der Hauptunterschied zwischen Schicht 1 und 2 liegt im höheren Anteil an organischem Material, der in Schicht 1 festgestellt werden konnte. Trotzdem kann man die Schicht 1 mit einem Anteil organischen Materials von nicht mehr als 5-10% kaum als organische Kulturschicht bezeichnen (Abb. 61B). Dies gilt sogar dann, wenn man den schon nicht sehr guten Erhaltungsgrad von Schicht 1 berücksichtigt. Schliesslich führt das zu der Annahme, dass die Kulturschicht 2, die vor allem während der Probenentnahme unter Wasser beobachtet werden konnte, während der Probenentnahme oder der nachfolgenden Präparationsarbeit, die beide aufgrund des sandiges Materials sehr kompliziert waren, bereits weitgehend erodiert wurde. Das organische Material in Schicht 1 besteht vor allem aus Wurzelresten, wie sie ebenfalls in Eg 1 gefunden werden konnten.

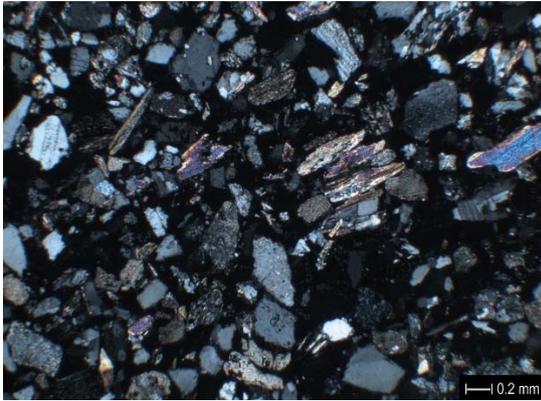


Abbildung 61 Viverone I – Emissario. Probe Eg 2.

A) Links: Die stark minerogene Schicht 2 aus Probe 2 mit Quarzsand und Glimmer (XPL). B) Rechts: In Schicht 1 ist zwischen den Sandkörnern nur wenig amorphes organisches Feinmaterial vorhanden (PPL).

7 Ergänzende experimentelle Untersuchungen und Detailstudien

Im Folgenden werden Analyseresultate zu in einem experimentellen Zusammenhang gewonnenen Proben vorgestellt. Darüber hinaus konnte von Zürich-Opéra der spezielle Fund eines mit Sediment gefüllten und in der Kulturschicht liegenden Topfs beprobt und analysiert werden.

7.1 Kulturschichtexperiment

Angeregt durch Beobachtungen während der Ausgrabung Zürich-Opéra wurde von Niels Bleicher, Amt für Städtebau der Stadt Zürich –Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie, ein Experiment initiiert, das zum Ziel hatte, die Prozesse in einer organisch erhaltenen archäologischen Kulturschicht während ihrer Ablagerung zu untersuchen (Bleicher 2010). Dabei ging es konkret um das Bestimmen einer Mindestdurchfeuchtung für die organische Erhaltung beziehungsweise die Ermittlung von Humifizierungsgraden in diesen Schichten. Allfällige Abbauprozesse sollten mikromorphologisch untersucht werden und bei entsprechender Eignung als Analogien für Befunde in prähistorischen Seeufersiedlungen dienen. Weiterhin galt es, mögliche chemische Prozesse zu bestimmen, die eventuell zu Veränderungen in der Zusammensetzung der Kulturschicht führen können. Dabei standen vor allem Zersetzungsprozesse – etwa von Seekreide oder Molluskenschalen – im Fokus des Interesses.

7.1.1 Vorstellung des Experimentes

Der Versuchsaufbau bestand aus zwei mit Folie abgedichteten Holzkisten von je 150 cm Länge, 20 cm Breite und 30 cm Höhe, die mit einer Neigung von 5° ausgerichtet wurden. Als erste Schicht wurde eine 5 cm dicke „Seekreide“ eingebracht. Auf diese künstliche Seekreide brachte man ein ebenfalls 5 cm dickes Kulturschichtimitat auf. Um die organische Kulturschicht zu imitieren, wurden Rinderdung, Holzkohle, Holzspäne, Eichenrinde, Äste, Flachsstängel, Knochen sowie pflanzliches Kleinmaterial miteinander vermischt. Eine vorher definierte Menge Seekreide und kleine Molluskenschalen wurden innerhalb der organischen Kulturschicht deponiert, um die Zersetzung von diesen Materialien innerhalb der organischen Kulturschicht zu untersuchen. Dieser geochemische Teil des Experimentes soll hier aber nicht zur Diskussion stehen.

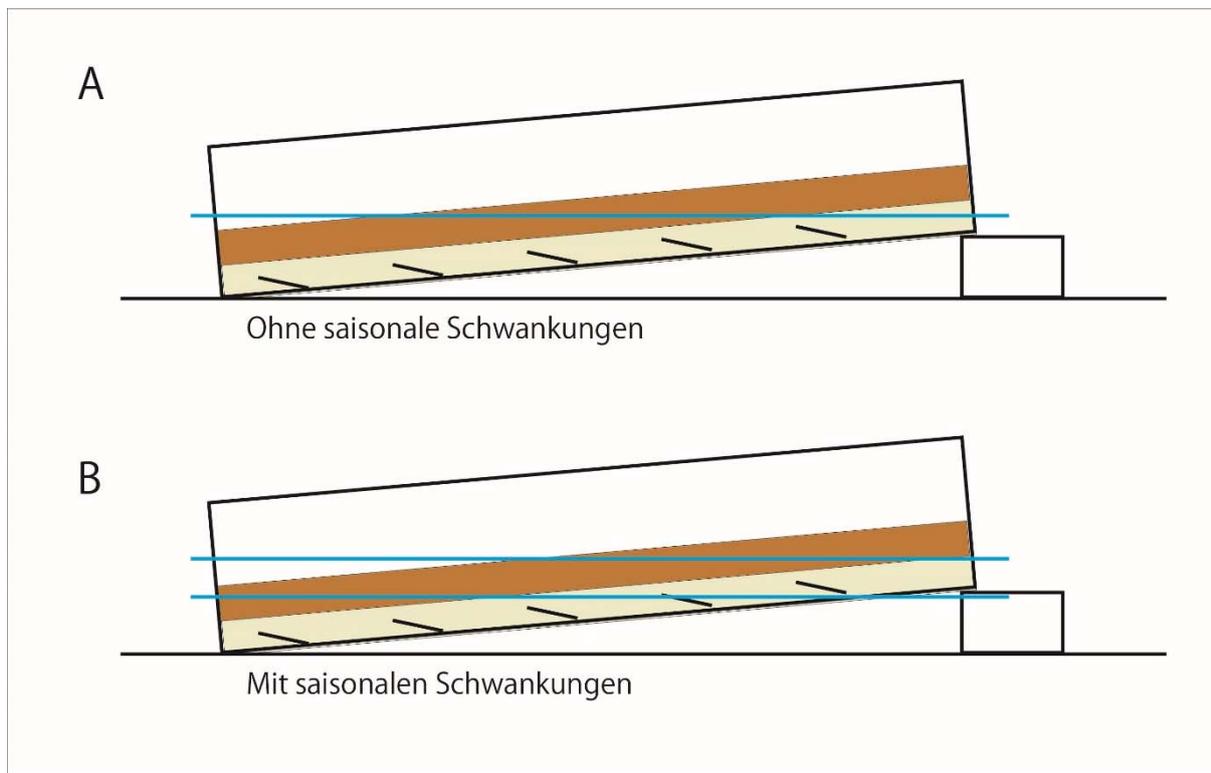


Abbildung 62 Kulturschichtexperiment. Aufbau.

Schematische Skizze zum Versuchsaufbau des Kulturschichtexperiments. Die Kästen stehen auf Blöcken, um die Neigung von 5° zu gewährleisten. Jede Kiste enthält eine Schicht Seekreide (hellbeige mit Schrägstrichen) sowie eine künstliche organische Kulturschicht (braun). Die horizontalen blauen Striche geben den angestrebten Wasserstand wieder. Der Versuchsaufbau Kiste A kommt ohne saisonale Schwankungen aus, Kiste B schwankt in einem Bereich vom kompletten Freiliegen der Kulturschicht bis hin zur hälftigen Wasserbedeckung (Grafik: Niels Bleicher).

Das Experiment wurde Ende Februar 2011 angesetzt. In einer Kiste sollte ein konstanter Wasserstand herrschen (Abb. 62), während in der zweiten Kiste ein saisonal schwankender Seespiegel simuliert wurde. Im Winter hat das Wasser nur bis zur Mitte der Kästen gereicht, Ende Mai 2011 wurde dann in der rechten Kiste (Abb. 63) der Wasserstand angehoben. Um „authentische“ Umweltbedingungen zu generieren, hat man die Kästen im Freien positioniert, wo sie den wechselnden Witterungsbedingungen ausgesetzt waren. Die Neigung der Kästen sorgte für einen Feuchtigkeitsgradienten, der natürlich auch abhängig vom in einem Fall wechselnden Wasserstand war. Ziel war es, die Kästen bei regelmäßigem Austausch des Wassers mindestens zwei Jahre stehen zu lassen, dann Proben zu entnehmen und so den Abbaugrad zu bestimmen. Schon während des Experiments sollten mindestens einmal im Monat der pH-Wert und weitere Werte wie Nitrat, Phosphat sowie die Gesamt- und die Karbonathärte erhoben werden. Die Auswertung dieser Messreihen ist ebenfalls nicht Gegenstand dieser Arbeit, in der es nur um die mikromorphologische Analyse einiger Proben gehen soll. Leider

haben sich die Kisten spätestens im Oktober als undicht herausgestellt. Nach einem Reparaturversuch mit Teichfolie wurde das Experiment bereits im November 2011, also nach nur acht Monaten, mehr oder weniger abgebrochen.



Abbildung 63 Kulturschichtexperiment. Probenentnahme.
Die beiden Kisten zum Zeitpunkt der Probenentnahme am 08.11.2011. Rechts die Kiste mit saisonalen Schwankungen (=Probe 1 und 2) , links die Kiste ohne Wasserschwankungen (=Probe 3 und 4).

Dieser Abbruch bot die Möglichkeit der vorzeitigen Entnahme von vier mikromorphologischen Proben, die eine erste Beurteilung des Experimentes sowie einen Vergleich mit archäologischen organischen Kulturschichten erlauben sollten. Dazu wurden mittels kleiner Röhren von 5 cm Durchmesser pro Kiste je eine Probe im oberen und eine im unteren Bereich herausgestochen (Abb. 64). Die gefüllten Röhren wurden nach dem Trocknen und Eingießen längs halbiert und aus jeweils einer Hälfte wurden Dünnschliffe angefertigt.



Abbildung 64 Kulturschichtexperiment. Probenentnahme (Detail).

A) Links: Probe 3 wird herausgestochen. Bemerkenswert ist der umfangreiche Bewuchs. B) Rechts: Die eingegossene und aufgesägte Probe 3 mit eingezeichneter Position für den Dünnschliff.

7.1.2 Resultate

Generell besteht jede Probe und jeder Dünnschliff aus der künstlichen Seekreide im Liegenden und der künstlichen organischen Kulturschicht im Hangenden. Dies macht es recht einfach, die wesentlichen Resultate zu präsentieren, indem jeweils die beiden Schichten charakterisiert werden:

Die „Seekreide“ in Probe 1 (Kiste mit saisonalen Schwankungen, oberer Bereich; Abb. 65) präsentiert sich als Mikrit mit wenig organischem Material sowie sehr wenig Sand und Kies. Es kommt auch wenig Holzkohle vor. Ausserdem lassen sich Molluskenschalen und Diatomeen nachweisen. Das organische Material in der „Seekreide“ zeigt nur schwache Doppelbrechung. Es könnte sich hier um „altes“ Material handeln, welches bereits in der originalen Seekreide enthalten war, die als Ausgangsmaterial für den experimentellen Aufbau verwendet wurde. Die klare Grenze weist ebenfalls darauf hin, dass hier kein Material von der gut erhaltenen organischen Schicht eingedrungen ist. Die Schicht weist jedoch leichte Wurzelspuren auf. Es hat sich ausserdem etwas braungefärbtes, amorphes organisches Feinmaterial gebildet. Die „organische Kulturschicht“ beinhaltet verbreitet Holzkohle und nur wenig Mikrit, Sand und Kies. An organischen Komponenten konnten vor allem Zweige, Blätter, Tannennadeln, Moos und weitere Makroreste erkannt werden. Die Grenze zur Seekreide ist bei einer schrägen Ausrichtung der Schicht klar.

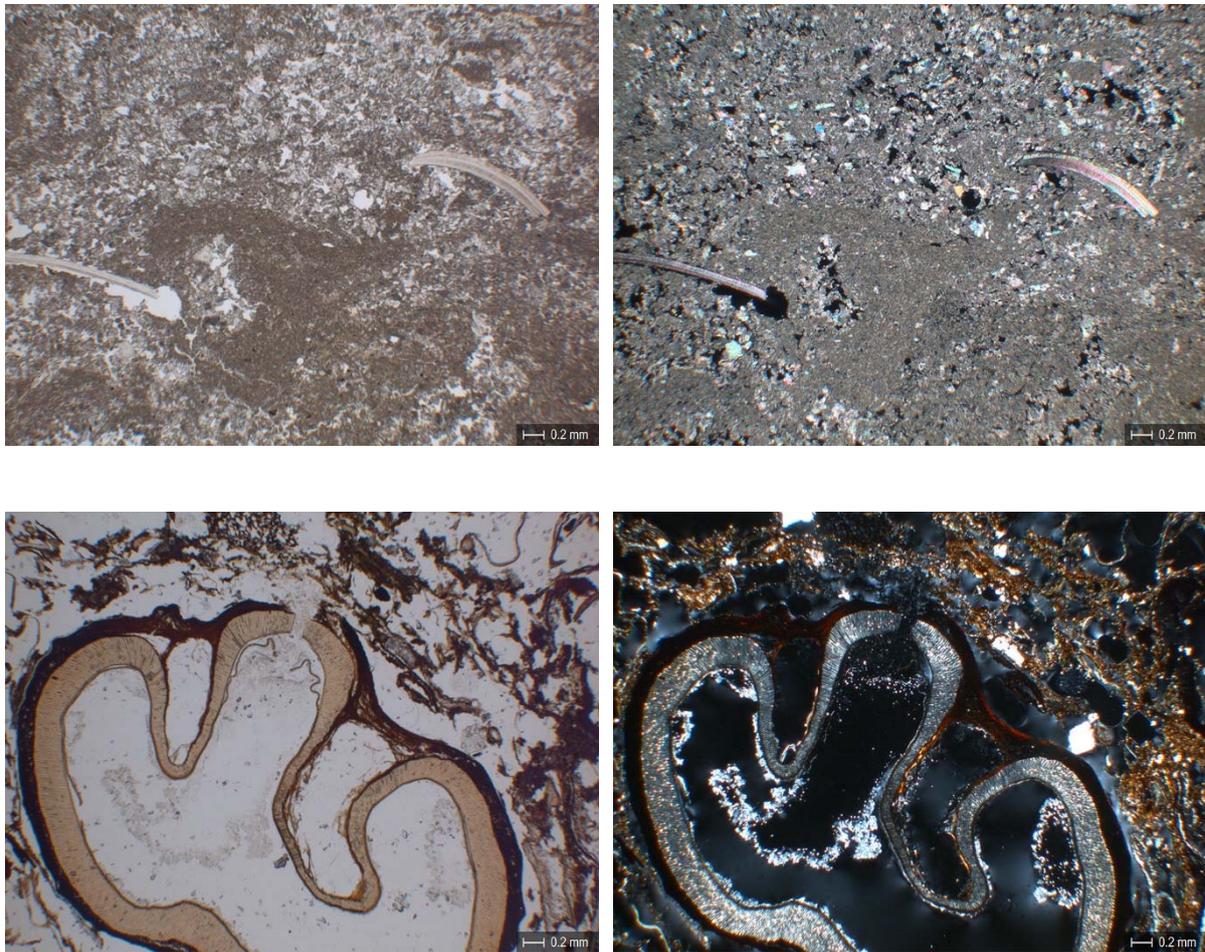


Abbildung 65 Kulturschichtexperiment. Probe 1.

A) Oben links: Die künstliche Seekreide (PPL). B) Oben rechts: Der gleiche Ausschnitt der „Seekreide“ (XPL). C) Unten links: Die künstliche organische Kulturschicht mit einem Traubenkern (PPL). D) Unten rechts: Der gleiche Ausschnitt aus der „organischen Kulturschicht“ (XPL).

In der Probe 2 (Kiste mit saisonalen Schwankungen, unterer Bereich; Abb. 66) sind die Schichten viel heterogener ausgeprägt: Die „Seekreide“ ist vor allem im oberen Bereich bereits relativ stark mit organischem Material durchsetzt. Daneben kommen wenig Holzkohle, vereinzelt Kies und Sand vor. Die „organische Kulturschicht“ weist etwa 10% Mikrit auf und ist ausserdem stark porös. Sie besteht aus faserigem organischem Material, das ausgeblichen erscheint. Daneben beinhaltet sie als Makroreste neben Holzkohle vor allem Zweige und ausserdem Rinden und Moos.

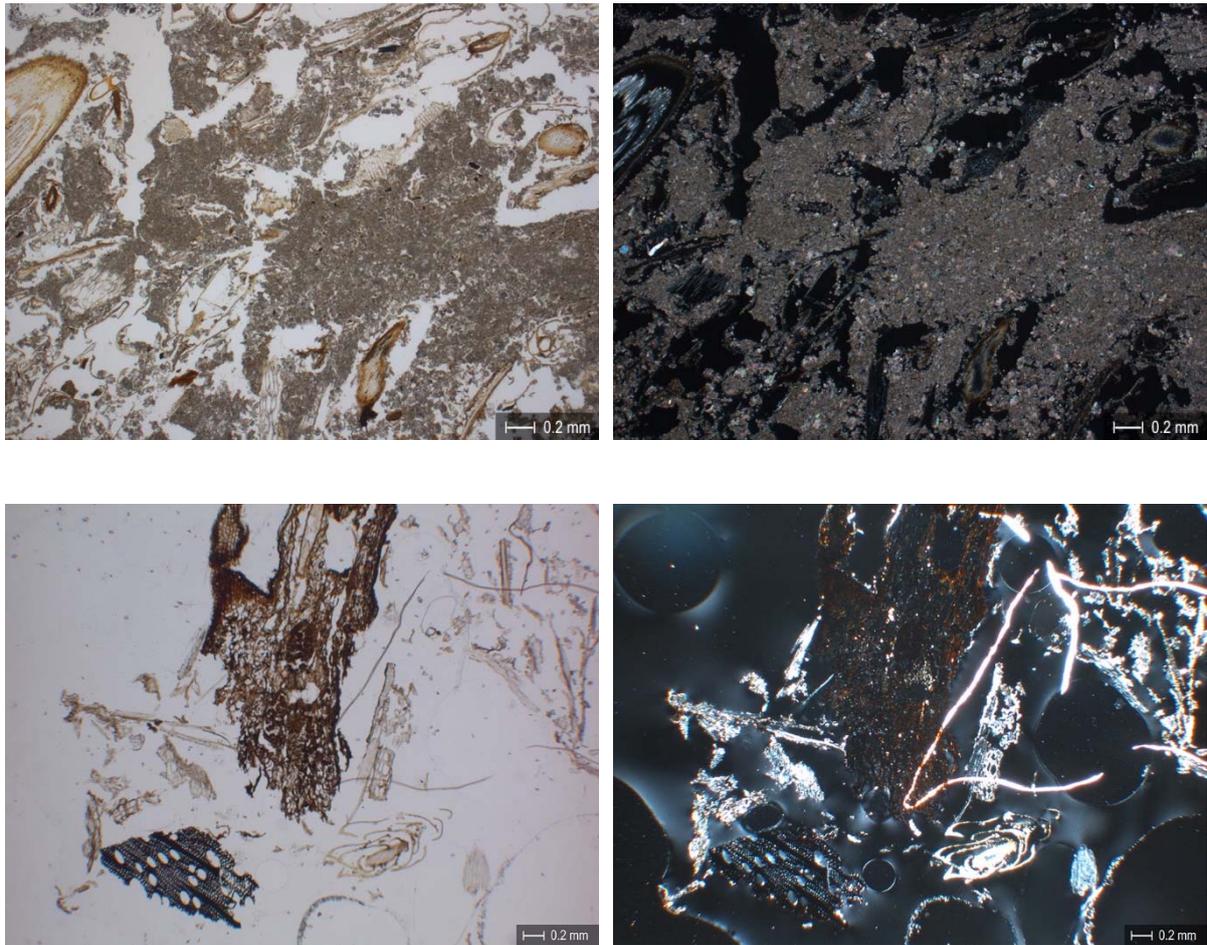


Abbildung 66 Kulturschichtexperiment. Probe 2.

A) Oben links: Künstliche Seekreide (PPL). B) Oben rechts: Die gleiche „Seekreide“ (XPL). C) Unten links: Die künstliche organische Kulturschicht (PPL). D) Unten rechts: Die gleiche „organische Kulturschicht“ (XPL).

Die künstliche Seekreide in Probe 3 (Kiste ohne saisonale Schwankungen, oberer Bereich; Abb. 67) fällt massiver und dichter aus als in den Proben 1 und 2. Hier sind auch keine Diatomeen mehr zu erkennen. Der Mikrit enthält wenig organisches Material, das braunefärbt ist und keine oder nur schwache Doppelbrechung aufweist. Hierbei handelt es sich vermutlich um „älteres“ Material, das mit der „Seekreide“ zusammen eingebracht worden ist. Die Schicht ist stark durchwurzelt. Die Wurzeln selbst sind allerdings gut erhalten, nur ausgebleicht und zeigen eine starke Doppelbrechung. Es ist eine Art Übergangsniveau zwischen „Seekreide“ und „organischer Kulturschicht“ zu erkennen, bei dem Mikrit mit viel organischem Material vermischt vorkommt.

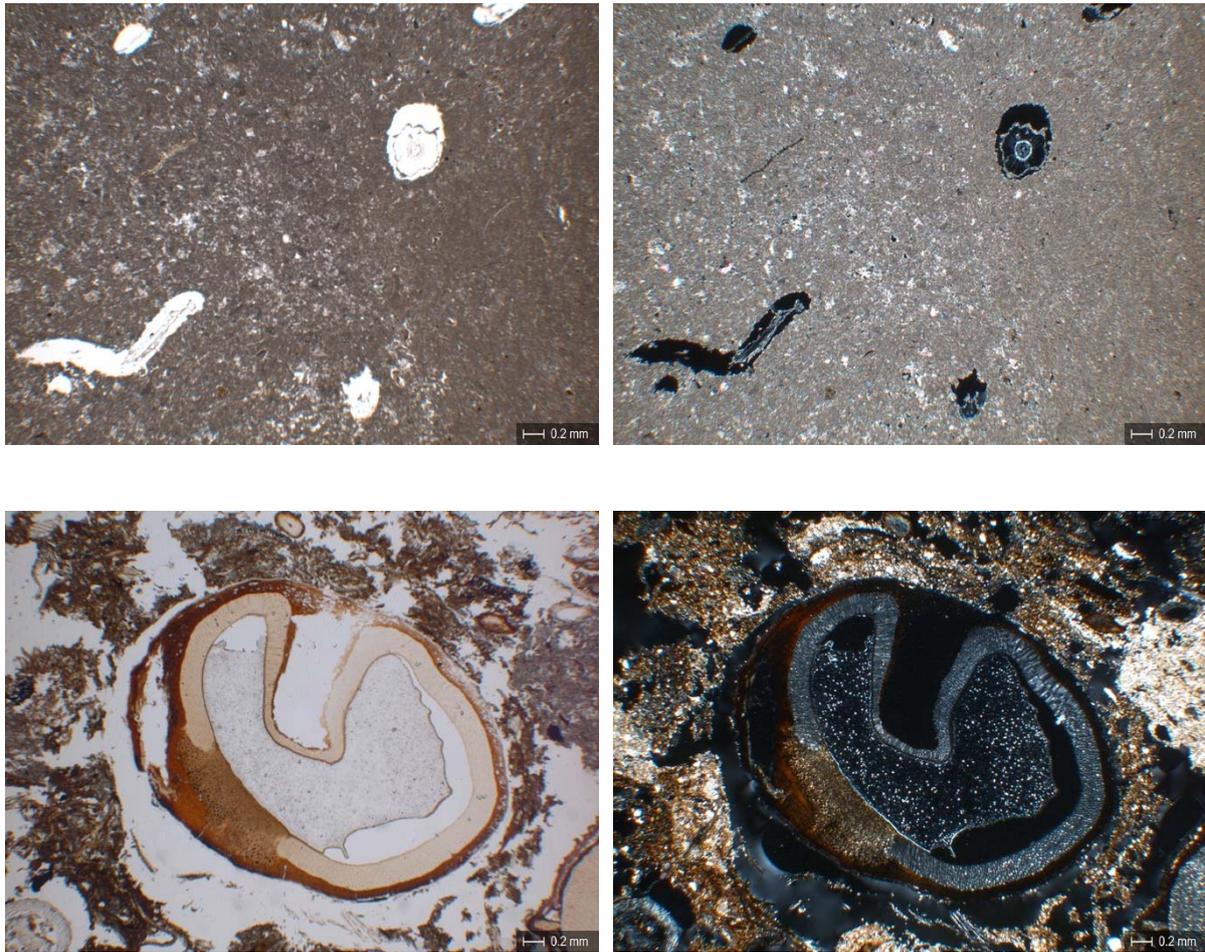


Abbildung 67 Kulturschichtexperiment. Probe 3.

A) Oben links: Die künstliche Seekreide (PPL). B) Oben rechts: Die gleiche „Seekreide“ (XPL). C) Unten links: Die künstliche organische Kulturschicht, ebenfalls mit Traubenkern (PPL). D) Unten rechts: Die gleiche „organische Kulturschicht“ (XPL).

Die „organische Kulturschicht“ in Probe 3 besteht zu einem grossen Teil aus Detritus. Das organische Material liegt hier also vor allem in amorpher, braungefärbter Form vor und ist leicht mit Mikrit vermischt. Der Detritus zeigt keine oder nur sehr schwache Interferenzfarben/Doppelbrechung. Neben dem Detritus sind auch Zweige sowie weitere Makroreste zu erkennen. Die Zweige und Samen weisen im Gegensatz zum Detritus deutliche Interferenzfarben auf. Bei den Moosen sind die Interferenzfarben weniger stark ausgeprägt, was auf einen differenzierten Abbau des organischen Materials hindeutet (vgl. Kapitel 8.2.1). Ausserdem kommen in der Schicht verbreitet Holzkohlen, aber nur sehr wenig Kies und Sand vor.

In Probe 4 (Kiste ohne saisonale Schwankungen, unterer Bereich; Abb. 68) ist die künstliche Seekreide zwar ähnlich kompakt ausgeprägt wie in Probe 3, sie lässt aber keine Durchwurzelung erkennen. Organisches Material ist nur in geringen Masse vorhanden und Sand und Kies kommen sogar nur sehr wenig vor. Ausserdem konnten Molluskenschalen und Oogonien im Sediment nachgewiesen werden. Die künstliche organische Kulturschicht besteht neben Holzkohlen wieder vor allem aus faserigem organischem Material mit hoher Doppelbrechung. Daneben kommen verschiedene Makroreste in der Kiesfraktion und Zweige vor. Eine gewisse Vermischung mit Mikrit ist feststellbar.

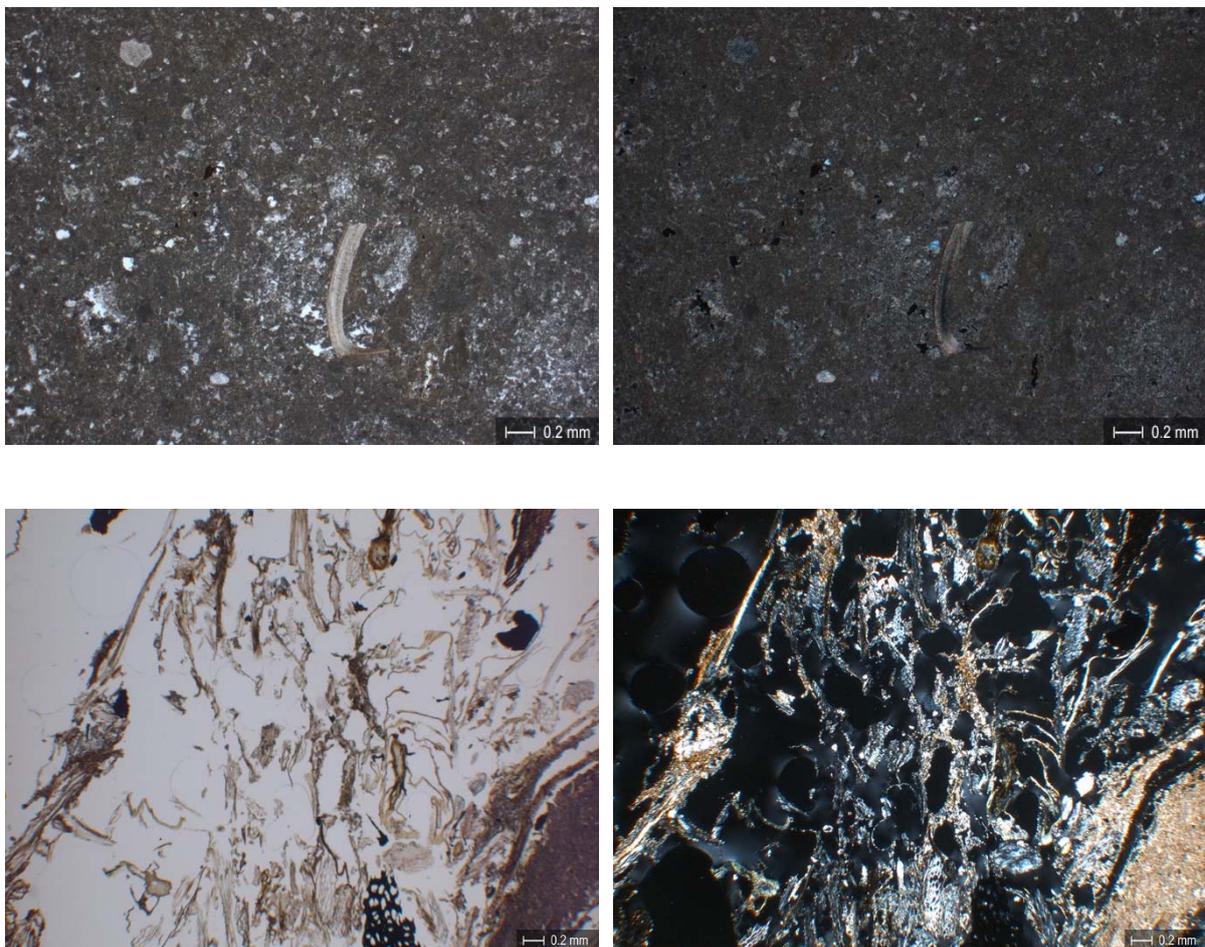


Abbildung 68 Kulturschichtexperiment. Probe 4.

A) Oben links: Die künstliche Seekreide (PPL). B) Oben rechts: Die gleiche „Seekreide“ (XPL). C) Unten links: Die künstliche organische Kulturschicht (PPL). D) Unten rechts: Die gleiche „organische Kulturschicht“ (XPL).

7.2 Keramikkomplex von Zürich-Opéra

7.2.1 Vorstellung des Komplexes

Am 27.04.2011 wurden auf Hinweis von Christina Egli in den Räumlichkeiten der Kantonsarchäologie Zürich Mikromorphologie-Proben aus einer Blockbergung der Grabung Zürich-Opéra entnommen. Bei der Blockbergung handelt es sich um einen vollständigen Horgener Topf, der auf oder vielmehr in der Schicht 13 (Schichteinheit 22) zu liegen gekommen ist. Er wurde in Feld 39 im Quadratmeter 491/159 geborgen. Der Topf ist mit mehreren, unterschiedlich ausgeprägten Schichteinheiten verfüllt, so dass eine geoarchäologische Untersuchung für sinnvoll erachtet wurde, um die Schichtbildungsprozesse an dieser Stelle nachvollziehen sowie weiterführende Aussagen zur Ablagerung der Kulturschicht im Allgemeinen treffen zu können.



Abbildung 69 Keramikkomplex. Probenentnahme.
Die Lage der Probe KEKO vor der Festigung und der Entnahme.

Für die Probenentnahme wurde von der Mündung des Gefäßes her ein Profilsteig herausgearbeitet (Abb. 69). Dabei wurde darauf geachtet, dass ein durchgängiges Profil inklusive der

Seekreide und beider Keramikwandungen enthalten ist. Die Proben wurden mit Frischhaltefolie eingewickelt und mit Gipsbinden gefestigt.

7.2.2 Material und Methode

Der Übergang von der Seekreide zur organischen Kulturschicht wird von einem Niveau mit gangartigen Intrusionen in die Seekreide gebildet („Übergangshorizont“). Makroskopisch ist nicht festzustellen, ob es sich dabei um Spuren von Bioturbation handeln könnte. In der Kulturschicht unterhalb der Topfwandung sind diverse horizontal eingeregelt längliche Holzreste zu erkennen. Daneben ist noch etwas Feinkies feststellbar. Die Keramikwandung präsentiert sich im äusseren Teil der Probe bereits recht fragmentiert, während sie im Inneren noch sehr gut erhalten ist. Dies könnte bereits mit der Bergung und Präparation der Blockbergung zusammenhängen. Der untere Teil des sich im Topf befindlichen Kulturschichtpakets setzt sich wie folgt zusammen: Direkt auf der inneren Keramikwandung liegt eine dünne Schicht mit leicht mineralischem Anteil, der aus Kies und einem Karbonat (vermutlich Seekreide) besteht. Darüber kommt eine detritusreiche Schicht mit Holzkohle und wiederum Kies. Ein Band mit gräulich braunen Schlieren liegt zwischen dieser Kulturschicht und einer ähnlich ausgeprägten Kulturschicht, die den meisten Raum in der Topfverfüllung einnimmt. Hierbei könnte es sich um ein eingeschwemmtes Gemisch aus sehr feinem Detritus und Mikrit handeln. Bei der Kulturschicht im Hangenden handelt es sich wieder um eine detritusreiche Schicht mit einem (eckigen!) Holzkohlestück und wiederholt auch Hölzern bis hin zu kleineren Zweigen/Ästen. Kies und kleine karbonatische Zonen sind ebenfalls auszumachen. Die organische Schicht an sich macht einen recht „unbewegten“ Eindruck. Zuerst erfolgt ein recht scharfer Übergang zu einer heterogenen hellgrauen Schicht. Sie ist immer wieder mit organischem Detritus vermischt. Speziell am Übergang von der organischen Kulturschicht zu dieser hellgrauen Schicht sind wenige Molluskenschalen zu erkennen. Die Dünnschliffanalyse ermöglicht es, die Schichten genauer zu charakterisieren.

7.2.3 Resultate

Zuunterst ist eine gebänderte und sehr reine Seekreide (Schichteinheit 7) zu erkennen, die Molluskenschalen, Characeenstängel und Diatomeen enthält. Sie wird von einem mit wenig amorphem organischem Feinmaterial, sehr wenig unsortiertem Quarzsand und wenig schwach verrundeter Holzkohle vermischtem Mikrit (Schichteinheit 6a) abgelöst. Zuerst in dieser schwach organischen Seekreide nimmt der Anteil an organischem Feinmaterial im

Mikrit stark zu, bis die stark durchmischte Schicht (6b) entsteht. In ihr sind nicht nur organisches Feinmaterial, sondern auch Makroreste wie Rinden, Moos und Him-/Brombeersamen enthalten. Das organische Material ist nicht gut erhalten und das Vorkommen von Pilzsporen weist ebenfalls auf Abbauprozesse hin. Die mikritischen Bereiche mit dem amorphen organischen Feinmaterial ähneln detritisch-organischen Mikriten, wobei es sich hier nicht um eine durchgängige Schicht handelt. Immer wieder treten Bereiche mit größerem organischem Material auf. Zusammensetzung und Zustand des organischen Materials entsprechen dem aus der Schichteinheit 5 im Hangenden, so dass es sich um die gleiche Quelle handeln muss. Im Fall von Schichteinheit 5 lässt sich erneut das Phänomen des abrupten Ausbleibendes von Mikrit im Übergang von der Seekreide zur organischen Kulturschicht feststellen. Auffallend sind die vielen in der Schicht enthaltenen Knochen. Ansonsten handelt es sich vor allem um gröbere Makroreste in lockerer Lagerung. Den Abschluss der Schicht bildet die horizontal liegende untere Wand des Gefässes. An der Aussenseite ist ein Hitzegradient zu erkennen und es scheint, als wäre ein längliches Stück organisches Gewebe einst mit der Scherbe „verbacken“ gewesen.

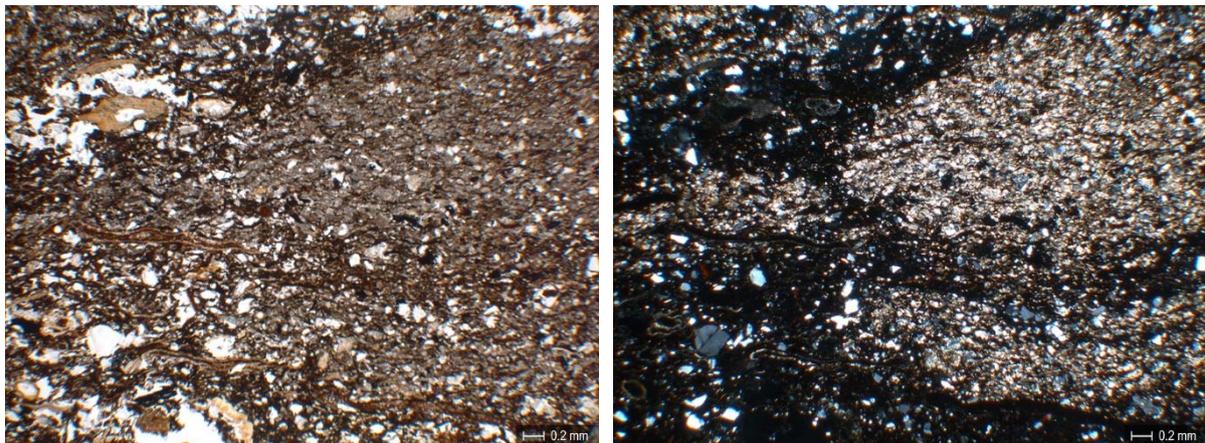


Abbildung 70 Zürich-Opéra. Keramikkomplex.

A) Links: Schichteinheit 3 mit den typischen mikritischen Zonen in der ansonsten detritisch-organischen Matrix (PPL). B) Rechts: Die gleiche Ansicht (XPL).

Im Inneren des Gefässes folgt zunächst ein im Dünnschliff nicht über die gesamte Fläche erhaltenes Sediment aus kantigem Kies mit unsortiertem Quarzsand (Schichteinheit 4a). Die Matrix dieser Schicht besteht aus einem als Asche angesprochenen Mikrit, der mit wenig organischem Gewebe und Feinmaterial sowie Holzkohlen vermischt ist. Auch kalzinierte Knochen und Keramiksplitter (wohl von der Gefässwandung) kommen vor. Eventuell handelt es sich hierbei um Material aus der Herdstelle, in der der Topf in Gebrauch war und das vor der

Entsorgung hinein gelangte und zuunterst im Inneren des Gefäßes konserviert wurde. Die darüber folgende Schichteinheit 4b ist eine detritusreiche organische Kulturschicht mit diversen Makroresten (vor allem Mohnsamen), Lehmbrocken und Holzkohle. Auffallend ist der gut sortierte Feinsandanteil, der sich über die detritische Matrix verteilt. Das organische Material ist schlecht erhalten, zum Teil ist eine Umwandlung zu Dopplerit feststellbar. Die darauf folgende Schichteinheit 3 ist der Schichteinheit 4b grundsätzlich ähnlich. Auch hier handelt es sich um eine organische Kulturschicht, die relativ viel Detritus enthält und mit gut sortiertem Feinsand durchsetzt ist. Allerdings liegen hier Zonen vor, in denen die Matrix aus Mikrit und Detritus besteht (Abb. 70A,B). Es handelt sich dabei allerdings nicht um eigentliche, durchgängige Schichten wie der oft nachgewiesene detritisch-organische Mikrit, sondern um einzelne Bereiche, die fast wie „Wolken“ in der ansonsten rein detritischen Matrix liegen. Daneben gibt es in Schichteinheit 3 auch Zonen mit stark abgebautem organischem Material, Dopplerit und Pilzsporen. Die Schichteinheit 2 hingegen fällt viel lockerer aus und enthält weniger amorphes organisches Feinmaterial, so dass sich eine enaulische c/f-RDP eingestellt hat. Der deutliche Sandanteil ist nun kaum sortiert. Das Sediment enthält auffallend viel Holzkohle, wobei wovon ein Grossteil als Mikroholzkohle über die ganze Schicht verteilt vorliegt. Das organische Material ist schlecht erhalten, Milbenkot und Sklerotien zeugen von Verwitterungsprozessen. Nach oben findet sich in der Schicht stellenweise Mikrit, bei dem es sich aber kaum um Asche, sondern um „Vorboten“ der Schichteinheit 1 handelt. Bei letzterem Sediment handelt es sich um einen Mikrit, der verbreitet horizontal eingeregelt organische Makroreste wie Rinden und Blätter sowie Gewebereste enthält. Der limnische Ursprung dieser stark organischen See- kreide wird durch Molluskenschalen angezeigt, die zum Teil fragmentiert sind, vor allem aber Spuren von Algenfrass aufweisen.

Folgender Verfüllungsvorgang soll zur Diskussion gestellt werden: Der Topf kam zunächst auf einer bereits vorhandenen Kulturschicht zu liegen (Schichteinheit 5), bei der es sich um eine relativ „typische“ organische Kulturschicht aus Zürich-Opéra handelt. Die erste mineralische Einfüllung im Topf lässt sich nicht ohne weiteres erklären. Eventuell handelt es sich um Sedimentreste, die schon im Topf vorhanden waren, bevor er niedergelegt wurde. Die darauf folgende Kulturschicht (4a) unterscheidet sich kaum von derjenigen unter dem Topf. Die Komponenten erscheinen horizontal eingeregelt, also muss auf eine Sedimentation bei bereits liegendem Topf geschlossen werden. Auffällig sind gut erhaltene Aschen. Die Schicht 3 mit den mikritischen Schlieren könnte eine Einschwemmung unter verstärktem Wasser- beziehungs-

weise Seeinfluss darstellen, während die Kulturschicht darüber wiederum als „regulär“ sedimentiert zu betrachten wäre. Die kantigen Holzkohlen weisen auf keinen grossen Transport durch Wasser hin. Darüber wird relativ klar eine eingeschwemmte Seekreide gefasst. Durch Wasserbewegungen werden im Topf oder auch ausserhalb, organische Komponenten gelöst und mit Seekreide im Topf abgelagert. Hier ist kaum Detritus zu erkennen und die organischen Komponenten sind leicht unregelmässig orientiert, was auf eine stärkere Wasserenergie hindeutet. Die Stratigraphie im Inneren des Topfes erscheint also als eine Auffüllung des leeren Volumens in einem mehrstufigen Prozess bei liegendem Gefäss. Dabei zeigen die Schlieren aus detrisch-organischem Mikrit, dass es während der Sedimentation der organischen Kulturschicht zu limnischen Einschwemmungen/Ablagerungen gekommen ist, die sich in schwach ausgeprägter Form auch innerhalb des Topfes zeigen.

8 Diskussion der Ergebnisse

Hier sollen die in den Kapiteln 5-7 dargestellten Resultate mit Ergebnissen anderer Studien verglichen und in Form von Prozessen definiert, charakterisiert und erklärt werden. Dazu werden zunächst solche Prozesse aufgeführt, die zur Bildung der angetroffenen Sedimente geführt haben. In einem zweiten Abschnitt werden syn- und postsedimentäre Veränderungen und Auflassungsprozesse besprochen.

8.1 Besiedlungsgeschichte: Unterschiedliche Schichtbildungsprozesse

Mit geoarchäologischen Methoden wie der Mikromorphologie können die am Ort einer Seeufersiedlung vorhandenen Sedimente als Archiv zur Rekonstruktion verschiedener Schichtbildungsprozesse herangezogen werden (Ismail-Meyer et al. 2013). Dabei wird in erster Linie versucht, natürliche und anthropogen verursachte Schichtbildungsprozesse festzustellen, zu erklären und schliesslich voneinander zu unterscheiden. Da sich die untersuchten Seeufersiedlungen an den voralpinen Seen befinden, sind in erster Linie der jeweilige See selbst sowie das unmittelbare Hinterland als Sedimentationsraum von Bedeutung. In der Uferzone lassen sich limnische und litorale Prozesse nachweisen, wobei es sich bei den limnisch gebildeten Sedimenten der sublitoralen Zone um den Baugrund im weiteren Sinn (Seekreide) und bei den durch litorale Prozesse entstandenen Sedimenten um den Baugrund der Seeufersiedlung im engeren Sinn (Seekreide mit Anzeichen von Regression) handelt. Bemerkenswert ist der in der Regel abrupte Wechsel – zum Teil vermittelt durch einen sogenannten Installationshorizont – von typisch limnischen Sedimenten wie Seekreide hin zu einer meist vollständig organischen Ablagerung, der eigentlichen Kulturschicht (Ismail-Meyer et al. 2013). Bei gewissen Fundstellen lassen terrigen-detritische Sedimente zudem auf periodische Einflüsse aus dem höher gelegenen Umland schliessen (z.B. Bachbettsedimente).

Bevor hier nun genauer auf die verschiedenen Prozesse eingegangen wird, die zur Bildung der erwähnten Sedimente beigetragen haben, muss kurz begründet werden, warum an dieser Stelle vor allem auf die Prozesse und die damit verbundenen Fazies beziehungsweise Mikrofazies behandelt werden und nicht die in der Pfahlbauforschung gebräuchlichen Schichtbezeichnungen als „Gerüst“ verwendet werden. So wurde zum Beispiel der Begriff Kulturschicht,

oder eigentlich „Culturschicht“, bereits mit Kellers erstem Pfahlbaubericht von 1854 in die Forschung eingeführt und erfuhr nicht nur eine weite Verbreitung im deutschen Sprachraum (Keller 1854), sondern gelangte durch Übersetzung der Pfahlbauliteratur auch in andere Sprachen (Trachsel 2008, S. 116). Mit ganz ähnlicher Bedeutung bezeichnen Goldberg und Macphail (2006, S. 27) Sedimente mit einer kulturellen Beziehung als archäologische Sedimente. Der Begriff Kulturschicht bezeichnet im Kontext von Seeufersiedlungen fundführende und organisch geprägte Ablagerungen, die sich auf und öfters auch zwischen Seesedimenten abgelagert haben. Mikromorphologische Analysen zeigen sehr oft, dass man nicht von „einer“ Kulturschicht sprechen kann, sondern dass die feldarchäologisch als eine Kulturschicht angesprochenen Sedimente in Wirklichkeit feingegliederte anthropogene Ablagerungen darstellen, in denen sich ganze Ereignisabfolgen, wie zum Beispiel die Biographie eines Hauses (Ismail-Meyer und Rentzel 2004) bis hin zu einer ganzen Dorfgeschichte widerspiegeln (siehe Kapitel 8.3). Mit dem hier gewählten prozessorientierten Ansatz soll in erster Linie dieser besonderen Vielfältigkeit der Schichten in Seeufersiedlungen Genüge getan werden.

8.1.1 Natürliche Schichtbildungsprozesse

Aus Sedimenten kann man mittels geoarchäologischer Untersuchungen in der Regel auf die folgenden drei Punkte schliessen: Erstens ihre Herkunft, zweitens die Art und Weise ihres Transports und drittens das Milieu, in dem sich das Sediment letztendlich abgelagert hat (Goldberg und Macphail 2006, S. 11). Hier sollen zunächst diejenigen Sedimenttypen oder Fazies besprochen werden, die auf natürliche Art und Weise ohne menschliches Zutun abgelagert worden sind. Von diesen Sedimenten kann man vor allem auf solche Prozesse schliessen, die vor und nach der eigentlichen Siedlungstätigkeit stattgefunden haben.

Mit den Seeufersiedlungen der voralpinen Seen befindet man sich grundsätzlich in einem lakustrinen Sedimentationsraum (Grotzinger et al. 2008, S. 126). Als Binnenwasserkörper weist ein See nur mässige Strömungen bei vergleichsweise geringem Wellengang auf, die den Sedimenttransport bewerkstelligen. Zur Ablagerung können deshalb klastische Sedimente, organische Substanzen und vor allem Kalziumkarbonate kommen. Im Bereich von Einmündungen beziehungsweise Deltas von Flüssen und Bächen befindet man sich dahingegen in einem Interface-Bereich zum fluviatilen Sedimentationsraum, der neben Sanden auch siltig-tonige Ablagerungen einbringen kann. Die Deltas mit ihren siliziklastischen Ablagerungen gehören zum Flachwasserbereich (Grotzinger et al. 2008, S. 128). Sie unterscheiden sich prinzipiell

vom chemisch beziehungsweise chemisch-biogenen Karbonatbildungsraum der voralpinen Kaltwasserseen, der jedoch oftmals noch geringe Anteile an klastischem Material beinhaltet (Grotzinger et al. 2008, S. 129). Gegenübergestellt lassen sich der lakustrine und der fluviatile Sedimentationsraum wie folgt unterscheiden (Grotzinger et al. 2008, S. 127): In einem See sind es vor allem Strömungen und Wellen, die als Transportmedium Sand, Silt und Ton transportieren. Biologische Aktivität kennt man in Form von limnischen Organismen und biogenen Fällungsprodukten. Flüsse kennen ausschliesslich die Strömung als Transportmedium, die mit Kies, Sand, Silt und Ton auch grössere Korngrössen bewegen kann. Organisches Material bildet sich vor allem in tonigen Auensedimenten. In den voralpinen Seen liegen also vor allem spätglaziale Beckenablagerungen und holozäne Karbonate als Litoralsedimente vor (Ostendorp 1992, S. 18). Tertiäre Molasse bildet nur in Ausnahmefällen die Seebodenoberfläche. In der Uferzone trifft man immer wieder auf von Bächen geschüttete Deltas aus silikatisch-sandigem Material (z.B. das Hornbachdelta am Zürichsee). Seebodenlehme als spätglaziale Beckenablagerungen entstanden in etwas grösserer Distanz zum Gletscher und sind im Zürichsee und Greifensee weit verbreitet (Schindler 1981, S. 72). Die holozänen Karbonatablagerungen bestehen hauptsächlich aus organogenen Kalziten, die im Untersuchungsgebiet als Seekreiden bezeichnet werden (Merkt et al. 1971). Hier soll dieser sowohl in der Archäologie wie in der Limnologie gebräuchliche Begriff ebenfalls Verwendung finden, auch wenn er verschiedenerorts bereits wieder vermieden wird (Schurrenberger et al. 2003).

Einen See kann man grundsätzlich in Freiwasser- (Pelagial) und Bodenzone (Benthal) unterteilen (Abb. 71). Das Benthal ist insbesondere für die vorliegende Studie von Bedeutung und lässt sich selber in eine Ufer-(Litoral) und eine Tiefenzone (Profundal) unterteilen. Die im Profundal entstehenden nicht glazigenen Warven sind wichtige Archive zur Rekonstruktion der Paläoumwelt (Harrison und Digerfeldt 1993; Lücke und Brauer 2004). Sie bilden sich nicht in allen Seen, sondern nur in solchen mit einem permanenten Sauerstoffdefizit im Hypolimnion (meromiktische Seen), welche aus diesem Grund nicht von Bioturbation betroffen sind (Wallace 1999, S. 39). Aufbau und Aussehen der Warven hängen von spezifischen chemischen und physikalischen Bedingungen ab. Bei einigen gemässigten Seen wechseln helle, im Frühjahr abgelagerte Schichten, bestehend aus mineralischen Körnern, mit dunklen, organischen Schichten des Winters ab (O'Sullivan 1983; Zolitschka 2006). Warven werden aufgrund ihrer Lage im Profundal nicht in archäologischen Fundstellen gefunden und sind nicht mit gebänderten Seekreiden zu verwechseln (siehe unten). Im Folgenden werden die verschiedenen

natürlichen Schichtbildungsprozesse und die damit verbundenen Fazies vorgestellt. Eine Zusammenfassung findet sich in Tabelle 10.

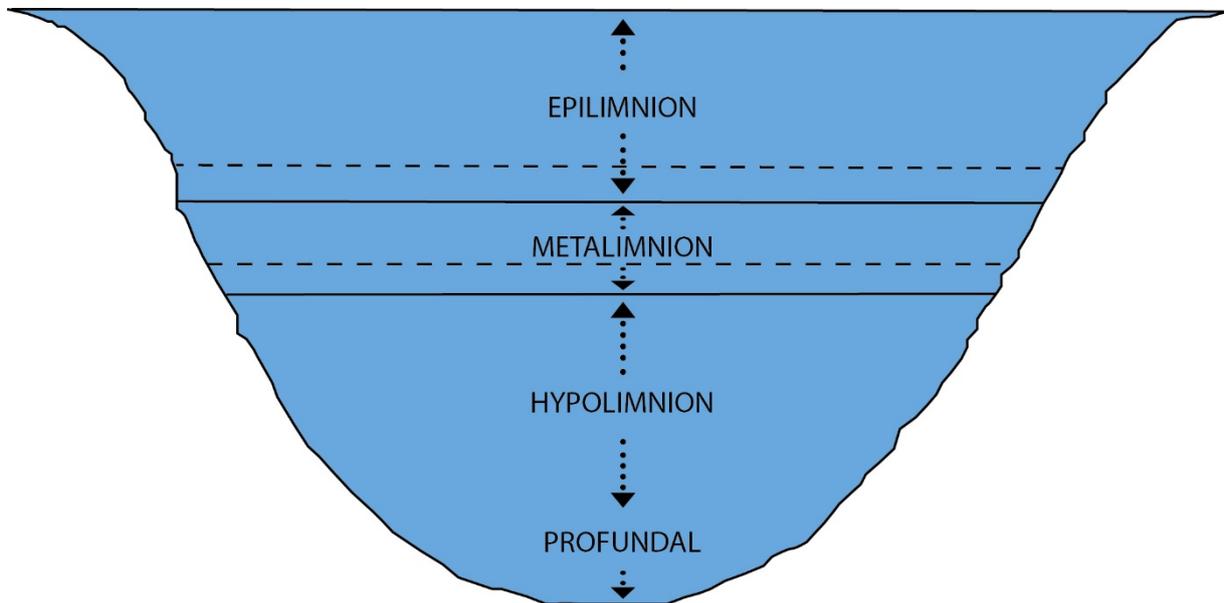


Abbildung 71 Schichtung und Zonierung eines Sees.

Zonierung und Einteilung von unbewegten stehenden Gewässern. Das Epilimnion bezeichnet die obere erwärmte und stark bewegte Wasserschicht (Oberflächenwasser) in der Pelagial genannten Freiwasserzone. Die Metalimnion genannte Sprungschicht trennt die oberste Wasserschicht vom unteren Hypolimnion (Tiefenschicht) ab. Es handelt sich dabei um eine sehr ruhige und mit knapp 4 °C homogen kalte Wasserschicht. Der Gewässerboden (Benthal) erstreckt sich vom tiefsten Punkt des Sees bis hin zum Ufer. Man kann ihn in Profundal (Tiefenboden) und Litoral (Uferzone) unterteilen. Mit dem Begriff Profundal wird die ökologische Tiefenzone benannt, in der mangels Licht keine photoautotrophe Primärproduktion stattfindet. Darüber folgt mit dem Litoral der durchlichtete Bereich. Das Sublitoral kennzeichnet den ständig überfluteten Bereich, in dem auch grössere Pflanzen siedeln. Das Litoral kann allerdings noch weiter unterteilt werden: Eulitoral, Supralitoral und Epilitoral (Grafik nach <http://www.wigry.win.pl/wodne/woda2.htm>).

Seekreidesedimentation

Da die Proben nie den glazialen Seebodenlehm erfassten, stellt die Bildung von Seekreide den zeitlich ältesten und oftmals zuerst beziehungsweise zuunterst in den untersuchten Stratigraphien erfassten Prozess dar. Der Beginn des sich durch das gesamte Holozän fortsetzenden Prozess der Seekreidebildung in den Seen der gemässigten Breiten lässt sich bis zur Klimaerwärmung im letzten glazialen Interstadial zurückverfolgen (Magny 1995). Bei Seekreide handelt es sich um einen sehr reinen Mikrit, in dem als Komponenten Schalen von Mollusken und Ostrakoden, Stängel und Fruchtkörper (Oogonien) von Characeen sowie Sand und Sparitketten enthalten sind (Abb. 9A,B). Das siltige Sediment ist zumeist von weisslich-

hellgrauer bis gelblich-hellgrauer Farbe. Gemäss Schindler (1976) spricht man ab einem Gehalt von $>75\%$ CaCO_3 von „echten Seekreiden“. Der genaue Prozentwert wird von anderen Autoren aber durchaus auch anders festgelegt (z.B. $>90\%$ bei Merkt et al. 1971) und stellt somit keine universelle Grenze dar. Seekreide gilt als eine typisch warmzeitliche Bildung, bei der infolge von biologischer Aktivität Kalk ausfällt und sich in Form von kleinen Partikeln am Seeboden ansammelt (Bolliger und Bürgin 1999, S. 77). Seekreide entsteht im ruhigen limnischen Milieu infolge des Stoffwechsels von wasserbewohnenden Algen und Bakterien (Schöttle und Müller 1968; Kelts und Hsü 1978). Hierzu ist eine Wasserbedeckung von 0.5 bis 12 m erforderlich (Brochier 1983; Schindler 1976). Die 12 m Grenze wird von Schindler mit der 12°C -Isotherme erklärt, welche im Sommer auf etwa dieser Wassertiefe liegt und im Winter verschwindet. Eine Besonderheit stellt die oftmals festzustellende charakteristische Bänderung dieses Sedimenttyps dar (Freytet und Verrecchia 2002, S. 224).

Die Kulturschichten im Zürcher Seefeld liegen allesamt auf Seekreide oder auf seekreideähnlichen Sedimenten (Jacomet et al. 1989, S. 19). Sie werden zumeist auch von Seekreide überlagert. Im Fall von mehrmals belegten Siedlungsstellen bestehen auch die Trennschichten zwischen den organischen Kulturschichten aus Seekreidelagen unterschiedlicher Mächtigkeit. Das gilt nicht nur für die untersuchten Proben von Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld oder Zürich-Opéra, sondern auch für Zürich-Alpenquai, Greifensee-Böschen und Zug-Riedmatt. Eine Ausnahme bildet die Fundstelle Viverone I - Emissario, auf deren Besonderheiten weiter unten eingegangen werden soll. Am unteren Zürichsee ist die Seekreide sehr rein, was mit dem sehr tiefen mittleren Seebecken erklärt werden kann. Trübeströme aus dem Oberland werden darin absorbiert und gelangen somit nicht in das untere Seebecken (Schindler 1974). Die typische Schichtung beziehungsweise Bänderung der Seekreide entsteht durch ein verstärktes Auftreten der biologischen Aktivität im Sommer (Bolliger und Bürgin 1999, S. 77). In den beiden sedimentologisch untersuchten Profilen von Zürich-Opéra erscheint Seekreide mit hohem Karbonatgehalt und niedrigem Humus- und Phosphatwert, was grundsätzlich zu anderen Seekreiden aus sedimentologisch untersuchten Seeufersiedlungen passt (z.B. Joos 1976a, S. 110). Mikromorphologisch werden Seekreiden ebenfalls in erster Linie anhand ihres Karbonat- beziehungsweise Mikritgehalts (unter Einbezug der Porosität) von in der Regel über 65% gekennzeichnet. Ohne die Porosität würde der Karbonatgehalt noch höher ausfallen. Ein c/f-Verhältnis von bis zu $1/9$, eine porphyrische c/f-RDP und die meist massive Mikrostruktur unterscheidet Seekreiden deutlich von den anderen Mikrofazies. Sie können auch mit ausgeprägten Bänderungen vorkommen, wobei die Bänderung durch Lösungserscheinungen und

sparitische Zonen im Wechsel mit massivem Mikrit gebildet wird. Der Mikrit zeigt ein kristallitisches b-Gefüge und erscheint im PPL zumeist grau bis leicht bräunlich. Mit Mollusken- und Ostrakodenschalen sowie Stängeln und Oogonien von Characeen sind fast nur limnische Komponenten in Seekreiden vorhanden. Die Oogonien und Characeenstängel sind zumeist kalzifiziert erhalten. Der Anteil an Quarzsand beträgt unter 5% und derjenige von Holzkohle und organischem Material ebenfalls unter 5%, wobei es vereinzelt Ausnahmen von dieser Regel gibt (siehe Kapitel 8.2.2 Bioturbation). Die beiden sedimentologisch untersuchten Profile von Zürich-Opéra bestätigen die Ergebnisse der Mikromorphologie, wobei es sich zeigt, dass der sedimentologisch bestimmte Karbonatwert mit stets über 80% höher ausfällt als der lichtmikroskopisch ermittelte Wert. Dies erklärt sich weitgehend damit, dass es sich um eine Angabe in Gewichtsprozent handelt, während die mikromorphologischen Angaben „Flächenprozent“ meinen. Glühverlust, Phosphat- und Humuswerte steigen auch bei organisch geprägten Seekreiden wie Schicht 12 nur gering an, während der Karbonatwert noch über 80 beträgt. Der für Seekreiden aus Seeufersiedlungen geochemisch bestimmte pH-Wert von 8 entspricht den aktuell im Zürichsee gemessenen Werten (Stadt Zürich 2013).

Reine Seekreiden kennt man in gebänderter und nicht gebänderter Ausprägung. Seekreiden wurden mit Ausnahme von Viverone an jeder Fundstelle angetroffen. Gebänderte Seekreiden kommen nur in Zürich-Opéra, Zug-Riedmatt, Greifensee-Böschchen und Zürich-Alpenquai vor. Als limnische Ablagerung autochthon ausgefallter Karbonate liegen Seekreide und gebänderte Seekreide unter- und oberhalb organischer Kulturschichten und zeigen eine Wasserbedeckung von mindestens 0.5 m an.

Sedimentation schwach und stark sandiger Seekreiden

Weisen Seekreiden einen Sandgehalt von ca. 5% und mehr auf, so werden sie als sandige Seekreiden bezeichnet. Klastisches Material in Seekreiden beziehungsweise in Seesedimenten ist dabei keine Seltenheit. Wenn eine mässige Verunreinigung mit Schlamm oder Sand durch Bäche, Wellenschlag oder Strömungen zu einem Kalkgehalt von weniger als 75% gemäss sedimentologischer Masstäbe führt, so spricht man von seekreidehaltigen Sedimenten (Gyger et al. 1976). Sobald jedoch Bäche, Flüsse oder Strömungen viel massiven Schutt zuführten, bezeichnet man die in einem solchen Prozess abgelagerten Sedimente als dicht gelagerte Seebodenlehme oder gröbere Ablagerungen (Schindler 1981, S. 72). Dabei handelt es sich allerdings um Sedimente, die man in den hier analysierten Proben nicht antrifft. Man findet

sie aber zum Beispiel im Obersee des Zürichsees. Im Fall der sandigen Seekreiden kann der klastische Eintrag in die Seekreide sowohl durch natürliche als auch durch anthropogen begünstigte Erosion verursacht werden (Wallace 1999, S. 40). Vor allem im ufernahen Bereich kann Seekreide einen gewissen Anteil an Quarzsand aufweisen, der auf fluvialen Eintrag hinweist. Klastisches Material kann sich ausserdem als Schwebfracht aus dem Epilimnion absetzen, nachdem es als Suspensionsstrom in den See gelangte (Sturm und Matter 1978). Detritisches klastisches Material aus der Catchment Area ist vor allem im Litoral zu finden, kann aber durch Wellen und Trübe- beziehungsweise Suspensionsströme bis in das Profundal verlagert werden (Dean 1981; Wallace 1999, S. 40).

Sandige Seekreiden kommen jeweils in einer schwächer und einer stärker ausgeprägten Form vor. Schwach sandige Seekreiden zeichnen sich durch einen stets stark dominierenden Anteil an Mikrit bei einem Sandgehalt von ca. 5 bis <20% aus. Die c/f-Ratio beträgt in der Regel noch 1/9 oder ändert sich mit höherem Sandanteil auf 2/8. Dabei handelt es sich in der Regel um gut bis perfekt sortierten Quarzsand in feiner und/oder mittlerer Korngrösse. Dabei gibt es auch Ausnahmen, wie zum Beispiel Schichteinheit 203 in Probe ZHOP 1590 zeigt. Hier liegt eine schwach sandige Seekreide vor, die unsortierten Fein- bis Grobsand enthält. Dies lässt sich damit erklären, dass der Sandanteil auf im Sediment enthaltene resedimentierte Kulturschicht zurückzuführen ist. In der Kulturschicht enthaltene quarzsandhaltige Lehmbrocken lösen sich auf und geben unsortierten Quarzsand in die Seekreide ab. Stark sandige Seekreiden enthalten sogar zwischen 20 und 30% Sandanteil, der sich zumeist nicht sortiert auf die Fein- bis Mittelsandfraktionen verteilt. Das c/f-Verhältnis schwankt zwischen 4/6 und 6/4, die c/f-RDP ist aber noch stets porphyrisch. Einzig in Schichteinheit 401b in Probe ZHOP 246 liegen mit einem Anteil von ca. 30% vor allem gut sortierter Feinsand und nur etwas Mittelsand vor. Es handelt sich hierbei aber um das Transitionssediment, das den Übergang von einer Bachablagerung, dem Sandband 401a, im Liegenden hin zu einer „normalen“ schwach organischen Seekreide (401c) im Hangenden bildet. Das Sediment macht insgesamt keinen stark aufgearbeiteten Eindruck und die Komponenten sind horizontal eingeregelt. Daraus kann man schliessen, dass ein naheliegender Bach hier noch als Sedimentationsquelle gewirkt hat, während bereits (wieder) limnische Seekreidesedimentation einsetzte.

Tabelle 10 Natürliche Schichtbildungsprozesse.

Tabellarische Auflistung derjenigen Fazies, die auf schwergewichtig natürliche Schichtbildungsprozesse zurückzuführen sind.

Fazies	Beschreibung	Interpretation	Angetroffen in
(Reine) Seekreide	>65% Mikrit, c/f-Ratio von 1/9 oder 2/8, porphyrische, massive Mikritstruktur. Molluskenschalen, Characeenstängel und Oogonien. Zum Teil Diatomeen. Quarzsand <5% und organisches Material sowie Holzkohle <5%	Limnische Ablagerung autochthon ausgefallter Karbonate	ZHKS, ZHOP, ZGRI, ZHAQ, ZHBO
Gebänderte Seekreide	Wie Seekreide, mit erkennbarer Bänderung und meist höherer Porosität	Autochthon limnische Ablagerung mit saisonalen Unterschieden in der Sedimentation	ZHOP, ZGRI, ZHBO, ZHAQ
(schwach/stark) sandige Seekreide	Schwach sandige Seekreide = Sandgehalt 5-<20%; stark sandige Seekreide = Sandgehalt ca. 20-30%. Karbonatgehalt aber stets dominierend.	Autochthon limnische Ablagerung mit leichtem fluvioklastischem Eintrag; Resedimentiertes limnischen Sediment mit terrigenem Eintrag	ZHOP, ZGRI, ZHBO
(schwach/stark) organische Seekreide	Schwach organische Seekreide = Anteil organisches Material 5-<20%; stark organische Seekreide = Anteil organisches Material ca. 20-30%	Autochthon limnische Ablagerung mit leichtem Eintrag aus einer nahegelegenen anthropogen verursachten Sedimentationsquelle;	ZHOP
Granulare Seekreide	Granulen aus siltigem Karbonat mit vereinzelt Quarzsand und Mollusken	Ufernahe Bildung	ZHOP

Aufgrund einer ähnlichen Korngrößenverteilung zu den Sandbändern (siehe Kapitel 8.2.2 Einfluss von Überflutung) kann man Bäche ebenfalls als Sedimentationsquelle für den Quarzsand

in schwach sandigen Seekreiden annehmen. Allerdings muss man davon ausgehen, dass das Sediment zumindest leicht aufgearbeitet wurde, was eine etwaige ursprüngliche Bänderung zerstört und zu einem Ausdünnen des Feinmaterials bei gleichzeitiger Sandanreicherung geführt hat (Ostendorp 1996; Ismail-Meyer et al. 2013). Anders sieht das bei den stark sandigen Seekreiden und ihrem nicht sortierten Quarzsand aus. Wie oben am Beispiel einer aussergewöhnlichen schwach sandigen Seekreide erwähnt, erinnert der Quarzsand in der Zusammensetzung eher an Sand, wie er in Lehmbrocken und anderen Kulturschichtbestandteilen beziehungsweise allgemein in den Kulturschichten vorkommt. Das stellt stark sandige Seekreiden in die Nähe der von Aufarbeitungs- und Umlagerungsprozessen beeinflussten Fazies, von denen sie sich aber durch eine generelle Armut an organischem Material und Holzkohle unterscheiden. Das geringe Vorkommen von Holzkohle verwundert dabei etwas und steht im Gegensatz zu den organischen Kulturschichten. Dies lässt etwa auch an Ufererosion denken, die zum Entstehen der stark sandigen Seekreiden geführt haben könnte. Schwach sandige Seekreiden kommen in Zürich-Opéra, Zug-Riedmatt und Greifensee-Böschen vor. Sie liegen sowohl unter als auch über organischen Kulturschichten. Stark sandige Seekreiden konnten hingegen nur in Zürich-Opéra nachgewiesen werden und kommen oberhalb der organischen Kulturschichten vor.

Sedimentation schwach und stark organischer Seekreiden

Organisches Material kann grundsätzlich überall im See vorkommen, am häufigsten ist es aber im Litoral vertreten (Wallace 1999, S. 40). Ein besonderer und häufig in gut durchlüfteten nährstoffreichen Gewässern angetroffener organischer Sedimenttyp ist Gyttja (beziehungsweise Mudde). Dieses Sediment kann 20-50% organische Bestandteile enthalten (Dean 1981; Scheffer et al. 2002, S. 454) und wird im Litoral durch Degradation von organischem Material gebildet. Das Sediment erscheint als stark organischer Schlamm von olive-grauer Farbe. Allerdings haben die hier angetroffenen organischen Seekreiden nicht viel mit Gyttja oder anderen natürlichen Bildungen von organischen Sedimenten in Seen zu tun. Sie weisen vielmehr die gleichen Komponenten wie die organischen Kulturschichten auf (siehe unten) und sind durch ihren Anteil an Holzkohlen und sonstigen Makroresten wie Him-/Brombeersamen und zum Teil auch Knochen als anthropogen beeinflusste Ablagerungen gekennzeichnet. Man kann schwach organische Seekreiden mit einem Anteil organischen Materials von 5-15% beziehungsweise <20% und stark organische Seekreiden mit einem höheren organischen Anteil von 20-30% unterscheiden. Erstere zeigen, wie schon die schwach sandigen Seekreiden, ein

c/f-Verhältnis von 1/9 und 2/8. Bei den stark organischen Seekreiden nimmt der Gehalt an groben Komponenten zu und es können sich c/f-Verhältnisse von $>3/7$ ergeben. Das c/f-RDP bleibt dabei aber stets noch porphyrisch. Quasi in jeder als schwach oder stark organische Seekreide angesprochenen Schichteinheit können limnische Komponenten wie Mollusken-schalen, Characeenstängel und Oogonien nachgewiesen werden. Wie oben bereits erwähnt entspricht das organische Material demjenigen in den organischen Kulturschichten, wobei größere Komponenten inklusive Reste von organischem Gewebe stets einen grösseren Anteil als das amorphe organische Feinmaterial einnehmen. Dennoch ist das Feinmaterial gerade bei schwach organischen Seekreiden häufig vertreten. In Bezug auf die Bildung dieser Sedimente ist anzunehmen, dass das darin enthaltene organische Material aufgrund der Erosion einer nahegelegenen Sedimentationsquelle zusammen mit der Seekreide zur Ablagerung kam. Als Sedimentationsquelle kommt zum Beispiel eine in der Nähe gelegene organische Kulturschicht in Frage. Diese Art der Bildung ist von vor Ort aufgearbeiteten Kulturschichten zu unterscheiden, da letztere eine andersartige Ausprägung aufweisen (vgl. Kapitel 8.2.2). Schwach organische Seekreiden kommen mit Ausnahme von Viverone in jeder untersuchten Fundstelle vor. Stark organische Seekreiden fehlen in Zürich-Alpenquai, in Viverone und im kleinen, nicht repräsentativen Ausschnitt, der von Zug-Riedmatt untersucht wurde.

Regression

Während Transgressionen als Ereignisse, die vorwiegend nach der Besiedlungszeit stattfinden, hier zu den postsedimentären Prozessen gezählt werden, wird in der Regel von einer Regression vor Siedlungsbeginn beziehungsweise quasi als siedlungsvorbereitende Massnahme ausgegangen (Ismail-Meyer et al. 2013). Die Autoren gehen davon aus, dass sich in Ufernähe die Ausfällung der Seekreide und die Erosion durch Wellenaktivität die Waage halten können, was zur Bildung von Strandplatten führte. Die durch diesen Prozess gebildeten Strandplatten stellten dann einen geradezu idealen Baugrund für die Seeufersiedlungen dar, zumal sich Pfähle in diesem Sediment recht einfach einrammen lassen (Menotti und Pranckénaité 2008). Unabhängig von der bereits in Kapitel 3.2 erwähnten Diskussion um die Korrelation von Seeufersiedlungen und klimatischen Gunstphasen, gab es in jedem Fall Episoden, in denen die gebildeten Strandplatten gänzlich trockenfielen oder zumindest in den Bereich des Litorals gerieten. Darauf wird in Kapitel 8.2.1 anhand von Verwitterungsprozessen an organischem Material noch weiter einzugehen sein. Allerdings lässt sich bereits anhand

der natürlichen Seekreideschichten auf sinkende Seespiegel schliessen. Dies konnte mikromorphologisch durch eine weniger homogene Seekreide mit grösserer Porosität, von Algenfrass angegriffenen und durch Wellenschlag fragmentierten Mollusken- und Ostrakodenschalen (Cutler 1995) sowie lokal erhöhtem Sandanteil nachgewiesen werden.

Tabelle 11 Ablagerungsmilieus von Seekreide.

In dieser Tabelle werden die verschiedenen Kriterien zur Erkennung von Ablagerungsmilieus von Seekreide nach ihrer Häufigkeit in den verschiedenen Tiefenzonen nach Ismail-Meyer et al. 2013 S. 326 Table III dargestellt.

Ablagerungsmilieu:	Uferzone	Flachwasserzone	Tiefere Zone
	Supra und Eulitoral	Sub-Litoral 1	Sub-Litoral 2 - Benthäl
<i>Kriterium / Wassertiefe</i>	<i>Wechselnd (0-0,5 m)</i>	<i>Bis zu 0,5 m</i>	<i>Bis zu 6-8 m max.</i>
<i>Holzkohle</i>	Häufig	Keine	Keine
<i>Wellenaktivität</i>	Häufig	Wenig	Keine
<i>Aufgearbeitete Seekreide</i>	Häufig	Wenig	Keine
<i>Köcherfliegenlarven</i>	Häufig	Wenig	Keine
<i>Sandgehalt</i>	Häufig	Häufig	Wenig
<i>Fragmentierung von Molluskenschalen</i>	Häufig	Häufig	Wenig
<i>Verwitterung von Molluskenschalen</i>	Häufig	Häufig	Wenig
<i>Umkrustete Algen</i>	Wenig	Häufig	Wenig
<i>Sparitketten</i>	Keine	Häufig	Häufig
<i>Gebänderte Seekreide</i>	Keine	Wenig	Häufig
<i>Molluskenschalen</i>	Häufig	Häufig	Häufig

In Form einer Tabelle haben Ismail-Meyer et al. (2013, Tabelle 3) ein Merkmalsschema aufgestellt, das es ermöglicht anhand, der oben genannten sowie einiger weiterer Merkmale die Wassertiefe zur Zeit der Ablagerung beziehungsweise das Ablagerungsmilieu einer angebotenen Seekreide annähernd zu bestimmen (Tab. 11). Dabei haben sie Supra- und Eulitoral mit einem wechselnden Wasserstand von 0-0,5 m, Sub-Litoral 1 (bis 0,5 m) und Sub-Litoral 2 bis hin zum Benthos, hier begrenzt auf 6-8 m, unterschieden. Während gewisse Zeiger wie Molluskenschalen auch in der Tiefenzone vorkommen, sind es vor allem die Holzkohlen, welche das Supra- und Eulitoral anzeigen. Wellenaktivität, aufgearbeitete Seekreide und Köcherfliegenlarven sind bis ins Sub-Litoral 1 nachgewiesen, die Fragmentierung und Verwitterung von Molluskenschalen sowie umkrustete Algen kommen sogar noch in der dritten Zone vor, laufen dort aber bereits aus. Letzere sind in der ersten Zone allerdings nur schwach nachzuweisen. Sie kommen nur etwas häufiger als Sparitketten vor, die am Übergang zur zweiten Zone auftreten. Gebänderte Seekreiden bilden sich wie oben erwähnt bei Wassertiefen ab 0,5 m. In älteren sedimentologischen Studien waren es neben Erosionserscheinungen vor allem gröbere Komponenten wie Grobsand und Gerölle, die die Uferzone charakterisieren (Joos 1976b).

In den hier analysierten Sedimenten scheint besonders Algenfrass, der durch eine löchrige Struktur der Molluskenschalen nachgewiesen werden kann, geeignet zu sein, um eine Regression nachzuweisen. So finden sich Molluskenschalen mit Algenfrass vor allem in schwach und stark organischen Seekreiden. Daneben kommen sie vor allem noch in aufgearbeiteten Kulturschichten und in erosiv umgelagerten Schichten vor. Nur vereinzelt treten sie in schwach sandigen Seekreiden, niemals jedoch in gebänderten Seekreiden auf. Dies führt zum Schluss, dass der Sandanteil in der Seekreide, obwohl man bei einem Bacheintrag auch einen gefallen Seespiegel annehmen mag, offensichtlich nicht direkt mit einer Regression zusammenhängen muss und dieser Zusammenhang vielleicht eher im Eintrag von organischem Material zu sehen ist. Allerdings gibt es auch viele schwach organische Seekreiden mit einer guten Molluskenerhaltung, so dass es sich nicht um eine zwingende Korrelation handelt. Algenfrass liess sich vor allem in Zürich-Opéra und Greifensee-Böschchen nachweisen. Daneben kommt er noch in heterogenen „Mischsedimenten“ in Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld vor. Für diese Bohrlöcher in Molluskenschalen müssen sogenannte Blaualgen verantwortlich gemacht werden. Heute werden sie korrekterweise als Cyanobakterien bezeichnet. Es handelt es sich bei ihnen um einen starken Verursacher sogenannten Bioerosion (Schneider und Le Campion-

Alsumard 1999). Aber auch Grünalgen und andere Organismen können eine derartige Bioerosion verursachen (Flügel und Munnecke 2010, S. 385–398). Eine Untersuchung mittels Rasterelektronenmikroskopie kann es ermöglichen, auf die genauen Arten dieser endolithischen Lebensformen zu schliessen. Darüber kann auf schliesslich auf die Wassertiefe zum Zeitpunkt der Bioerosion geschlossen werden. Für die Fragmentierung von Mollusken ergab sich kein so eindeutiger Zusammenhang. Am häufigsten liess sie sich jedoch in erosiv umgelagerten Schichten und aufgearbeiteten organischen Kulturschichten nachweisen.

Granulare Seekreide

Eine besondere Fazies liess sich in folgenden drei Profilen von Zürich-Opéra feststellen: 508/147 (Probe 5866), 519/169 (Probe 3465) und 519/123 (Probe 7942). Dabei ist es entscheidend festzuhalten, dass es sich hier um die drei östlichsten Profile und somit den seefernten Bereich handelt. Zwei scheinen vor und eines im Inneren der mutmasslichen Wegkonstruktionen (Bleicher und Burger 2015) zu liegen, was bedeutet, dass die Genese dieser Schichten unabhängig von der Position vor oder hinter den Wegen geschah. Interessanterweise wurden die betreffenden Schichteinheiten auf der Ausgrabung und selbst während der ersten Probenbeschreibung im Labor als Sand angesprochen. Erst die Analyse im Dünnschliff unter dem Polarisationsmikroskop verriet, dass es sich eigentlich um einen Mikrit handelt, bei dem sich die siltigen Karbonate zu grösseren Granulen formten (Abb. 34A,B). Dazwischen sind aber immer wieder rein mikritische Zonen vorhanden. An Komponenten konnten neben wenig unsortiertem Quarzsand und Molluskenschalen mit Anzeichen für Algenfrass vor allem Characeenstängel sowie sehr wenig Holzkohle und einige wenige organische Reste identifiziert werden. Somit bestehen die granularen Seekreiden zu 70-80% aus Mikrit mit einem Sandanteil von nur 5-10% bei 0-5% Kiesgehalt. Sie weisen darüber hinaus höchstens 5% organisches Material und einen ähnlichen Anteil an Holzkohle bei einer Porosität von etwa 10% auf. Die Komponenten sind für gewöhnlich unregelmässig eingeregelt. Im Gesamthabitus weisen granulare Seekreiden gewisse Parallelen zu den sogenannten „coated grains“ auf, die in Arbon-Bleiche 3 beobachtet und als ufernahes Sediment interpretiert wurden (Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Hier handelt es sich allerdings nicht um Quarzkörner mit Überzug, vielmehr bilden sich die Granulen auch ohne Kern. Trotzdem werden hier auch ähnliche Bildungsprozesse im Flachwasserbereich vorgeschlagen. Es scheint eine Diagenese mit Rekristallisation des Mikrits beziehungsweise des Kalkschlamms als Zement stattgefunden zu haben (Flügel

und Munnecke 2010, S. 38). Eine Besonderheit stellt der zum grossen Teil verrundete Quarzsand in einer granularen Seekreide aus Probe 3465 dar. Da Quarzsandkörner nur unter grossen und/oder andauernden mechanischen Einflüssen verrunden, ist hier von einem der Verrundung zugrundeliegenden Prozesse auszugehen, der viel früher und unabhängig von der Sedimentation dieser Schicht stattgefunden hat.

8.1.2 Anthropogen verursachte Sedimentation

Nach den oben beschriebenen natürlichen Sedimentationsprozessen und den daraus resultierenden Fazies sollen hier in gleicher Art und Weise Prozesse anthropogener Sedimentation und zugehörige Fazies beschrieben werden. Die Akkumulation von organischem und mineralischem Material ist eindeutig der wichtigste anthropogen verursachte Prozess im Seeuferbereich. Er führte zur Bildung der stark organischen bis heterogenen Schichtpakete, den sogenannten Kulturschichten. Der Nachweis einer anthropogen verursachten Akkumulation ist das wesentliche Charakteristikum dieser Schichten. Er gelingt in erster Linie über den massiven Eintrag von Holz, Rinden, Laub, Stroh, Fasern, Holzkohle, Lehm, Samen von Nutzpflanzen, subfossilem Dung von Nutztieren sowie Artefakten wie Keramik, Knochen oder Silex. Generell handelt es sich also um einen starken Eintrag von ortsfremdem Material, das in unmittelbarer Umgebung der Kulturschicht beziehungsweise im limnischen Milieu nicht vorkommt. Man kann demzufolge organische Kulturschichten und Lehmlagen als Varianten anthropogener Akkumulation unterscheiden.

Übergang zur organischen Kulturschicht

Ein zentraler Punkt bei der Betrachtung der organischen Kulturschichten ist der Übergang von der obersten Seekreidelage zur organischen Kulturschicht. Sedimente, die erste beziehungsweise diskrete Anzeichen eines solchen Akkumulationsprozesses aufweisen, werden auch mit dem Begriff „Installationshorizont“ versehen (Ismail-Meyer et al. 2013). Dieser Begriff wurde bereits früher verwendet (etwa von Pétrequin 1997) und fand schliesslich Eingang in die mikromorphologische Analyse von Seeufersiedlungen (Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Obwohl in der Beobachtung richtig, ist der Begriff doch als schwierig zu bezeichnen: Siedlungen wurden nicht auf ein Mal beziehungsweise gleichzeitig angelegt, was zum Entstehen eines einheitlichen und zeitgleichen Installationshorizontes geführt haben dürfte, sondern sind vielmehr graduell mit „Pionierhäusern“ und solchen, die später errichtet wurden, gewachsen (Leuzinger 2000; Eberschweiler et al. 2007). Somit wird am Ort des Pionierhauses nach dem Entstehen

eines Installationshorizonts bereits eine Ablagerung von organischer Kulturschicht stattfinden, während andernorts die noch unbeeinträchtigte (oder nur wenig beeinträchtigte) frische Seekreideoberfläche erstmals von Bautätigkeit im Sinne eines Installationshorizontes betroffen ist. Unabhängig von dieser Begriffsdiskussion ist aus anderen Studien an der Basis der Kulturschicht (z.B. Ismail-Meyer und Rentzel 2004) eine Schicht bekannt, deren Matrix immer noch zur Hauptsache aus Mikrit besteht, in der aber meist isolierte organische Reste (v.a. Holzabfall und Rinden) sowie kleinste Lehmaggregate auftreten. Hier ist eine beginnende anthropogene Akkumulation zu erkennen, die vermutlich auf erste Bautätigkeit zurückgeht, was die vielen Holzreste und auch die Lehmaggregate erklärt. Der Holzabfall dürfte vom Zurichten der Pfähle und der Lehm vom Verputzen der Wände und dem Einrichten von Herdstellen stammen. In der neolithischen Seeufersiedlung Arbon-Bleiche 3 wurde ausserdem eine Verdichtung an der Oberfläche der Seekreide in Zusammenhang mit organischen Resten festgestellt, was wiederum als Hinweis auf eine Begehung der ausgetrockneten Strandplatte gedeutet wird (Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Somit müssen Kompaktion und Verdichtung als die wesentlichen Kriterien gelten, die einen Installationshorizont von einer organischen Seekreide unterscheiden. Sie belegen das konkrete, aktive Mitwirken des Menschen bei der Sedimentation und nicht nur eine passive Akkumulation von erodiertem Kulturschichtmaterial, wie es für viele der organischen Seekreiden angenommen werden kann.

Ein Installationshorizont im Sinne von Ismail-Meyer et al. (2013) konnte nur ansatzweise in den wenigen Proben von Zug-Riedmatt festgestellt werden (Schichteinheit 518). Darüber folgt mit Schichteinheit 531 eine Fazies, die auf einen erhöhten Wassereinfluss hinweist (ein detritisch-organischer Mikrit, vgl. Kapitel 8.2.1), so dass hier keine Installation im strengen Sinne, das heisst mit direkt darauf folgender organischer Kulturschicht, vorliegen kann. In den anderen Proben ist ebenfalls kein eigentlicher Installationshorizont mit Spuren von Kompaktion und Trampling feststellbar, doch liegt jeweils eine schwach organische beziehungsweise zum Teil auch eine stark organische Seekreide unter der Kulturschicht (mit Ausnahme von Viverone I - Emissario). Bei der einphasigen Siedlung von Greifensee-Böschen handelt es sich zum Beispiel um die Schichten SE/org. und KS1 org. Die unterhalb der eigentlichen Kulturschicht liegenden Sedimente sind nur leicht horizontal eingeregelt und weisen neben einem sehr starken limnischen Einfluss auch einen direkten anthropogenen Eintrag auf. Letzterer manifestiert sich etwa in Form einer angekohlten Haselnussschale. Die Mollusken weisen Spuren von Algenfrass auf. Es liegen hier also Hinweise auf eine anthropogen beeinflusste Sedimentation im Litoral vor, womit es sich also bis auf direkte Anzeiger für Begehung und Kompaktion um einen

Installationshorizont handeln könnte. Unter der Voraussetzung einer abgehobenen Bauweise der für Greifensee-Böschchen charakteristischen Blockbauten bei zumindest zeitweiser Wasserbedeckung des Untergrundes (Eberschweiler et al. 2007), kann die ausbleibende Kompaktionserscheinungen durch Austrocknung und Begehung mit einer Wasserbedeckung der Seekreide erklärt werden. Dies könnte ebenfalls auf die Fundstelle Zürich-Opéra zutreffen und somit die Ausbleibenden Kompaktion und Begehungsspuren erklären. Während der Übergang zur organischen Kulturschicht in Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld eher inkonklusiv ausfällt, kann man in Zürich-Alpenquai ein anderes Phänomen fassen: Hier liegt direkt unter der organischen Kulturschicht der Siedlungsphase D die aufgearbeitete Kulturschicht der Phase C. Es handelt sich um eine heterogene Schicht mit limnischen und anthropogenen Bestandteilen in unregelmässiger Ausrichtung. Entscheidend ist, dass hier eine Siedlungsphase durch eine Überschwemmung und die damit verbundene Aufarbeitung fast kaschiert wurde.

In Zürich-Opéra konnte ein anderer Übergang zwischen Seekreide und Kulturschicht beobachtet werden. Er wird von schwach oder stark organischen Seekreiden gebildet, die sich durch leicht dunkel gefärbte, gangartige Intrusionen auszeichnen, welche aus der organischen Kulturschicht zu stammen scheinen. Während der Ausgrabungsarbeiten hat man diese Schichtausprägung mit dem Terminus „Wurmhorizont“ belegt, was eine Entstehung durch Faunalturbation nahelegen soll. In der mikromorphologischen Analyse wurde der Terminus „Übergangshorizont“ verwendet. Die makroskopisch gut erkennbaren Verfärbungen erwiesen sich im Dünnschliff als diffuser ausgeprägt. Sie enthalten vor allem amorphes organisches Feinmaterial und bestehen ansonsten aus dem gleichen Mikrit wie das sie umgebende Sediment. Neben limnischen Komponenten, unter denen die Molluskenschalen keine auffälligen Spuren von Algenfrass zeigen, treten einige organische und wahrscheinlich anthropogen eingebrachte Komponenten auf. Erstaunlicherweise konnten vor allem Mohnsamen beobachtet werden, wofür bisher keine Erklärung gefunden werden konnte. Sie können aber bei der Beantwortung der Frage helfen, ob es sich bei dieser Schicht um die Reste einer älteren Siedlungsschicht (analog Hornstaad, siehe Dieckmann et al. 2006a) handelt. Im Profil 488/148 beziehungsweise in Probe 1586 kann man nämlich beobachten, dass das organische Material im Übergangshorizont mit demjenigen der organischen Kulturschicht darüber identisch ist. So findet sich in der Probe im Übergangshorizont eine bemerkenswerte Konzentration von Mohnsamen, die sich analog auch in der eigentlichen Kulturschicht darüber nachweisen lässt. Entscheidend für die Interpretation des Übergangshorizontes ist die Beobachtung von feinen Wurzelspuren innerhalb der Intrusionen (siehe Kapitel 8.2.2; Abb. 16A). Sie beweisen, dass hier Bioturbation

zum Tragen kam, allerdings keine durch Würmer verursachte. Somit liegt der Verdacht nahe, dass es sich beim Übergangshorizont nicht wie ursprünglich gedacht um einen Wurmhorizont, sondern vielmehr um einen Wurzelhorizont handelt. Allerdings sind die Wurzelspuren viel geringer ausgeprägt als diejenigen, die in Schichteinheiten oberhalb der Schicht 13 von Zürich-Opéra wiederholt angetroffen wurden (vor allem unter dem Reduktionshorizont 10). Das trifft auch auf die deutlicheren, aber rezenten Wurzelspuren von Greifensee-Böschchen zu (siehe Kapitel 8.2.2). Als mögliche Erklärung für den ausbleibenden deutlichen Nachweis von Wurzeln oder Rhizomen kann auch ein punktuell verstärkter Abbau der Rhizome durch luftleitendes Gewebe (Aerenchyme) vermutet werden (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 53–54). Über Letzteres werden die Wurzeln im sauerstoffarmen Milieu von den Stängeln mit Luft versorgt, es leitet aber nach dem Absterben auch den für den Abbau nötigen Sauerstoff weiter. Ähnliche Phänomene wie der Übergangshorizont wurden in Feldmeilen-Vorderfeld in Form von nach unten flammig begrenzten reliktschen Bodenhorizonten erkannt und als Bewuchsspuren interpretiert (Joos 1976a, S. 110). Aufgrund alter Fotografien scheint es in Egolzwil 3 ebenfalls zu entsprechenden Phänomenen gekommen zu sein, die gleichfalls als Bewuchsspuren interpretiert werden (Vogt 1955, S. 128).

Die beiden im Osten der Grabungsfläche gelegenen Profile 519/160 und 519/123 zeigen einen andersartigen Übergang zur Kulturschicht. Im Fall von 519/160 wird der Übergang durch eine Seekreide mit zunehmendem Anteil an abgebautem organischem Material vermittelt, was auf einem Eintrag von erodiertem organischem Material aus einer nahegelegenen Quelle hindeutet. Im anderen Fall liegt ein detritisch-organischer Mikrit unter der Kulturschicht, eine Fazies auf die weiter unten einzugehen ist.

Eine interessante Beobachtung ist der relativ scharfe Übergang zwischen Seekreide und organischer Kulturschicht, speziell im Fall von Zürich-Opéra. Der Karbonatgehalt fällt, wie in den beiden sedimentologisch untersuchten Profilen ersichtlich, relativ schnell auf 0 ab. Das könnte auf Diskordanzflächen hindeuten (Joos 1976b, S. 133), was schwer nachzuweisen wäre, aufgrund der Wurzeln etc. aber nicht sehr wahrscheinlich ist. Man kann vielmehr davon ausgehen, dass sich die organische Kulturschicht hier entweder im „halbfeuchten“ oder wasserbedeckten Zustand so schnell und ohne erosiven Eintrag akkumulierte, dass sich keine Seekreide sedimentieren konnte. Seekreidesedimentation geschieht sehr langsam, während prähistorische

Seeufersiedlungen schon in wenigen Jahren eine mächtige Kulturschicht akkumulieren können. Ein Überblick über die verschiedenen Übergänge zwischen Seekreide und organischer Kulturschicht ist in der folgenden Tabelle ersichtlich (Tab. 12).

Tabelle 12 Übergang zur organischen Kulturschicht.
Die Art des Übergangs zwischen Seekreide und Kulturschicht in den untersuchten Fundstellen. Speziell im Fall von Zürich-Opéra wurden die Angaben pauschalisiert und nur der häufigste Typ genannt.

Fundstelle	Art des Übergangs Seekreide - Kulturschicht	Interpretation
Zürich-Kanalisationssanierung	Schwach organische Seekreide	Eintrag von Kulturschichtmaterial
Zürich-Opéra	Schwach organische Seekreide mit Intrusionen (häufigster Typ)	Bioturbation
Zug-Riedmatt	Schwach organische Seekreide und dann detritisch-organischer Mikrit	Erste Tätigkeiten, dann kurzzeitige niedrigenergetische Überschwemmung
Greifensee-Böschchen	Schwach und stark organische Seekreiden	Beginnende Siedlungstätigkeit bei Wasserbedeckung
Zürich-Alpenquai	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet)	Zwei aufeinanderfolgende Siedlungsphasen mit zwischenzeitlichem Überschwemmungsereignis
Viverone I-Emissario	Kein Übergang erkennbar, da nur Rest der Kulturschicht vorhanden	-

Organische Kulturschicht

Als charakteristisches hochorganisches Sediment zeichnen sich die organischen Kulturschichten eindrücklich als dunkelbraune Bänder in den aufgrund der Seekreidelagen meist hellgrauen Profilen der Seeufersiedlungen ab. Es handelt sich im Prinzip um die Kulturschicht im engeren Sinne, da zu den Kulturschichten oder archäologischen Sedimenten auch Lehmlagen und weitere Fazies zählen. Wie bereits oben ausgeführt, haben sich in den organischen Kulturschichten vor allem organische Reste ohne oder nur mit sehr geringem Sedimenteintrag

des Sees akkumuliert. Es hat somit ein plötzlicher Wechsel von einem durch natürliche Ablagerungsprozesse geprägten limnischen Sedimentationsraum zu einem praktisch ausschliesslich von anthropogenen Prozessen dominierten Sedimentationsraum stattgefunden. Die so entstandenen hochorganischen Ablagerungen setzten sich zum Grossteil aus organischem Material (gröbere Komponenten und Detritus), Quarzsand, Holzkohlen und Lehmaggregaten zusammen. Sie zeichnen sich durch eine sehr grosse Heterogenität aus, weshalb die im Feld als eine zusammengehörende Kulturschicht angesprochenen Ablagerungen sich in der mikromorphologischen Analyse meistens in eine Vielzahl von Mikrofazies unterteilen lassen. In der Regel liegt der Entstehung dieser heterogenen organischen Kulturschichten eine Vielzahl von menschlichen (und tierischen) Handlungen zu Grunde (Ismail-Meyer et al. 2013, S. 329), weshalb man von anthropogen verursachter Sedimentation spricht. In der vorliegenden Studie wurde für alle diese Mikrofazies vereinfachend der Terminus „organische Kulturschicht“ verwendet und etwaige Auffälligkeiten der einzelnen Mikrofazies in der Schichtansprache im Anhang jeweils in Klammern beigefügt.

Es finden sich wiederholt Schichten mit vielen Holzresten (Rinden, Zweige, Blätter, Tannennadeln u.v.a.m.), die zumindest teilweise als Bauabfälle angesprochen werden können. Hinzu kommt ein oftmals grosser Anteil an Laubmoos, das an Bäumen wächst. Folglich kann bei den meisten Bestandteilen davon ausgegangen werden, dass es sich hier um Manuporte zum Bau von Häusern und weiteren Einrichtungen handelt. Als zusätzliche Möglichkeiten kommen Feuerholz, Einstreu, Isolationsschicht oder auch die Laubfütterung (Ismail-Meyer 2010) in Frage. Verschiedene Samen (Erdbeere, Him-/Brombeere, Mohn etc.) sowie Getreidereste, Knochen und Fischreste können als Hinterlassenschaften der Nahrungsmittelzubereitung und in gehäuftem Vorkommen auch als Hinweis auf Abfallschichten gedeutet werden. Zum Teil kommen sie in verkohlter Form und vergesellschaftet mit Holzkohle und Holzasche vor (Abb. 25A), was auf die Ablagerung von Abfallhaufen, etwa durch die Entsorgung des Inhalts von Herdstellen, hinweist (auch als „midden“ bezeichnet; Wiemann et al. 2012). Derartige Entsorgungsszenarien sind verschiedentlich beschrieben worden (z.B. Wallace 2003b).

In organischen Schichtpaketen kommen auch immer wieder Koprolithen, insbesondere von Herbivoren (Schaf/Ziege, Rind, Abb. 18B), seltener auch von Karnivoren (Hund) und Omnivoren (Schwein, Mensch) vor (Ismail-Meyer et al. 2013). Herbivorenkoprolithen können auch bereits stark fragmentiert und nur noch in Form von Fetzen aus horizontal eingeregelter organischem Material vorhanden sein. Im Gegensatz zu den andernorts dokumentierten subfossilen

Kuhfladen (Akeret und Rentzel 2001) sind sie somit makroskopisch kaum erkennbar. Während Schaf-/Ziege-Koprolithen etwa in Zürich-Alpenquai nachgewiesen werden konnten, gibt es in Zürich-Opéra zwar viele Hinweise auf einzelne Fragmente von Rinderdung, der sich aber oftmals in Schichten mit abgebautem organischem Material befindet, das dem Dung in Teilen recht stark ähneln kann. Auf das Vorkommen von Koprolithen kann aber auch indirekt geschlossen werden: Das gehäufte Vorkommen von Him-/Brombeersamen, bei denen es sich aufgrund ihrer dicken Schalen um verwitterungsresistente Ubiquisten handelt, kann aufgelöste menschliche Koprolithen anzeigen (mündlicher Hinweis Rentzel 2013). Dungschichten konnten vor allem in Zürich-Opéra nachgewiesen werden, so treten sie in den Proben 2240 und 3465 zum Beispiel in Begleitung von Phosphatausfällungen auf (Abb. 32B).

Tabelle 13 Organische Kulturschichten.

Unterschiedliche Ausprägungen organischer Kulturschichten in den untersuchten Fundstellen und in Bezug zu syn- und postsedimentären Prozessen.

Fundstelle	Arten von organischen Kulturschichten
Zürich-Kanalisations-sanierung	Organische Kulturschicht mit viel Detritus
Zürich-Opéra	Organische Kulturschichten mit viel Detritus, Zeichen von Aufarbeitung (vgl. Kapitel 8.2.2), Abbauprozessen und Brandeinfluss (vgl. Kapitel 8.2.1)
Zug-Riedmatt	Organische Kulturschicht in „klassischer“ Ausprägung (=viel organisches Material, vergleichsweise wenige post- und synsedimentäre Prozesse nachweisbar)
Greifensee-Böschchen	Organische Kulturschicht mit Zeichen von Aufarbeitung (vgl. Kapitel 8.2.2)
Zürich-Alpenquai	Organische Kulturschichten mit Zeichen von Aufarbeitung (vgl. Kapitel 8.2.2), Abbauprozessen und Brandeinfluss (vgl. Kapitel 8.2.1)
Viverone I-Emissario	Organische Kulturschicht mit Zeichen von Aufarbeitung (vgl. Kapitel 8.2.2)

Da, wie oben erwähnt, quasi in jedem untersuchten Profil und somit in jeder Fundstelle ganz unterschiedliche Ausprägungen von organischen Kulturschichten vorkommen, ist es schwierig, die organische Kulturschicht einer Fundstelle zu charakterisieren. In Tabelle 13 soll der Versuch unternommen werden, die wesentlichen Eigenschaften der organischen Kulturschicht in den unterschiedlichen Fundstellen und in Bezug auf post- und synsedimentäre Prozesse

(vgl. Kapitel 8.2) darzustellen. Dies kann und soll selbstverständlich nicht abschliessend sein und stellt genaugenommen sogar eine unzulässige Vereinfachung dar. Mit diesen vorausgeschickten warnenden Worten wird es dennoch als Orientierungshilfe für die Leser angesehen und dementsprechend umgesetzt.

Grundsätzlich kann man festhalten, dass die anthropogen verursachte Akkumulation von organischem Material ganz lokal bezogene Muster ergibt. Dies zeigte sich etwa beim Profil 474/178 von Zürich-Opéra. Hier überlappen sich die Proben 2829 und 2827 etwas und die organische Kulturschicht Schichteinheit 659 konnte in beiden Proben erkannt werden. Schwierigkeiten bei der Schichtkorrelation ergaben sich aber bei den während der mikromorphologischen Analyse definierten Substrata. Sie konnten nicht aufgelöst werden und es gelang keine genaue Korrelation, weswegen eine unterschiedliche Nummerierung für stratigraphisch gleiche Substrata verwendet werden musste. Es handelt sich also um stratigraphisch gleiche, aber nicht identische Strata. Die grosse stratigraphische Varianz kommt also bereits bei direkt benachbarten Proben zum Tragen.

In der vorliegenden Studie wurden Schichten, deren hauptsächlichster Anteil aus organischem Material besteht, als organische Kulturschicht bezeichnet. Der Flächenanteil an organischem Material liegt meistens bei mindestens 30%. Die Flächenanteile der in der Schicht vorhandenen Materialien sind überaus variabel, wobei der Anteil an Karbonat beziehungsweise Mikrit meist am geringsten ausfällt. In vielen Fällen liegt er bei 0%, ansonst nicht höher als zwischen 5-10%. Organische Kulturschichten wurden in allen untersuchten Siedlungen angetroffen. Sie haben quasi immer einen gewissen Anteil (vielfach 10-20%) an nicht sortiertem Quarzsand in der Feinsand bis Grobsandfraktion. Auch Holzkohlen sind mit 5-15% regelhaft vertreten. Gesteinsfragmente in der Kiesfraktion sind dahingegen kein zwingender Bestandteil und auf das Vorhandensein von Lehmbrocken in der organischen Kulturschicht zurückzuführen. Neben größeren organischen Komponenten kennt man auch Kulturschichten, die viel amorphes organisches Feinmaterial beinhalten. Je nach Gehalt an Feinmaterial liegt die c/f-Ratio bei organischen Kulturschichten zwischen 7/3 und 3/7. Das hat Auswirkungen auf die c/f-Relativverteilung, die im ersten Fall enaulisch ausfällt, im letzteren Fall aber auch porphyrisch sein kann. Das Mikrogefüge richtet sich zumeist nach der Relativverteilung, ist ansonsten aber als komplex zu bezeichnen, wobei Kavernen als Porenräume überwiegen. Sie sind in der Regel durch die starke Schrumpfung des organischen Materials verursacht worden. Detritusreiche Schicht-

ten haben eine massivere Erscheinung. Weiterhin erwähnenswert ist, dass gerade detritusreiche organische Kulturschichten oftmals keinen oder nur ganz wenig Mikrit enthalten. Dafür ist der vor allem in der Fein- und weniger in der Mittelsandfraktion vorliegende Quarzsand hier oftmals mindestens von mittlerem Sortierungsgrad. Sedimentologisch präsentieren sich die organischen Kulturschichten mit einem oftmals bei 0 liegenden Karbonatwert, einem Glühverlust von über 30 und einem im Vergleich zur Seekreide dreimal höheren Phosphatwert bei ebenfalls stark erhöhtem Humuswert. Auch die pH-Messung sinkt von alkalischen Wert von 8 in der Seekreide auf nur noch knapp über 6, was im nur schwach saurer Bereich liegt, aber einen 100fach höheren Säureanteil als in der reinen Seekreide bedeutet. Dies ist unter anderem verantwortlich für Lösungserscheinungen wie zum Beispiel feingliedrige Karbonate.

Lehmlagen

Häufig finden sich innerhalb der organischen Schichtpakete Lehmaggregate von verschiedener Grösse und Häufigkeit. Daneben kommen auch ganze Lehmlagen oder Lehmschichten in organischen Kulturschichtpaketen oder im Wechsel mit diesen vor. Lehm wurde in den Seeufersiedlungen etwa als Wandbewurf oder für Feuerstellen-, Ofen- und Bodenkonstruktionen verwendet. Lehmlagen bieten einmal mehr einen direkten Nachweis einer Akkumulation von anthropogen eingebrachtem Material, denn die petrographische Analyse der Lehme zeigt, dass sie aus dem Al- und Bt-Horizont etwa eines Luvisols (Parabraunerde) entnommen wurden (siehe auch Abb. 37). Diese Bodentypen bilden sich auf verwitternden Moränen, wie sie im Umfeld vieler Fundstellen auftreten. Ausserdem konnte wiederholt ein karbonatischer Lehm nachgewiesen werden. Besonders deutlich tritt er etwa in Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld in Erscheinung (Schichteinheiten 7.3.7a, c und 7.3.5). Es handelt sich dabei um einen stark sandigen Mikrit mit wenigen Gesteins- beziehungsweise Kiesfragmenten. Der Sandanteil setzt sich schwergewichtig aus fein- bis grobsandigem Quarzsand zusammen. Daneben treten auch nicht wenige Karbonatkörner auf. Molluskenschalen sind ebenfalls vorhanden. Doch oolithische (Abb. 11D) und andere Kalksteine legen nahe, dass es sich hierbei um ältere Ablagerungen und nicht um eine als Baumaterial verwendete Mischung aus Sand/Kies und Seekreide handelt. Letzteres kennt man durchaus aus anderen Fundstellen (Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Hierzu wurde Seekreide mit Grobsand und Feinkies versetzt, wodurch ein gut zu verarbeitender Baustoff entstand. Die Autoren gehen davon aus, dass dieser als Wandlehm

Verwendung gefunden hat. In Hornstaad.Hörnle IA wurde ein seekreidehaltiger Lehm für Fussböden verwendet, was auch beim experimentellen Nachbau eines Hauses nachvollzogen werden konnte (Schöbel 1997).

Tabelle 14 Anthropogene Sedimentation.
Allgemeine Charakteristika der zwei wesentlichen anthropogenen Mikrofazies

Anthropogene Mikrofazies	Grobcharakterisierung
Organische Kulturschicht	Organischer Anteil von >30%, wechselnde Anteile anderer Komponenten. Mikrit dabei aber in der Regel nicht höher als 10%. Sand und Holzkohle kommen immer vor. Diverse Makroreste, aber auch Varianten mit vorwiegend amorphem organischem Feinmaterial
Lehmlage	Tonanteil bis 20%, Sand bis 30%. Meist mit unsortiertem Quarzsand. Besteht in der Regel aus Brocken, die aus verschiedenen Bodenhorizonten stammen können

Lehmlagen bestehen vor allem aus Silt oder Mikrit mit einem variablen Tonanteil von bis zu 20%. Der Sandanteil kann bis 30% betragen, wobei vor allem unsortierter Quarzsand in den Sedimenten nachgewiesen werden kann. Das b-Gefüge fällt bei den karbonatischen Lehmen kristallitisch aus. Die Lehme aus einem Al-Horizont zeigen ein undifferenziertes b-Gefüge, bei Lehmen aus dem Bt-Horizont fällt es zumindest stellenweise kreuzstreifig oder auch getüpfelt aus. In anderen Seeufersiedlung wurde die Verwendung von Beckentonen nachgewiesen (Vogt 2006). Mit Ausnahme von Viverone konnten Lehmlagen in allen untersuchten Fundstellen beobachtet werden. Die Linsenform gilt als die charakteristischste Form, in der Lehme in Seeufersiedlungen vorkommen. Lehmlinsen und ihre Entstehung wurden schon vielfach diskutiert (z.B. Joos 1980, S. 97). Hier wird der weniger vorbelastete Begriff der Lehmlage gebraucht. Damit werden lehmig-sandige und zum Teil kiesreiche Lagen ovaler und zum Teil mehrerer Meter umfassender Ausdehnung bezeichnet. Trotz dieser grossen horizontalen Ausdehnung sind sie meist nur wenige Dezimeter mächtig und laufen randlich zum Beispiel in einem Sandband aus. Meist sind sie, was ihre Zusammensetzung angeht, recht heterogen ausgeprägt. So bestehen sie in der Regel nicht aus einer homogenen Lehmlage, sondern aus einzelnen Brocken, die sich in Bezug auf Lehmart, Tongehalt und zum Teil auch Grad von Hitzeeinwirkung unterscheiden. So ist etwa in Zürich-Alpenquai innerhalb einer Lehmlage eine deutliche Brandkruste zu beobachten (Abb. 53A), die die brockige Ausprägung der Lehmlagen

belegt. Desweiteren kommt Lehm als einzelne Brocken sowohl in organischen Kulturschichten als auch in Seekreiden vor. Im Rahmen der jüngsten Auswertung zu Zürich-Mozartstrasse wurden umfassende Kriterien zur Beurteilung von Lehmbeefunden in Seeufersiedlungen aufgestellt (Ruckstuhl und Ebersbach 2015, S. 60–74): Eine Lehmlage aus verschiedenen Brocken weist eher nicht auf eine Struktur, sondern auf eine Lehmkonstruktion in sekundärer (verstürzt beziehungsweise entsorgt) Lage hin. Dies gilt insbesondere, wenn sie gegeneinander verkippte Oberflächen beinhaltet. Ebenerdige Fussböden *in situ* fallen dahingegen homogen und von gleichmässiger Dicke aus. Die Ober- und Unterseiten sind in der Regel gleichmässig abgestrichen. Es kann jedoch durchaus zu unterschiedlichen Dicken kommen, wie das etwa durch Reparaturen geschehen sein kann.

8.1.3 Fazit zu den Schichtbildungsprozessen

Zusammenfassend lässt sich in den analysierten Profilen also eine Sukzession von limnisch geprägten zu litoralen oder sogar litoral-terrestrischen Sedimenten feststellen. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass der Wasserpegel während Regressionsphasen fällt, wodurch die Besiedlung der flachen Strandplatte ermöglicht wurde. Sowohl die limnischen Sedimente wie auch Anzeichen eines sinkenden Seespiegels lassen sich mikromorphologisch fassen. Ein weiteres wichtiges Kennzeichen dieser natürlichen Schichtbildungsprozesse ist, dass sie in der Regel recht uniform ausfallen und in gleicher Ausprägung über die gesamte Ausdehnung der Siedlung gefasst werden können. Ausnahmen von dieser Regel, wie die granularen Seekreiden im Osten von Zürich-Opéra im Vergleich zu den gebänderten Seekreiden im Westen der Grabungsfläche, können als Änderungen in der Topographie gedeutet werden. Was die Regression im Detail bedeutet und ob eventuell eine Aussage zur Bauweise der Siedlungen getroffen werden kann, soll im Kapitel 8.4 diskutiert werden.

Ausserdem kann in den Dünnschliffen ein erster anthropogener Eintrag erkannt werden, der mit dem Prozess der Gründung der Siedlung und ihres meist sukzessiven Ausbaus einhergeht. Ein eigentlicher Installationshorizont, der sich vor allem über den Nachweis von Kompaktion und Begehung von schwach oder stark organischen Seekreiden unterscheidet, konnte in den Proben nicht direkt nachgewiesen werden. So fällt der mit der Siedlungsgründung zu korrelierende Übergang von durch Seekreide dominierten Sedimenten zu einer hochgradig organischen Schicht, die in der Regel kaum mehr Seekreide aufweist, besonders unmittelbar und somit auch auffallend deutlich aus. Das Fehlen eines Installationshorizonts könnte als Indiz für

eine andere Bauform oder Topographie als in Siedlungen mit deutlich nachgewiesenem Installationshorizont (z.B. Arbon-Bleiche 3) gewertet werden.

Bei der Ablagerung von organischen Kulturschichten handelt es sich um einen Prozess der anthropogen verursachten Akkumulation von Nahrungsresten, Abfällen von Bautätigkeit, von Werktaetigkeit, der Haltung sowie der Fuetterung von Tieren und vielem mehr. Darueber hinaus koennen Rinden und Holzschnipsel auch absichtlich zur Trockenlegung, Isolation und Verbesserung der Begehbarkeit des Untergrundes oder der Hausboeden eingebracht worden sein. Die genaue Betrachtung der diversen organischen Kulturschichten in den verschiedenen Siedlungen hat ergeben, dass zwar eine grobe Charakterisierung dieser Ablagerungen moeglich ist, sie in den meisten Faellen aber zu kurz greift. Wie weiter unten ausgefuehrt wird, kann die durch die Erhaltung gesteuerte Aufloesungsschaerfe als entscheidender Faktor bei der Charakterisierung einer Kulturschicht gelten. Besonders gut erhaltene Kulturschichten weisen eine so hohe Aufloesungsschaerfe auf, dass fast nur die Mikromorphologie in der Lage ist, die jeweiligen Charakteristika zu erfassen. Organische Kulturschichten in Kategorien unterteilen zu wollen, erscheint schon daher als nicht sinnvoll, da sie sich im Bereich von wenigen Zentimetern stark aendern kann. Einzig wenn groessere Ereignisse zur Ablagerung eines homogenen Materials (etwa durch einen Brand) gefuehrt oder postsedimentaere Prozesse stattgefunden haben, kommt es zu einer ueberpraegung, die eine Art gesteigerte Uniformitaet der Schicht erzeugen kann.

Bei der strikten Unterscheidung von natuerlichen und anthropogenen Schichtbildungsprozessen, die hier im Wesentlichen in Anlehnung an Schiffer vorgenommen wurde, faellt auf, dass sie gewisse Schwierigkeiten mit sich bringt. Waehrend Seekreidesedimentation noch eindeutig als natuerlicher Schichtbildungsprozess bezeichnet werden kann, so erscheint diese strikte Zuweisung bereits bei den schwach organischen Seekreiden zumindest als leicht zweifelhaft, da das in ihnen enthaltene organische Material in der Regel auf einen anthropogenen Ursprung zurueckgefuehrt wird. Man muss die hier vorgenommenen Kategorisierungen also eher als eine Art Gradienten denn als eine strikte und exklusive Unterteilung verstehen. Im folgenden Abschnitt soll anlaesslich der Diskussion syn- und postsedimentaerer Prozesse genauer ausgefuehrt werden, dass es sich hier jedoch nicht um einen einfachen Gradienten zwischen den beiden Polen natuerlich und anthropogen handelt und dabei durchaus noch weitere Faktoren zu beachten sind.

8.2 Umweltbedingter und kultureller Einfluss auf Sedimente

“People are geomorphic agents.” (Butzer 1982)

Mittels der Mikromorphologie können im Wesentlichen zwei Kategorien von Eigenschaften einer Schicht unterschieden werden (Renfrew und Bahn 2008, S. 242): Es handelt sich zum einen um Eigenschaften, die in Zusammenhang mit Bodenbildungsprozessen stehen, zum anderen um gewisse Merkmale einer Schicht, die von Menschen verursacht oder durch ihn modifiziert wurden. Vor allem wird versucht, charakteristische Merkmale zu erkennen, die Hinweise auf die Quelle beziehungsweise den Ursprung des Sediments geben können. Im Falle der Schichtbildungsprozesse ist trotz einiger Einschränkungen eine grundsätzliche Unterscheidung in kulturelle (c-Transformationen) und natürliche (n-Transformationen) Schichtbildungsprozesse möglich (Kapitel 8.1). Im folgenden Kapitel soll es aber nicht um die Identifizierung der Quelle eines Sediments gelten, sondern auch um mögliche Veränderungen, die sich zwischen dem Beginn der Ablagerung und der Aufdeckung (während der Ausgrabung) eines Sediments abgespielt haben. Es handelt sich dabei also um die Identifizierung von syn- und postsedimentären Prozessen. Zunächst gilt es nun, diese Begriffe genauer zu definieren: Beide Begriffe sind der Geologie entlehnt und dienen der Bezeichnung von Vorgängen, die einerseits noch während der Ablagerung eines Sediments ablaufen (=synsedimentär) oder andererseits nach der Bildung eines Sediments in Kraft getreten sind (=postsedimentär).

Grundsätzlich bleibt es auch im Fall der syn- und postsedimentären Prozesse bei einer Unterteilung in natürliche (beziehungsweise umweltbedingte) und in kulturelle Prozesse. Die Entscheidung des Menschen, ein Gebäude oder eine Siedlung zu bauen beziehungsweise sie wieder zu verlassen, fällt in den Bereich der kulturellen Formationsprozesse, während natürliche Prozesse regeln, wie die in der Siedlung enthaltenen Artefakte und die Siedlungsreste selber begraben und überliefert werden (Renfrew und Bahn 2008, S. 54). Mit Hilfe eines einfachen Ablaufdiagramms soll an dieser Stelle verdeutlicht werden, dass jeder dieser Prozesse neben einer natürlichen oder anthropogenen Ursache auch eine entsprechende Wirkung auf das Sediment hat (Abb. 72). Diese Merkmale sollen im Folgenden identifiziert und über den zugrundeliegenden Prozess die jeweilige Ursache erschlossen werden.

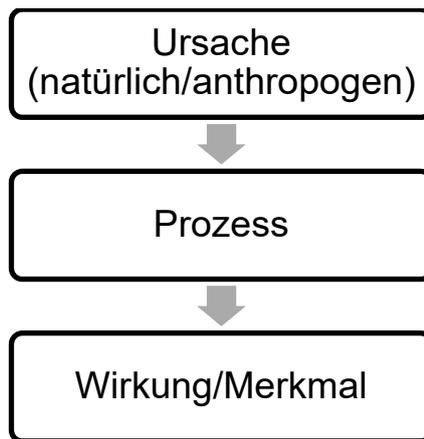


Abbildung 72 Ablaufdiagramm.
Rudimentäre Charakterisierung der drei wesentlichen Elemente syn- und postsedimentärer Prozesse.

Am Beispiel von Nutzungsoberflächen (Occupation surfaces) in Tellsiedlungen haben Thierry Gé et al. (1993) vier elementare Prozesse von menschlichen Handlungen definiert. Es handelt sich um Akkumulation (accumulation), Erosion (depletion), Neuverteilung (redistribution) und Umwandlung (transformation). Diese lassen sich grundsätzlich auch in den hier untersuchten Sedimenten erkennen und bilden – ohne explizit genannt zu werden – auch den entsprechenden Rahmen der hier getroffenen Prozessunterteilung. Im Folgenden sollen sie jedoch nicht nur für menschliche Handlungen, sondern auch zum Beschreiben natürlicher Einflüsse angewendet werden. Generell werden also natürliche und anthropogene Ursachen unterschieden, die zum Ablaufen verschiedener Prozesse führen, die wiederum eine erkennbare Wirkung auf die hier untersuchten Sedimente haben.

Bisherige Studien zu Seeufersiedlungen befassen sich insbesondere mit der Frage nach dem Seespiegel zur Besiedlungszeit und der damit verbundenen Konstruktionsweise der Häuser (abgehoben/ebenerdig: Wallace 1999; Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Syn- und postsedimentäre Prozesse fanden zwar jeweils durchaus Berücksichtigung, standen aber nie im Zentrum der Untersuchung. Dabei ist es zentral, die Formationsprozesse zu verstehen und einen möglichst grossen Teil der Prozesse zu identifizieren, die steuern, was während und nach der Ablagerung genau geschieht. In der vorliegenden Studie standen daher besonders diese syn- und postsedimentären Prozesse im Fokus und deren Einfluss auf die Schichtgenese in Seeufersiedlungen sollte untersucht werden. Dabei wurde ein Schema von Maja J. Kooistra (1990) aufgegriffen (Abb. 73), das die systematische Analyse der zum Teil recht subtilen Prozesse ermöglichen soll und hier kurz vorgestellt werden soll: Es basiert in erster Linie auf der ge-

nauen Identifikation bestimmter Merkmale, welche die im Fokus stehenden syn- und postsedimentären Prozesse reflektieren. Die jeweiligen Merkmale sollen darüber hinaus lokalisiert und in ihrer Verteilung auf der Fundstelle (vor allem im Fall von Zürich-Opéra) analysiert werden. Ein weiterer wichtiger Punkt ist das Inbeziehungsetzen und Quantifizieren der entsprechenden Merkmale. Das findet im Wesentlichen in der hier verwendeten Datenbank statt. Sind die Merkmale einmal identifiziert und lokalisiert, können sie auf syn- und postsedimentäre Prozesse zurückgeführt werden und ermöglichen Aussagen über Stärke und Frequenz dieser Prozesse sowie deren Beziehungen zu natürlichen und anthropogenen Ursachen. Eine wichtige Fragestellung ist die Aktualität der postsedimentären Prozesse, genauer ob sie gestoppt sind oder ein fortlaufendes Gefährdungspotential für die Erhaltung der Siedlungsschichten darstellen. Über Extrapolation und Generalisierung können schliesslich Modelle aufgestellt werden, welche die Überlieferungsbedingungen von Schichten aus Seeufersiedlungen erklären oder auch Vorhersagen über das Aussagepotential von Funden aus Siedlungsschichten (beeinflusst durch Umlagerung) oder zu Erhaltungschancen gemacht werden.

In diesem Kapitel wird eine strikte Trennung in syn- und postsedimentäre Prozesse vorgenommen. Im Detail ergeben sich daraus einige Schwierigkeiten: So kann etwa Verwitterung als Transformationsprozess sowohl syn- wie postsedimentär stattgefunden haben. Das Gleiche gilt für Erosion und Wiedereinlagerung (Neuverteilung). Somit soll und kann die hier vorgenommene Einteilung nicht exklusiv sein und funktioniert nur unter Annahme gewisser Prämissen (z.B. das Ausbleiben eines vollständigen Trockenfallens der organischen Kulturschichten nach deren Ablagerung). Es wird ausserdem jeweils versucht die Prozesse voneinander abzugrenzen, wie das bei synsedimentärer Umlagerung und postsedimentärer Erosion der Fall ist.

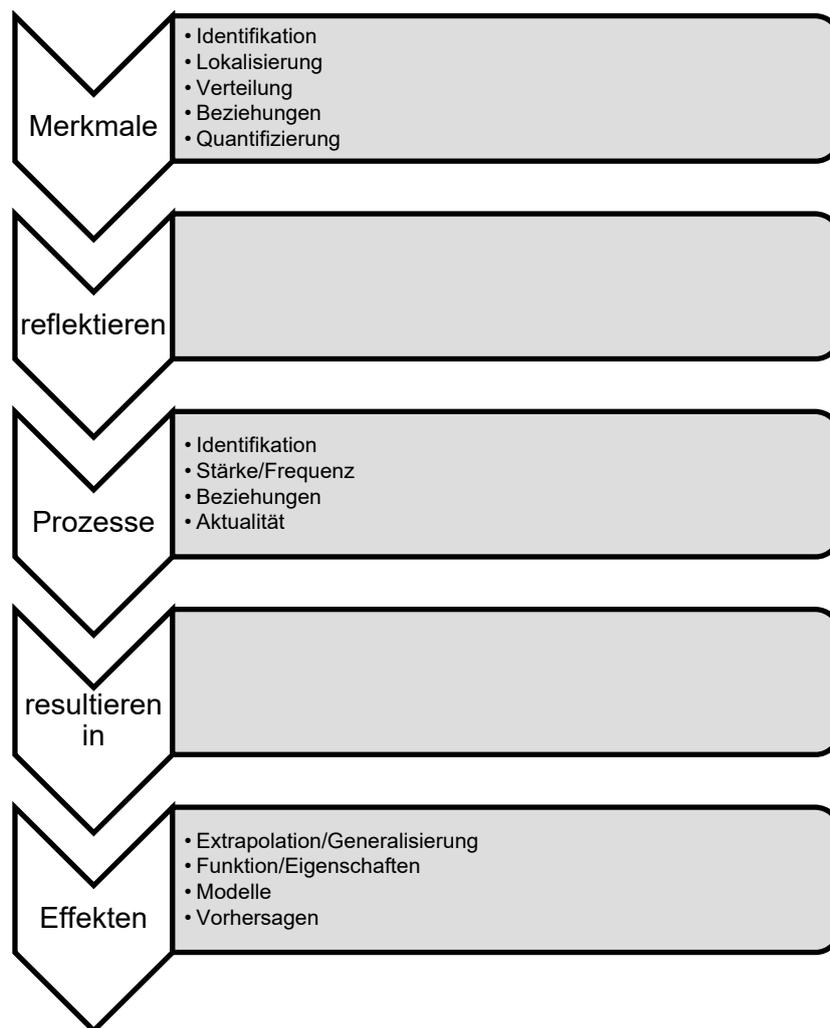


Abbildung 73 Gerüst der zugrundeliegenden Arbeitsweise als Ablaufdiagramm.
 Grafik erstellt auf einer Grundlage von Kooistra 1990.

8.2.1 Syntsedimentäre Modifikationen und Umlagerungsprozesse

Als erstes sollen also die syntsedimentären Modifikationen und Umlagerungsprozesse betrachtet werden. An erster Stelle der n-Transformationen stehen hier Einflüsse der Verwitterung beziehungsweise des Abbaus oder der Humifizierung des organischen Materials. Grundsätzlich bedingt die meist hervorragende Erhaltung von Artefakten aus organischem Material sowie von pflanzlichen Makroresten eine rasche (Wasser-) Bedeckung sowie das Ausbleiben eines Trockenfallens seit der Zeit der Ablagerungen, also bei den hier untersuchten Siedlungen zum Teil seit 5000 Jahren und mehr. Dennoch werden bei mikromorphologischen Studien an organischen Schichten von Seeufersiedlungen immer wieder kurzzeitige Überschwemmungen, sei es durch Bäche aus dem Hinterland oder durch den See selbst, angetroffen, die zur Erosion, Wiedereinlagerung und/oder Überprägung durch ein anderes Sediment (fluviatiler Sand oder

limnisches Karbonat) führen können. In Verbindung mit c-Transformationen, wie lokaler Abfallentsorgung, Tierhaltung in Pferchen oder dem Brand von Häusern oder der gesamten Siedlung, ergibt sich ein Palimpsest, in dem syn- und teilweise auch postsedimentäre Prozesse zu einer Überprägung der ursprünglich abgelagerten Schicht führen. Dies kann sehr subtil und innerhalb einer im Feld als zusammengehörend erachteten Schicht geschehen (z.B. in Ismail-Meyer und Rentzel 2004) oder auch deutlich ausgeprägte Wechsellagen von lehmiger Schicht, organischer Schicht und Seekreide hervorrufen (z.B. Zürich-Alpenquai, siehe auch Wiemann et al. 2012).

Synsedimentärer Einfluss von Austrocknung und subaerischer Verwitterung

Die subaerische Verwitterung, beziehungsweise der Abbau von organischem Material, liess sich häufiger nachweisen (z.B. in Zürich-Opéra), als man angesichts der allgemein hervorragenden Erhaltungsbedingungen in Seeufersiedlungen denken mag. So zeichnet sich eine Feuchtbodenfundstelle beziehungsweise eine Seeufersiedlung insbesondere durch eine hervorragende Erhaltung von organischen Materialien aus, seien es Artefakte oder Ecofakte (Renfrew und Bahn 2008, S. 70). Diese gute Erhaltung wird für gewöhnlich damit begründet, dass die Funde beziehungsweise die Fundstellen seit ihrer Auffassung konstant in einer wassergesättigten Matrix beziehungsweise von der Luft abgeschlossen waren. Fällt eine Fundstelle auch nur saisonal trocken, so kann es zu Verwitterungs- und Zersetzungsprozessen kommen. Organische Materialien und Sedimente treten in der Regel an der Erdoberfläche als Humus auf, in den organische Materie sich aufgrund von Zerfallsprozessen umwandelt. Humus ist *“composed of large molecules of heterogeneous polymers formed by the interaction of polyphenols, amino acids, polysaccharides and other substances”* (FitzPatrick 1986, S. 110–111) und bezeichnet zusammen mit organischer Materie im Prinzip alles tote Pflanzenmaterial, das man in Böden und Sedimenten findet. Dabei kommt Humus in verschiedenen Formen und Ausprägungen vor, die sich aber eher nach den chemischen als nach den lichtmikroskopisch erkennbaren Charakteristika richten (Bohn et al. 2001). In schlechter entwässerten Umgebungen verlangsamen Wasser und die damit verbundenen anaeroben Bedingungen die Zerfallsprozesse des organischen Materials, wodurch Akkumulationen in Form von torfartigen Sedimenten entstehen können (Goldberg und Macphail 2006, S. 26–27). Die guten Erhaltungsbedingungen gelten jedoch nicht automatisch für alle organischen Materialien in gleicher Weise und in jedem Sedimentationsraum. Während Moore zum Beispiel für pflanzliche Bestandteile recht günstig sind, erhalten sich Knochen dort aufgrund des Säuregehalts weniger gut.

Darüberhinaus ist zu beachten, dass die Abbauraten von organischem Material sogar grösser sein können als an Land (Bleicher und Schubert 2015; Ruckstuhl und Ebersbach 2015, S. 58). Bedingung für die Erhaltung der organischen Kulturschichten ist demzufolge das Auftreten einer Sauerstoffzehrung. Dieser Zustand kann sich einstellen, wenn ein vorgängiger extrem hoher Abbau, bedingt etwa durch einen sehr hohen Nährstoffeintrag, zum Aufbrauchen des verfügbaren Sauerstoffs geführt hat. Somit müssen Verwitterungsspuren an organischem Material nicht automatisch auf ein Trockenfallen der organischen Kulturschichten schliessen lassen. Im Kontext von Seeufersiedlungen können gewisse Abbauarten wie das Vorkommen von Pilzsporen oder auch von Milbenkot auf das „Offenliegen“ einer Schicht hindeuten. Dabei muss jeweils kontrolliert werden, ob es sich bei den Abbauarten um allochthone oder eine autochthone Bildungen handelt.

Nach Mark H. Stolt und David L. Lindbo (2010, S. 369) stellt das organische Material den dynamischsten aller Bestandteile des Bodens dar. In warmen und feuchten Milieus, dort wo Mikroben und Wirbellose am aktivsten sind, können feine organische Bestandteile wie dünne Wurzeln bereits in wenigen Tagen abgebaut werden (Hendrick und Pregitzer 1997; Tingey et al. 2000; Arnone et al. 2000). Unter diesen Einschränkungen ist die untersuchte Probe nur eine Momentaufnahme der Bedingungen beziehungsweise der Schichtbildung zum Zeitpunkt der Beprobung. Unter anaeroben Bedingungen oder in begrabenen Oberbodenhorizonten kann der Zerfall dagegen sehr langsam vorangeschritten sein und der Dünnschliff spiegelt einen stabileren Zustand wieder. In einigen Fällen kann der Zerfall auch mehrere Jahrhunderte dauern beziehungsweise nach einem stärkeren Abbau in den ersten zehn Jahren eine Art Stabilisierung eintreten (Gaudinski et al. 2000; Lutzow et al. 2006). Für Böden, also unter weitgehend aeroben Bedingungen, wird so auch eine Zeitspanne für den Abbau von organischen Resten zu organischem Feinmaterial und Pigment innerhalb von zehn Jahren erwähnt (Stolt und Lindbo 2010, S. 373). Obwohl die Erforschung der Humus-Horizonte in der Bodenmikromorphologie eher ein Spezialgebiet darstellt, belegen entsprechende Studien ihre durchaus gute Eignung für derartige Fragestellungen (Babel 1997). So hat sie zum Beispiel mehr Möglichkeiten als andere Disziplinen, morphologische Veränderungen direkt am organischen Material nachzuweisen.

Der Abbau von Pflanzenmaterial kann als analog zur Mineralienverwitterung betrachtet werden (Stolt und Lindbo 2010, S. 371). Dieser Abbau läuft in einer Reihe von Transformationen ab, die als fundamentale bodenbildende Prozesse gelten (Simson 1959; Fanning und Balluff

Fanning 1989; Buol 2003). Es ist möglich, den Abbau von organischem Material anhand morphologischer Veränderungen festzustellen (FitzPatrick 1993, S. 156). Dabei kann es etwa zu Deformationen kommen, in anderen Fällen auch zum Bewuchs mit Myzelium oder Aktinomyzeten. Anderes organisches Material kann durch Arthropoden zerkleinert werden, wobei man deren Wirken vor allem anhand ihrer Ausscheidungen festmachen kann. Bei fortschreitendem Zerfall kann es etwa bei Graswurzeln zum Verschwinden des organischen Materials kommen, während anderes organisches Material in eine dunkelbraune, isotrope und amorphe Substanz, also den Humus, umgewandelt wird (Francé-Harrar 1957; Berg und McClaugherty 2008). Die wesentlichen Transformationen sind anhand von Wurzeln bei Gary A. Blazejewski et al. (2005) beschrieben:

0. Kein Abbau erkennbar. Der innere Teil sowie die Hülle der pflanzlichen Komponente sind erkennbar.
1. Beginnender Abbau führt zu einer Entfärbung des Gewebes und zu einer Deformation der Zellstruktur und –form
2. Fortschreitender Abbau führt zur Rissbildung entlang von Zellwänden und lässt somit Öffnungen im Zellverbund entstehen.
3. Am Ende des Abbaus sind keine Zellen mehr sichtbar und nur der grobe Umriss der pflanzlichen Komponente bleibt erhalten.
4. Die ursprüngliche Form geht komplett verloren und eine Feinmasse aus versprengtem organischem Material mit integrierten mineralischen Komponenten entsteht.

Stufe 4 entspricht also in etwa dem hier öfters erwähnten amorphen organischen Feinmaterial. Der grösste Anteil des Abbaus von Pflanzenmaterial geht zwar auf mikrobielle sowie Fauna-Aktivität (bei einem pH-Wert über 4) zurück, dennoch kommt es auch zu physikalischen Prozessen in Zusammenhang mit Austrocknung, Befeuchtung und Trocknung sowie in manchen Fällen noch Frost-Tau-Zyklen (Stolt und Lindbo 2010, S. 371). In der vorliegenden Studie wurde der Erhaltungszustand von organischem Material grob mit den folgenden Kategorien festgehalten: gut, mittel, eher schlecht, schlecht, abgebaut. Daneben wurde die Doppelbrechung im XPL als Zeichen für das Vorhandensein von semi-kristalliner Zellulose notiert. Die Umwandlung selbst wurde mit den bei Stoops (2003, S. 89) und Ulrich Babel (1997) definierten Begriffen festgelegt (Tab. 15). Das Vorkommen von Pilzsporen, Sklerotien, Milbenkot und Dopplerit wurde separat festgehalten und mit den bekannten Mengestufen quantifiziert.

Tabelle 15 Umwandlungsprozesse.

Verschiedene Umwandlungsprozesse und ihre wichtigsten Erkennungsmerkmale. Nach Stoops 2003 und Babel 1997.

Umwandlungsprozess	Erklärung	Erkennbar an:
Deformation (Zellstruktur)	Resultiert aus Schrumpfung oder chemischer Verwitterung	Erkennbar etwa an Deformationen in zusammenhängenden Geweberesten.
Verbraunung	Aufgrund der Bildung von färbenden Protein-komplexen	Braunes isotropes organisches Material
Ausbleichung	Basiert auf der chemischen Dekomposition von Farbstoffen. Dafür kommen Ständerpilze (Basidiomycota) in Frage, was wahrscheinlich mit Weissfäule zusammenhängt	Insbesondere an Wurzeln erkennbar
Schwarzfärbung	Einfärbung bei Beibehaltung der Zellstruktur. Geschieht in wassergesättigten Sedimenten	Nur an Geweberesten erkennbar
Gelifikation	Organisches Material wird zu einer gelartigen Masse umgewandelt	Amorphes organisches Feinmaterial (zum Teil mit polygonalen Rissen=Dopplerit)
Verbreiung	Fragmentierung durch Bodenfauna, Aufhebung der Zellstruktur	Z.B. Ausscheidungen von Bodenorganismen oder auch grösseren Tieren
Dislozierung von Zellen	Zerstörung des interzellulären Materials	Einzelne Zellen nicht im Gewebeverbund
Pilzbefall	Das Plektenchym von Pilzen ersetzt Teile der Pflanze beziehungsweise des Gewebes	Pilzhypen, Sporen und Sklerotien
Imprägnation	Zum Beispiel mit Eisenhydroxiden	Sehr schwer nachzuweisen, vgl. Wallace 1999, 60-66
Verschwinden	Teile des pflanzlichen Gewebes verschwinden aufgrund von Mineralisation oder Lösung	Der Nachweis kann nur über charakteristische Hohlräume, z.B. Wurzelkanäle, gelingen

Weiter gilt zu beachten, dass die verschiedenen Teile von Pflanzen unterschiedliche Anfälligkeiten für Verwitterung aufweisen. In aufsteigender Widerstandsfähigkeit können Phloem, Kollenchym, Parenchym, lignifiziertes Gewebe, Epidermis und schliesslich phlobaphenreiche Gewebe aufgeführt werden (FitzPatrick 1993, S. 156). Ausserdem sind etwa Tannennadeln widerstandsfähiger gegenüber Abbau als Blätter von Laubbäumen (Bal 1970; Ampe und Langohr 2003; Stolt und Lindbo 2010, S. 381).

In Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld war das organische Material trotz der langen Lagerung und der offensichtlichen Beeinflussung durch Bodenorganismen (Abb. 3) oftmals noch gut erhalten. Auch etwas Doppelbrechung ist am organischen Material der organischen Kulturschichten zu erkennen (z.B. Schichteinheit 7.3.8). Das wenige organische Material in den Lehmlagen ist schlechter erhalten. In der Brandschicht 7.3.6 ist das unverkohlte organische Material sehr schlecht erhalten und es kam zur Gelifikation inklusive Doppleritbildung. Eine Besonderheit stellen die schwarzopaken Eisen-/Manganbeläge in der stark organischen Seekreide 8b dar (Abb. 9D). Da dieses Pedofeature in keiner anderen Fundstelle beobachtet wurde, scheint es sich wie schon beim extrem häufigen Milbenkot um eine rezente Bildung zu handeln. Während der Zustand des organischen Materials zumindest in den wenigen ausgewählten Proben von Zug-Riedmatt immer als bei leichter Verbraunung mittel bis gut erhalten charakterisiert werden konnte, fällt die heterogene Erhaltung in Zürich-Opéra sofort ins Auge. Neben der häufigen Verbraunung konnten seltener Ausbleichen, Dislozierung von Zellen und anhand von Wurzelkanälen in Lehmlagen (Abb. 12A) auch Verschwinden nachgewiesen werden. Am häufigsten treten allerdings Pilzbefall, Verbreitung und Gelifikation auf. Der Zustand des organischen Materials ist nur in vereinzelt Fällen mit gut zu bezeichnen. Es überwiegt die mittlere Zustandskategorie mit ebenfalls häufig schlecht oder bereits im abgebauten Stadium erhaltenem organischem Material. Die Erhaltung ist oftmals selbst innerhalb einer Schichteinheit als heterogen zu bezeichnen: Es kommt sowohl die mittlere Erhaltungskategorie wie auch abgebauten Material vor. Dabei zeigt sich, dass das organische Material in Lehmlagen zwar schlecht erhalten ist, es aber nicht zur Verbreitung oder Gelifikation kam. Ganz anders ist das in den organischen Kulturschichten, wo letztere Prozesse sehr häufig nachgewiesen werden konnten (Abb. 21B). Das organische Material von Greifensee-Böschchen ist eher schlecht erhalten und zeigt neben ausgeprägter Verbraunung weitergehende Abbauprozesse in Form von organischen Aggregaten und Sklerotien. Die rezenten Schilfwurzeln, die sich dort in allen Schichten finden, sind ausgebleichen. Im Fall von Zürich-Alpenquai sind wieder mehr

Umwandlungsprozesse inklusive organischer Kulturschichten mit Abbauspuren nachgewiesen. Das wenige organische Material im Kulturschichtrest von Viverone ist zwar fragmentiert, aber doch recht gut erhalten und zeigt sogar noch eine leichte Doppelbrechung.

Um diese organischen Kulturschichten mit Spuren von Verwitterung beziehungsweise Anzeichen für Pilzbefall, Verbreitung und Gelifikation von den ebenfalls vorhandenen, besser erhaltenen organischen Kulturschichten abzugrenzen, wurden sie im Anhang und in der Datenbank mit dem Zusatz (abgebaut) bezeichnet. In diesen Schichten zeichnet sich das organische Material vor allem durch eine verbreite Form aus, die an Wiederkäuerung erinnert und die Unterscheidung von diesem ebenfalls nachgewiesenen Bestandteil nicht leicht macht. Die fraglichen Bereiche enthalten immer recht viele mineralische Bestandteile wie Quarzsand. Es gibt in der Regel Zonen mit mehr Gewebe, die sich mit Bereichen aus vorwiegend amorphem organischem Feinmaterial beziehungsweise Detritus abwechseln. Das darin enthaltene organische Material ist in der Regel rötlich-braun gefärbt. In manchen Proben fällt die Färbung sogar sehr stark rötlich aus (z.B. Zürich-Opéra: Profil 495/134 mit Probe 3631). Im oberen Bereich der organischen Kulturschicht gibt es dunkelbraune bis schwarze organische Aggregate. Relativ häufig kann in den abgebauten organischen Kulturschichten die Bildung von Dopplerit nachgewiesen werden. Bei Dopplerit handelt es sich um ein gelartiges Umwandlungsprodukt von organischem Material, das oft in Braunschlamm Böden (Dy) oder Mooren auftritt (Stolt und Lindbo 2010, S. 385–386; Babel 1975). Die schwarzopaken organischen Aggregate erinnern stark an Dopplerit und können mit Pilzsporen durchsetzt sein (Zürich-Opéra: Profil 475/142.9 mit Probe 12695). Es handelt sich dabei aber nicht um den gleichen Prozess wie bei der Doppleritbildung, jedoch trotzdem um eine komplette Auflösung des organischen Materials beziehungsweise um einen sehr starken Zerfall analog der Stufe 4 nach Blajewski (2005).

Im Vergleich mit rezenten Humus-Formen (Ehrmann 2014) fehlt den organischen Kulturschichten das typische Krümelgefüge, das sich aufgrund der starken Aktivität bodenwühlender Organismen bildet (Courty et al. 1989, S. 148). Eine grössere Ähnlichkeit weisen vor allem die abgebauten organischen Kulturschichten mit ebenfalls stark abgebautem Torf auf (Babel 1975, S. 443 Abb. 50; Weber et al. 2010, S. 19 Abb. 12B). Letzterer kann ebenfalls unterschiedliche Lagen zeigen, etwa Zonen mit gut erkennbaren Geweberesten und andere Zonen mit kompaktierten Bändern aus amorphem organischem Feinmaterial. Die erwähnten Schichteinheiten mit unterschiedlichen Erhaltungsbedingungen für organisches Material betreffen die

Kulturschicht 13 in Zürich-Opéra, was auf eine grosse Variabilität innerhalb dieser Schicht hinweist. Doch auch in den noch organisch erhaltenen Kulturschichten 14 und 15 der gleichen Fundstelle ist abgebautes organisches Material mit Pilzsporen, Sklerotien und Dopplerit nachgewiesen. Die sedimentologisch in den organischen Kulturschichten beobachteten pH-Werte von um 6.3 entsprechen einem leicht saueren Spektrum, was auf den Einfluss von Abbauprozessen hindeutet. Die differentielle Erhaltung von organischem Material betrifft insbesondere Hölzer und Rinden. Im Fall der Rinden kann dies auf enthaltene Phlobaphene zurückgeführt werden (Stolt und Lindbo 2010, S. 373). In anderen Fällen kann auf die bereits diskutierte unterschiedliche Anfälligkeit der einzelnen Pflanzenteile für Verwitterung verwiesen werden (siehe oben). Dabei muss aber beachtet werden, dass nicht nur in Zug-Riedmatt, sondern auch in Zürich-Opéra exzellente Erhaltungsbedingungen nachgewiesen sind, wie etwa an grünen Blättern sichtbar, bei denen sich das Chlorophyll noch nicht in Phäophytin umgewandelt hat. Nichtsdestotrotz zeigen die mikromorphologischen Untersuchungen, dass es in den Kulturschichten durchaus unterschiedliche Erhaltungsstadien des organischen Materials gibt.

Handelt es sich bei den organischen Kulturschichten also um torfähnliche Bildungen, die aufgrund von anaeroben Gärprozessen entstanden sind? Oder gar um unter Wasser abgelagerte Schichten, wie die horizontale Einregelung der Schichten nahelegen würde? Dieser Eindruck muss aufgrund der Nachweise von Milbenfrass, Sklerotien und Pilzsporen relativiert werden. Sklerotien sind zwar nachweislich auch mit Lehmbrocken in die organischen Kulturschichten eingebracht worden (Abb. 20B), sind aber ebenfalls eindeutig an Rindenfragmenten und anderem organischen Materialien nachgewiesen (Abb. 30B). Es ist leider nicht möglich, die Hyphen und Sporen einzelnen Pilzarten zuzuweisen, was eine Bestimmung der Umweltbedingungen während ihrer Bildung erschwert. Unter Sauerstoffabschluss ist aber grundsätzlich eher von einem bakteriellen Holzabbau beziehungsweise höchstens von Moderfäulepilzen auszugehen (Björdal 2000; Łucejko 2010; Schweingruber 1976). Somit stellen Pilzsporen und Exkrementen von Milben innerhalb von organischem Gewebe und Holzresten weitere Hinweise auf aerobe Verwitterungsprozesse dar. Sie können zum einen rezent sein, wie am Beispiel der (zu) lange gelagerten Proben aus Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld gezeigt werden konnte, andererseits müssen sie andernorts (etwa in Zürich-Opéra) als klar synsedimentär gelten. Damit solche Prozesse zum Tragen kommen, muss man von einer periodisch verringerten Wasserbedeckung ausgehen. Vermutlich zeichnen sich darin die jahreszeitlich bedingten Schwankungen des Seespiegels ab. Die Möglichkeit, dass es sich hier um allochthone Bildungen handelt, kann allerdings nicht ausgeschlossen werden. Dagegen sprechen würde

allerdings die oftmals intensive und grossflächige Durchsetzung der Kulturschicht mit Pilzsporen. Dabei beginnt etwa der Pilzbefall bei an der Oberfläche liegenden Hölzern bereits innerhalb von Stunden. Nach nur wenigen Monaten ist das Holz schliesslich komplett durchwachsen (Schweingruber 1990, S. 192).

Aus dem leider gescheiterten Kulturschichtexperiment (Kapitel 7.1) lassen sich zwei Dinge entnehmen: Die Doppelbrechung des organischen Materials ist im Experiment deutlich zu erkennen und hat ihren Ursprung in der enthaltenen Zellulose. Die ist hier in der kurzen Zeit noch nicht abgebaut, während sie bei der originalen organischen Kulturschicht weitgehend verschwunden ist oder zumindest eine Verbraunung stattgefunden hat. Semi-kristalline Zellulose ist nur in organischem Material enthalten, das kaum mikrobiellen Schaden genommen hat (Huisman 2009, S. 205). Die Zellulose verschwindet sogar sehr schnell, wenn Bakterien oder Pilze das organische Material angreifen. In manchen organischen Kulturschichten liegt das pflanzliche Material in feinsten Partikeln vor. Es handelt sich dabei um sogenannten organischen Detritus, der aus feinstem organischem Gewebe, einzelnen Zellen sowie amorphem organischem Feinmaterial besteht. Derartige Schichten traten ebenfalls in Zürich-Opéra auf. Der Entstehungsprozess von solchem Detritus wird mit demjenigen im oberen Actrotelm eines Moores verglichen (Lindsay 2010; Ismail-Meyer et al. 2013). Während niedrigen Wasserständen im Sommer kann der obere Bereich der organischen Schicht austrocknen, wobei es dann zur Bildung von feinem Detritus kommt. Auch eine Aufarbeitung organischer Sedimente infolge Wellenschlags beziehungsweise eine Kombination beider Prozesse ist denkbar. Dagegen sprechen sich Niels Bleicher und Beatrice Ruckstuhl (2015, S. 94–95) aus, die aufgrund der Topographie der Uferplatten eine moorähnlichen Wasserverhältnisse nicht für möglich halten. Im Dünnschliff erkennt man in diesen Schichten vor allem amorphes organisches Feinmaterial sowie einzelne Zellen. Am organischen Material aus dem Kulturschichtexperiment fällt auf, dass das organische Material, das im dauerhaft wasserbedecktem Bereich lag, nicht so reich an braungefärbtem amorphem organischem Feinmaterial war und es darüber hinaus recht faserig ausfiel (Abb. 68C). Es unterscheidet sich vom organischen Feinmaterial, das in den oberen Bereichen nachgewiesen werden konnte und stärker abgebaut erscheint. Das Experiment müsste sicherlich unter kontrollierten Bedingungen, von längerer Dauer und mit mehr Proben wiederholt werden, um gesicherte Aussagen treffen zu können. Auch die Wasserbewegung hat offenbar eine Rolle gespielt (Auswaschung und Bewegung der Komponenten).

Doch scheint sich hier anzudeuten, dass zumindest innerhalb der kurzen Dauer des Experiments mehrheitlich aerobe Verwitterung zur Bildung eines Detritus geführt hat, wie er auch in prähistorischen Seeufersiedlungen vorkommt.

Begehung und Verdichtung

Begehung und die damit verbundene Verdichtung von Sedimenten sind als c-Transformationen oftmals schwieriger nachzuweisen als natürliche Prozesse. Begehungsspuren beziehungsweise Trampling sind jedoch ein gut bekanntes Phänomen aus Studien an Siedlungen im Mineralbodenbereich (Courty et al. 1989; Matthews 1995) und wurden sowohl für terrestrische Sedimente wie auch für Seekreide experimentell nachvollzogen (Rentzel und Narten 2000). Der Nachweis im Feuchtbodenbereich gilt hingegen gerade bei organischen Sedimenten als sehr schwierig (Ismail-Meyer et al. 2013). Als mikroskopisch und teilweise makroskopisch erkennbare Merkmale von Gelniveaus gelten (Rentzel und Narten 2000, 123):

- Eine gegenüber dem Ausgangsgestein veränderte Mikrostruktur, was sich in spezifischen Poren- und Gefügetypen äussert.
- Die interne Organisation der Ablagerung; unter anderem ausgerichtete Bestandteile, fein geschichtete Krusten oder horizontale Risse.
- Deformationsphänomene und Entmischungserscheinungen.
- Eine Anreicherung und Umlagerung von mineralischen und organischen (inklusive phosphathaltigen) Stoffen.
- Eine allgemeine mechanische Beanspruchung, mit Verrundung und Fragmentierung der Komponenten (z.B. Keramik, Knochen, Holzkohle, Lehmbrocken).

Im Hinblick auf den schwierigen Nachweis von Begehung in organischen Schichten und wie bereits in Kapitel 8.1.2 ausgeführt, wären Spuren von Begehung vor allem am Beginn der organischen Kulturschichtablagerung im Sinne eines Installationshorizonts beziehungsweise auf Höhe der obersten Seekreideablagerung als Spuren einer ersten Bautätigkeiten zu erwarten. Sie konnten auch in anderen Seeufersiedlungen nachgewiesen werden (Ismail-Meyer und Rentzel 2004, S. 15). Daneben können Baulehm, vor allem im Sinne von *in situ*-Lehmböden, oder andere vor allem minerogen geprägte Schichten Begehungsspuren aufweisen, während

für den schwierig zu erbringenden Nachweis von Trampingspuren in organischen Kulturschichten die „Elastizität“ dieser Schichten angeführt wird (Ismail-Meyer et al. 2013). In den hier untersuchten Proben wurde kein Hinweis auf eine Begehung gefunden. Die oberste Seekreidelage wirkt verschiedentlich leicht kompaktiert, weitere und deutlichere Hinweise auf Trampling – gerade im Vergleich mit den experimentellen mineralischen Proben von Philippe Rentzel und Gesa-Britt Narten (2000) – fehlen jedoch, um eindeutig von einer Begehung sprechen zu können. Unabhängig davon gibt es eine Debatte um die Begehbarkeit einer Seekreide in Abhängigkeit mit ihrem Wassersättigungsgrad, denn die wenigen bisher nachgewiesenen Trittsiegel in Seeufersiedlungen haben stets zu einer massiven Strukturveränderung der Seekreideschicht geführt (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 55–56). Es ergibt sich die fast paradoxe Situation, dass „angetrocknete“ Seekreide zwar begangen werden kann, sich daraus aber weitere Fragen in Bezug auf den für die organische Erhaltung notwendigen Feuchtigkeitsgehalt der Kulturschicht ableiten lassen. Eine sehr nasse Seekreide vermag sicherlich per Kapillarkwirkung die organische Kulturschicht zumindest grösstenteils feucht zu halten. Es wäre interessant, einmal experimentell nachzuvollziehen, ob dies auch eine ohne grosses Einsinken der Füsse begehbare Seekreide vermag.

Die Lehmlagen in den hier untersuchten Proben fielen wie erwähnt recht heterogen und brockig aus und gleichen nicht unbedingt einem massiven Stampflehm Boden (Cammass 1994). So konnten dann auch keine eindeutigen Begehungspuren an den Lehmlagen erkannt werden. Ihre Oberfläche ist zudem oftmals „aufgebrochen“ und von Erosionserscheinungen geprägt. Es gibt jedoch vereinzelte Fälle, in denen leicht mikritische Detritusschichten mit viel Sand und Lehmbrocken auf Lehmlagen liegen (z.B. Schichteinheit 1818a in Probe 12696 MM1 aus Zürich-Opéra). Es liegen hier aber wieder keine deutlichen Begehungsspuren vor, so dass nicht von einer Begehungsschicht ausgegangen werden kann. Kompaktiertes organisches Material in den Kulturschichten wird eher auf Verwitterungsprozesse (siehe oben) und nicht auf mechanische Beeinflussungen zurückzuführen sein. Bei wie durch Trampling deformiert erscheinenden Lehmbrocken innerhalb der organischen Kulturschichten (Abb. 18C) scheint es sich ebenfalls eher um eine durch Feuchtigkeit verursachte Erscheinung zu handeln, wenn man den wegfliessenden Ton an den Rändern betrachtet.

Synsedimentäre Umlagerung

Eine weitere Form synsedimentärer Transformationen sind Umlagerungsprozesse. So kann das Entstehen von Lehmaggregaten in organischen Kulturschichten mit dem Abwittern von Lehmbrocken aus Wandverputz aber auch mit Renovationsarbeiten in Verbindung gebracht werden (Ismail-Meyer und Rentzel 2004), woraus zu folgern ist, dass diese Prozesse somit zum Teil eine n- zum anderen Teil eine c-Transformation darstellen können. Es muss auch davon ausgegangen werden, dass bereits während der Besiedlungszeit einzelne Gebäude zu Ruinen wurden und dem Zerfall preisgegeben waren. Lehm kann – wie oben angesprochen – sowohl in Form homogener und kompakter Lehmschichten als auch in heterogenen Schichten vorkommen, die aus vielen Lehmaggregaten, Holzkohlen und organischen Resten bestehen. Schichten in erstgenannter Ausprägung müssen eher mit Lehmböden, Baumaterialdepots oder *in situ*-Herdstellen in Verbindung gebracht werden, während die als zweites genannten Schichten etwa auf das Entsorgen von Herdstellen beziehungsweise in speziellen Fällen auch auf einen Hausbrand zurückgehen können (Ismail-Meyer et al. 2013; Ruckstuhl und Ebersbach 2015, S. 60–74; Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 92–93). Daneben kann es zu sich synsedimentär abspielenden Wassereinwirkungen in Form von Überflutungen oder Seespiegelschwankungen kommen, wobei nicht nur der See, sondern auch Bachläufe aus dem Hinterland zu einer Erosion führen können (Ismail-Meyer et al. 2013; Dieckmann et al. 2006b, S. 189–207). Grundsätzlich stellt sich bei synsedimentären Umlagerungen die Frage, in wie weit die organische Kulturschicht beziehungsweise die in ihr enthaltenen Artefakte und Strukturen einen *in situ*-Befund darstellen (Bleicher 2013a; Huber und Ismail-Meyer 2012).

Bei der Entstehung der heterogenen Lehmlagen muss man davon ausgehen, dass der Lehm in erster Linie aus Feuerstellen trocken, beziehungsweise feuergehärtet entsorgt wurde. Feuergehärteter Lehm kann ausserdem in Brandschichten vorkommen. Würde der trockene Lehm in den Wellenschlagbereich gelangen, müsste er sofort erodieren (Krauss et al. 1999; Schöbel 2011). Fällt der Lehm jedoch in ein feuchtes Sediment, wie es die organische Kulturschicht darstellt, so wird er nach und nach Feuchtigkeit beziehungsweise Wasser aus der Kulturschicht aufnehmen und seine Plastizität und Kohäsion nimmt zu. Dieser nun plastische Lehm hält viel besser zusammen, so dass er weit weniger vom Wasser beziehungsweise der Wasserbewegung angegriffen werden kann. Durch diesen Prozess wird aus Lehm, der ansonsten bei einem Hauskollaps im Sturm sofort verschwinden könnte, ein Material, das von einer Kulturschicht fast am längsten erhalten bleibt, wie reliktsche Lehmlinsen in der Kulturschicht 12

von Zürich-Opéra zeigen (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 50–51). In den untersuchten Fundstellen weisen die meisten Lehmlagen einen brockigen Charakter auf. Bei wenigen Ausnahmen wie Schicht 7.3.1b in Probe 5022 von Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld könnte es sich auch um einen *in situ*-Befund eines Lehmbodens oder einer Herdplatte handeln. Doch bei dieser Zuweisung ist die Mikromorphologie aufgrund des kleinen betrachteten Ausschnitts auf weitere Proben oder die Unterstützung der Fund- und Befundauswertung angewiesen. Im Fall von Zürich-Opéra kann bereits gesagt werden, dass die einzelnen Lehmbrocken ganz zufällige Hitzegradienten und Oberflächenpositionen aufweisen und sich somit nicht auf eine Hitzequelle hin ausrichten (Bleicher 2013a; Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 92–93), die sich bei einem *in situ*-Befund logischerweise oben befinden sollte. Doch noch nicht einmal eine einheitliche Ausrichtung nach unten, wie man es bei einer verstürzten Herdplatte auch annehmen kann, wurde angetroffen. Für die Kulturschicht 15 konnte jedoch ein besonderer Fund von einer abgestürzten und mehrere Schichten durchschlagenden Herdplatte beobachtet werden (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 89). Man kann die Lehmlagen also zumindest in Zürich-Opéra als sekundär deponierte beziehungsweise ausgeräumte Feuerstellen ansprechen. Dafür würde zumindest die häufige Vergesellschaftung von Lehmbrocken mit organischen Makroresten sprechen. Ein Ansprechen der Lehmbrocken mit Hitzeeinwirkung als Reste von Wandverputz in sekundärer Lage aus einem Hausbrand lässt sich mikromorphologisch nicht ausschliessen. In der makroskopischen Analyse der Lehmlagen von Zürich-Opéra wurden aber keine Brocken mit Abdrücken von Flechtwerk oder sonstigen Beuteilen gefunden, so dass auch hier von einer Deutung als Feuerstellen in sekundärer Lage ausgegangen wird (Bleicher 2015b, S. 199). Die dünnen, auslaufenden Bänder an den Rändern der Lehmlinsen, ebenfalls aus Brocken bestehend, können von den Lehmlagen abgespült beziehungsweise erodiert worden sein. Bei dünneren Lehmstäben beziehungsweise Lehmbrockenbändern könnte es sich um abgewitterte Lehmbrocken von Häusern aus der Nähe handeln, denn in den Freilichtmuseen wird oft beobachtet, dass während des Winters Teile des Lehms abwittern (mündliche Mitteilung Bleicher 2013).

Synsedimentäre Überflutungen konnten in Zürich-Opéra an verschiedenen Orten nachgewiesen werden. Besonders deutlich kommen sie in den Profilen 477/142.9 und 475/142.9 zum Tragen. Hier konnten Fazies festgestellt werden, die als detritisch-organischer Mikrit bezeichnet werden können. Dabei handelt es sich eigentlich um detritusreichen Mikrit, wobei unter Detritus in diesem Zusammenhang zerfallene organische Substanz, bestehend aus feinstem

organischem Gewebe, einzelnen Zellen sowie amorphem organischem Feinmaterial, verstanden wird. Diese Schichteinheiten beinhalten durchschnittlich 50% Mikrit, 10% Fein- bis Mittelsand, 10% Holzkohle und 20% organisches Material. Es können auch Kies- und Lehmbrocken vorkommen. Das organische Material besteht schwergewichtig aus Detritus und wenigen Makroresten. Die Komponenten sind eingeregelt und Holzkohlen oftmals schwach verrundet. Ausser in Zürich-Opéra wurden diese Schichten auch in Zug-Riedmatt nachgewiesen. Dort kann man sie als Trennschichten interpretieren, die jeweils eine Siedlungsphase abschliessen. Der Detritus verteilt sich recht homogen im Mikrit, der neben Molluskenschalen auch Oogonien beinhalten kann. In Zug-Riedmatt fallen viele Diatomeen an. Die horizontale Einregelung, die mikritische Grundmasse, die Mollusken und die Diatomeen zeigen einen Wassereinfluss auf. Die horizontale Einregelung deutet dabei relativ ruhige Wasserbedingungen an (Wallace 1999, S. 59), während die schwach verrundeten Holzkohlen auf eine gewisse Bewegung hinweisen könnten. Sie könnten jedoch auch schon vor der Einbettung in das Sediment verrundet worden sein. In Zug-Riedmatt gibt es neben dem See noch den Fluss Lorze als mögliche Sedimentquelle. Auch in Zürich-Opéra gibt es Hinweise auf einen Bachlauf im Süden der Siedlung, also ganz in der Nähe der beiden besprochenen Profile. Während der feine bis mittlere Sandanteil für die Bäche als Sedimentationsquelle sprechen würde, sind doch deutliche limnische Komponenten vorhanden. So spricht Joos (1976b, S. 134) die Feinsande von Yverdon-Garage Martin, die in einer stets mehr oder weniger bewegten Bucht abgelagert worden sind, als lakustrisch an. Sie sollen zur Hauptsache aus der Molasse stammen, durch Zuflüsse in den See transportiert und durch Wellentransport in Ufernähe verfrachtet worden sein oder auch von der direkten Erosion der hier vorkommenden Molasseufer herrühren. Seekreiden fehlen aber in diesen Teil des Neuenburgersees. Eventuell handelt es sich dennoch um eine Kombination aus beiden Sedimentquellen, die zu dieser unter niedrigerenergetischen Bedingungen entstandenen Ablagerung führten. Erste archäobotanische Untersuchungen an solchen Schichteinheiten in Zug-Riedmatt zeigen einen grossen Anteil an Wasserpflanzen, allen voran *Najas minor*, was auf flache und ruhige Wasserbedingungen hindeutet (mündliche Mitteilung Ferran Antolin 2012). Siltige und feinsandige Schichten in Wechsellagerung, die gelegentlich Oogonien von Characeen und etwas Sinter führen, sprechen nach Joos (1976b, S. 133) für eine eher ruhige „lagunäre“ Sedimentation. Die mikroskopischen Eigenschaften dieser Schichten legen also eine Ablagerung in niedrigerenergetischen Sedimentationsraum unter Wassereinfluss nahe, vielleicht eine Kombination aus anschwellendem Bach und leicht steigendem See. Interessanterweise konnten ganz ähnliche Schichtausprägungen im Inneren des Keramikkomplexes von Zürich-Opéra angetroffen werden (siehe Kapitel 7.2.3). Beim dort vorhandenen detritisch-

organischen Mikrit handelt es sich aber nicht etwa um eine richtige Schicht, sondern vielmehr um einzelne mikritische Flecken oder Schlieren. Da mit Schicht 1 eindeutig ein Eintrag beziehungsweise eine Einschwemmung von Seekreide in den Topf nachgewiesen ist, erscheint auch im Fall von Schicht 3 die Bildung von detritisch-organischem Mikrit als wahrscheinlicher als ein Eintrag von Asche. Dies spricht dafür, dass der Topf, während er bereits seitlich im Sediment lag, langsam mit der Kulturschicht aufgefüllt wurde. Beim Vorkommen von detritisch-organischem Material innerhalb des Topfes könnte es sich also um ein Anzeichen für einen (lokal?) stärkeren limnischen Einfluss bei der Sedimentation handeln. Leider kann nicht abschliessend geklärt werden, ob sich dieser Einfluss nur im Topf erhalten hat oder nur dort bilden konnte. In der makroskopischen Befundauswertung von Zürich-Opéra wird auf ein Vergleichsbeispiel aus Feldmeilen-Vorderfeld hingewiesen (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 68–70). Der dort in der Kulturschicht liegend aufgefundene Topf enthält neben organischer Kulturschicht auch zwei Lehmlagen, die sich ausserhalb des Topfes fortsetzten. Folglich wird davon ausgegangen, dass es sich nicht um Lehmböden *in situ* handelt, sondern dass „spülendes Wasser“ hier eine synsedimentäre Umlagerung bewirkt hat (Winiger 1976, S. 28). Der gleiche Schluss liegt auch beim hier analysierten Keramikkomplex nahe.

Vereinzelt können in Zug-Riedmatt und Zürich-Opéra auch reine Sandbänder nachgewiesen werden, bei denen es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um direkte Einspülungen von Bächen aus dem Hinterland handelt (vgl. Arbon-Bleiche 3: Ismail-Meyer und Rentzel 2004). Ein möglicher Hinweis auf derartige Einspülungen liegt auch mit dem in Schicht 13 und zwischen 490/163 und 499/166 gelegenen Kiesriegel vor (Abb. 74). Der Befund ist aktuell noch nicht ganz verstanden und für seine Entstehung werden sowohl natürliche wie auch anthropogene Ursachen diskutiert (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 67–68). Bemerkenswert ist jedenfalls, dass Kiesablagerungen auch an anderen Stellen in Zürich-Opéra vorkommen. Auch wenn dieses Phänomen noch genauer untersucht werden muss, belegt der Befund eines eindeutigen Spülsäums aus Hornstaad-Hörnle IA, dass spülende Prozesse im Zusammenhang mit organischen Kulturschichten möglich sind (Dieckmann et al. 2006b, S. 189–190).



Abbildung 74 Zürich-Opéra. Der Kiesriegel in der Kulturschicht 13.

Er ist bis zu 12 cm hoch und kommt mit einer Ausdehnung von ca. 10 auf 1,5 m auf der Grabungsfläche vor (vgl. Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 67). An der Basis des Kieskörpers befindet sich ein Sandband. Ansonsten liegt er direkt auf der organischen Kulturschicht auf.

Eine weitere Fazies, die auf synsedimentäre Umlagerungsprozesse hindeutet, sind heterogene Mikrite. Sie bestehen, wie der Name vermuten lässt, zum Hauptteil (>20%) aus Mikrit. Kies, Sand, Ton, Holzkohle und organisches Material sind jeweils zu 10-15% vertreten, was den heterogenen Charakter dieser Schichten ausmacht. Sie können sowohl eine horizontale Einregelung aufweisen als auch unregelmässig ausgeprägt sein. Die in ihnen enthaltenen Lehmbrocken und Holzkohlen sind sehr oft verrundet. Neben diversen Makroresten enthalten sie oft Knochen und in ungefähr der Hälfte der Fälle auch Keramik. Das besondere an diesen Schichten ist, dass hier eindeutig Asche nachgewiesen werden konnte (Canti 2003a). Der Nachweis dieser Schichten gelang bislang nur in Zürich-Opéra, jedoch in drei Profilen. Es handelt sich um die Profile 487/155, 495/135 und 502/131 mit Schicht 13. Die letzten beiden liegen in unmittelbarer Nachbarschaft im südlichen Bereich der Siedlung. Profil 487/155 befindet sich davon etwas abgesetzt im zentralen Westen. Die Interpretation dieser Fazies erweist sich als schwierig. Während der doch recht massive Anteil an Mikrit sowie die Verrundungsercheinungen auf einen Seeinfluss bei Wassertransport hindeuten könnten, finden sich – bis auf eine vereinzelt Molluskenschale – keine weiteren Anzeichen für eine limnische Sedimentation wie Characeenstängel und Oogonien. Auch die gut und recht häufig erhaltenen Pseudomorphe von organischem Gewebe (Abb. 35A,B) erstaunen und würden bei einem grösseren Wassertransport nicht überliefert werden. Darüber hinaus kommen sie oft mit Lehmlagen und stets von anderen Schichten „geschützt“ vor. Das heisst, auf sie folgt niemals eine erosiv um-

gelagerte Schicht mit Seekreide. Die vielen Knochen und Keramikfragmente erstaunen ebenfalls und in einer Schicht konnte sogar reiner Ton (zur Keramikherstellung) nachgewiesen werden. Leider lässt sich Mikrit aus Seekreide mikroskopisch nur sehr schwer von Holzaschen unterscheiden und so müssten zur endgültigen Klärung weitere Untersuchungen, wie zum Beispiel Infrarotspektroskopie (Weiner 2010, S. 168–175), vorgenommen werden. Es kann aber durchaus die Hypothese aufgestellt werden, dass es sich bei den heterogenen Mikriten um Ascheschichten handelt, die Einspülungen oder Deponierungen von Brandruinen oder Abfallhaufen darstellen. Die Lehmlagen im Umfeld dieser Schichten fallen sehr brockig und darüber hinaus auch nicht besonders massiv aus. Die im heterogenen Mikrit enthaltenen Lehmbrocken zeigen zum Teil Spuren von Brandrötung. Somit liegt es nahe, dass es sich hier nicht um eine direkte Akkumulation um eine Feuerstelle handelt, sondern dass sich die Sedimente in sekundärer Lage befinden. Dabei zeigen sie mit den Verrundungserscheinungen Anzeichen einer dynamischen Ablagerung. Es kann sich um eine bloße Entsorgung im Sinne einer gewöhnlichen anthropogenen Akkumulation handeln, worauf die als Abfallhaufen interpretierten „hügelförmigen Mischbefunden“ im Umfeld hindeuten (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 62–65). Andererseits kam es in den beiden Profilen 487/155 und 508/147 mit heterogenen Mikriten nur zu sehr geringmächtigen Ablagerungen von organischen Kulturschichten im strengen Sinne. Fast alle in diesen Proben analysierten Schichten enthielten einen gewissen Mikritanteil und in einem Fall (Probe 2240) kam auch ein detritisch-organischer Mikrit vor. Dies zeigt, dass zur Entschlüsselung der genauen Entstehung dieser Schichten eine Analyse zur gesicherten Ermittlung der Herkunft des Mikrites entweder aus Seekreide oder Holzasche entscheidend sein wird. Nur so lässt sich definitiv entscheiden, ob an diesen Orten spülende Prozesse Seekreide mit Kulturschichtmaterial abgelagert haben oder die Schichten eine sekundäre Akkumulation von umgelagertem Feuerstellenabraum im Sinne der Abfallhaufen darstellen.

Abschliessend kann man also sagen, dass in den untersuchten Fundstellen beziehungsweise vor allem in Zürich-Opéra verschiedene synsedimentäre Umlagerungsprozesse zum Tragen kamen. Sicher reicherten sich die Schichten mit von Häusern abgewitterten Lehmbrocken an, Herdplatten und andere Lehmkonstruktionen kamen als Lehmlagen in sekundärer Position zur Ablagerung. Dann kam es zur Zeit der Besiedlung zu niedrigenergetischen Überflutungen/Seespiegeländerungen, aber auch zu wahrscheinlich durch Bäche verursachten deutlichen Sandeinspülungen. Da sich trotzdem Feinschichtungen und vermutlich sogar Holzaschen in der organischen Kulturschicht erhalten haben, ist jedoch nicht mit einer vollständigen Aufarbeitung und Umlagerung der Kulturschichten zu rechnen. In Zürich-Opéra sinkt der

glaziale Untergrund im Übrigen zum Südwesten hin ab (Wurst und Rick 2015; Schneider et al. 2015). Daher wurde wohl auch einst eine Buchtsituation nördlich der Station Mozartstrasse angenommen (Gross 1987). Zwischen den beiden höheren Punkten Kleiner Hafner und der Fläche von Opéra liegt eine Rinne, was sich mit den Nachweisen der detritisch-organischen Mikrite deckt. So kommen sie am deutlichsten in den Profilen 477/142.9 und 475/142.9 und somit im äussersten Südwesten vor. Ihr Auftreten lässt auf einen verstärkten limnischen Einfluss in diesem Bereich schliessen. Im Osten liegt dafür eine andere Situation vor. Wie die granulare Seekreide anzeigt, befindet man sich hier sehr wahrscheinlich im Uferbereich. Das bestätigen die nach Nordosten ansteigenden Schichten. Im Südosten der Grabung liegt innerhalb Probe 7942 zwar granulare Seekreide vor, aber der Übergang zur Seekreide gestaltet sich wie ein detritisch-organischer Mikrit. Im Nordosten kommt dafür schlecht erhaltene Kulturschicht vor. Die Resultate passen generell zur Befundvorlage (Bleicher und Harb 2015). Auch die Ergebnisse anderer Disziplinen scheinen darauf hinzudeuten (mündliche Mitteilung Jacomet 2013). Eine gesicherte Aussage wird aber erst in der Zusammenschau aller an der Auswertung von Zürich-Opéra beteiligten Disziplinen in Band 3 der Publikationsreihe möglich sein.

Reparaturen und Brände

Reparaturen an Häusern lassen sich in erster Linie dendrochronologisch nachweisen. Als Beispiel sei hier Arbon-Bleiche 3 angeführt, wo im Prinzip jedes Haus nach einigen Jahren ausgebessert wurde (Leuzinger 2000). Ebenfalls mittels der Dendrochronologie kann gezeigt werden, dass eine ausbleibende Schlagaktivität von mehr als fünf Jahren ein Verlassen des Hauses anzeigt (Bleicher 2009, S. 243). Trotzdem liessen sich über die mikromorphologische Analyse keine direkten Nachweise für Reparaturen erbringen. Indirekt können natürlich die erwähnten Lehmbrocken in organischen Kulturschichten Hinweise auf solche Arbeiten sein. Darüber hinaus sind Rinden und Zweige, wie sie beim Zurichten von Reparaturhölzern anfallen können, sehr häufige Bestandteile der organischen Kulturschicht. Sie kommen nämlich keineswegs nur in den unteren Schichteinheiten vor, was mit dem Bau der Häuser zu erklären wäre, sondern verteilen sich in der Regel über das gesamte Kulturschichtpaket. Man muss also mit derartigen synsedimentären Prozessen rechnen. Sie können aber (bislang) nicht sicher nachgewiesen werden.

Brände kommen in Seeufersiedlungen ebenfalls recht häufig vor (Hochuli et al. 1998). Ein Brand muss dabei aber nicht zur Auflassung führen. In Hornstaad-Hörnle IA führte er etwa nur

zur Verkleinerung und Anpassung des Dorfes (Billamboz et al. 2006). Ein Brand kann aber auch bewusst beim Verlassen des Dorfes verursacht werden, vielleicht um Fremde von der einfachen Wiederbesiedlung abzuhalten (Petrequin und Pétrequin 1988). Aufgrund eng stehender Häuser wurden sogar ganze Siedlungen durch einen Brand zerstört (Hafner und Suter 2004). Obwohl nicht in jedem Fall die Gründe und das Resultat eines Brandes geklärt werden können, finden sich Brandschichten in sehr deutlicher Ausprägung in Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld, Zürich-Opéra, Greifensee-Böschen und Zürich-Alpenquai. Für gewöhnlich dominieren in Brandschichten Holzkohlen mit bis zu 70% Schichtanteil. Weiter nehmen neben Sand (maximal 25%) in absteigender Häufigkeit organisches Material, Mikrit und Kies Anteil an den Brandschichten. Allerdings konnte der erwähnte Mikritanteil nur in Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld, Zürich-Opéra und Greifensee-Böschen nachgewiesen werden, in Zürich-Alpenquai fehlt er vollständig. Dort setzten sich die Brandschichten allerdings auch nur aus sehr grossen Holzkohlen der Grobsand- und vor allem der Kiesfraktion zusammen, während in den anderen Siedlungen für gewöhnlich alle Korngrößen vertreten sind. Auffallend ist aber jeweils eine enaulische c/f-Relativverteilung bei einem c/f-Verhältnis von 9/1 oder 8/2. Neben den Holzkohlen trifft man auch verkohlte Makorreste an. Es gibt allerdings auch Brandschichten, die nur aus Makroresten bestehen (Abb. 28C).

In der hier behandelten Sequenz von Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld kann von zwei Bränden in den Schichteinheiten 7.3.1/7.3.3 und 7.3.7 ausgegangen werden. In Zürich-Opéra sind Brandschichten in den Profilen 494/140 und 488/148 überliefert. Stärkere Holzkohleanteile und weitere Spuren von Brandeinwirkungen liegen aber auch in anderen Profilen vor. Die beiden erstgenannten Profile gruppieren sich um eine sehr mächtige Holzkohlelage im oberen Teil der Schicht 13, so dass hier ein Hausbrand vermutet werden kann. Mit den beiden Profilen sind eher die Randbereiche dieser Holzkohleschicht gefasst. In Profil 494/140 sind es eigentlich zwei Brandschichten, die durch Lehmlagen und organische Kulturschichten voneinander getrennt sind. Es lässt sich nicht genau sagen, ob beide Brandschichten oder nur die obere Brandschicht mit dem postulierten Hausbrand in Verbindung stehen. Eventuell ist hier aber einen Bereich randlich der Brandruine gefasst, in dem die normale Kulturschichtablagerung mit dem typischen „Wegwerfverhalten“, das letztlich zur Bildung der Kulturschicht geführt haben dürfte, und Verteilen des Brandschuttes zusammentreffen. In den Brandschichten sind stets auch unverbrannt erhaltene organische Makroreste enthalten. Auch sekundär gebrannte Keramik wurde in diesem Bereich gefunden (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 62). Eine wahrscheinlich viel direktere Ablagerung dieses Brandereignisses kann in Probe 1588 aus Profil

488/148 gefasst werden. Auf einer stark organischen Ablagerung (Schichteinheit 205e) kommen mit scharfer Grenze sehr grosse Holzkohlen zu liegen (Schichteinheit 217a). Zwischen ihnen befindet sich zwar immer noch unverbranntes organisches Material (zum Teil mit Spuren von Milbenfrass) und Mikrit, das aber bereits durch eine kleine Verlagerung (auch im Fall von Asche) beziehungsweise geringsten limnischen Eintrag zwischen die locker gelagerten Holzkohlen gelangt sein könnte. Einen ungewöhnlichen Befund stellt aber sicher eine Lage verkohlter Makroreste (Schichteinheit 217b) dar, die auf den Holzkohlen zu liegen kommt. Die Makroreste weisen einen Gradienten von komplett verkohlt zu unverbrannt erhalten auf (Abb. 28C). Diese dünne organische Schicht wird dann aber recht bald von einer aufgearbeiteten organischen Schicht abgelöst. Da die organische Kulturschicht unter den Holzkohlen keine Brandspuren aufweist, hat es sicher nicht vor Ort gebrannt. Auch wie die Makroreste auf die Holzkohlen kommen, kann nicht genau gesagt werden. Eventuell befanden sich Vorräte im Dachstuhl beziehungsweise in einer anders gearteten erhöhten Position oder ein anderes Szenario, bei dem Makroreste auf glühende Holzkohlen gerieten, kam zum Tragen. Vielleicht ist hier auch einen Löschversuch gefasst worden, bei dem nasses Kulturschichtmaterial auf die Glut verbracht wurde. In jedem Fall kam zeitnah organische Kulturschicht auf die glühenden Holzkohlen. Auch auf natürliche Art und Weise, etwa durch ein Ersticken der ins Wasser fallenden Holzkohlen mitsamt Kulturschicht, lässt sich der Verkohlungsgradient in der Makrorestlage kaum erklären. Auf jeden Fall war die Brandschicht in Zürich-Opéra an wenigen Stellen von organischer Kulturschicht überdeckt und ist daher nicht als das Ende des Dorfes zu betrachten.

In Greifensee-Böschen findet man nur in einer der Proben Brandschichten (ZHBO 1090). Sie liegen in Wechsellage mit Lehm, der ebenfalls starke Brandeinwirkungen zeigt. Die Probe stammt aus einer der wenigen Zonen mit hohem Lehmanteil (Eberschweiler et al. 2007, S. 182 Abb. 243). Während sich Probe 1090 in, beziehungsweise unter Haus X befindet, liegt Probe 1091 direkt im Bereich eines verstürzten Flechtwerkes aus Haselruten. Ein ähnliches Flechtwerk von Haus D beweist noch deutlicher, dass es lehmverputzte Flechtwerkwände gab (Eberschweiler et al. 2007, S. 267). Für das Ende des Dorfes wird ein grosses, das gesamte Dorf betreffende Brandereignis angenommen (Eberschweiler et al. 2007, S. 268–269). Trotzdem fallen die Brandspuren hier weit geringer aus, als dies an anderen Orten, etwa am Beispiel des lokalen Brandereignisses von Zürich-Opéra, gezeigt werden konnte. Offenbar hat sich hier ein anderes Erhaltungsszenario für die Brandschicht ergeben. Es kann jedoch nicht

entschieden werden, ob dies mit einer anderen Bauweise der Häuser oder eher mit der anderen Erhaltung der Kultuschicht generell zusammenhängt, die in Greifensee-Böschen schliesslich allgemein sehr viel schlechter ist als in Zürich-Opéra. In der Befundauswertung von Eberschweiler et al. führten so auch erst diverse Indizien zum Schluss auf ein die Besiedlung beendendes Brandereignis. Im Fall von Zürich-Alpenquai kann auch aufgrund der durchwegs verbrannten Keramikfunde im Schichtpaket 2.1 ein Brandereignis vermutet werden (Künzler Wagner 2005, S. 14). Mikromorphologisch deuten Brandspuren und der nachgewiesene Brandsaum eines Lehmbrockens auf eine Brandeinwirkung hin, die jedoch nicht zu einem vollständigen „Durchfeuern“ des Aggregats geführt hat. Dies legt die Interpretation nahe, dass es sich hier nur um einen kurzzeitig dem Feuer ausgesetzten Lehm handelt und nicht um einen vollständig veriegelten Lehmbrocken, wie sie hypothetisch bei einem grossen Schadfeuer anzunehmen sind. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass veriegelte Lehmbrocken auch im Zusammenhang mit Herdstellen entstehen können und somit kein direkter Nachweis für ein Brandereignis sein können. In der schlecht erhaltenen Phase C konnten keine Brandspuren nachgewiesen werden. Dafür besteht Phase D nachweislich aus heterogenen Brandschichten mit grossen Holzkohlen, die aber immer wieder, und dazu auch stärker als in Probe 1588 aus Zürich-Opéra, mit unverkohlttem und zum Teil abgebautem organischem Material durchsetzt sind. Neben verkohlten Zweigen belegt auch hier Keramik mit Spuren sekundärer Brandeinwirkung, dass grössere Brandereignisse stattgefunden haben. Die fehlenden Informationen zu den Befunden in der Fläche und Hausstandorten machen es jedoch schwer, den Brand beziehungsweise dessen Intensität genauer abschätzen zu können. Die Auffassung der Siedlung wird jedenfalls bislang nicht mit einem Brand, sondern mit einem steigenden Seepegel am Ende der Spätbronzezeit in Verbindung gebracht (Künzler Wagner 2005). Dafür finden sich auch Hinweise an der Oberkante der Schichtsequenz (Wiemann et al. 2012).

8.2.2 Postsedimentäre Modifikationen: Schichtmanipulation und -zerstörung

Mit postsedimentären beziehungsweise postdepositionalen Prozessen ist vor allem der Einfluss des Wassers beziehungsweise des sich verändernden Seespiegels auf die im Seeuferbereich abgelagerten Sedimente nach dem Ende der Besiedlung gemeint. Diese Veränderungen wirken sich oft in zerstörerischer Art und Weise auf die Sedimente aus (Erosion). Als weitere postsedimentäre Modifikation ist in vielen Fällen bereits makroskopisch eine Pressung der organischen Schichten erkennbar. In Zürich-Opéra etwa wurde die Siedlungsfläche im 19. Jahrhundert von Aufschüttungen zum Bau einer Quaianlage überdeckt, so dass ein hohes

Gewicht auf die organischen Schichten gewirkt hat. Vergleichbare Phänomene sind auch aus Zug-Riedmatt bekannt, wo Überlast durch mehrere Meter mächtige Deltaschüttungen zu Veränderungen der organischen Schichten geführt haben (Gross et al. 2013). Obwohl dichtere und lockerere Sedimente in den Analysen festgestellt wurden, eignet sich die Mikromorphologie nicht gut, um solche Vorgänge der Schichtpressung zu analysieren. Es wird daher hier nicht weiter darauf eingegangen. In den meisten Fällen ist davon auszugehen, dass die organischen Schichten nach dem Ende der Siedlung relativ rasch von Seekreide überdeckt worden sind. Wie bereits weiter oben ausgeführt, bedingt dies eine Wasserbedeckung der Schichten von mindestens 0,5 m. Die Bedingungen haben sich daraufhin oftmals stabilisiert (Kenward und Hall 2000), was zu guten Überlieferungs- und Erhaltungsbedingungen und folglich dem Ausbleiben von grösseren postsedimentären Verwitterungsprozessen geführt hat (Ismail-Meyer et al. 2013). Hinzu kommt, dass in „Lagunensituationen“, wie etwa in Arbon-Bleiche 3, bessere Erhaltungschancen aufgrund Schutz vor Wellenerosion bestehen. Dennoch konnten in der vorliegenden Studie verschiedene Formen von postsedimentären n- und c-Transformationen dokumentiert werden.

Bioturbation

Ein besonderes Phänomen, das sowohl syn- als auch postsedimentär auftreten kann, ist die Bioturbation (Courty et al. 1989, S. 142–146; Wood und Johnson 1978). Darunter versteht man das Durchmischen eines Sediments durch grabende oder wühlende Bodenfauna und/oder durch wurzelnde Pflanzen. Dabei handelt es sich in der Regel um rezente Prozesse in der Pedogenese terrestrischer Böden. Hier soll jedoch versucht werden, sie auch im Litoral und idealerweise als fossilen Prozess zu identifizieren.

Obwohl auch vereinzelt kalzitische Biospheroide (Abb. 23A), also die Ausscheidungen von Regenwürmern (auch Regenwurmkalzit genannt; Canti 2003b; Canti und Pearce 2003; Canti 2007), gefunden wurden, konnten keine Gänge oder direkte Hinweise auf eine derartige faunale Aktivität festgestellt werden. Die kalzitischen Biospheroide fanden sich viel mehr direkt in Lehmbrocken, in Bereichen mit vielen Lehmbrocken oder in erosiv umgelagerten Schichten mit aufbearbeiteten Lehmbrocken. Dies lässt es als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass sie zusammen mit dem Lehm in den Seeuferkontext gelangten. Ein anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung der Wurzeln. So kann besonders in Greifensee-Böschchen eine sehr starke Durchwurzelung der Schichten mit Schilfwurzeln nachgewiesen werden. Das Vorkommen der

Rhizome zieht sich dabei durch das gesamte Schichtpaket durch, was auch im Hinblick auf die Lage der Fundstelle kurz vor einem ausgeprägten Schilfgürtel (Eberschweiler et al. 2007, S. 20 Abb. 19) und aufgrund des Erhaltungszustands der Wurzeln auf eine rezente Durchwurzelung schliessen lässt. Trotz der deutlichen Wurzelspuren scheinen die organischen Kulturschichten hier allerdings nicht von grösseren Verlagerungen betroffen zu sein.

Vor allem in Zürich-Opéra sind feine, längliche organische Reste nachgewiesen worden, zum Beispiel im erwähnten „Übergangshorizont“, die oft vertikal oder schräg im Sediment beziehungsweise im Bereich von Porenräumen liegen (Abb. 17B). Sie lassen sich fast ausschliesslich in den stärker minerogenen Schichten finden. Dabei kann es sich kaum um Röhricht handeln, denn dessen Auftreten als Ufervegetation in massiverer Form wird kaum für das Neolithikum beziehungsweise die Zeit der Horgener Kultur erwartet, da hierfür eine Eutrophierung der Seen nötig wäre (Schibler et al. 1997, S. 285; Jacomet 1985). Mit einer grösseren Ausdehnung des Röhrichts wird daher erst ab dem Spätneolithikum gerechnet (Jacomet et al. 1989). Diese Spuren von Zürich-Opéra sind vergleichbar mit rezenten Wurzelkanälen, die sich aufgrund des Bewuchs mit Gräsern während des Kulturschichtexperiments in der Seekreide gebildet haben (Abb. 67A,B) und können als Wurzeln interpretiert werden. Derartige Wurzelspuren liegen in Zürich-Opéra in mehreren Kulturschichten vor. Dazu gehört auch die Basis von Schicht 13 mit dem bereits erwähnten „Übergangshorizont“. Am deutlichsten treten sie jedoch direkt unterhalb des Reduktionshorizonts Schicht 10 auf. Obwohl sie nicht immer und auch nicht immer mit der gleichen Sicherheit nachweisbar sind, treten die Wurzelspuren in Zürich-Opéra doch recht durchgehend auf. Direkt in den organischen Kulturschichten gestaltet sich ihr Nachweis schwierig, da sie sich zum Teil schlecht vom übrigen organischen Material unterscheiden lassen. Ohne eine genaue Ansprache der Pflanzenarten ist eine Interpretation dieses Befundes schwierig. Gehäuft auftretende Würzelchen können auch bloss eine Bodenbildung vortäuschen, weil sie von tiefer wurzelnden Wasserpflanzen oder Schilf herrühren und nicht etwa von Carex-Arten (Joos 1976b, S. 133). Wurzelkanäle kommen auch in Lehmbrocken von, wobei dieses nahelegt, dass die Durchwurzelung nicht am Ort der Lehmgewinnung stattgefunden hat, da der Lehm vor der Verwendung sicher aufbereitet wurde. Insgesamt liegt also der Verdacht nahe, dass trotz der im Vergleich zu Greifensee-Böschchen viel geringeren Spuren auch die Wurzeln von Zürich-Opéra postsedimentären Ursprungs sind.

Einfluss von Überflutung und erosiver Umlagerung

Sind Seeufersiedlungen aufgrund ihrer besonders guten Erhaltungsbedingungen also „Pompejis im Kleinformat“, wie Gross et al. (2013) vor einigen Jahren in einem Aufsatz schrieben? Obwohl diese Ansicht im Hinblick auf die sehr guten Erhaltungsbedingungen für organische Artefakte nicht grundsätzlich verneint werden kann, so muss doch der starke Einfluss von Überflutung und erosiver Umlagerung bedacht werden. Es konnte weiter oben gezeigt werden, dass es bereits synsedimentär zur Erosion und Neuverteilung von Kulturschichtmaterial kommen konnte. Ihre Auswirkungen scheinen allerdings begrenzt zu sein. Anders sieht dies allerdings in der postsedimentären Perspektive aus. Bei Transgressionen des Sees während oder nach der Besiedlungsphase kann der gestiegene Wasserpegel die Kulturschichten in zwei Weisen beeinflussen: Zum einen kann eine rasche Überflutung zur Überdeckung mit feinkörniger Seekreide führen, zum anderen können bei einem langsamen Anstieg Erosion und andere destruktive Effekte zum Tragen kommen (Goldberg und Macphail 2006, S. 114; Macphail et al. 2010). Letzteres kann die stratigraphische Ordnung durcheinander bringen oder auch neue Schichten entstehen lassen. Derartige Ablagerungen werden als Kondensationshorizont bezeichnet (Joos 1976b, S. 133). Es handelt sich dabei um Schichten, die durch einen diskordanten Kontakt abgeschnitten werden und Grobsande und Kies mit stark gerolltem archäologischem Fundmaterial enthalten.

In der vorliegenden Arbeit werden die so entstandenen Sedimente allerdings als erosiv umgelagerte Schichten benannt. Sie zeichnen sich in erster Linie durch unregelmässig gelagerte Komponenten aus. Durch einen überwiegenden Anteil an Mikrit (>30%) gekennzeichnet, weisen sie ansonsten eine heterogene Zusammensetzung der Schichtkomponenten auf, wobei Kies, Sand, Holzkohle und organisches Material oftmals zu gleichen Teilen vertreten sind. Die c/f-Ratio ist ebenfalls etwas indifferent, wobei die c/f-RDP stets als porphyrisch zu bezeichnen ist, da die Komponenten immer in einer mikritischen Matrix liegen. Ein wichtiges Charakteristikum dieses Sedimenttyps ist die Verrundung von Holzkohlen und Lehmbrocken. Es sind immer limnische Komponenten deutlich vorhanden, wobei die Mollusken oft Lösungserscheinungen zeigen. Der limnische Anteil hält sich aber mit den anthropogenen Komponenten durchaus die Waage, wie diverse Makroreste, vor allem aber Knochen und Keramikfragmente, belegen. Ganz im Gegensatz zu den detritisch-organischen Mikriten ist amorphes organisches Feinmaterial nur in sehr geringem Masse vorhanden. Mit Ausnahme von Zug-Riedmatt, wo aber nur der Beginn der Schichtsequenz untersucht wurde, konnte diese Fazies in allen Fundstellen

angetroffen werden. Erosiv umgelagerte Schichten kommen naturgemäss zuoberst einer Kulturschicht vor, sie müssen jedoch nicht den Abschluss der Kulturschichtsequenz darstellen. Etwa in Zürich-Alpenquai oder auch in Zürich-Opéra können auf erosiv umgelagerte Schichten noch andere Kulturschichten folgen. Man muss bei diesem Sedimenttyp allerdings immer beachten, dass, wenn es eine erosive Grenze bei einem Wechsel des Sediments gibt, die geänderten Bedingungen auch viel später eingesetzt haben können. Es ist immer schwierig festzustellen, wieviel wann erodiert wurde. Dabei kann es auch zur Bildung von Hiaten kommen. Ein Hiatus beziehungsweise eine Schichtlücke bezeichnet eine Zeitspanne, aus der Ablagerungen entweder durch Erosion oder durch Stillstand der Sedimentation fehlen. Als ein Beispiel für einen Hiatus kann der Reduktionshorizont von Zürich-Opéra genannt werden. Erste Ergebnisse der archäologischen Fundauswertung zeigen, dass in dieser Schicht zumindest an manchen Orten sogar bronzezeitliche Fundgegenstände vorliegen und auch die jüngeren Kulturschichten im östlichen Teil der Grabung mit ihm zusammenlaufen (Bleicher 2011a). Ein Reduktionshorizont ist somit nicht mit einer erosiv umgelagerten Schicht gleichzusetzen.

Eine andere Fazies, die im Verlauf der hier vorgestellten Untersuchungen festgestellt werden konnte, ist die aufgearbeitete Kulturschicht. Mit aufgearbeitet ist hier in erster Linie wasserbeeinflusst gemeint. Die Aufarbeitung kann allerdings unterschiedlich stark erfolgt sein. Wichtiger Unterschied zu den erosiv umgelagerten Schichten ist, dass eine aufgearbeitete Kulturschicht noch als solche erkannt und angesprochen wird. Eine erosiv umgelagerte Schicht ist dahingegen so diffus und in erster Linie limnisch geprägt, dass kein Zusammenhang mit einer Besiedlungsperiode hergestellt werden kann oder werden soll (vgl. Tab. 16). Als aufgearbeitete Kulturschicht können die jüngeren Schichten von Zürich-Opéra, also Schicht 14 (stellenweise) sowie 15 und 16 bezeichnet werden. Gleiches gilt für die Schicht C von Zürich-Alpenquai. In den Schichten fasst man wieder einen dominierenden Anteil an Mikrit. Am zweithäufigsten kommen organisches Material und Holzkohle vor. Zum Teil dominieren die Holzkohlen mit bis zu 30% Anteil sogar über das organische Material. Die Einregelung der Komponenten ist unspezifisch: Sie können sowohl leicht horizontal eingeregelt wie auch nur unregelmässig gelagert sein. Lehmverrundung kann, muss aber nicht auftreten. Holzkohlen liegen sowohl kantig als auch leicht verrundet vor. Knochen gibt es in diesen Schichten fast so häufig wie Mollusken, aber auch diverse andere Makroreste wie Rinden und Samen sind in den Schichten vorhanden. Organisches Feinmaterial kommt dahingegen nur wenig vor. Somit weisen die Schichten einen deutlichen, wenn auch nicht so starken Wassereinfluss wie die erosiv umgelagerten Schichten auf. Feinmaterial wurde ausgewaschen und das Kulturschichtmaterial mit

Mikrit abgelagert. Dabei waren die Wasserbedingungen nicht (oder zumindestens nicht dauerhaft) so unruhig, dass die Komponenten immer unregelmässig in die Schicht eingelagert wurden. Vielmehr konnte es hier ebenfalls zu einer zumindest leicht horizontalen Einregelung kommen, wie sie unter ruhigeren Bedingungen zu erwarten ist.

Tabelle 16 Überflutungsprozesse und zugehörige Fazies.

Fazies	Grobcharakterisierung
Erosiv umgelagerte Schicht	Mikrit (>30%), heterogene Verteilung anderer Schichtbestandteile. Unregelmässig gelagert. Verrundungerscheinungen. Limnische Komponenten, aber auch klar anthropogene Bestandteile. Wenig organisches Feinmaterial.
Aufgearbeitete Kulturschicht	Mikrit dominiert. Viele organische Komponenten und Holzkohlen. Komponenten können leicht horizontal eingeregelt sein. Verrundung optional. Wenig organisches Feinmaterial.

Anhand der jüngeren Schichten und des Reduktionshorizontes zeigt sich deutlich ein Einfluss der Höhenkote auf die Erhaltungsmodalitäten der einzelnen Schichten. Die Abhängigkeit des Erosionsgrades von der Höhenposition der Siedlungsschichten zeigt sich auch gut in einem Beispiel aus Vinelz-Ländti (Gross 1986, S. 30). Hier wurden zwei spätbronzezeitliche Siedlungsschichten durch Erosion beeinträchtigt, wobei ein Teil der Schicht erodiert worden ist. Ansonsten waren die Schichten aber noch mit einer Mächtigkeit von bis zu 10 cm vorhanden. In einem Teil der Ausgrabung lagen die Schichten aber etwas höher und dort waren sie so stark erodiert, beziehungsweise eigentlich aufgearbeitet, dass sie nur noch als mit Sand vermisches Holzkohleband erkennbar waren. Diesen Befund kann man dahingehend interpretieren, dass dieser höhergelegene Bereich stärkerer Wellenenergie ausgesetzt war, während die Wellen im niedriger gelegenen Bereich der Siedlung weniger stark wirkten, da die Schichten hier vermutlich unter der Wellenbasis lagen. In Zürich-Opera war die vollständige Stratigraphie nur im Nordwesten erhalten. Die Schichten liefen nach Süden und Osten teilweise aus oder wurden durch den Reduktionshorizont (Schicht 10) gekappt, der als nachsiedlungszeitliches Erosionsereignis alle Schichten bis auf eine bestimmte Höhenkote zerstört hat (Bleicher 2015a). Er enthielt Fundmaterial von der Horgener Epoche bis zur Spätbronzezeit.

Deutlich wird der Einfluss von erosiver Umlagerung durch Wassereinfluss auch bei Greifensee-Böschchen. Zwar könnte man aufgrund der postulierten abgehobenen Bauweise auch von einer Sedimentation der Kulturschicht bei vergleichsweise hohem Wasserstand ausgehen, doch gelangten die Siedlungsablagerungen auch mindestens während der Seespiegelabsenkung 1890 in den Bereich von Wellenaktivität. Eberschweiler et al. (2007, S. 38) gehen sogar davon aus, dass die deckende Seekreide erst in jüngerer Zeit sedimentiert worden ist. Als Indiz hierfür führen sie frühmittelalterliche Bastschnüre an, die in die Seekreide eingesedimentiert wurden. Somit wäre zumindest die erosiv umgelagerte Schicht KS1 SE braun als von diesen Prozessen beeinflusst zu begreifen. Im Rahmen der Erosion müssen die Kulturschicht und die meisten leichteren Bestandteile ausgewaschen worden sein. Schwere Komponenten bleiben liegen oder lagerten sich unten ab, während sich die leichteren Teile in Form der braunen Kulturschichtausprägung ablagerten. Ein zweiter, jüngerer Erosionsprozess führte dann zu einer Erosion dieser Kulturschicht bis auf wenige Stellen ganz im Osten des Siedlungsareals – dort, wo die untersuchten Proben herkommen.

Die Frage, warum sich in den jüngeren Schichten von Zürich-Opéra gerade Holzkohlen erhalten haben, bleibt offen. Sicherlich entspricht es der allgemeinen Regel eines Erosionsvorgangs, dass vor allem das leichte und feine Material in einer Schicht besonders leicht aufgespült und abtransportiert wird, während die gröberen Komponenten wieder resedimentiert werden. Wie verhält es sich aber mit Holzkohle? In der Regel wird davon ausgegangen, dass diese im Wasser aufschwimmt (Macphail et al. 2010) und sich wie die Asche leicht verflüchtigt, weshalb oft wenige Spuren von Bränden erhalten bleiben. Holzkohle zeichnet sich durch ein Porenvolumen von 70-85 % und ein hohes Adsorptionsverhalten aus, weswegen sie auch zur Filterung von Wasser und anderen Flüssigkeiten verwendet wird. Diese Adsorptionsfähigkeit ist nach dem Ausglühen der Kohle am stärksten und verliert sich nach einer Weile, während die Kohle an der Luft liegt. Wenn also glühfrische Kohlen von einem Haus- beziehungsweise Dorfbrand ins Wasser fallen, weisen sie eine sehr hohe Adsorptionsfähigkeit auf. Doch auch erkaltete Holzkohlen sinken nach einiger Zeit ab und werden denn etwa auf dem Seegrund hin und her bewegt (Schweingruber 1976, S. 21). Somit kann also festgehalten werden, dass einmal durchfeuchtete Holzkohlen nicht einfach davonschwimmen. Vielmehr zählen sie, mit der Einschränkung, dass sie je nach Holzart rasch verrunden können, zu den grösseren, sich besser in der Schicht erhaltenden Komponenten.

Auch die Proben von Viverone haben viele Informationen zum Einfluss von Überflutungen liefern können. Obwohl die Erhaltung der Kulturschicht als sehr schlecht bezeichnet werden muss, gewähren die Proben einen interessanten Einblick in die Umweltgeschichte dieses Teils des Lago di Viverone. Unter der Annahme, dass die teilweise erhaltene Kulturschicht zu der mittelbronzezeitlichen Hauptphase der Siedlung gehört, kann eine sich verändernde Umwelt vor dieser Periode beobachtet werden. Während höherer morphodynamischer Aktivität, zum Beispiel während Phasen mit heftigen Regenfällen, wurde Sand und Lehm aus den Moränenhügeln des Hinterlandes in diesen Bereich des Sees transportiert. Der wechselnde Sedimentinput spiegelt sich in den feinelaminierten, sandig-lehmigen Ablagerungen wieder, in denen die sandigen Substrata für eine höhere Fließgeschwindigkeit sprechen. Die erfasste stratigraphische Sequenz lässt die typische Seekreide vermissen, die ansonsten sehr oft als Baugrund für die zirkumalpinen Seeufersiedlungen gedient hat. Die Kulturschicht scheint erodiert oder stark von fluviatilen Prozessen überprägt worden zu sein, die zu einer Redeposition des organischen Materials mit Sand geführt haben. Nichtsdestotrotz zeigen die organischen Makroreste (Samen) und Holzkohlen, dass es sich um Kulturschichtmaterial anthropogenen Ursprungs handelt. Die ursprüngliche Oberfläche der lehmigen Schicht 2 (Eg 1) könnte während eines Erosionsereignisses gekappt worden sein, wobei die Anzahl und Dauer solcher Ereignisse nicht bestimmt werden kann. Während einer jüngeren Periode wurde schliesslich grauer Sand und Schlamm abgelagert, der die Überreste der Kulturschicht abdeckte. Die Schichtsequenz von Eg 2 ist überraschend anders als diejenige in Eg 1. Der eingespülte Lehm hat sich anscheinend nur bis Eg 1 abgelagert und gelangte nicht bis Eg 2. Die stärkeren Sandakkumulationen sowie die sie begleitenden erosiven Effekte fielen stark genug aus, auch die Position von Eg 2 zu erreichen.

Kulturelle Faktoren

Einmal mehr gestaltet sich die Identifikation der c-Transformationen schwieriger als die der zuvor genannten n-Transformationen. In Viverone-Emissario I wird von einer intensiven Fundbergungsaktivität durch Sporttaucher berichtet (mündliche Auskunft Rubat Borel 2011), und leider sind auch Spuren dieser Fundbergung in Form von Intrusionen in den analysierten Proben zu sehen (siehe Abbildung im Anhang). Letztlich können sämtliche modernen Eingriffe wie die Absenkung des Pegels des Zugersees und dessen Einfluss auf die umliegenden Seeufersiedlungen, Ausbaggerungen und die damit verbundene Freilegung der organischen Kulturschicht oder auch die Überdeckung von Zürich-Opéra mit Füllmaterial für die Quaianlagen

als postsedimentäre c-Transformationen gelten. Die Aufzählung liesse sich noch beliebig fortführen. Im Gegensatz zu den zahlreichen Zerstörungen durch den Menschen können die Quai-aufschüttungen in Zürich der 80er Jahre des 19. Jahrhunderts sogar als Glücksfall gelten, denn sie schützen die Siedlungsschichten (Stöckli 2009, S. 53). Das ist laut Stöckli eine komplett andere Situation als in den Jurarandseen. Hier sank der Seespiegel durch die Juragewässerkorrektion und die meisten Siedlungen waren der Erosion ausgesetzt. Nur Twann-Bahnhof und Concise VD-Sous-Colachoz sind durch besondere Umstände geschützt und daher gut erhalten geblieben.

8.3 Auflassungsprozesse

Die Auflassungsproblematik und das endgültige Ausbleiben von Seeufersiedlungen im zirkumalpinen Raum sollen anhand von drei neolithischen, einer mittelbronzezeitlichen und von zwei spätbronzezeitlichen Seeufersiedlungen nachvollzogen werden. Grundsätzlich muss vorausgeschickt werden, dass nie eine Auflassungsschicht oder ein vergleichbarer Prozess, der direkt und zwingend mit der Auflassung einer Siedlung in Verbindung gebracht werden muss, gefasst werden konnte. Wie ebenfalls bereits anhand eines Befundes aus Zürich-Opéra gezeigt werden konnte, kann eine Brandschicht auch nur ein lokales Ereignis darstellen und muss daher nicht zwingend den Niedergang der gesamten Siedlung anzeigen. Der in Greifensee-Böschen gefasste Brand belegt, dass dies jedoch durchaus der Fall sein kann. Speziell in Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld und Zürich-Opéra fanden sich in den Proben zwar Spuren von Brandereignissen, aber auch Hinweise darauf, dass die Besiedlung nach dem möglichen Brand weiterging.

Als direkter Nachweis für ein Auflassen der Siedlung würde neben den Brandschichten eine Auflassungsschicht in Frage kommen. Dies kann, dem Beispiel einer aus dem terrestrischen Bereich bekannten Verstürzschicht folgend, eine Schicht sein, die sich unter Einfluss der verlassenen und kontinuierlich zerfallenden Häuser gebildet hat. Hierzu würden zum Beispiel die nachgewiesenen Lehmlagen passen, was im Fall von Greifensee-Böschen sogar als wahrscheinlich erscheint. Obwohl die Lehme von Zürich-Opéra den Lehmen von Greifensee-Böschen gar nicht unähnlich sind, schliesst die Befundauswertung von Zürich-Opéra eine Interpretation als verstürzte Ruine aufgrund ihrer episodischen Ablagerung und anderer Überle-

gungen aus (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 92-93; Bleicher 2015, S. 198). Auch viele liegende Hölzer könnten eine Auflassung anzeigen, wobei ein derartiger Nachweis mikromorphologisch aufgrund des geringen Untersuchungsausschnitts nicht möglich ist. In Zürich-Opéra fasst man punktuell Spuren des Auflassens von Häusern, wie der spektakuläre Fund eines Türblatts in der Kulturschicht 13 (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 76-78) oder eine abgestürzte Herdplatte mit Substruktion aus der Kulturschicht 15, die eventuell einem Hausbrand zu Opfer fiel (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 89-90). Das dendrochronologisch nachgewiesene Ausbleiben von Reparaturen könnte ebenfalls ein Hinweis auf das Auflassen einzelner Häuser sein (Bleicher und Burger 2015, S. 121; Ebersbach 2010). Doch diese Indizien finden mikromorphologisch keine Entsprechung. Ein immer wieder zitierter und etwas unfreiwillig entstandener experimenteller Befund zu Auflassungsprozessen stammt vom Bodensee. Im Pfahlbaumuseum von Unteruhldingen fiel ein rekonstruiertes Haus einem grösseren Sturmereignis zum Opfer. Dabei zeigte es sich, dass vom Haus inklusive des Lehms in kurzer Zeit kaum noch etwas übrig geblieben war (Schöbel 2011). Eine Tatsache, die sicher auch der nicht sehr geschützten Lage des Hauses am Ufer des Bodensees geschuldet ist. Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass Auflassungsprozesse in der archäologischen Befundauswertung schwer zu fassen sind. Hier kommt einmal mehr zum Tragen, dass Seeufersiedlungen trotz der Informationsdichte der Kulturschichten gewisse Schwierigkeiten in Bezug auf die Interpretation der Befunde mit sich bringen. Im Folgenden soll dargelegt werden, was die mikroskopische Analyse der Schichten in Bezug auf diese Fragestellung aussagen kann. Den Anfang machen die in der Regel am besten mit einer Auflassung der Siedlung zu verbindenden Brandschichten.

Die beiden Holzkohlenniveaus 7.3.1/7.3.3 und 7.3.7 in Schicht 7 von Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld scheinen einen Brand der Siedlung und eine danach beginnende neue Siedlungsphase anzuzeigen (Gerber et al. 1994, S. 14 sprechen allerdings von Schicht 7.3.4). Dies ist im Grabungsabschnitt Sh2 besonders deutlich, aus dem auch die hier behandelte Probe stammt. Diese Unterteilung lässt sich aber nicht über die gesamte Ausdehnung der Schicht 7 verfolgen. So konnten teilweise Keramikgefässe aus allen Straten der Schicht 7 zusammengesetzt werden, was streckenweise auf eine Vermischung hindeutet. In den hier untersuchten Teilproben ist die Unterteilung jedoch deutlich. Somit haben in Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld die zwei grösseren Brandereignisse nicht zu einem Abbruch der Besiedlung geführt. In der mit den untersuchten Schichten zu parallelisierenden Schicht J der benachbarten Fundstelle AKAD wurden dann auch Hinweise auf ein Ansteigen des Seespiegels während der

Ablagerung der Schicht gefunden, das ultimativ zur Auflassung der Siedlung geführt haben soll (Jacomet 1985, S. 68). Unmittelbar nach dem Verlassen der Siedlung soll sich das Areal in der Zone des unteren Eulitorals befunden haben wobei Erosion durch Wellenschlag der Kulturschicht stark zusetzte. Dies liess sich auch sehr gut in Probe 5022 von Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld zeigen, wo ein Grobkies gefolgt von einer erosiv umgelagerten Schicht den Abschluss der Schichtsequenz bildet.

Hier zeigt sich ausserdem ein deutliches Erhaltungsproblem. Grundsätzlich, fast schon traditionell, wird davon ausgegangen, dass Seeufersiedlungen aufgegeben wurden, weil der Seespiegel anstieg. Wie zuvor gezeigt, führt dies aber unweigerlich zu einer Erosion der obersten Siedlungsschichten, so dass man eigentlich davon ausgehen muss, dass das letzte Siedlungsereignis nicht zu fassen sein kann, da es gar nicht mehr vorhanden ist. Dies zeigt sich etwa in Zürich-Alpenquai, wo das jüngste Dendrodatum im Prinzip schon aus dem Reduktionshorizont kommt. Es finden sich auch kaum Hinweise für eine zunehmende Vernässung, die sich bereits während der Besiedlungszeit abgespielt haben könnte. Der zuoberst in Probe 12695 von Zürich-Opéra gefasste detritisch-organische Mikrit könnte allenfalls ein Hinweis auf einen steigenden Seespiegel oder zumindest auf gewisse Änderungen des Seespiegels am Ende der Kulturschicht 13 sein. Da aber nicht genau festgelegt werden kann, ob hier wirklich das Ende der Siedlungsperiode erreicht ist und detritisch-organischer Mikrit auch weiter unten und somit bereits während der Ablagerungszeit von Schicht 13 vorkam, ist dies nicht zwingend anzunehmen beziehungsweise eher in der Lage des beprobten Profils in Bezug zur ehemaligen Topographie zu sehen. Sicher kam es hier aber öfters zu Veränderungen des Seespiegels, die nicht die Aufgabe des Dorfes, aber ein verändertes Sedimentationsmilieu an dieser Stelle zur Folge hatten, das sich in der Ablagerung der detritisch-organischen Mikrite ausdrückt. Ein lokales oder temporäres Auflassen wäre zwar denkbar, könnte aber erst nachgewiesen werden, wenn Pollen- und Makrorestanalysen ermöglichen würden, die organische Kulturschicht jahrgenau oder sogar saisongenau aufzulösen. Dass dies durchaus im Bereich des Möglichen liegt, zeigen kombinierte mikromorphologische und botanische Analysen an einer Seeufersiedlung am Lake Luokesa in Litauen (Ismail-Meyer et al. 2013; Ismail-Meyer 2014). Ähnliches wäre auch für Zug-Riedmatt zu erhoffen, denn hier gilt es noch genau abzuklären, welchen Einfluss die nachgewiesenen, niedrigenergetischen Überschwemmungen auf die Siedlung beziehungsweise auf die Bewohner hatten. In Zürich-Opéra stehen die wiederholt nachgewiesenen erosiven Ereignisse nach Siedlungsende einer solch detaillierten Untersuchung entgegen.

Das Erhaltungsproblem kommt dann auch ganz deutlich in der Ha B1-zeitlichen Siedlung Greifensee-Böschchen zu tragen. Hier hat sich zwar ebenfalls eine organische Schicht erhalten, sie besteht aber fast nur noch aus groben Komponenten. Anhand von Bastschnüren aus der Seekreide nur wenig über und auch innerhalb der organischen Schicht konnten ^{14}C -Daten aus dem Mittelalter gewonnen werden. Im gleichen Kontext stehen weitere jüngere Funde. Man muss also nochmal festhalten, dass hier postsedimentäre Prozesse zu einer starken Einschränkung des mikromorphologischen Aussagepotentials, insbesondere in Bezug auf die Auflfassung dieser Siedlung, geführt haben. Es ist davon auszugehen, dass die organische Schicht nach Ende der Siedlung (mehrfach) in den Bereich des Wellenschlags geriet und somit eine Reduktion erfuhr. Dies entspricht im Wesentlichen auch den makroskopisch gemachten Beobachtungen während der Ausgrabung (Eberschweiler et al. 2007).

In der Siedlung Zürich-Alpenquai liegen zwei separate organische Schichten vor, die von einer Seekreidelage getrennt sind. Da die Siedlung zeitlich am Übergang zur Eisenzeit liegt, war sie von besonderem Interesse für das SNF-Forschungsprojekt, in dessen Rahmen auch die vorliegende Arbeit entstanden ist. Es konnte eine multidisziplinäre (Mikromorphologie, Archäobotanik, Archäozoologie und Material Culture Studies) Studie an Probenmaterial aus diesen jüngeren Ausgrabungen vorgenommen werden (Wiemann et al. 2012), deren Ergebnisse hier kurz in Bezug auf die Auflfassung der Siedlung zusammengefasst werden sollen. Die Resultate der Mikromorphologie und der Archäobotanik (Makroreste und Pollen) decken sich recht gut und erlauben Aussagen zu Schichtbildungsprozessen sowie zu syn- und postsedimentären Transformationen. Ergänzt wurden diese Ergebnisse durch die Archäozoologie und eine Analyse des Fundmaterials, die aber nicht auf dieselben Profilkolonnen zurückgreifen konnten, sondern auf weniger feinauflösende Flächenproben ausweichen mussten. Da Hinweise auf eine Auflfassung der Siedlung im Vordergrund standen, wurde der Fokus auf die Phasen B bis D gelegt.

Die Schichten von Phase B zeichnen sich insbesondere durch einen hohen Anteil an Lehm bei nur wenig organischem Material aus. Zum Teil zeigt der Lehm Brandspuren, so dass es in Verbindung mit dem archäologischen Befund Hinweise auf ein Brandereignis gibt (Künzler Wagner 2005, S. 14). Gegen oben hin konnten Diatomeen beobachtet werden, die auf einen zunehmenden Wassereinfluss hinweisen. Zeiger für Erosion nehmen zu und schliesslich geht die Schicht in eine Seekreide über, die sich zwischen den beiden Siedlungsphasen B und C befindet. Der Einfluss des Sees ist noch in Phase C deutlich zu spüren, wobei hier bereits

eindeutig auch wieder eine anthropogen verursachte Akkumulation (organisches Material, Lehm, Holzkohle) vorliegt. In Phase D, die sich als hoch organische Schicht ohne erkennbaren Seeinfluss präsentiert, muss der Seespiegel dann stark gefallen sein. Es kam zur Akkumulation von organischem Material (mit Spuren von Abbau/Verwitterung), Lehm, Holzkohle und Dung. Auch das Pollenspektrum und die botanischen Makroreste weisen auf eine gewisse Verlandung hin. Bereits in der obersten Schicht von Phase D ist eine leichte Zunahme der Diasporen von Wasserpflanzen festzustellen, ein Befund, der sich bis in den Reduktionshorizont hinein fortsetzt. Dieser Anstieg und eine Ausbreitung des Auenwaldes mit *alnus* und *betula* ist auch in einem nahegelegenen und bereits früher palynologisch analysierten Bohrkern festgestellt worden (Heitz-Weniger 1977). Es wird weiter davon ausgegangen, dass zuoberst in der Stratigraphie ein Hiatus vorliegt.

Leider liegen für Zürich-Alpenquai keine genauen Dendrodaten vor, die die Rekonstruktion von Hausgrundrissen und eine Hausbiographie ermöglichen würden. Damit ist es kaum möglich, Bauphasen genau zu erkennen und mit den Ergebnissen zu verbinden. Doch auch die Verknüpfung mit den eher ungenauen Phasendatierungen ergibt ein interessantes Bild: So stehen nur etwa 200 Jahre zur Verfügung, um vier Siedlungsphasen inklusive Überflutungserignisse „unterzubringen“. Innerhalb dieser Zeit ist die Siedlung also mindestens einmal (zwischen Phase B und C) vollständig bis hin zur Sedimentation von Seekreide überflutet worden. Eine weitere, zumindest partielle Überflutung ist in Phase A zu erkennen. Dabei sind kurze Besiedlungszeiträume nichts Ungewöhnliches für Seeufersiedlungen (siehe Greifensee-Böschchen: Eberschweiler et al. 2007 oder Arbon-Bleiche 3: Leuzinger 2000) und speziell für die Häuser wird, mit Ausnahmen, von einer Lebensdauer von nicht mehr als 20 Jahren ausgegangen (Ebersbach 2013). Daraus muss also gefolgert werden, dass die Bewohner einer Seeufersiedlung in ihrem Leben durchaus mehrere Häuser bauten. Geht man hypothetisch davon aus, dass es immer dieselbe Gemeinschaft war, die innerhalb der 200 Jahre am Alpenquai siedelte – und dafür spricht zumindest das wiederholte Aufsuchen genau desselben Siedlungsplatzes – so muss es sich um eine recht mobile Gemeinschaft mit einem „trockenen Ausweichquartier“ handeln. Derart mobile Gemeinschaften im Seeuferbereich werden auch für das Neolithikum postuliert (Ebersbach 2013) und können etwa in Zug-Riedmatt gefasst werden, wo bislang von 100-130 Jahren gesamthafter Siedlungsdauer ausgegangen wird. In Zürich-Alpenquai muss das Überflutungserignis beziehungsweise die Auflassung jedoch viel einschneidender gewesen sein, wie die Seekreideschicht zwischen den Siedlungsablagerungen zeigt. Auch in Zürich-Opéra liegen die verschiedenen Siedlungsschichten trotz der zum

Teil nicht unerheblichen, dazwischenliegenden Seekreideschichten zeitlich relativ dicht aufeinander.

Somit werden im Seeuferbereich Hausbiographien, wie die von Gerritsen (2003) aufgezeigte und in Abbildung 2 wiedergegebene Abfolge, in kurzen Abständen durchgespielt. Zürich-Alpenquai ist dabei jedoch als Archiv zu grob auflösend, um die einzelnen Prozesse – insbesondere diejenigen, die mit dem Auflassen in Verbindung stehen und diejenigen die nach dem Auflassen geschehen – noch näher rekonstruieren zu können. Trotzdem zeigt sich die im Verhalten der Menschen inhärente Dynamik deutlich. Der Umgang mit länger andauernden Überflutungsperioden muss in der „Oral History“ dieser Gesellschaften vergegenwärtigt und somit beherrschbar gewesen sein. Das Auflassen eines Hauses oder gar das Verlassen eines Siedlungsplatzes stellt im Gegensatz zu möglichen modernen Ansichten keine Katastrophe dar, sondern gehörte wohl zur kulturellen Biographie der damaligen Menschen. Es zeigt sich im Hinblick auf die zweite Hypothese (siehe Kapitel 1), dass die Analyse einer geschlossenen Stratigraphie inklusive aller mitwirkenden Prozesse und ihrer Ursachen Informationen zur Frage nach der Auflassung einer Siedlung liefern kann, dass die Auflösungsschärfe dieser Informationen jedoch stark durch die Erhaltung beeinflusst wird.

8.4 Bilanz

Während sich das Kapitel 8.1 vor allem mit der Identifikation der Quelle des Sediments (z.B. natürlicher limnischer Mikrit oder anthropogen eingebrachtes organisches Material) befasst hat, fokussiert Kapitel 8.2 auf möglichen Veränderungen, die sich zwischen dem Beginn der Ablagerung der der Aufdeckung während der Ausgrabung abgespielt haben. Das Kapitel 8.3 behandelt darauf aufbauend die Auflassungsproblematik und soll die Frage beantworten, ob anhand der in den vorherigen Kapiteln besprochenen Prozesse Aussagen zur Auflassung von Seeufersiedlungen abgeleitet werden können. Es lässt sich bilanzieren, dass neben der allgemeinen Schichtbildung eine grosse Zahl an Prozessen festgestellt werden konnte, die sich seit dem Beginn der Ablagerung der jeweiligen Schichten abgespielt haben. Diese Prozesse haben einen unmittelbaren Einfluss auf das Verständnis der untersuchten Stratigraphien und können das überlieferte Bild gewissermassen verzerren.

Aus diesem Grund muss die Frage gestellt werden, ob eine Seeufersiedlung aufgrund der zahlreichen bereits synsedimentär wirkenden Transformationen nicht in ihrem Quellenwert eingeschränkt ist und somit im Prinzip das Gegenteil eines „Pompejis im Kleinformat“ darstellt. Zu dieser Problematik hat sich Bleicher in einer Auseinandersetzung anlässlich der Analyse von Hornstaad-Hörnle IA mit der Frage befasst, ob die Stratigraphie einer Seeufersiedlung als geschlossener Fund nach Oskar Montelius (1903) gelten kann (Bleicher 2006, S. 432–436). Da laut Montelius eine gleichzeitige Niederlegung das entscheidende Kriterium eines geschlossenen Fundes ist, kommt Bleicher zum Schluss, dass in diesem Fall die Stratigraphie nicht als geschlossener Fund im eigentlichen Sinn gelten kann. Allerdings definiert er in der weiteren Diskussion eine Stratigraphie als Ablagerung über eine längere Zeitspanne und folgert daraus, dass im Siedlungskontext der Terminus „gleichzeitig“ als Dauer der Besiedlung zu betrachten sei. Somit würde für den einzelnen Schichtkörper „gleichzeitig“ der Dauer seines Offenliegens entsprechen. Bleicher betrachtet zwar rezente und prähistorische Erosion als Störfaktor, die unter Umständen aber nur an Randbereichen des Schichtpakets zum Tragen kam. Dabei stellen für ihn Spülsäume, Sandbänder, horizontale Verlagerungen sowie eine randliche Erosion durch den See auf der einen Seite und vertikale Verlagerungen durch Einrammen neuer Pfähle auf der anderen Seite keine zwingenden Gründe dar, nicht von einer „geschlossenen Stratigraphie“ zu sprechen. Beide Effekte fanden nämlich noch zur Zeit der Besiedlung statt, weshalb sie ebenso gut als Teil der Stratigraphie wie als Störung zu verstehen seien. Somit stellen gerade synsedimentäre Veränderungen keine Schmälerung des Quellenwertes einer Seeufersiedlung dar, sondern müssen als Teil der Quelle an sich gelten. Die Beobachtung dieser und weiterer Effekte (siehe oben und Gé et al. 1993) geben Hinweise auf verschiedenste Phänomene, so auch auf Veränderungen des Seespiegels.

Daraus lässt sich folgern, dass Stratigraphien von Seeufersiedlungen und die darin enthaltenen organischen Kulturschichten immer ein Palimpsest, hervorgegangen aus vielfältigen synsedimentären n- und c-Transformationen, darstellen, was die erste Hypothese bestätigt, die besagt, dass die Sedimente in Seeufersiedlungen während ihrer Ablagerung und auch danach verändernden Prozessen ausgesetzt waren (siehe Kapitel 1). Das ist genau genommen nicht verwunderlich, da im Prinzip jede Kulturschicht, auch solche im terrestrischen Umfeld, ein Palimpsest darstellt. Im Seeufersiedlungsbereich ist dies allerdings aufgrund der höheren in der Kulturschicht enthaltenen Auflösungsschärfe viel besser nachweisbar. Die synsedimentären n- und c-Transformationen stellen somit eine wichtige Quelle zur Kultur- und Naturgeschichte dar. Das gilt insbesondere dann, wenn negativ einwirkende postsedimentäre

Prozesse ausgeblieben sind. Die so entstandenen Transformationen gilt es zu entschlüsseln und sie soweit möglich menschlichem Handeln oder natürlichen Phänomenen zuzuweisen. Hier bietet sich unter anderem die Mikromorphologie – in Kombination und enger Zusammenarbeit mit weiteren naturwissenschaftlichen Analysen – als erfolgversprechende Methode an.

Die umfangreichen in dieser Studie dargelegten Resultate und Detailbeschreibungen belegen eindrücklich, in welcher feinen Auflösung eine mikromorphologische Untersuchung stattfindet. Dieser Detailreichtum führt allerdings zwangsläufig dazu, dass gewisse Vereinfachungen notwendig werden, um überhaupt Aussagen treffen zu können, die über mehrere Proben, Profile beziehungsweise Siedlungen hinweg Geltung haben. Da bietet es sich vor allem an, die so gewonnenen Aussagen mit der archäologischen Befundauswertung zu kontrollieren. Dies konnte in der vorliegenden Studie jedoch nur zum Teil durchgeführt werden, da eine solche Auswertung nicht immer vorlag beziehungsweise erst im Entstehen begriffen war. Im Fall von Zürich-Opéra bleibt eine Kartierung der Resultate der hier vorgestellten und weiterer Proben sowie ein Abgleich mit den Ergebnissen der anderen beteiligten Disziplinen der fortschreitenden Auswertung vorbehalten (Pümpin et al. 2015). Dennoch wurde versucht, über die einzelnen Fundstellen hinaus geltende Prozesse zu definieren und die dadurch entstandenen Sedimente genau definierten Fazies zuzuweisen. Dabei hat sich gezeigt, dass die gewählten Unterteilungen, wie natürlich und anthropogen, aber auch syn- und postsedimentär, oftmals zu trennscharf und exklusiv für die sehr variabel ausfallenden Prozesse in Seeufersiedlungen sind. So gelten beispielsweise die schwach organischen Seekreiden, vor allem aufgrund ihres starken Anteils an limnischen Schichtbestandteilen und der nicht vordergründig klaren Herkunft des in ihnen enthaltenen organischen Materials, als durch einen natürlichen Schichtbildungsprozess entstandene Sedimente. In der genaueren Betrachtung scheint das organische Material aber seinen Ursprung in einer Kulturschicht zu haben und kann somit nicht natürlichen Ursprungs sein. Anhand dieses Beispiels zeigt sich die Notwendigkeit von einem Gradienten auszugehen, der eine Einordnung der Sedimente zwischen dem natürlichen und dem anthropogenen Sedimentationsraum ermöglicht.

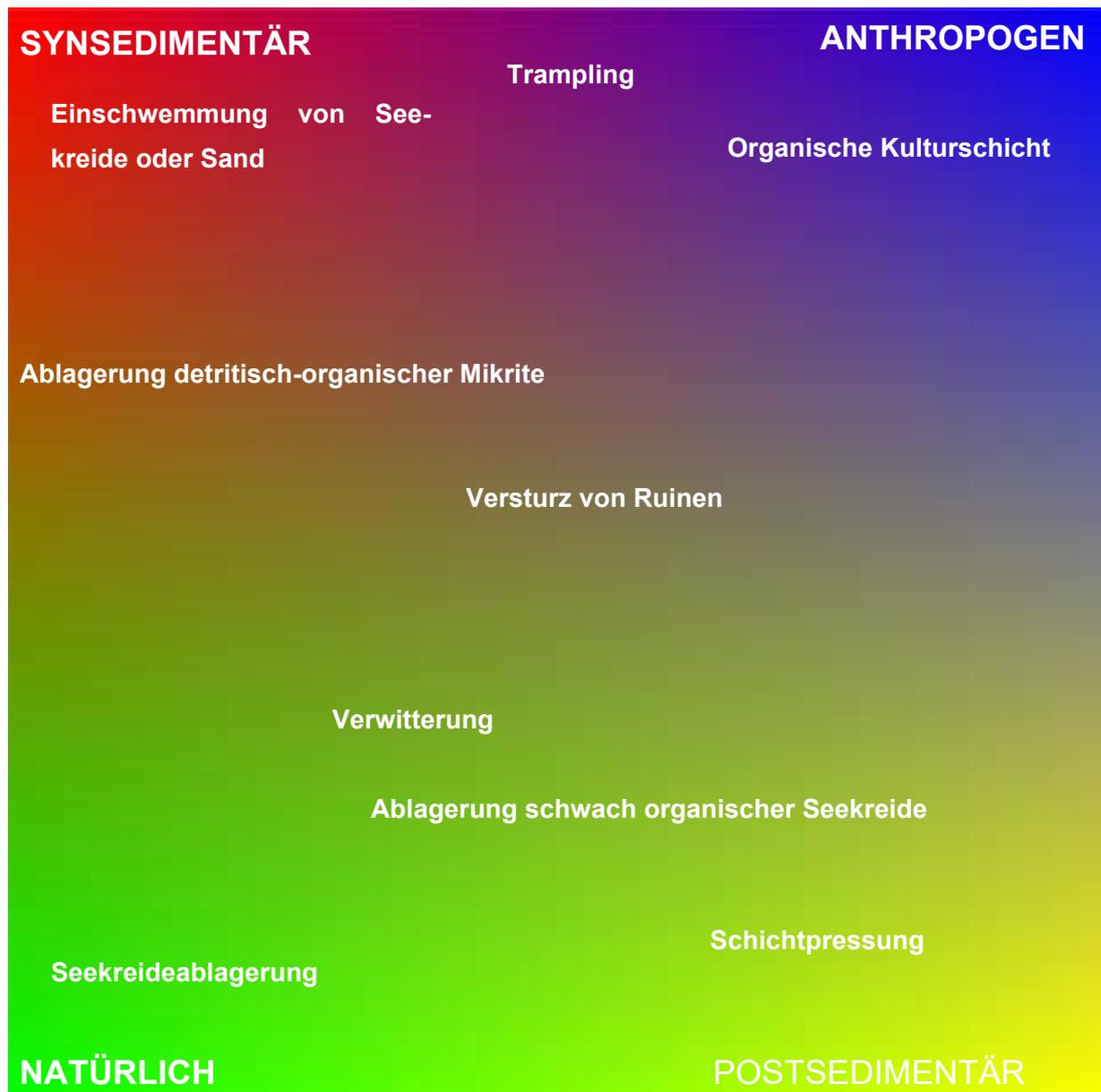


Abbildung 75 Gradient von Schichtbildungsprozessen im Seeuferbereich.

Anhand des Beispiels eines Vier-Farbverlaufs soll die Einordnung von einigen der hier festgestellten Prozesse nachvollzogen werden. Gemäss dem gleichen Prinzip lassen sich auch die weiteren in der vorliegenden Studie besprochenen Prozesse einordnen (Grundlage: 4-Farben Gradient von zahl-art.de, Alexey Popov).

Weiter scheinen auch die Begriffe syn- und postsedimentär wenig trennscharf auf die ange-troffenen Sedimente beziehungsweise Prozesse anwendbar zu sein. So kann zum Beispiel Erosion siedlungszeitlich wie auch weit nach dem Ende der Besiedlungszeit stattfinden. Im entsprechenden Kapitel 8.2 wird sich damit beholfen, im Fall der synsedimentären Modifikati-onen von synsedimentärer Umlagerung und im Fall der postsedimentären Modifikationen vom

Einfluss von Überflutung und erosiver Umlagerung zu sprechen. Im Grunde genommen handelt es sich dabei um vergleichbare Prozesse, die in unterschiedlicher Stärke und zu unterschiedlichen Zeitpunkten gewirkt haben. Auch Bioturbation und Verwitterung können sowohl syn- als auch postsedimentär stattfinden. Auch hier kann es einmal mehr ein Ausweg sein, einen Gradienten zwischen dem synsedimentären und dem postsedimentären Modifikationsraum anzunehmen. Bezieht man nun auch den natürlichen und anthropogenen Sedimentationsraum mit in die Betrachtung ein, so ergibt sich die Möglichkeit alle hier beschriebenen Prozesse als Gradient im Feld dieser vier Pole einzuordnen (Abb. 75). Hier ist als Darstellung ein Farbverlauf gewählt und einige Prozesse sind exemplarisch eingeordnet. So ergibt sich ein besseres Bild, wie Schichtsequenzen von Seeufersiedlungen im Spiegel syn- und postsedimentärer Prozesse zu verstehen sind.

Die Frage nach dem Seespiegel während der Besiedlungszeit stand hier bewusst nicht im Zentrum der Untersuchungen. Darüber hinaus konnten im Grund genommen keine eindeutigen Hinweise auf die Höhe der Wasserbedeckung des Untergrundes während der Zeit der Besiedlung erkannt werden. Dennoch sollen im Folgenden kurz einige Beobachtungen anhand von Zürich-Opéra dargelegt werden, die gewisse Hinweise zur Beantwortung dieser Fragestellung in Bezug auf die genannte Fundstelle geben können. Grundsätzlich finden sich Indizien für eine Regression in den Seekreiden, wobei die Bildung von Seekreide selbst jeweils eine Wasserbedeckung von einem halben Meter und mehr anzeigt. Allerdings kommen gebänderte Seekreiden zum Teil bis direkt unter dem „Übergangshorizont“ vor und gelten als ruhig sedimentierte Schichten nicht als Regressionsanzeiger (vgl. Tab. 11). Nimmt man an, dass es sich beim „Übergangshorizont“ um eine postsedimentäre Bildung handelt, so ist vor allem der wiederholt erwähnte abrupte Wechsel von einem natürlichen und limnisch geprägtem Sediment zu einer stark anthropogen geprägten organischen Kulturschicht auffällig. Dies gilt vor allem, da in der Regel kaum oder kein Mikritanteil in der Kulturschicht vorkommt. In einigen Profilen im Osten der Grabungsfläche scheint es allerdings zur Zeit der Seekreideablagerung zur Bildung eines besonderen Sediments gekommen zu sein, das auf eine Strand- oder Flachwassersituation hindeutet und hier als granulare Seekreide bezeichnet wird. Im Hangenden dieser Schicht folgt entweder Seekreide (Profil 508/147) oder ein Gemisch aus Seekreide und organischem Material (Profil 519/123).

In der organischen Kulturschicht kommt organisches Material in unterschiedlichen Erhaltungszuständen vor, wobei sich kein Erhaltungsgradient abzeichnet. Vielmehr scheint die Feinstratigraphie der organischen Kulturschichtablagerung Handlungen widerzuspiegeln, die in einem Zusammenhang mit Entsorgungsszenarien stehen. Neben mikritischen Schichten, die auf die Deponierung von Asche zurückzugehen scheinen und als heterogene Karbonate bezeichnet werden, kommen auch Schichten vor, die auf eine Sedimentation unter Wassereinfluss und bei niedrig energetischen Bedingungen hindeuten. Diese als detritisch-organische Mikrite bezeichneten Sedimente charakterisieren eine zumindest lokale und temporäre Änderung des hydrologischen Regimes. In der organischen Kulturschicht selbst finden sich verschiedene Anzeichen von Verwitterungsprozessen an der Luft (z.B. Pilzsporen und Milbenfrass) sowie Abbauspuren, die auch unter einer Wasserbedeckung denkbar sind (z.B. Doppleritbildung). Es kann anhand der vorliegenden Daten nicht entschieden werden, ob die Verwitterungsprozesse an der Luft *in situ* stattgefunden haben. Ihre zum Teil recht grosse Verteilung innerhalb einer Schicht könnte allenfalls ein Hinweis darauf sein. Das Argument, sie könnten auch sekundär als Abfall von Holzbearbeitung und ähnlichen Tätigkeiten in das Sediment gekommen sein, lässt sich nicht ganz widerlegen. Insgesamt finden sich somit keine zwingenden Hinweise für oder gegen eine Wasserbedeckung zur Zeit der Ablagerung der organischen Kulturschicht. Die nachweisbare Erosion an der Oberkante von Kulturschicht 13 in Zürich-Opéra und die detritisch-organischen Mikrite können aber Schwankungen des Seespiegels anzeigen, was einen Widerspruch zu Ablagerungsszenarien darstellt, die ohne jegliche Seespiegelschwankungen auszukommen versuchen (Bleicher und Ruckstuhl 2015, S. 92-99). Für eine abschliessende Klärung dieses Sachverhalts erscheint die Datenbasis der hier präsentierten mikromorphologischen Untersuchungen jedoch als nicht ausreichend. Vor allem in Verbindung mit ergänzenden Analysen weiterer Proben und den Resultaten anderer Disziplinen können die hier präsentierten Ergebnisse jedoch sicher zu einer Aussage beitragen.

9 Fazit und Ausblick

Die diachrone Analyse von sechs Seeufersiedlungen vom Neolithikum bis zur Spätbronzezeit in Bezug auf syn- und postsedimentäre Veränderungen sowie Auflassungsprozesse hat sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede erbracht. Die organischen Schichten aus dem Neolithikum scheinen generell besser überliefert worden zu sein, als dies aus der Spätbronzezeit der Fall ist. Diese Beobachtung lässt sich zwar auch anhand von Beispielen ausserhalb der Studie bestätigen, es scheinen sich aber insbesondere an kleineren Seen Ausnahmen abzuzeichnen (Uerschausen: Gollnisch-Moos 1999b; Roseninsel: Schlitzer 2009). Dies könnte mit einem speziellen Seespiegelverlauf nach dem oder im Neolithikum erklärt werden, der zu einer guten Überdeckung mit Seekreide geführt hat, während diese Deckschichten von Seekreide bei den spätbronzezeitlichen Siedlungen öfter oder stärker in den Wellenschlagbereich gekommen ist (Magny 2004a). Eine weitere These besagt, dass spätbronzezeitliche Seeufersiedlungen auf der Strandplatte weiter seewärts errichtet wurden als die neolithischen Seeufersiedlungen und somit stärker von Erosion betroffen waren (Primas 2008, S. 33).

Im Zusammenhang mit der Besiedlungsgeschichte konnten verschiedene natürlich und anthropogen verursachte Bildungsprozesse identifiziert werden. Sie weisen auf sich verändernde Sedimentationsbedingungen hin und widerspiegeln die Handlungen der SiedlerInnen. Am auffälligsten ist der Wechsel von Seekreide zu einer anthropogen verursachten Akkumulation von organischen Schichten, die sehr oft keine oder nur stellenweise limnische Karbonate beinhalten. Diese Schichten repräsentieren die unterschiedlichsten menschlichen Tätigkeiten. Es konnten Hinweise auf Bautätigkeit, Nahrungszubereitung, Tierhaltung, Entsorgung von Abfällen sowie auf Katastrophen (Hausbrände) gefunden werden.

Ferner konnte gezeigt werden, dass Seeufersiedlungen einer Vielzahl von syn- und postsedimentären Transformationen (natürlich und kulturell bedingt) unterliegen. Begreift man die Schichten einer Seeufersiedlung aber als geschlossene Stratigraphie, so stellen die synsedimentären Transformationen einen integralen Bestandteil eben dieser Stratigraphie dar. Somit gilt es, die synsedimentären Transformationen neben den allgemeinen Schichtbildungsprozessen zu erforschen und zu entschlüsseln, um das vollständige Potential einer Stratigraphie auszuschöpfen. Doch auch verschiedene postsedimentäre Prozesse konnten identifiziert wer-

den. Sie stellen einerseits den Zugang zur Quellenkritik dar und bilden zum anderen ein eigenes Archiv, aus dem spezifische Umwelteinflüsse und menschliche Handlungsformen herausgelesen werden können.

Zwei mikromorphologisch erkennbare Prozesse können mit der Auffassung von Siedlungen in Verbindung gebracht werden. Zum einen sind das die Brandereignisse, zum anderen der Anstieg des Seespiegels nach dem Ende der Siedlung mit der damit verbundenen Erosion und der anschliessenden Überdeckung mit Seekreide. Die Erosion macht es aber auch sehr schwierig, die meist kurze Phase der Auffassung im Detail zu studieren. Das liegt vor allem daran, dass sich – wie anhand der jüngsten Phase von Zürich-Alpenquai, aber auch an Greifensee-Böschchen erkennbar – gerade diese letzte Phase gar nicht erhalten hat und der Erosion zum Opfer gefallen ist. Trotzdem konnte die Analyse von Zürich-Alpenquai, Zug-Riedmatt und Zürich-Opéra zeigen, dass sich die Bewohner dieser Siedlungen zunehmend und wiederholt mit Seehochständen auseinandersetzen mussten, während denen sich sogar beträchtliche Mengen Seekreide zwischen den einzelnen Siedlungsphasen ablagern konnten oder auch nur kleinere Bereiche der Siedlung überflutet wurden. Dies bestätigt gängige Annahmen zum Abbruch der Seeufersiedlungen am Ende der Spätbronzezeit (Schöbel 2010), zeigt aber auch eindrücklich, dass es sich nicht um ein einziges katastrophales Event gehandelt haben dürfte. Vielmehr war es ein längerer Prozess – vermutlich in Kombination mit weiteren externen wie internen Faktoren (Jennings 2012) – der in letzter Konsequenz zum Ende der Besiedlungsgeschichte der Seeufer im zirkumalpinen Raum führte (siehe auch Menotti 2015). Seitdem waren es nur noch geringe Siedlungsspuren (Gollnisch-Moos 1999a, S. 155–157) oder spezialisierte Einrichtungen, etwa zum Fischfang (Köninger 2001), die an den Seeufern angetroffen werden können.

Die vorliegende Abhandlung sollte deutlich machen, dass die Mikromorphologie nicht nur als spezialisierte Technik angesehen werden kann, um bestimmte Detailprobleme zu lösen, sondern als unabdingbarer Begleiter bei der Analyse von archäologischen Stratigraphien zum Einsatz kommen muss. Unbestritten ist und bleibt die Notwendigkeit des Heranziehens weiterer Disziplinen wie die botanische Makrorestanalyse, Archäozoologie, Pollenanalyse und viele mehr. Dennoch zeigt die nachgewiesene Dynamik im Bereich der Mensch-Umwelt-Interaktion, dass die verschiedenen naturwissenschaftlichen Methoden diese Phänomene zwar klar nachweisen und aufzeigen können, sich aber zum Teil schwer tun, wenn es um die Erklärung und Interpretation der menschlichen Reaktion darauf geht. Dieses Unterfangen gehört sicherlich

zu den schwierigsten, dennoch vermag ein integrierendes Forschungsdesign, das archäologische und naturwissenschaftliche Analysen mit experimentellen und aktualistischen Studien, ethnographischen Analogien und kognitiven Ansätzen verbindet, ein vertieftes Verständnis von Auflassungsprozessen hervorzubringen.

Ein nicht ausser Acht zu lassender Aspekt der mikromorphologischen Analyse von syn- und vor allem aber postsedimentären Prozessen ist ein denkmalpflegerischer. Nicht erst seitdem die Seeufersiedlungen als UNESCO Weltkulturerbe gelten, befasst man sich mit der Beurteilung der Erhaltung und dem site-Monitoring, das heisst der Kontrolle der Zerstörung/Erosion (Hafner et al. 2009). Die Verfasser vertritt die Meinung, dass sich die Mikromorphologie aufgrund der Möglichkeit, diese Prozesse im Detail nachzuweisen und den Zustand der organischen Schichten zu beurteilen, sehr gut für eine Begutachtung und das Monitoring mittels Bohrsondierungen von Fundstellen am Seeufer eignet.

10 Glossar

Allochthon	in eine fremde Umgebung verbracht
Autochthon	vor Ort entstanden/gebildet
Benthal	Bodenbereich eines Gewässers
Characeenstängel	Stängel der Armelechteralge
Chlorophyll	Farbstoffe von Photosynthese betreibenden Organismen
Detritus	zerfallene organische Substanz.
Dopplerit	gelartiges Umwandlungsprodukt von organischem Material
Enaulisch	Zwischenräume der Komponenten nur teilweise ausgefüllt
Epilimnion	Obere erwärmte Wasserschicht in einem Gewässer
Eulitoral	Brandungszone
Gelifikation	Umwandlung zu einer flüssig-gelförmigen Substanz
Klastisch	aus mechanischer Zerstörung anderer Gesteine stammend
Manuport	vom Menschen bewegtes aber nicht verändertes Objekt
Mikrit	mikrokristalliner Kalzit mit Korngrößen von 1-4 µm
Meromiktischer See	Seen mit Wasserzirkulation nicht über alle Tiefenstufen
Oogonie	weiblicher Fruchtkörper der Armelechteralge

Pedofeature	Bereiche mit besonderen Eigenschaften in einem Sediment, auf pedogene Prozesse zurückzuführen.
Phäophytin	Chlorophyllmolekül ohne zentrales Magnesiumion
Phlobaphene	Gerbstoffe
Porphyrisch	Größere Komponenten liegen in einer Feinmasse
Schichteinheit	Eine abgetrennte Schicht in einer Stratigraphie
Sklerotium	verhärtete Pilzkörper als Überlebensstadium, Oberbodenzeiger
Sparit	fein- bis feinkristalliner kalzitischer Zement ab 4 µm
Subaerisch	an freier Luft auftretend
Substratum	mikroskopische Unterteilung einer Schichteinheit

11 Literaturverzeichnis

Munsell soil color charts (1954). Baltimore: Munsell Color.

Adderley, W. Paul.; Wilson, Clare A.; Simpson, Ian A.; Davidson, Donald A. (2010): Anthropogenic features. In: Georges Stoops, Vera Marcelino und Florias Mees (Hg.): *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Amsterdam: Elsevier, S. 569–588.

Aeschimann, David; Guisan, Antoine (1995): Introduction to the Alps. In: Antoine Guisan, Jarle Inge Holten, Rodolphe Spichiger und Lucien Tessier (Hg.): *Potential Ecological Impacts of Climate Change in the Alps and Fennoscandian Mountains. An Annex to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Second Assessment Report, Working Group II-C (Impact of Climate Change on Mountain Regions)*. Genève: Conservatoire et Jardin Botaniques, S. 81–85.

Agafonoff, Valerian (1929): Sur quelques sols rouges et Bienhoa de l'Indochine. In: *Revue de Botanique Appliquée et d'Agriculture Coloniale* 9, S. 89–90.

Agafonoff, Valerian (1935/1936): Sols types de Tunisie. In: *Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie* 12/13, S. 43–413.

Akeret, Örne; Rentzel, Philippe (2001): Micromorphology and plant macrofossil analysis of cattle dung from the Neolithic lake shore settlement of Arbon Bleiche 3. In: *Geoarchaeology* 16 (6), S. 687–700.

Altekamp, Stefan (2004): Das archäologische Gedächtnis. In: Markus Knut Ebeling und Stefan Altekamp (Hg.): *Die Aktualität des Archäologischen in Wissenschaft, Medien und Künsten*. Frankfurt am Main: Fischer Taschenbuch Verlag (Fischer Taschenbuch, 16177), S. 211–232.

Altemüller, Hans-Jürgen; van Vliet-Lanoë, Brigitte (1990): Soil thin section fluorescence microscopy. In: Lowell A. Douglas (Hg.): *Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science. Proceedings of the VIIIth International Working Meeting of Soil Micromorphology, San Antonio, Texas - July 1988*. Amsterdam: Elsevier (Developments in Soil Science, 19), S. 565–579.

Ammann, John Frederick (1993): Knopflis Pioniertat frühester Flussbaukunst. In: *Zuger Neujahrsblatt*, S. 39–49.

Ampe, Carole; Langohr, Roger (2003): Morphological characterisation of humus forms in recent coastal dune ecosystems in Belgium and northern France. In: *Catena* 54 (3), S. 363–383.

Antiquarische Gesellschaft in Zürich (Hg.) (2004): Pfahlbaufieber. Von Antiquaren, Pfahlbau-fischern, Altertümerhändlern und Pfahlbaumythen. Beiträge zu "150 Jahre Pfahlbauforschung in der Schweiz". Zürich: Chronos (Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich, 71).

Arnone, John A.; Zaller, Johann G.; Spehn, Eva M.; Niklaus, Pascal A.; Wells, Christina E.; Körner, Christian (2000): Dynamics of root systems in native grasslands. Effects of elevated atmospheric CO₂. In: *New Phytologist* 147 (1), S. 73–85.

Ascher, Robert (1968): Time's arrow and the archaeology of a contemporary community. In: K. C. Chang (Hg.): *Settlement Archaeology*. Palo Alto: National Press Books, S. 43–52.

Babbie, Earl R. (2010): *The Practice of Social Research*. 12th ed. Belmont: Wadsworth Cengage.

Babel, Ulrich (1964): Chemische Reaktionen an Bodendünnschliffen. In: *Leitz-Mitteilungen für Wissenschaft und Technik* 3, S. 12–14.

- Babel, Ulrich (1975): Micromorphology of Soil Organic Matter. In: John E. Gieseking (Hg.): Soil Components. New York: Springer, S. 369–473.
- Babel, Ulrich (1997): Zur mikromorphologischen Untersuchung der organischen Substanz des Bodens. In: Ulrich Babel, Walter R. Fischer, Martin Kraupenjohann, Kurt Roth und Karl Stahr (Hg.): Mikromorphologische Methoden in der Bodenkunde. Ergebnisse eines Workshops der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) Kommission VII, 9-11 Oktober 1995 an der Universität Hohenheim. Hohenheim: Institut für Bodenkunde und Standortslehre (Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 40), S. 7–14.
- Bal, Leopold (1970): Morphological investigation in two moder-humus profiles and the role of the soil fauna in their genesis. In: *Geoderma* 4 (1), S. 5–36.
- Beckmann, Thomas (1997): Präparation bodenkundlicher Dünnschliffe für mikromorphologische Untersuchungen. In: Ulrich Babel, Walter R. Fischer, Martin Kraupenjohann, Kurt Roth und Karl Stahr (Hg.): Mikromorphologische Methoden in der Bodenkunde. Ergebnisse eines Workshops der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) Kommission VII, 9-11 Oktober 1995 an der Universität Hohenheim. Hohenheim: Institut für Bodenkunde und Standortslehre (Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, 40), S. 89–103.
- Berg, Björn; McClaugherty, Charles (2008): Plant Litter. Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. 2nd ed. Berlin: Springer.
- Bernbeck, Reinhard (1997): Theorien in der Archäologie. Tübingen, Basel: A. Francke Verlag (Uni-Taschenbücher, 1964).
- Bertone, Aureliano; Caranzano, Sandro (2004): La civiltà di Viverone. La conquista di una nuova frontiera nell'Europa del II Millennio a.C. Biella: Eventi & Progetti (Archeologia delle acque. Monografie, 3).
- Betschart, Madeleine (2001): Die spätbronzezeitliche Siedlung von Zürich-Alpenquai. In: Andreas Mäder (Hg.): Die spätbronzezeitliche Seeufersiedlung von Zürich-Alpenquai. Die Metallfunde. Baggerungen von 1916-1919. Zürich und Egg: Baudirektion Kanton Zürich, Hochbauamt Kantonsarchäologie (Zürcher Archäologie, 3), S. 10–20.
- Billamboz, André (2003): Tree rings and wetland occupation in Southwest Germany between 2000 and 500 BC: Dendrochronology beyond dating in tribute to F.H. Schweingruber. In: *Tree-Ring Research* 59 (1), S. 37–49.
- Billamboz, André (2008): Stand der Dendrochronologie der Eisenzeit nördlich der Alpen mit neuen Daten aus der Heuneburg-Vorburg. In: Dirk Krausse (Hg.): Frühe Zentralisierungs- und Urbanisierungsprozesse. Zur Genese und Entwicklung frühkeltischer Fürstentümer und ihres territorialen Umlandes. Kolloquium des DFG-Schwerpunktprogramms 1171 in Blaubeuren, 9.-11. Oktober 2006. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 101), S. 229–248.
- Billamboz, André; Dieckmann, Bodo; Harwath, Arno; Hoffstadt, Jutta (2006): Die Entwicklung und die Geschichte des Dorfes Hornstaad-Hörnle IA. Zusammenfassung der Ergebnisse der Befundanalysen und dendroarchäologischen Untersuchungen der Grabungen von 1973-1993. In: Bodo Dieckmann, Niels Bleicher, Arno Harwath, Jutta Hoffstadt und André Billamboz (Hg.): Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 98), S. 415–418.
- Binford, Lewis R. (1962): Archaeology as Anthropology. In: *American Antiquity* 28 (2), S. 217–225.

- Binford, Lewis R. (Hg.) (1977): *For Theory Building in Archaeology*. New York: Academic Press.
- Björdal, Charlotte Gjelstrup (2000): *Waterlogged Archaeological Wood. Biodegradation and its Implications for Conservation*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences.
- Blazejewski, Gary A.; Stolt, Mark H.; Gold, Arthur J.; Groffman, Peter M. (2005): Macro- and micromorphology of subsurface carbon in riparian zone soils. In: *Soil Science Society of America Journal* 69 (4), S. 1320.
- Bleicher, Niels (2006): Die Kleinhölzer von Hornstaad-Hörnle I A. Archäologische und dendrochronologische Untersuchungen zur Bedeutung einer Fundgattung und zur Schichtgenese. In: Bodo Dieckmann, Niels Bleicher, Arno Harwath, Jutta Hoffstadt und André Billamboz (Hg.): *Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee*. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 98), S. 419–454.
- Bleicher, Niels (2009): Stabilität und Dynamik von Dörfern und Siedlungsgemeinschaften aus dendroarchäologischer Sicht. In: *Jahrbuch Archäologie Schweiz* 92, S. 239–246.
- Bleicher, Niels (2010): Experimentskizze Kulturschicht. Unpubliziertes Ideenpapier. Zürich.
- Bleicher, Niels (2011a): Grabungsbericht. Zürich / gr Parkhaus Opéra. Stadt Zürich Amt für Städtebau Unterwasserarchäologie. Zürich.
- Bleicher, Niels (2011b): "Parkhaus Opéra" – Pfahlbauten mitten in Zürich. In: *Archäologie in Deutschland* (6), S. 34–35.
- Bleicher, Niels (2013a): On the concept of 'in-situ' in lake site settlements. In: *Journal of Wetland Archaeology* 13 (1), S. 50–58.
- Bleicher, Niels (2013b): Orbital, ice-sheet, and possible solar forcing of Holocene lake-level fluctuations in west-central Europe: A reply to Magny. In: *The Holocene* 23 (8), S. 1213–1215.
- Bleicher, Niels (2013c): Summed radiocarbon probability density functions cannot prove solar forcing of Central European lake-level changes. In: *The Holocene* 23 (5), S. 755–765.
- Bleicher, Niels (2015a): Allgemeiner Schichtverlauf, Datierungen und Grundgedanken der Befundvorlage. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): *Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie*. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48), S. 23–26.
- Bleicher, Niels (2015b): Theorien und Interpretationen zu Topographie und Architektur. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): *Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie*. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48), S. 198–202.
- Bleicher, Niels; Burger, Maria (2015): Dendroarchäologie und Pfahlfeldanalyse. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): *Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie*. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48), S. 100–146.
- Bleicher, Niels; Harb, Christian (Hg.) (2015): *Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie*. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48).
- Bleicher, Niels; Mäder, Andreas; Motschi, Andreas; Riethmann, Peter; Schwörer, Peter (2011): Die Rettungsgrabung Parkhaus Opéra. In: *Archäologie Schweiz* 34 (3), S. 16–23.

- Bleicher, Niels; Riethmann, Peter (2011): Zürich ZH, Sechseläutenplatz/Theaterplatz, Ausgrabung Parkhaus Opéra. In: *Jahrbuch Archäologie Schweiz* 94, S. 234.
- Bleicher, Niels; Ruckstuhl, Beatrice (2015): Die archäologischen Befunde. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48), S. 50–99.
- Bleicher, Niels; Schubert, Carsten (2015): Why are they still there? A model of accumulation and decay of organic prehistoric cultural deposits. In: *Journal of Archaeological Science* 61, S. 277–286.
- Bleuer, Elisabeth; Gerber, Yvonne; Haenicke, Christa; Hardmeyer, Barbara; Joos, Marcel; Rast-Eicher, Antoinette et al. (1993): Jungsteinzeitliche Ufersiedlungen im Zürcher Seefeld. Ausgrabungen Kanalisationssanierung 1986-1988. Zürich und Egg: Fotorotar (Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Monographien, 23).
- Bleuer, Elisabeth; Hardmeyer, Barbara (1993): Zürich „Mozartstrasse“. Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 3. Die neolithische Keramik. Zürich und Egg: Fotorotar (Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Monographien, 18).
- Bohn, Hinrich L.; McNeal, Brian Lester; O'Connor, George A. (2001): Soil Chemistry. 3rd ed. New York: Wiley.
- Bolliger, Thomas; Bürgin, Toni (1999): Geologie des Kantons Zürich. Thun: Ott Verlag.
- Bolliger Schreyer, Sabine; Seifert, Mathias (1998): Chronologie Spätbronzezeit Zentral- und Ostschweiz. In: Stefan Hochuli, Urs Niffeler und Valentin Rychner (Hg.): Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. Vom Neandertaler zu Karl dem Grossen. Band 3 Bronzezeit. Basel: Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, S. 80–93.
- Bond, Gerard; Kromer, Bernd; Beer, Juerg; Muscheler, Raimund; Evans, Michael N.; Showers, William et al. (2001): Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. In: *Science* 294 (5549), S. 2130–2136.
- Brewer, R. (1964): Fabric and Mineral Analysis of Soils. New York: Wiley and Sons.
- Brochier, Jacques Léopold (1991): Le Lac de Charavines. Etude des carottages profonds à - 30 m. In: Robert Vivian (Hg.): Paléo-environnement holocène et archéologie dans les Alpes Françaises du Nord et leur piémont. Paris: Ed. du Comité des travaux historiques et scientifiques (Documents préhistoriques, 1).
- Brochier, Jacques-Léopold (1982): La sédimentologie lacustre spatiale. Etude d'une surface d'habitat sur la station des Baigneurs, lac de Charavines. In: *Bulletin de la Société préhistorique française* 79 (2), S. 51–55.
- Brochier, Jacques-Léopold (1983): L'habitat lacustre préhistorique: Problèmes géologiques. In: *Archiv des Sciences de Genève* 36 (2), S. 247–260.
- Brochier, Jacques-Léopold (1986): Les sédiments, documents historiques. Lecture de la stratigraphie d'un habitat médiéval, lac de Charavines, Colletière (Isère). In: *Gallia* 44, S. 175–189.
- Brochier, Jacques-Léopold (1989): La séquence stratigraphique de la station littorale d'Auvernier/Brise-Lames. In: François Schifferdecker, Françoise Burri, Jacques-Léopold Brochier und Helga Liese-Kleiber (Hg.): Le site littoral néolithique d'Auvernier/Brise-Lames (NE, Suisse). Stratigraphie et environnement. Lausanne: Bibliothèque historique vaudoise (Cahiers d'archéologie romande, 46), S. 35–57.

- Brochier, Jacques-Léopold (1993): Les sédiments archéologiques. Analyse spatiale. In: Michel Colardelle und Eric Verdel (Hg.): Les habitats du lac de Paladru (Isère) dans leur environnement. La formation d'un terroir au XIe siècle. Paris: Editions de la maison des sciences de l'homme Paris (Documents d'Archéologie Française, 40), S. 151–166.
- Brochier, Jacques-Léopold; Bocquet, Aimé (1992): Histoire d'une inondation: La couche de craie B2 du site néolithique des Baigneurs à Charavines, Lac de Paladru, France. In: Commission de pré- et protohistoire (Hg.): Archéologie et environnement des milieux aquatiques. Lacs, fleuves et tourbières du domaine alpin et de sa périphérie. Actes du 116e Congrès national des Sociétés savantes, Chambéry, 1991, Commission de pré-et protohistoire. 166e Congrès National des Sociétés Savantes. Chambéry, 1991. Paris: Éditions du C.T.H.S., S. 61–81.
- Brochier, Jacques-Léopold; Corboud, Pierre; Marzatico, Franco; Pugin, Christiane; Rachoud-Schneider, Anne-Marie (1992): Les habitats préhistoriques de l'ancien lac de Fiavè-Carera (Trentin, Italie du Nord). Une stratégie d'étude globale sur un site de tourbière. In: Commission de pré- et protohistoire (Hg.): Archéologie et environnement des milieux aquatiques. Lacs, fleuves et tourbières du domaine alpin et de sa périphérie. Actes du 116e Congrès national des Sociétés savantes, Chambéry, 1991, Commission de pré-et protohistoire. 166e Congrès National des Sociétés Savantes. Chambéry, 1991. Paris: Éditions du C.T.H.S., S. 179–203.
- Brochier, Jacques-Léopold; Druart, Jean-Claude (1993): L'habitat et la lac: les données des sédiments. In: Michel Colardelle und Eric Verdel (Hg.): Les habitats du lac de Paladru (Isère) dans leur environnement. La formation d'un terroir au XIe siècle. Paris: Editions de la maison des sciences de l'homme Paris (Documents d'Archéologie Française, 40), S. 148–150.
- Brochier, Jacques-Léopold; Joos, Marcel (1982): Un élément important du cadre de vie des Néolithiques d'Auvernier-Port: le lac. Approche sédimentologique. In: André Billamboz, Jacques-Léopold Brochier, Louis Chaix, Heinz Egger, Marcel Joos, Elisabeth Lemeille et al. (Hg.): La station néolithique d'Auvernier-Port, cadre et évolution - Auvernier 5. Lausanne: Bibliothèque historique vaudoise (Cahiers d'archéologie romande, 25), S. 43–67.
- Brönnimann, David (2010): Die Sedimente im Gebiet des Zürcher Fraumünsters. Ein geoarchäologischer Versuch einer Umweltrekonstruktion. Masterarbeit. Universität Basel, Basel. Institut für Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie.
- Brown, Marley R.; Harris, Edward C. (1993): Interfaces in archaeological stratigraphy. In: Edward C. Harris, Marley R. Brown und Gregory J. Brown (Hg.): Practices of Archaeological Stratigraphy. London, San Diego: Academic Press, S. 7–22.
- Bullock, Peter; Fedoroff, Nicolas; Jongerius, A.; Stoops, Georges; Tursina, T.; Babel, Ulrich (1985): Handbook for Soil Thin Section Description. Wolverhampton: Waine Research Publication.
- Buol, Stanley W. (2003): Soil Genesis and Classification. 5th ed. Ames: Iowa State University Press.
- Burga, Conradin A.; Perret, Roger (1998): Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter. Thun: Ott Verlag.
- Burga, Conradin A.; Perret, Roger; Zoller, Heinrich (2001): Swiss localities of early recognid Holocene climate oscillations. Characterization and significance. In: *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 146 (2-3), S. 65–74.
- Büro für Archäologie (1976): Zürich, Stadt, Alpenquai. In: *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 59, S. 240.

- Büro für Archäologie (2000): Zürich ZH, Enge, Alpenquai. In: *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 83, S. 214.
- Butzer, Karl Wilhelm (1982): *Archaeology as Human Ecology. Method and Theory for a Contextual Approach*. Repr. 1993. Cambridge: University Press.
- Cameron, Catherine M.; Tomka, Steve A. (1996): *Abandonment of Settlements and Regions. Ethnoarchaeological and Archaeological Approaches*. Cambridge: Cambridge University Press (New directions in archaeology).
- Cammas, Cécilia (1994): Approche micromorphologique de la stratigraphie de Lattes. Premiers résultats. In: *Lattara* 7, S. 181–202.
- Campen, Ingo; Kurella, Martin (1998): Saint-Blaise/Bains des Dames 2. Sédimentologie, stratigraphie et datation d'un site néolithique. Neuchâtel: Musée cantonal d'archéologie (Archéologie neuchâteloise, 22).
- Canti, Matthew G. (2003a): Aspects of the chemical and microscopic characteristics of plant ashes found in archaeological soils. In: *Catena* 54 (3), S. 339–361.
- Canti, Matthew G. (2003b): Earthworm activity and archaeological stratigraphy. A review of products and processes. In: *Journal of Archaeological Science* 30 (2), S. 135–148.
- Canti, Matthew G. (2007): Deposition and taphonomy of earthworm granules in relation to their interpretative potential in Quaternary stratigraphy. In: *Journal of Quaternary Science* 22 (2), S. 111–118.
- Canti, Matthew G.; Pearce, Trevor G. (2003): Morphology and dynamics of calcium carbonate granules produced by different earthworm species. In: *Pedobiologia* 47 (5-6), S. 511–521.
- Capitani, Anick de (2002): Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Funde. Frauenfeld: Departement für Erziehung und Kultur des Kantons Thurgau, Amt für Archäologie (Archäologie im Thurgau, 11).
- Chambers, Frank M.; Mauquoy, Dmitri; Brain, Sally A.; Blaauw, Maarten; Daniell, John R.G. (2007): Globally synchronous climate change 2800 years ago. Proxy data from peat in South America. In: *Earth and Planetary Science Letters* 253 (3-4), S. 439–444.
- Clarke, David Leonard (1978): *Analytical Archaeology*. 2nd ed. New York: Columbia University Press.
- Clinging, Valerie (2009): Henry Clifton Sorby. Sheffield's greatest scientist. Online verfügbar unter <http://www.sorby.org.uk/hcsorby.shtml>, zuletzt geprüft am 15.06.2011.
- Cohen, Andrew S. (2003): *Paleolimnology. The History and Evolution of Lake Systems*. New York: Oxford University Press.
- Conscience, A.-C. (2001): Frühbronzezeitliche Uferdörfer aus Zürich-Mozartstrasse – Eine folgenreiche Neudatierung, mit einem Exkurs von E. Gross: ein kritischer Blick zurück. In: *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 84, S. 147–157.
- Conscience, A.-C.; Eberschweiler, Beat (2001): Zwei bemerkenswerte Fundplätze der frühen Bronzezeit im Greifensee. In: *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 84, S. 136–146.
- Cornwall, Ian W. (1953): Soil science and archaeology with illustrations from some British Bronze Age monuments. In: *Proceedings Prehistoric Society* 19 (2), S. 129–147.
- Cornwall, Ian W. (1958): *Soils for the Archaeologist*. London: Phoenix House.

- Courty, Marie-Agnès (2001): Microfacies analysis assisting archaeological stratigraphy. In: Paul Goldberg, Vance T. Holliday und C. Reid Ferring (Hg.): *Earth Sciences and Archaeology*. New York, NY: Kluwer Academic/Plenum, S. 205–239.
- Courty, Marie-Agnès; Fedoroff, Nicolas (2002): Micromorphologie des sols et sédiments archéologiques. In: Jean-Claude Miskovsky (Hg.): *Geologie de la préhistoire. Methodes, techniques, applications*. Paris: Association pour l'étude de l'environnement géologique de la Préhistoire, S. 511–554.
- Courty, Marie-Agnès; Goldberg, Paul; Macphail, Richard I. (1989): *Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press (Cambridge Manual in Archaeology).
- Cutler, Alan H. (1995): Taphonomic implications of shell surface textures in Bahia la Choya, northern Gulf of California. In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 114 (2-4), S. 219–240.
- Dalrymple, John B. (1958): The application of soil micromorphology to fossil soils and other deposits from archaeological sites. In: *European Journal of Soil Science* 9 (2), S. 199–209.
- Dändliker, Paul (1968): *Der Kanton Zug auf Landkarten 1495-1890*. Zug: Kalt-Zehnder.
- Davaud, Eric (1976): *Contribution a l'etude geochemique et sedimentologique de depots lacustres recents (Lac de Morat, Suisse)*. Dissertation. Universite de Geneve, Genève. Section des Sciences de la Terre.
- Dean, Walter E. (1981): Carbonate minerals and organic matter in sediments of modern north temperate hard-water lakes. In: Frank G. Ethridge und Romeo M. Flores (Hg.): *Recent and Ancient Nonmarine Depositional Environments. Models for Exploration*. McLean, Va: GeoScienceWorld (SEPM special publication, 31), S. 213–231.
- Delage, Auguste; Lagatu, Henri (1904): Sur la constitution de la terre arable. In: *Comptes Rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre* 109, S. 1043–1044.
- Dieckmann, Bodo; Bleicher, Niels; Harwath, Arno; Hoffstadt, Jutta; Billamboz, André (Hg.) (2006a): *Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee*. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 98).
- Dieckmann, Bodo; Harwath, Arno; Hoffstadt, Jutta (2006b): *Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee*. In: Bodo Dieckmann, Niels Bleicher, Arno Harwath, Jutta Hoffstadt und André Billamboz (Hg.): *Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee*. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 98), S. 8–273.
- Direzione Pianificazione delle Risorse Idriche (2007): *Piano di tutela delle acque L4 - Viverone*. Regione Piemonte. Online verfügbar unter http://www.regione.piemonte.it/acqua/pianodituta/monografie/dwd/b2/l4_viverone/l4_scheda.pdf, zuletzt geprüft am 07.12.2013.
- Ebersbach, Renate (2010): Vom Entstehen und Vergehen. Überlegungen zur Dynamik von Feuchtbodenhäusern und -siedlungen. In: Irenäus Marian Matuschik, Christian Strahm, Beat Eberschweiler, Gerhard Fingerlin, Albert Hafner, Michael Kinsky et al. (Hg.): *Vernetzungen. Aspekte siedlungsarchäologischer Forschung*. Festschrift für Helmut Schlichtherle zum 60. Geburtstag. Freiburg im Breisgau: Lavori Verlag, S. 41–50.

- Ebersbach, Renate (2013): Houses, households and settlements: architecture and living spaces. In: Francesco Menotti und Aidan O'Sullivan (Hg.): The Oxford Handbook of Wetland Archaeology. Oxford: Oxford University Press.
- Ebersbach, Renate; Ruckstuhl, Beatrice; Bleicher, Niels (Hg.) (2015): Zürich „Mozartstrasse“. Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 5: Die neolithischen Befunde und die Dendroarchäologie. Zürich und Egg: Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Raumentwicklung, Kantonsarchäologie (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 47).
- Eberschweiler, Beat (2004): Bronzezeitliches Schwemmgut vom „Chollerpark“ in Steinhausen (Kanton Zug). Bemerkenswerte Holzfunde vom nördlichen Zugersee sowie weitere bronzezeitliche Hölzer von Fundplätzen an Gewässern der Zentral- und Ostschweiz. Basel: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (Antiqua, 37).
- Eberschweiler, Beat; Riethmann, Peter; Ruoff, Ulrich (2007): Das spätbronzezeitliche Dorf von Greifensee-Böschen. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 38).
- Eggert, Manfred K. H. (2001): Prähistorische Archäologie. Konzepte und Methoden. Tübingen: Francke (UTB, 2092).
- Ehrmann, Otto (2014): Bildarchiv Boden - Landwirtschaft - Umwelt. Online verfügbar unter <http://www.bildarchiv-boden.de/>, zuletzt geprüft am 14.02.2014.
- Etter, Hansueli (1993): Eine Wasserleiche aus dem Greifensee. In: Andreas C. Zürcher (Hg.): Eine Ahnung von den Ahnen. Archäologische Entdeckungsreise ins Zürcher Oberland. Wetzikon: Buchverlag Wetzikon, S. 117–119.
- Etter, Hansueli; Menk, Roland (1983): Die neolithischen und frühbronzezeitlichen menschlichen Skelette aus Zürich-Mozartstrasse. In: *Archives suisses d'anthropologie générale* 47, S. 83–102.
- Fanning, Delvin Seymour; Balluff Fanning, Mary Christine (1989): Soil. Morphology, Genesis, and Classification. New York: Wiley.
- FitzPatrick, Edward Adsil (1986): An Introduction to Soil Science. 2nd ed. Harlow: Longman Scientific and Technical.
- FitzPatrick, Edward Adsil (1993): Soil Microscopy and Micromorphology. Chichester: John Wiley & Sons.
- Flügel, Erik; Munnecke, Axel (2010): Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application. 2nd ed. Berlin: Springer.
- Francé-Harrar, Annie (1957): Humus. Bodenleben und Fruchtbarkeit. Bonn: Bayerischer Landwirtschaftsverlag.
- Freytet, Pierre; Verrecchia, Eric P. (2002): Lacustrine and palustrine carbonate petrography. An overview. In: *Journal of Paleolimnology* 27 (2), S. 221–237.
- Gaillard, Marie-José; Birks, H. John. B.; Emanuelsson, Urban; Karlsson, Stefan; Lageras, Per; Olausson, Deborah (1994): Application of modern pollen/land-use relationships to the interpretation of pollen diagrams — reconstructions of land-use history in south Sweden, 3000-0 BP. In: *Review of Palaeobotany and Palynology* 82 (1-2), S. 47–73.
- Gamper, Martin; Suter, Jürg (1982): Postglaziale Klimageschichte der Schweizer Alpen. In: *Geographica Helvetica* 2, S. 105–114.

- Gaudinski, Julia B.; Trumbore, Susan E.; Davidson, Eric A.; Zheng, Shuhui (2000): Soil carbon cycling in a temperate forest. Radiocarbon-based estimates of residence times, sequestration rates and partitioning of fluxes. In: *Biogeochemistry* 51 (1), S. 33–69.
- Gé, Thierry; Courty, Marie-Agnès; Matthews, Wendy; Wattez, Julia (1993): Sedimentary formation processes of occupation surfaces. In: Paul Goldberg, David T. Nash und Michael D. Petraglia (Hg.): *Formation Processes in Archaeological context*. Madison: Prehistory Press (Monographs in World Archaeology, 17), S. 149–163.
- Gerber, Yvonne; Haenicke, Christa; Hardmeyer, Barbara (1994): Jungsteinzeitliche Ufersiedlungen im Zürcher Seefeld. Ausgrabungen Kanalisationssanierung 1986-1988. Band 1 Keramik. Zürich und Egg: Fotorotar (Zürcher Denkmalpflege. Archäologische Monographien, 22).
- Gerritsen, Fokke Albert (2003): *Local Identities. Landscape and Community in the Late Prehistoric Meuse-Demer-Scheldt Region*. Rev. ed. Amsterdam: Amsterdam University Press (Amsterdam archaeological studies, 9).
- Goldberg, Paul; Macphail, Richard I. (2006): *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Malden: Blackwell.
- Gollnisch-Moos, Hartmut (1999a): Ürschhausen-Horn. Haus- und Siedlungsstrukturen der spätestbronzezeitlichen Siedlung. Frauenfeld: Departement für Erziehung und Kultur des Kantons Thurgau (Archäologie im Thurgau, 7).
- Gollnisch-Moos, Hartmut (1999b): Ürschhausen-Horn. Haus- und Siedlungsstrukturen der spätestbronzezeitlichen Siedlung. Frauenfeld: Departement für Erziehung und Kultur des Kantons Thurgau (Archäologie im Thurgau, 7).
- Golubić, Stjepko (1962): Zur Kenntnis der Kalkinkrustation und Kalkkorrosion im Seelitoral. In: *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 24 (2), S. 229–243.
- Gross, Eda; Huber, Renata; Schaeren, Gishan F.; Capitani, Annick de; Reinhard, Jochen (2013): Wohnen mit Seesicht - damals wie heute bevorzugt. In: *Archäologie Schweiz* 36 (2), S. 29–37.
- Gross, Eduard (1986): Vinelz-Ländti. Grabung 1979 / die neolithischen und spätbronzezeitlichen Ufersiedlungen. Bern: Staatlicher Lehrmittelverlag (Schriftenreihe der Erziehungsdirektion des Kantons Bern / Archäologischer Dienst).
- Gross, Eduard (Hg.) (1987): Zürich „Mozartstrasse“. Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 1. Zürich: Orell Füssli (Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Monographien, 4).
- Gross, Eduard; Bleuer, Elisabeth; Hardmeyer, Barbara; Rast-Eicher, Antoinette; Ritzmann, Christoph; Ruckstuhl, Beatrice et al. (1992): Zürich „Mozartstrasse“. Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 2 Tafeln. Zürich: Orell Füssli (Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Monographien, 17).
- Gross, Eduard; Diggelmann, Kurt (1987): Die Befunde. In: Eduard Gross (Hg.): Zürich „Mozartstrasse“. Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 1 Vorbericht. Zürich: Orell Füssli (Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Monographien, 4), S. 37–81.
- Gross-Klee, Eduard (1997): Einleitung. In: Jörg Schibler, Heidemarie Hüster-Plogmann, Stefanie Jacomet, Christoph Brombacher, Eduard Gross-Klee und Antoinette Rast-Eicher (Hg.): *Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee. Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationssanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenschloss in Zürich*. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 20), S. 13–39.

- Gross-Klee, Eduard; Eberli, Ueli (1997): Die archäologischen Grundlagen. In: Jörg Schibler, Heidemarie Hüster-Plogmann, Stefanie Jacomet, Christoph Brombacher, Eduard Gross-Klee und Antoinette Rast-Eicher (Hg.): Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee. Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationsanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenschloss in Zürich. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 20), S. 18–37.
- Gross-Klee, Eduard; Maise, Christian (1997): Sonne, Vulkane und Seeufersiedlungen. In: *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 80, S. 85–94.
- Grotzinger, John; Siever, Raymond; Jordan, Thomas H.; Press, Frank (2008): Press/Siever - Allgemeine Geologie. 5. Aufl., 1. Nachdr. Berlin u. a.: Spektrum Akademischer Verlag.
- Guélat, Michel; Honegger, Matthieu (2005): Micromorphology applied to lakeside settlement at Marin/Les Piécettes (Neuchâtel, Switzerland). Analysis of clay accumulations. In: Philippe Della Casa und Martin Trachsel (Hg.): *Wetland Economies and Societies. Proceedings of the International Conference Zurich, 10 - 13 March 2004; WES '04*. Zürich: Chronos (Collectio archaeologica, 3), S. 95–98.
- Guyan, Walter Ulrich; Levi, Hilde; Lüdi, Werner; Speck, Josef; Tauber, Henrik; Troels-Smith, Jørgen et al. (Hg.) (1955): Das Pfahlbauproblem. Herausgegeben zum Jubiläum des 100jährigen Bestehens der schweizerischen Pfahlbauforschung. Basel: Birkhäuser (Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, 11).
- Gyger, Max; Müller-Vonmoos, Max; Schindler, Conrad (1976): Untersuchung zur Klassifikation spät- und nacheiszeitlicher Sedimente aus dem Zürichsee. In: *Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen* 56, S. 387–406.
- Hafner, Albert; Suter, Peter J. (2004): 5000 Jahre abgetaucht – aufgetaucht 1984–2004. Bern: Archäologischer Dienst des Kantons Bern.
- Hafner, Albert; Suter, Peter J. (2005): Raum/Zeit-Ordnung und neue Denkmodelle. In: *Archäologie Bern. Jahrbuch des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern* 6, S. 431–498.
- Hagmann, Sabine; Schlichtherle, Helmut (2011): Unesco-Welterbe: Prähistorische Pfahlbauten rund um die Alpen. Ein erfolgreicher internationaler Welterbeantrag mit baden-württembergischer Beteiligung. In: *Denkmalpflege in Baden-Württemberg* 4, S. 194–201.
- Harris, Edward C. (1979): *Principles of Archaeological Stratigraphy*. London: Academic Press (Studies in archaeological science).
- Harrison, Sandy P.; Digerfeldt, Gunnar (1993): European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. In: *Quaternary Science Reviews* 12 (4), S. 233–248.
- Heitz-Weniger, Annekäthi (1977): Zur Waldgeschichte im unteren Zürichseegebiet während des Neolithikums und der Bronzezeit. Ergebnisse pollenanalytischer Untersuchungen. In: *Bauhinia* 6, S. 61–81.
- Heitz-Weniger, Annekäthi (1978): Pollenanalytische Untersuchungen an den neolithischen und spätbronzezeitlichen Seerandsiedlungen „Kleiner Hafner“, „Grosser Hafner“ und „Alpenquai“ im untersten Zürichsee (Schweiz). In: *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie* 99, S. 48–107.
- Hendrick, Ronald L.; Pregitzer, Kurt S. (1997): The relationship between fine root demography and the soil environment in northern hardwood forests. In: *Ecoscience* 4, S. 99–105.
- Hochuli, Stefan; Schaeren, Gishan F.; Weiss, Johannes (1998): Ein Dorfbrand am Zugersee vor 5700 Jahren. Ein archäologischer Glücksfall. In: *Archäologie Schweiz* 21 (4), S. 134–143.

Horat, Heinz (2000): Bauen am See. Architektur und Kunst an den Ufern der Zentralschweizer Seen. Luzern: Raeber.

Hsü, Kenneth J.; Kelts, Kerry R. (1970): Seismic investigations of Lake Zurich. Part II: Geology. In: *Eclogae geologicae Helvetiae* 36 (1), S. 525–538.

Huber, Renata; Ismail-Meyer, Kristin (2012): Cham-Eslen (Kanton Zug, Schweiz): Ein jungneolithisches Haus mit (fast) allem Drum und Dran? Taphonomische Aspekte einer Seeufersiedlung. In: Thomas Link und Dirk Schimmelpfennig (Hg.): Taphonomische Forschungen (nicht nur) zum Neolithikum. Kerpen-Loogh (Eifel): Welt und Erde Verlag (Fokus Jungsteinzeit, 3), S. 83–106.

Huisman, Dirk J. (2009): Degradation of Archaeological Remains. Den Haag: Sdu Uitgevers.

Ismail-Meyer, Kristin (2010): Mikromorphologische Analyse zweier Profilkolonnen aus den Tauchsondagen von 1999 und 2007. In: Kurt Altorfer (Hg.): Die prähistorischen Feuchtbodensiedlungen am Südrand des Pfäffikersees. Eine archäologische Bestandesaufnahme der Stationen Wetzikon-Robenhausen und Wetzikon-Himmerich. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 41), S. 86–96.

Ismail-Meyer, Kristin (2014): 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). In: *Vegetation History and Archaeobotany* 23 (4), S. 367–382.

Ismail-Meyer, Kristin; Rentzel, Philippe (2004): Mikromorphologische Untersuchung der Schichtabfolge. In: Stefanie Jacomet, Urs Leuzinger und Jörg Schibler (Hg.): Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft. Frauenfeld: Amt für Archäologie des Kantons Thurgau (Archäologie im Thurgau, 12), S. 66–80.

Ismail-Meyer, Kristin; Rentzel, Philippe (2007): Chollerpark 1999/2000. Geologische Untersuchungen. In: Brigitte Röder und Renata Huber (Hg.): Archäologie in Steinhausen „Sennweid“ (Kanton Zug). Ergebnisse der Untersuchungen von 1942 bis 2000. Basel: Archäologie Schweiz (Antiqua, 41), S. 80–98.

Ismail-Meyer, Kristin; Rentzel, Philippe; Wiemann, Philipp (2013): Neolithic Lakeshore Settlements in Switzerland: New Insights on Site Formation Processes from Micromorphology. In: *Geoarchaeology* 28 (4), S. 317–339.

Ivy-Ochs, Susan; Kerschner, Hanns; Maisch, Max; Christl, Marcus; Kubik, Peter W.; Schlüchter, Christian (2009): Latest Pleistocene and Holocene glacier variations in the European Alps. In: *Quaternary Science Reviews* 28 (21-22), S. 2137–2149.

Jacomet, Stefanie (1980): Botanische Makroreste aus den neolithischen Seeufersiedlungen des Areals „Pressehaus Ringier“ in Zürich (Schweiz). Stratigraphische und vegetationskundliche Auswertung. In: *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 125 (2), S. 73–175.

Jacomet, Stefanie (1985): Botanische Makroreste aus den Sedimenten des neolithischen Siedlungsplatzes AKAD-Seehofstrasse am Zürichsee. Die Reste der Uferpflanzen und ihre Aussagemöglichkeiten zu Vegetationsgeschichte, Schichtenstehung und Seespiegelschwankungen. Zürich: Juris-Druck & Verlag (Zürcher Studien zur Archäologie).

Jacomet, Stefanie; Brombacher, Christoph; Dick, Martin (1989): Archäobotanik am Zurichsee. Zurich: Orell Füssli (Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Monographien, 7).

Jacomet, Stefanie; Leuzinger, Urs; Schibler, Jörg (Hg.) (2004): Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft. Frauenfeld: Amt für Archäologie des Kantons Thurgau (Archäologie im Thurgau, 12).

Jacomet, Stefanie; Magny, Michel; Burga, Conradin A. (1995): Klima- und Seespiegelschwankungen im Verlauf des Neolithikums und ihre Auswirkungen auf die Besiedlung der Seeufer. In: Werner E. Stöckli, Urs Niffeler und Eduard Gross-Klee (Hg.): Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. Vom Neandertaler zu Karl dem Grossen. Band 2 Neolithikum. Basel, S. 53–58.

Jennings, Benjamin (2012): When the going gets tough...? Climatic or cultural influences for the LBA abandonment of Circum-Alpine lake-dwellings. In: Jutta Kneisel, Wiebke Kirles, Marta Dal Corsa, Nicole Taylor und Verena Tiedtke (Hg.): Collapse or Continuity? Environment and Development of Bronze Age Human Landscapes. Bonn: Habelt (Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 205), S. 85–99.

Johnson, Donald Lee; Watson-Stegner, Donna (1990): The soil-evolution model as a framework for evaluating pedoturbation in archaeological site formation. In: Norman P. Lasca und Jack Donahue (Hg.): Archaeological Geology of North America. Boulder: Geological Society of America (Centennial special volume, 4), S. 541–560.

Joos, Marcel (1976a): Die Sedimente der neolithischen Station Feldmeilen-Vorderfeld und einige Überlegungen zur Sedimentation im Uferbereich. In: Josef Winiger (Hg.): Feldmeilen Vorderfeld. Die Ausgrabungen 1970/71. Basel: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (Antiqua, 6), S. 106–142.

Joos, Marcel (1976b): Geologische und sedimentologische Aspekte von Yverdon-Garage Martin. In: Gilbert Kaenel (Hg.): La fouille du „Garage Martin-1973“. Précisions sur le site de Clendy à Yverdon (néolithique et âge du bronze). Lausanne: Bibliothèque historique vaudoise (Cahiers d'archéologie romande, 8), S. 131–142.

Joos, Marcel (1980): Die sedimentologische Analyse von Profil X/42 und ihr Beitrag zur Stratigraphie der Cortailod-Siedlungen von Twann. In: Brigitta Amann, Marcel Joos, Alain Orcel, Werner Schoch und Fritz H. Schweingruber (Hg.): Die Profilkolonie X/42. Bern: Staatlicher Lehrmittelverlag (Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann, 6), S. 69–106.

Karkanias, Panagiotis; Goldberg, Paul (2010): Phosphatic features. In: Georges Stoops, Vera Marcelino und Florias Mees (Hg.): Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Amsterdam: Elsevier, S. 521–541.

Karkanias, Panagiotis; Pavlopoulos, Kosmas; Kouli, Katerina; Ntinou, Maria; Tsartsidou, Georgia; Facorellis, Yorgos; Tsourou, Theodora (2011): Palaeoenvironments and site formation processes at the Neolithic lakeside settlement of Dispilio, Kastoria, Northern Greece. In: *Geoarchaeology* 26 (1), S. 83–117.

Keller, Ferdinand (1854): Pfahlbauten, erster Bericht. Zürich: Zürcherische Gesellschaft für vaterländische Alterthümer (Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft in Zürich, Bd. 9, Abt. 2, H. 3).

Kelts, Kerry R.; Hsü, Kenneth J. (1978): Freshwater carbonate sedimentation. In: Abraham Lerman und Peter Baccini (Hg.): Lakes. Chemistry, Geology, Physics. New York: Springer, S. 295–323.

Kenward, Harry; Hall, Allan (2000): Decay of delicate organic remains in shallow urban deposits. Are we at a watershed? In: *Antiquity* 74 (285), S. 519–525.

Kolb, Martin (1998): Kulturwandel oder Kulturbruch? Betrachtungen zum Übergang von der Pfyn zur Horgener Kultur. In: Barbara Fritsch, Margot Maute, Irenäus Marian Matuschik, Johannes Müller und C. Wolf (Hg.): Tradition und Innovation. Prähistorische Archäologie als historische Wissenschaft. Festschrift für Christian Strahm. Rahden/Westf.: VML Verlag Marie Leidorf (Studia honoraria, 3), S. 129–141.

- Köninger, Joachim (2001): Zum vorläufigen Abschluss der Sondagen in der eisenzeitlichen Fischfanganlage bei Oggelshausen-Bruckgraben, Kreis Biberach. In: *Archäologische Ausgrabungen Baden-Württemberg 2000*, S. 59–62.
- Kooistra, Maja J. (1990): The future of soil micromorphology. In: Lowell A. Douglas (Hg.): *Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science. Proceedings of the VIIIth International Working Meeting of Soil Micromorphology, San Antonio, Texas - July 1988*. Amsterdam: Elsevier (Developments in Soil Science, 19), S. 1–7.
- Krauss, Mathias; Schöbel, Gunter; Walter, Peter (1999): Das „Hornstaadhaus“ im Pfahlbaumuseum Unteruhldingen. Feldversuch und Bewohnung. Ein Zwischenbericht. In: *Plattform 7/8*, S. 70–81.
- Krier, Vincent (1997): Premières observations micromorphologiques sur la coupe de Chalain 3. In: Pierre Pétrequin (Hg.): *Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C. Paris: Ed. de la Maison des sciences de l'homme (Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain - Jura, 3)*, S. 95–99.
- Kubiëna, Walter Ludwig (1938): *Micropedology*. Ames: Collegiate Press.
- Kubiëna, Walter Ludwig (1948): *Entwicklungslehre des Bodens*. Wien: Springer.
- Kubiëna, Walter Ludwig (1953): *Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Künzler Wagner, Nina (2005): *Seeufersiedlungen. Zürich-Alpenquai V. Tauchgrabungen 1999-2001. Funde und Befunde*. Zürich: Baudirektion Kanton Zürich, Hochbauamt, Kantonsarchäologie (Zürcher Archäologie, 13).
- LaMotta, Vincent M.; Schiffer, Michael B. (2001): Behavioral archaeology. Toward a new synthesis. In: Ian Hodder (Hg.): *Archaeological Theory Today*. Cambridge: Polity, S. 14–64.
- Lassau, Guido (1993): *Das spätbronzezeitliche Dorf Greifensee-Böschen. Eine Teilauswertung der Befunde*. Lizentiatsarbeit. Universität Zürich, Zürich. Abteilung Ur- und Frühgeschichte.
- Lenoble, Patrice (1980): *Dissociation d'un schichtpaket. Introduction à l'étude sédimentologique du gisement archéologique d' Auvernier Brise-Lames et à son interprétation palethnographique*. Mémoire de maîtrise, Faculté des lettres, Besançon.
- Leuzinger, Urs (2000): *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Befunde*. Frauenfeld: Departement für Erziehung und Kultur des Kantons Thurgau, Amt für Archäologie (Archäologie im Thurgau, 9).
- Lewis, Helen (2007): Pile dwellings, drainage and deposition. Preliminary soil micromorphology study of cultural deposits from underwater sites at Lake Luokesas, Moletai Region, Lithuania. In: *Journal of Wetland Archaeology* 7, S. 33–50.
- Lindsay, Richard (2010): *Peatbogs and Carbon. A Critical Synthesis to Inform Policy Development in Oceanic Peat Bog Conservation and Restoration in the Context of Climate Change*. RSPB Scotland. Online verfügbar unter www.rspb.org.uk/images/peatbogs_and_carbon_tcm9-255200.pdf, zuletzt geprüft am 09.02.2015.
- Lister, Guy S. (1988): A 15,000-year isotopic record from Lake Zürich of deglaciation and climatic change in Switzerland. In: *Quaternary Research* 29 (2), S. 129–141.
- Löffler, Günter (1979): Quantitative Methoden in der Wüstungsforschung. In: *Geografiska Annaler. Series B, Human Geography* 61 (2), S. 81–89.

- Lorch, Walter (1940): Die siedlungsgeographische Phosphatmethode. In: *Die Naturwissenschaften* 28, S. 633–640.
- Łucejko, Jeannette Jacqueline (2010): Waterlogged Archaeological Wood. Chemical Study of Wood Degradation and Evaluation of Consolidation Treatments. Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller.
- Lücke, Andreas; Brauer, Achim (2004): Biogeochemical and micro-facial fingerprints of ecosystem response to rapid Late Glacial climatic changes in varved sediments of Meerfelder Maar (Germany). In: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 211, S. 139–155.
- Lutzow, Margit von; Kogel-Knabner, Ingrid; Ekschmitt, Klemens; Matzner, Egbert; Guggenberger, Georg; Marschner, Bernd; Flessa, Heinz (2006): Stabilization of organic matter in temperate soils. Mechanisms and their relevance under different soil conditions - a review. In: *European Journal of Soil Science* 57 (4), S. 426–445.
- Lyman, R. Lee (2010): What taphonomy is, what it isn't and why taphonomist should care about the difference. In: *Journal of Taphonomy* 8 (1), S. 1–16.
- Macphail, Richard I.; Allen, Michael J.; Crowther, John; Cruise, G. M.; Whittaker, John E. (2010): Marine inundation. Effects on archaeological features, materials, sediments and soils. In: *Quaternary International* 214 (1-2), S. 44–55.
- Macphail, Richard I.; Courty, Marie-Agnès; Gebhardt, Anne (1990a): Soil micromorphological evidence of early agriculture in North-West Europe. In: *World Archaeology* 22 (1), S. 53–69.
- Macphail, Richard I.; Courty, Marie-Agnès; Goldberg, Paul (1990b): Soil micromorphology in archaeology. In: *Endeavour* 14 (4), S. 163–171.
- Macphail, Richard I.; Goldberg, Paul (2010): Archaeological materials. In: Georges Stoops, Vera Marcelino und Florias Mees (Hg.): *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Amsterdam: Elsevier, S. 589–622.
- Mäder, Andreas (Hg.) (2001): Die spätbronzezeitliche Seeufersiedlung von Zürich-Alpenquai. Die Metallfunde. Baggerungen von 1916-1919. Zürich und Egg: Baudirektion Kanton Zürich, Hochbauamt Kantonsarchäologie (Zürcher Archäologie, 3).
- Magny, Michel (1978): La dynamique des dépôts lacustres et les stations littorales du Grand Lac de Clairvaux (Jura). Paris: CNRS (Publications du C.R.A. Notes et monographies techniques, 11).
- Magny, Michel (1993): Solar influences on Holocene climatic changes illustrated by correlations between past lake-level fluctuations and the atmospheric ¹⁴C record. In: *Quaternary Research* 40 (1), S. 1–9.
- Magny, Michel (1995): Une histoire du climat, des derniers mammoths au siècle de l'automobile. Paris: Editions Errance (Collection des Hespérides).
- Magny, Michel (2004a): Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. In: *Quaternary International* 113 (1), S. 65–79.
- Magny, Michel (2004b): The contribution of palaeoclimatology to the lake-dwellings. In: Francesco Menotti (Hg.): *Living on the Lake in Prehistoric Europe. 150 Years of Lake-dwelling Research*. London: Routledge, S. 132–143.
- Magny, Michel (2013): Orbital, ice-sheet, and possible solar forcing of Holocene lake-level fluctuations in west-central Europe. A comment on Bleicher. In: *The Holocene* 23 (8), S. 1202–1212.

- Magny, Michel; Galop, Didier; Bellintani, Paolo; Desmet, Marc; Didier, Julien; Haas, Jean Nicolas et al. (2009): Late-Holocene climatic variability south of the Alps as recorded by lake-level fluctuations at Lake Ledro, Trentino, Italy. In: *The Holocene* 19 (4), S. 575–589.
- Magny, Michel; Maise, Christian; Jacomet, Stefanie; Burga, Conradin A. (1998): Klimaschwankungen im Verlauf der Bronzezeit. In: Stefan Hochuli, Urs Niffeler und Valentin Rychner (Hg.): Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. Vom Neandertaler zu Karl dem Grossen. Band 3 Bronzezeit. Basel: Verlag Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, S. 135–140.
- Maise, Christian (1997): Der klimageschichtliche Hintergrund. In: Jörg Schibler, Heidemarie Hüster-Plogmann, Stefanie Jacomet, Christoph Brombacher, Eduard Gross-Klee und Antoinette Rast-Eicher (Hg.): Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee. Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationssanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenschloss in Zürich. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 20), S. 335.
- Maise, Christian (1998): Archäoklimatologie. Vom Einfluss nacheiszeitlicher Klimavariabilität in der Ur- und Frühgeschichte. In: *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 81, S. 197–235.
- Maise, Christian (2005): Archäoklimatologie neolithischer Seeufersiedlungen. In: Detlef Gronenborn (Hg.): Klimaveränderung und Kulturwandel in neolithischen Gesellschaften Mitteleuropas. 6700-2200 v. Chr. = Climate variability and culture change in neolithic societies of Central Europe. Mainz: Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums (RGZM-Tagungen, 1), S. 181–187.
- Martini, Ireneo Peter; Chesworth, Ward (1992): Reflections on soils and paleosols. In: Ireneo Peter Martini und Ward Chesworth (Hg.): *Weathering, Soils & Paleosols*. Amsterdam: Elsevier (Developments in Earth Surface Processes, 2), S. 3–16.
- Matthews, Wendy (1995): Micromorphological characterization and interpretation of occupation deposits and microstratigraphic sequences at Abu Salabikh, Iraq. In: Anthony J. Barham und Richard I. Macphail (Hg.): *Archaeological Sediments and Soils. Analysis, Interpretation and Management*. London: Institute of Archaeology, S. 41–76.
- Menotti, Francesco (2001a): „The Missing Period“. Middle Bronze Age Lake-dwellings in the Alps. Oxford: Archaeopress (BAR international series, 968).
- Menotti, Francesco (2001b): The *Pfahlbauproblem* and the history of lake-dwelling research in the Alps. In: *Oxford Journal of Archaeology* 20 (4), S. 319–328.
- Menotti, Francesco (Hg.) (2015): *The End of the Lake-dwellings in the Circum-Alpine Region*. Oxford und Philadelphia: Oxbow Books.
- Menotti, Francesco; Pranckénaitė, Elena (2008): Lake-dwelling building techniques in prehistory. Driving wooden piles into lacustrine sediments. In: *EuroRAE* 5, S. 3–7.
- Menotti, Francesco; Rubat Borel, Francesco; Köninger, Joachim; Martinelli, Nicoletta (2012): Viverone (Bi) - Azeglio (To), sito palafitticolo Vi1-Emissario: indagini subacquee e campionamento dendrocronologico. In: *Quaderni della Soprintendenza Archeologica del Piemonte* 27, S. 100–105.
- Merkt, Josef; Lüttig, Gerd; Schneekloth, Heinrich (1971): Vorschlag zur Gliederung und Definition der limnischen Sedimente. In: *Geologisches Jahrbuch* 89, S. 607–623.
- Miall, Andrew D. (1990): *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. 2nd ed. New York etc.: Springer.

- Michel, Christine (2012): Zürich ZH, Parkhaus Opéra. In: *Jahrbuch Archäologie Schweiz* 95, S. 167.
- Montelius, Oscar (1903): Die typologische Methode. Stockholm: Im Selbstverlage des Verfassers K. L. Beckmans.
- Moulin, Bernard (1991): Hauterive - Champréveyres 3. La dynamique sédimentaire et lacustre durant le Tardiglaciaire et la Postglaciaire (Archéologie neuchâteloise, 9).
- Müller, Benjamin U. (1999): Paraglacial sedimentation and denudation processes in an Alpine valley of Switzerland. An approach to the quantification of sediment budgets. In: *Geodinamica Acta* 12 (5), S. 291–301.
- Müller, German; Gastner, Manfred (1971): The „Karbonat-Bombe“, a simple device for the determination of carbonate content in sediment, soils, and other materials. In: *Pangea* 10, S. 466–469.
- Oeggli, Klaus; Nicolussi, Kurt (2009): Prähistorische Besiedlung von zentralen Alpentälern in Bezug zur Klimaentwicklung. In: Roland Schmidt, Christoph Matulla und Roland Psenner (Hg.): Klimawandel in Österreich. Die letzten 20.000 Jahre ... und ein Blick voraus. Innsbruck: Innsbruck University Press (Alpine space - man & environment, 6), S. 77–86.
- Ostendorp, Wolfgang (1990): Zur Stratigraphie und Sediment-Petrographie der Station Allensbach-Strandbad: Profilsäule E6. In: Landesamt für Denkmalpflege Baden-Württemberg (Hg.): Siedlungsarchäologie im Alpenvorland II. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 37), S. 76–89.
- Ostendorp, Wolfgang (1992): Sedimente und Sedimentbildung in Seeuferröhrichten des Bodensee-Untersees. In: *Limnologica* 22, S. 16–33.
- Ostendorp, Wolfgang (1996): Paläolimnologische Untersuchungen im Bereich der spätbronzezeitlichen Station Hagnau-Burg am Bodensee-Obersee. I. Profilsäule HA91 E1. In: Gunter Schöbel (Hg.): Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IV. Die Spätbronzezeit am nordwestlichen Bodensee. Taucharchäologische Untersuchungen in Hagnau und Unteruhldingen 1982-1989. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden- Württemberg, 47), S. 223–238.
- Ostendorp, Wolfgang (2006): Sedimentologische Untersuchungen zur Stratigraphie und Genese der Kulturschichten der jungneolithischen Station Hornstaad-Hörnle IA. Profilsäulen E111 und E112. In: Bodo Dieckmann, Niels Bleicher, Arno Harwath, Jutta Hoffstadt und André Billamboz (Hg.): Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 98), S. 455–472.
- Ostendorp, Wolfgang (2008): Stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen im Bereich der Station Hörnle I am Bodensee-Untersee. In: *Bericht der Römisch-Germanischen Kommission* 71, S. 292–304.
- Ostendorp, Wolfgang; Blum, Hubert (1998): Hemmenhofener Methoden - Sedimentologische und paläolimnologische Methoden in der Siedlungsarchäologie. In: Ursula Maier, Richard Vogt und M. Ahrens (Hg.): Siedlungsarchäologie im Alpenvorland VI. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 68), S. 243–299.
- Ostendorp, Wolfgang; Froböse, Christian (1994): Ein bronzezeitlicher Strand bei Ludwigshafen (Bodenseekreis, Überlinger See). In: *Plattform* 3, S. 37–45.

- O'Sullivan, Patrick E. (1983): Annually-laminated lake sediments and the study of Quaternary environmental changes — a review. In: *Quaternary Science Reviews* 1 (4), S. 245–313.
- Ottiger, Robert; Freimoser, Matthias; Jäckli, Heinrich; Kopp, Joseph; Müller, Erich (1990): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1131 Zug, Atlasblatt 89. Bern: Landeshydrologie und –geologie.
- Patzelt, Gernot (1977): Der zeitlich Ablauf und das Ausmaß postglazialer Klimaschwankungen in den Alpen. In: *Erdwissenschaftliche Forschungen* 13, S. 248–259.
- Peacock, David P. S. (1969): A petrological study of certain Iron Age pottery from western England. In: *Proceedings of the Prehistoric Society* 34, S. 414–427.
- Pétrequin, Anne-Marie; Pétrequin, Pierre (1988): Le Néolithique des lacs. Préhistoire des lacs de Chalain et de Clairvaux (4000-2000 av. J.-C.). Paris: Editions Errance (Collection des Hespérides).
- Pétrequin, Pierre (Hg.) (1997): Chalain station 3. 3200-2900 av. J.-C. Paris: Ed. de la Maison des sciences de l'homme (Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain - Jura, 3).
- Pfister, Christian (1999): Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496 - 1995). Bern: Paul Haupt Verlag.
- Pozdena, Leo (1937): Über kolorimetrische Humusuntersuchung und Humusbestimmung. In: *Bodenkunde und Pflanzenernährung* 3 (5-6), S. 315–334.
- Primas, Margarita (2008): Bronzezeit zwischen Elbe und Po. Strukturwandel in Zentraleuropa, 2200-800 v. Chr. Bonn: Habelt (Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 150).
- Pümpin, Christine; Wiemann, Philipp; Rentzel, Philippe (2015): Mikromorphologische Untersuchung der Schichtabfolgen. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48), S. 152–197.
- Ramseyer, Denis; Lourdaux, Sylvie; Pétrequin, Pierre (Hg.) (1996): Archéologie et érosion. Mesures de protection pour la sauvegarde des sites lacustres et palustres. Actes de la Rencontre internationale de Marigny - Lac de Chalain - 29-30 septembre 1994. Archéologie et Erosion. Lons-le-Saunier: Centre Jurassien du Patrimoine.
- Ramseyer, Denis; Roulière-Lambert, Marie-Jeanne (Hg.) (2006): Archéologie et érosion 2. Zones humides en péril. Actes de la deuxième Rencontre Internationale Neuchâtel, 23 - 25 septembre 2004. Lons-Le-Saunier: Centre Jurassien du Patrimoine.
- Rapp, George R.; Hill, Christopher L. (1998): *Geoarchaeology. The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*. New Haven: Yale University Press.
- Rapp, George R.; Hill, Christopher L. (2006): *Geoarchaeology. The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*. 2nd ed. New Haven: Yale University Press.
- Renfrew, Colin (1976): Archaeology and the Earth Sciences. In: Donald A. Davidson und Myra L. Shackley (Hg.): *Geoarchaeology. Earth Science and the Past*. Boulder: Westview Press, S. 1–5.
- Renfrew, Colin; Bahn, Paul (2008): *Archaeology. Theories, Methods and Practice*. 5th ed. London: Thames & Hudson.

- Rentzel, Philippe; Narten, Gesa-Britt (2000): Zur Entstehung von Gelniveaus in sandig-lehmigen Ablagerungen. Experimente und archäologische Befunde. In: *Jahresbericht Archäologische Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt 1999*, S. 107–127.
- Rentzel, Philippe; Röder, Brigitte (2007): Seespiegel und Ufernutzung in der Sennweid. In: Brigitte Röder und Renata Huber (Hg.): *Archäologie in Steinhausen „Sennweid“ (Kanton Zug). Ergebnisse der Untersuchungen von 1942 bis 2000*. Basel: Archäologie Schweiz (Antiqua, 41), S. 99–112.
- Riehl, Simone; Pustovoytov, Konstantin (2006): Comment on van Geel et al., *Journal of Archaeological Science* 31 (2004) „Climate change and the expansion of the Scythian culture after 850 BC: a hypothesis“. In: *Journal of Archaeological Science* 33 (1), S. 143–144.
- Ritzmann, Christoph (1989): Zürich-Seefeld: Die Rettungsgrabungen während den Kanalisationssanierungen. In: *Archäologie Schweiz* 12 (3), S. 94–104.
- Röder, Brigitte; Doppler, Thomas; Pichler, Sandra; Pollmann, Britta; Jacomet, Stefanie; Schibler, Jörg (2013): Beyond the settlement grid: investigating social differences through archaeobiology in waterlogged sites. In: *Journal of Neolithic Archaeology* 15, S. 12–46.
- Röthlisberger, Friedrich (1986): 10000 Jahre Gletschergeschichte der Erde. Aarau: Sauerländer.
- Rubat Borel, Francesco (2009): La Media età del Bronzo nel Nord-Ovest italiano. La facies di Viverone e il sito eponimo. Dissertation. Università di Padova, Padova. Dipartimento di Scienze dell'Antichità.
- Ruckstuhl, Beatrice; Ebersbach, Renate (2015): Befunde. In: Renate Ebersbach, Beatrice Ruckstuhl und Niels Bleicher (Hg.): *Zürich „Mozartstrasse“*. Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 5: Die neolithischen Befunde und die Dendroarchäologie. Zürich und Egg: Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Raumentwicklung, Kantonsarchäologie (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 47), S. 58–121.
- Ruoff, Ulrich (2004): Lake-dwelling-studies in Switzerland since „Meilen 1854“. In: Francesco Menotti (Hg.): *Living on the Lake in Prehistoric Europe. 150 Years of Lake-dwelling Research*. London: Routledge, S. 9–21.
- Sadori, Laura; Giraudi, Carlo; Petitti, Patrizia; Ramrath, Antje (2004): Human impact at Lago di Mezzano (central Italy) during the Bronze Age. A multidisciplinary approach. In: *Quaternary International* 113 (1), S. 5–17.
- Scheffer, Fritz; Schachtschabel, Paul; Blume, Hans-Peter (2002): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 15. Aufl. Heidelberg u.a.: Spektrum Akademischer Verlag (Spektrum Lehrbuch).
- Scherer, Thomas; Wiemann, Philipp (2008): Freienbach SZ-Hurden Rosshorn: Ur- und frühgeschichtliche Wege und Brücken über den Zürichsee. In: *Jahrbuch Archäologie Schweiz* 91, S. 7–38.
- Schibler, Jörg; Hüster-Plogmann, Heidemarie; Jacomet, Stefanie; Brombacher, Christoph; Gross-Klee, Eduard; Rast-Eicher, Antoinette (Hg.) (1997): *Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee. Ergebnisse der Ausgrabungen Mozartstrasse, Kanalisationssanierung Seefeld, AKAD/Pressehaus und Mythenschloss in Zürich*. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 20).
- Schibler, Jörg; Jacomet, Stefanie (2010): Short climatic fluctuations and their impact on human economies and societies. The potential of the Neolithic lake shore settlements in the Alpine foreland. In: *Environmental Archaeology* 15 (2), S. 173–182.

- Schiedt, Hans-Ulrich (2000): „...und das sol ein offne landtstrass sin“. Historische Verkehrswege und historischer Landverkehr im Kanton Zug. In: *Tugium* 16, S. 61–77.
- Schiffer, Michael B. (1972): Archaeological context and systemic context. In: *American Antiquity* 37 (2), S. 156–165.
- Schiffer, Michael B. (1976): Behavioral Archeology. New York, London: Academic Press (Studies in archeology).
- Schiffer, Michael B. (1983): Toward the identification of formation processes. In: *American Antiquity* 48 (4), S. 675–706.
- Schiffer, Michael B. (1987): Formation Processes of the Archaeological Record. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Schiffer, Michael B.; Hollenback, Kacy L.; Skibo, James M.; Walker, William H. (2010): Behavioral Archaeology. Principles and Practice. London: Equinox.
- Schindler, Conrad (1968): Zur Quartärgeologie zwischen dem untersten Zürichsee und Baden. In: *Eclogae geologicae Helvetiae* 61 (2), S. 395–433.
- Schindler, Conrad (1971): Geologie von Zürich und ihre Beziehung zu Seespiegelschwankungen. In: *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 116 (2), S. 283–315.
- Schindler, Conrad (1974): Zur Geologie des Zürichsees. In: *Eclogae geologicae Helvetiae* 67 (1), S. 163–196.
- Schindler, Conrad (1976): Eine geologische Karte des Zürichsees und ihre Deutung. In: *Eclogae geologicae Helvetiae* 69 (1), S. 125–138.
- Schindler, Conrad (1981): Geologische Unterlagen zur Beurteilung archäologischer Probleme in den Seeufergebieten. In: *Helvetia Archaeologica* 12 (45/48), S. 71–88.
- Schlichtherle, Helmut (Hg.) (1997): Pfahlbauten rund um die Alpen. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Archäologie in Deutschland, Sonderheft).
- Schlichtherle, Helmut (2004): Große Häuser – kleine Häuser. Archäologische Befunde zum Siedlungswandel am neolithischen Federsee. In: Helmut Schlichtherle (Hg.): Ökonomischer und ökologischer Wandel am vorgeschichtlichen Federsee. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen. Gaienhofen-Hemmenhofen: Landesdenkmalamt Baden-Württemberg (Hemmenhofener Skripte, 5), S. 13–56.
- Schlitzer, Ulrich (2009): Seeufersiedlungen in Bayern. Die Roseninsel im Starnberger See und das Problem der bayerischen Lücke. In: Jennifer M. Bagley, Christiana Eggl, Daniel Neumann und Michael Schefzik (Hg.): Alpen, Kult und Eisenzeit. Festschrift für Amei Lang zum 65. Geburtstag. Rahden/Westf.: VML Verlag Marie Leidorf (Internationale Archäologie. Studia honoraria, 30), S. 493–504.
- Schmid, Elisabeth (1958): Höhlenforschung und Sedimentanalyse. Ein Beitrag zur Datierung des alpinen Paläolithikums. Basel: Institut für Ur- und Frühgeschichte der Schweiz (Schriften des Instituts für Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, 13).
- Schmid, Elisabeth (1967): Zürich Enge, Breitingenstrasse. Jungsteinzeitliche Strandsiedlungsreste. In: *Zürcher Denkmalpflege* 62/63, S. 155–157.
- Schmidheiny, Mathias (2011): Zürich „Mozartstrasse“. Neolithische und bronzezeitliche Ufersiedlungen. Band 4 Die frühbronzezeitliche Besiedlung. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 42).

- Schmidt, Burghart; Gruhle, Wolfgang (2003): Niederschlagsschwankungen in Westeuropa während der letzten 8000 Jahre. Versuch einer Rekonstruktion mit Hilfe eines neuen dendrochronologischen Verfahrens (Grad der Wuchshomogenität). In: *Archäologisches Korrespondenzblatt* 33, S. 281–300.
- Schneider, Hansruedi; Braun, Benedikt; Bleicher, Niels (2015): Paläotopographie und Untersuchungen an Seekreide. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48), S. 31–42.
- Schneider, Jürgen; Le Campion-Alsumard, Thérèse (1999): Construction and destruction of carbonates by marine and freshwater cyanobacteria. In: *European Journal of Phycology* 34 (4), S. 417–426.
- Schöbel, Gunter (1997): Das neue „Steinzeithaus“ im Freilichtmuseum Unteruhldingen. In: *Plattform* 5/6, S. 83–98.
- Schöbel, Gunter (2010): The end of the lake-dwelling settlements of the north-western alps. In: *Scienze dell'antichità, Storia Archeologia Antropologia* 2009 (15), S. 596–619.
- Schöbel, Gunter (2011): Das Hornstaadhaus – Ein archäologisches Langzeitexperiment. Zwischenbericht 2010-2011. In: *Experimentelle Archäologie in Europa* 10 (Bilanz 2011), S. 138–142.
- Schöttle, Manfred; Müller, German (1968): Recent carbonate sedimentation in the Gnadensee (Lake Constance), Germany. In: German Müller und Gerald M. Friedmann (Hg.): Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe. Berlin: Springer, S. 148–156.
- Schurrenberger, Douglas; Russell, James; Kelts, Kerry (2003): Classification of lacustrine sediments based on sedimentary components. In: *Journal of Paleolimnology* 29, S. 141–154.
- Schweingruber, Fritz Hans (1976): Prähistorisches Holz. Die Bedeutung von Holzfunden aus Mitteleuropa für die Lösung archäologischer und vegetationskundlicher Probleme. Bern: Paul Haupt Verlag (Academica Helvetica, 2).
- Schweingruber, Fritz Hans (1990): Anatomie europäischer Hölzer. Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer. An Atlas for the Identification of European Trees, Shrubs and Dwarf Shrubs. Bern: Paul Haupt Verlag.
- Simson, Roy W. (1959): Outline of a generalized theory of soil genesis. In: *Soil Science Society of America Proceedings* 23, S. 152–156.
- Smolla, Günter (1954): Der "Klimasturz" um 800 v Chr. und seine Bedeutung für die Kulturentwicklung in Südwestdeutschland. In: Festschrift für Peter Goessler: Tübinger Beiträge zur Vor- und Frühgeschichte. Stuttgart: Kohlhammer, S. 168–186.
- Sponagel, Herbert (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hg. v. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden der geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe der Bundesrepublik Deutschland. Stuttgart: Schweizerbart.
- Stadt Zürich (2013): Jahresbericht 2012: Seewasseruntersuchungen. Online verfügbar unter http://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/dib/Deutsch/BILDERwasserversorgung/Bilder%202013/2012_Seewasser-Untersuchungen.pdf, zuletzt geprüft am 13.02.2013.
- Stein, Julie K. (1987): Deposits for archaeologists. In: Michael B. Schiffer (Hg.): *Advances in Archaeological Method and Theory*. San Diego: Academic Press, S. 337–393.

- Stöckli, Werner E. (1980): Die neolithischen Ufersiedlungen von Twann. Ein Zwischenbericht. In: *Archäologie Schweiz* 3 (2), S. 75–76.
- Stöckli, Werner E. (2009): Chronologie und Regionalität des jüngeren Neolithikums (4300-2400 v.Chr.) im Schweizer Mittelland, in Süddeutschland und in Ostfrankreich. Aufgrund der Keramik und der absoluten Datierungen, ausgehend von den Forschungen in den Feuchtbodensiedlungen der Schweiz. Basel: Archäologie Schweiz (Antiqua, 45).
- Stolt, Mark H.; Lindbo, David L. (2010): Soil organic matter. In: Georges Stoops, Vera Marcelino und Florias Mees (Hg.): Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Amsterdam: Elsevier, S. 369–396.
- Stoops, Georges (2003): Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Madison: Soil Science Society of America Inc.
- Stoops, Georges (2009): Evaluation of Kubiëna's contribution to micropedology. At the occasion of the seventieth anniversary of his book „Micropedology“. In: *Eurasian Soil Science* 42 (6), S. 693–698.
- Stoops, Georges (2010): Micromorphology as a tool in soil and regolith studies. In: Georges Stoops, Vera Marcelino und Florias Mees (Hg.): Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Amsterdam: Elsevier, S. 1–13.
- Stoops, Georges; Marcelino, Vera; Mees, Florias (Hg.) (2010): Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Amsterdam: Elsevier.
- Strahm, Christian (1977): Kontinuität und Kulturwandel im Neolithikum der Westschweiz. In: *Fundberichte Baden-Württemberg* 3, S. 115–143.
- Strahm, Christian (1997): Chronologie der Pfahlbauten. In: Helmut Schlichtherle (Hg.): Pfahlbauten rund um die Alpen. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Archäologie in Deutschland, Sonderheft), S. 124–126.
- Strasser, Michael; Schindler, Conrad; Anselmetti, Flavio (2008): Late Pleistocene earthquake-triggered moraine dam failure and outburst of Lake Zurich, Switzerland. In: *Journal of Geophysical Research* 113 (F2).
- Sturm, Michael; Matter, Albert (1978): Turbidites and varves in Lake Brienz (Switzerland). Deposition of clastic detritus by density currents. In: Albert Matter und Maurice E. Tucker (Hg.): Modern and Ancient Lake Sediments. Oxford etc.: Blackwell, S. 147–168.
- Suter, Peter J. (1987): Zürich „Kleiner Hafner“. Tauchgrabungen 1981 - 1984. Zürich: Orell Füssli (Zürcher Denkmalpflege. Monographien, 3).
- Tingey, David T.; Phillips, Donald L.; Johnson, Mark G. (2000): Elevated CO₂ and conifer roots. Effects on growth, life span and turnover. In: *New Phytologist* 147 (1), S. 87–103.
- Tinner, Willy; Lotter, André F. (2001): Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. In: *Geology* 29 (6), S. 551–554.
- Tippkötter, Rolf (1990): Staining of soil microorganisms and related materials with fluorochromes. In: Lowell A. Douglas (Hg.): Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science. Proceedings of the VIIIth International Working Meeting of Soil Micromorphology, San Antonio, Texas - July 1988. Amsterdam: Elsevier (Developments in Soil Science, 19), S. 605–612.

- Trachsel, Martin (2005): Siedlungen als Spiegel der Gesellschaft? Ergänzungen und Perspektiven nach 150 Jahren Forschung in Feuchtbodensiedlungen. In: Philippe Della Casa und Martin Trachsel (Hg.): *Wetland Economies and Societies. Proceedings of the International Conference Zurich, 10 - 13 March 2004; WES '04*. Zürich: Chronos (Collectio archaeologica, 3), S. 299–326.
- Trachsel, Martin (2008): *Ur- und Frühgeschichte. Quellen, Methoden, Ziele*. Zürich: Orell Füssli (UTB, 8369).
- van Geel, Bas; Buurman, Janneke; Waterbolk, Harm Tjalling (1996): Archaeological and palaeoecological indications of an abrupt climate change in The Netherlands, and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP. In: *Journal of Quaternary Science* 11 (6), S. 451–460.
- van Geel, Bas; van der Plicht, Johannes; Kilian, M.R; Klaver, E.R; Kouwenberg, Juliana H.M; Renssen, Hans et al. (1998): The sharp rise of $\Delta^{14}\text{C}$ ca. 800 cal BC: possible causes, related climatic teleconnections and the impact on human environments. In: *Radiocarbon* 40, S. 535–550.
- Vogt, Emil (1934): Zum schweizerischen Neolithikum. In: *Germania* 18, S. 89–94.
- Vogt, Emil (1955): Pfahlbaustudien. In: Walter Ulrich Guyan, Hilde Levi, Werner Lüdi, Josef Speck, Henrik Tauber, Jørgen Troels-Smith et al. (Hg.): *Das Pfahlbauproblem*. Herausgegeben zum Jubiläum des 100jährigen Bestehens der schweizerischen Pfahlbauforschung. Basel: Birkhäuser (Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, 11), S. 119–219.
- Vogt, Richard (2006): Pedologisch-sedimentologische Begleituntersuchungen im Siedlungsareal der Ausgrabung Hornstaad-Hörnle I. In: Bodo Dieckmann, Niels Bleicher, Arno Harwath, Jutta Hoffstadt und André Billamboz (Hg.): *Siedlungsarchäologie im Alpenvorland IX. Hornstaad-Hörnle IA. Die Befunde einer jungneolithischen Pfahlbausiedlung am westlichen Bodensee*. Stuttgart: Konrad Theiss Verlag (Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 98), S. 277–295.
- Wagner, Gerhart (2002): Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich. 1. Teil: Gebiets des Linthgletschers in der Zürichsee-Talung und im Knonauer Amt. In: *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 147 (4), S. 151–163.
- Walker, Roger G. (1984): General introduction. In: Roger G. Walker (Hg.): *Facies models*. 2nd ed. St. John's: Geological Association of Canada (Geoscience Canada reprint series, 1), S. 1–9.
- Wallace, Gillian Elizabeth (1999): *A Microscopic View of Neolithic Lakeside Settlements on the Northern Rim of the European Alps*. PhD Thesis. University of Cambridge, Cambridge.
- Wallace, Gillian Elizabeth (2003a): Die Erde als Artefakt. Mikromorphologie in der Archäologie mit Beispielen aus Feuchtbodensiedlungen. In: *Germania* 81 (1), S. 25–45.
- Wallace, Gillian Elizabeth (2003b): Using narrative to contextualise micromorphological data from Neolithic Houses. In: *Journal of Wetland Archaeology* 3, S. 73–90.
- Wanner, Heinz; Beer, Jürg; Bütikofer, Jonathan; Crowley, Thomas J.; Cubasch, Ulrich; Flückiger, Jacqueline et al. (2008): Mid- to Late Holocene climate change. An overview. In: *Quaternary Science Reviews* 27 (19-20), S. 1791–1828.
- Wanner, Heinz; Brönnimann, Stefan (2000): *Klimawandel im Schweizer Alpenraum*. Zürich: Vdf Hochschul-Verlag an der ETH (NFP 31 Schlussbericht).

- Weber, Mara-Julia; Clausen, Ingo; Housley, Rupert A.; Miller, Christopher E.; Riede, Felix (2010): New information on the Havelte group site Ahrenshöft LA 58 D (Nordfriesland, Germany). Preliminary results of the 2008 fieldwork. In: *Quartär* 57, S. 7–24.
- Weiner, Stephen (2010): *Microarchaeology. Beyond the Visible Archaeological Record*. New York: Cambridge University Press.
- Wick, Lucia; Tinner, Willy (1997): Vegetation changes and timberline fluctuations in the Central Alps as indicators of Holocene climatic oscillations. In: *Arctic and Alpine Research* 29, S. 445–458.
- Wiemann, Philipp; Kühn, Marlu; Heitz-Weniger, Annekäthi; Stopp, Barbara; Jennings, Benjamin; Rentzel, Philippe; Menotti, Francesco (2012): Zurich-Alpenquai. A multidisciplinary approach to the chronological development of a Late Bronze Age lakeside settlement in the northern Circum-Alpine region. In: *Journal of Wetland Archaeology* 12, S. 58–85.
- Winiger, Josef (1971): *Das Fundmaterial von Thayngen-Weier im Rahmen der Pfynner Kultur*. Basel: Birkhäuser (Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, 18).
- Winiger, Josef (1976): Feldmeilen-Vorderfeld. Die Ausgrabungen 1970/71. In: Josef Winiger (Hg.): *Feldmeilen Vorderfeld. Die Ausgrabungen 1970/71*. Basel: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (Antiqua, 6), S. 7–100.
- Winiger, Josef (1981): *Feldmeilen-Vorderfeld. Der Übergang von der Pfynner zur Horgener Kultur*. Basel: Schweizerische Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte (Antiqua, 8).
- Wirth, Stefanie B.; Girardclos, Stéphanie; Rellstab, Christian; Anselmetti, Flavio S. (2011): The sedimentary response to a pioneer geo-engineering project: Tracking the Kander River deviation in the sediments of Lake Thun (Switzerland). In: *Sedimentology* 58 (7), S. 1737–1761.
- Wolf, Claus (1998): Kontinuität und Kulturwandel im Neolithikum der Westschweiz. 20 Jahre danach. In: Barbara Fritsch, Margot Maute, Irenäus Marian Matuschik, Johannes Müller und C. Wolf (Hg.): *Tradition und Innovation. Prähistorische Archäologie als historische Wissenschaft. Festschrift für Christian Strahm*. Rahden/Westf.: VML Verlag Marie Leidorf (Studia honoraria, 3).
- Wood, W. Raymond; Johnson, Donald Lee (1978): A survey of disturbance processes in archaeological site formation. In: *Advances in Archaeological Method and Theory* 1, S. 315–381.
- Wurst, Marina; Rick, Beat (2015): Das geologische Umfeld. In: Niels Bleicher und Christian Harb (Hg.): *Zürich-Parkhaus Opéra. Eine neolithische Feuchtbodenfundstelle. Band 1: Befunde, Schichten und Dendroarchäologie*. Zürich und Egg: Fotorotar (Monographien der Kantonsarchäologie Zürich, 48), S. 27–30.
- Zolitschka, Bernd (2006): Varved lake sediments. In: Scott A. Elias (Hg.): *Encyclopedia of Quaternary Science*. Amsterdam: Elsevier, S. 3105–3114.
- Zolitschka, Bernd; Behre, Karl-Ernst; Schneider, Jürgen (2003): Human and climatic impact on the environment as derived from colluvial, fluvial and lacustrine archives-examples from the Bronze Age to the Migration period, Germany. In: *Quaternary Science Reviews* 22 (1), S. 81–100.
- Zoller, Heinrich (1977): Alter und Ausmass postglazialer Klimaschwankungen in den Schweizer Alpen. In: Burkhard Frenzel (Hg.): *Dendrochronologie und postglaziale Klimaschwankungen in Europa. Verhandlungen des Symposiums über die Dendrochronologie des Postglazials, Grundlagen und Ergebnisse*, 13. bis 16. Juni 1974, Mainz. Wiesbaden: Steiner (Erdwissenschaftliche Forschung, 13), S. 271–281.

**Mikromorphologische Untersuchungen zu syn- und
postsedimentären Veränderungen sowie
Auflassungsprozessen an Schichtsequenzen in
prähistorischen Seeufersiedlungen**

Teil 2: Anhang

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Philosophie

vorgelegt der

Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Basel

von

Philipp Wiemann

aus Deutschland

Chur, 2016

Originaldokument gespeichert auf dem Dokumentenserver der Universität Basel
edoc.unibas.ch

Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

auf Antrag von

Prof. Dr. Jörg Schibler, PD Dr. Philippe Rentzel und PD. Dr. Renate Ebersbach

Basel, den 22.04.2014

Prof. Dr. Jörg Schibler

Dekan

Inhalt

Abbildungsnachweise für den Anhang	1
Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld	3
Profil ZHKS 5022	3
Probe ZHKS 5022 MM2	4
Probe ZHKS 5022 MM1	6
Zürich-Opéra	9
Profil 494/140	9
Probe ZHOP 220	10
Probe ZHOP 248	12
Probe ZHOP 247	14
Probe ZHOP 245	18
Probe ZHOP 246	20
Profil 488/156	23
Probe ZHOP 1176	24
Probe ZHOP 1172	26
Probe ZHOP 1170	28
Profil 488/148	31
Probe ZHOP 1586	32
Probe ZHOP 1588	34
Probe ZHOP 1590	36
Probe ZHOP 1591	38
Profil 492/160	41
Probe ZHOP 1686	42
Probe ZHOP 1683	44
Profil 487/155	47
Probe ZHOP 2240	48
Profil 474/178	51
Probe ZHOP 2831	52
Probe ZHOP 2829	54
Probe ZHOP 2827	56
Profil 519/160	59
Probe ZHOP 3465	60
Profil 495/134	63
Probe ZHOP 3631	64
Profil 502/131	67
Probe ZHOP 5313 MM2	68
Probe ZHOP 5313 MM1	70
Profil 508/147	73
Probe ZHOP 5866 MM2	74
Probe ZHOP 5866 MM1	76
Profil 519/123	79
Probe ZHOP 7942 MM2	80
Probe ZHOP 7942 MM1	82
Profil 477/142.9	85
Probe ZHOP 12696 MM2	86
Probe ZHOP 12696 MM1	88

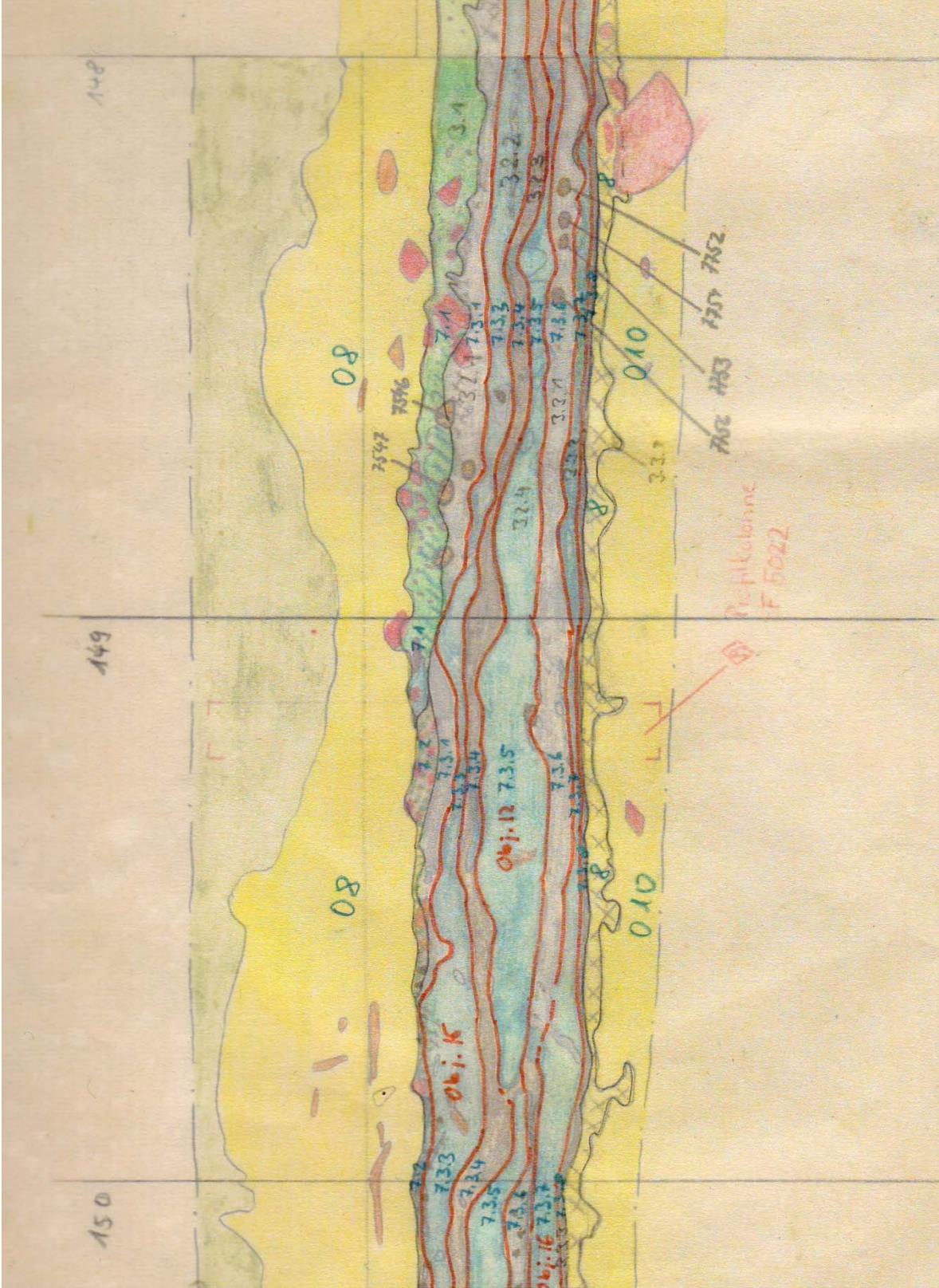
Profil 475/142.9.....	91
Probe ZHOP 12695.....	92
Profil 501/162 (Sedimentologie)	95
Profil 494/139 (Sedimentologie)	105
Zug-Riedmatt.....	113
ZGRI 96	113
ZGRI 96.2.....	114
ZGRI 91	117
ZGRI 91.2.....	118
Greifensee-Böschchen.....	121
ZHBO 1091	121
ZHBO 1090.....	125
Zürich-Alpenquai	129
ZHAQ 622.....	129
ZHAQ 622 MM2	130
ZHAQ 622 MM1	132
ZHAQ 651.....	135
ZHAQ 651 MM2	136
ZHAQ 651 MM1	140
Viverone I - Emissario	143
Eg 1	143
Eg 2	143
Zürich-Experiment.....	144
Zürich-Keramikkomplex.....	146

Abbildungsnachweise für den Anhang

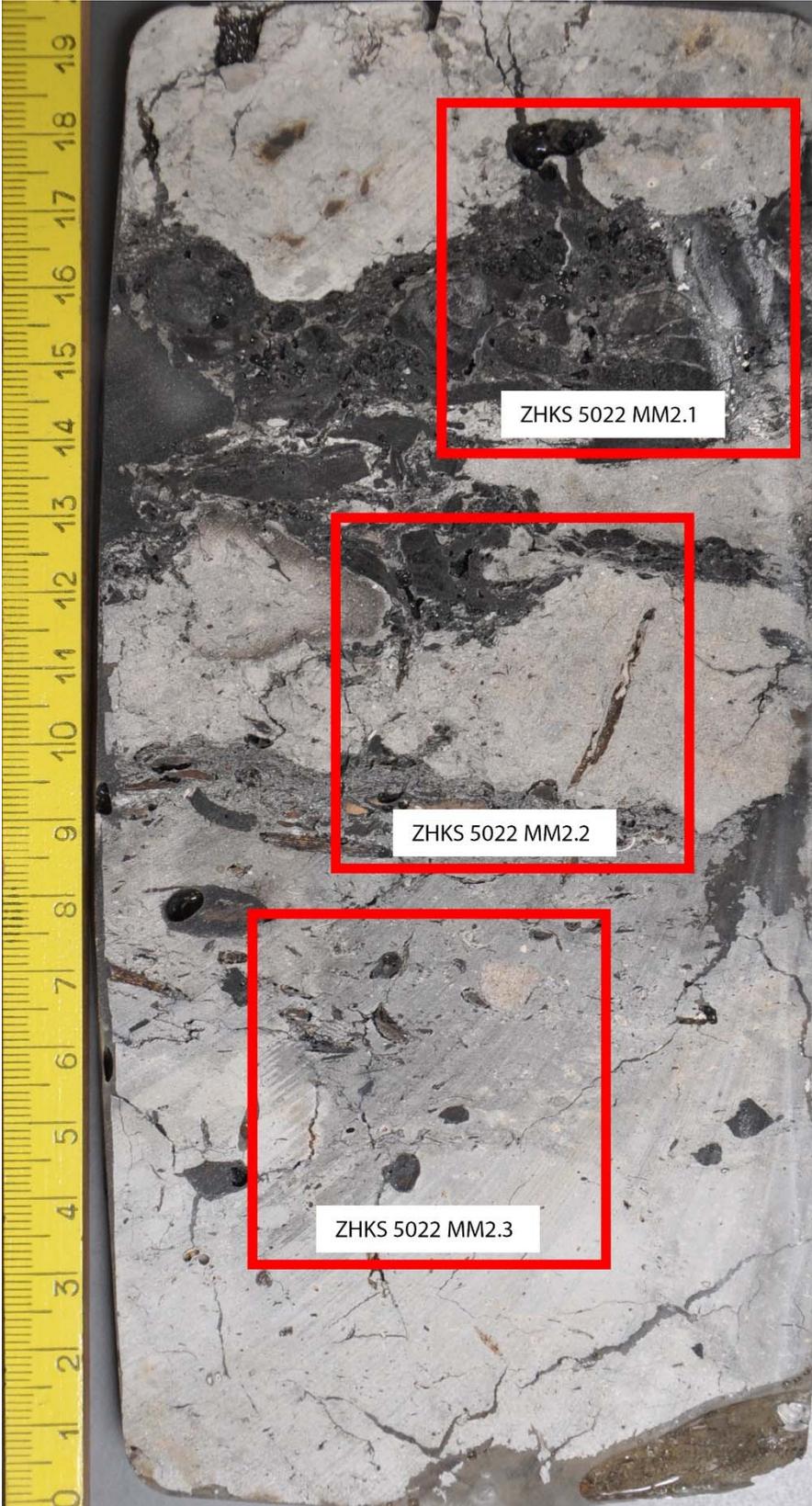
Die Profilbilder (Zeichnungen und Fotografien) von Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld stammen vom Amt für Städtebau der Stadt Zürich – Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie. Das gleiche gilt für die Profilbilder von Zürich-Opéra und Greifensee-Böschchen. Die Beschreibungen der noch nicht eingegossenen Proben von Zug-Riedmatt wurden in Zusammenarbeit mit Kristin Ismail-Meyer (Universität Basel) erstellt. Das trifft auch für die Feldaufnahmen der sedimentologisch untersuchten Profile von Zürich-Opéra zu. Die geochemischen Analysen und die Granulometrie wurden von Beatrix Ritter (Universität Basel) erstellt. Die umgezeichneten Profile von Zürich-Alpenquai stammen von der Kantonsarchäologie Zürich (Marcus Moser) und basieren auf Zeichnungen vom Amt für Städtebau der Stadt Zürich – Unterwasserarchäologie und Dendrochronologie. Sie sind in Künzler Wagner 2005 publiziert. Die Fotos der Anschliffe von Zürich-Alpenquai wurden von Kristin Ismail-Meyer aufgenommen. Alle übrigen Aufnahmen stammen vom Autor.

Zürich-Kanalisationssanierung Seefeld

Profil ZHKS 5022



Probe ZHKS 5022 MM2



7.3.5

7.3.6

7.3.7c

7.3.7b

7.3.7a

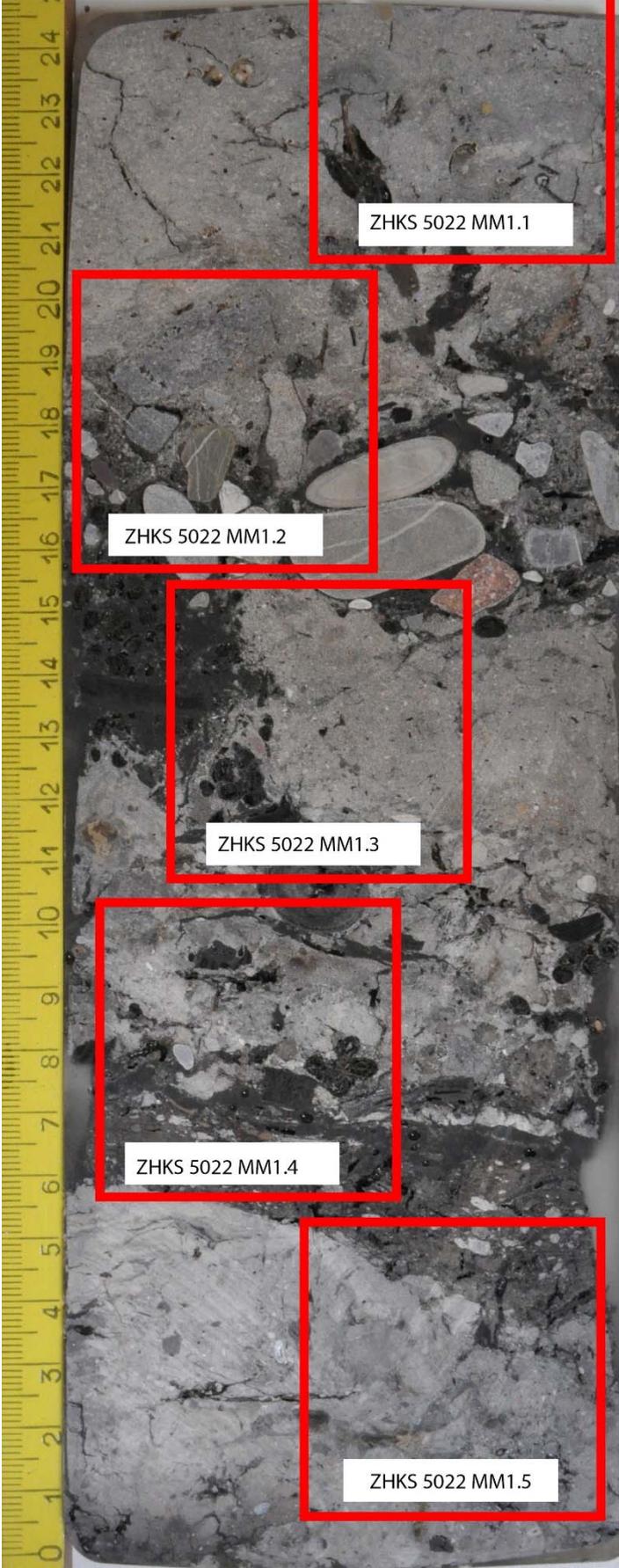
7.3.8

8b

8a

Fundstelle: ZHKS	Probe: 5022	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
7.3.5	Karbonatischer Lehm mit verbreitet Fein- bis Mittelsand. Wenig Gesteinsfragmente und Lehmbrocken mit organischen Resten. Unregelmässig ausgerichtet mit scharfer Untergrenze.	Lehmlage (karbonatischer Lehm)	J2
7.3.6	Mächtige Lage verkohlter Makroreste und Holzkohle. Matrix aus organischem Feinmaterial und Gewebe, Mikrit und Sand. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Brandschicht	J2
7.3.7c	Stark sandiger karbonatischer Lehm mit leichtem Holzkohleeintrag. Leicht horizontal ausgerichtete Komponenten und eine scharfe Grenze zum Liegenden.	Lehmlage (karbonatischer Lehm)	J2
7.3.7b	Lage verkohlter Makroreste, leicht mit karbonatischem Lehm (wie unten) vermischt. Wellenförmige Ausrichtung der Komponenten mit scharfer Untergrenze.	Brandschicht	J2
7.3.7a	Stark sandiger karbonatischer Lehm.. Sehr wenig Holzkohle und organisches Material. Einfach abständig porphyrisch. Leicht durchwurzelt. Unregelmässige Ausrichtung bei scharfer Grenze zum Liegenden.	Lehmlage (karbonatischer Lehm)	J2
7.3.8	Lockerer Band aus organischem Gewebe mit viel Mikrit,. Daneben auch Blätter und Holzkohlen. Etwas seltener kommen Sand, Knochen und sehr wenig Molluskenschalen vor. Die Komponenten sind horizontal eingeregelt. Die Grenze zum Liegenden fällt klar aus.	Organische Kulturschicht	J2
8b	Schwach sandiger Mikrit mit größeren organischem Material und wenig Kies. Leicht horizontal eingeregelt Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Stark organische Seekreide	J3
8a	Massiver Mikrit mit wenig Sand, organischem Material und Holzkohle. Leicht horizontal eingeregelt Komponenten.	Schwach organische Seekreide	J3

Probe ZHKS 5022 MM1



0.8

7.2

7.3.1b

7.3.1a

7.3.3b

7.3.3a

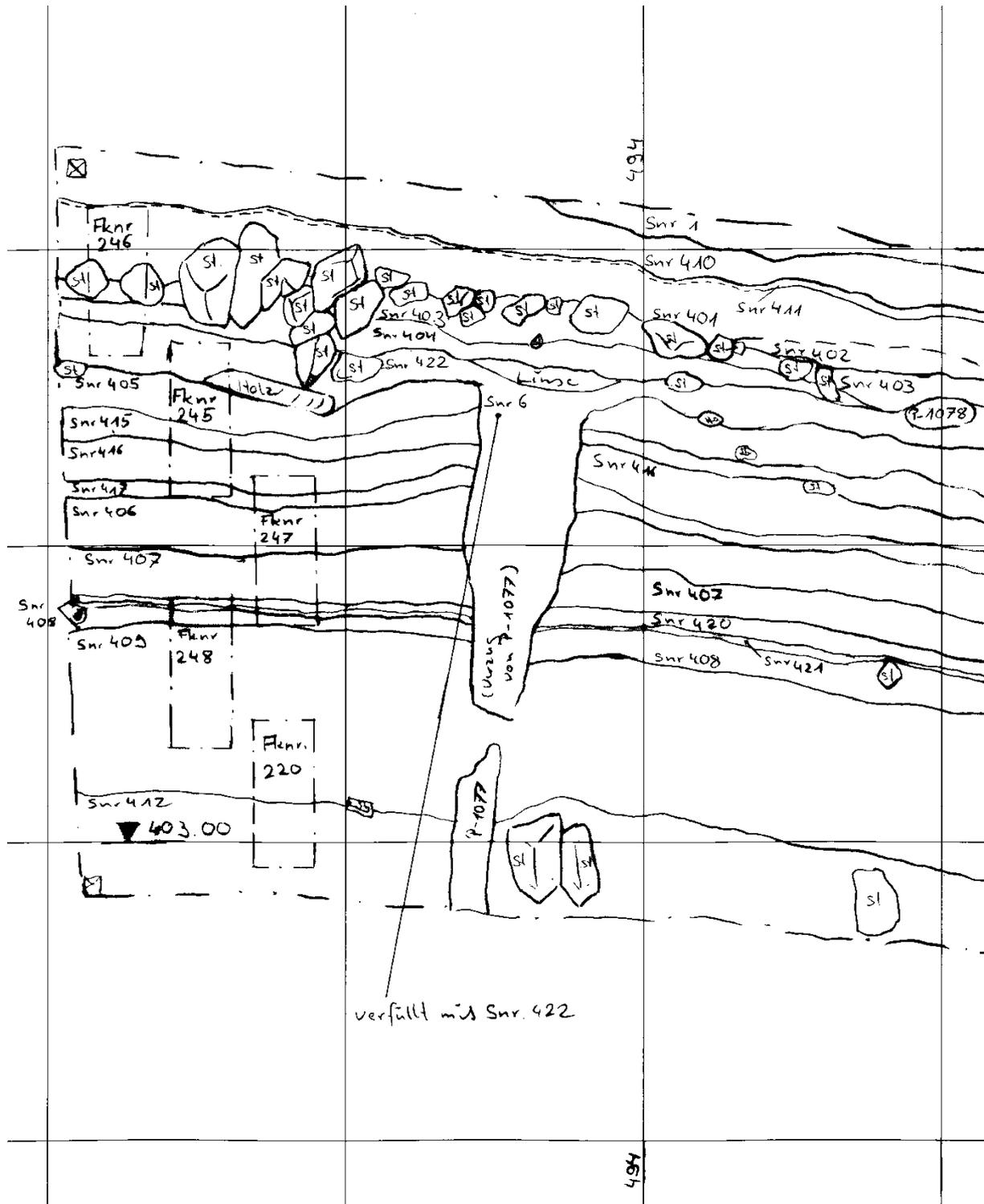
7.3.4

7.3.5

Fundstelle: ZHKS	Probe: 5022	Teilprobe: MM1	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
0.8	Sandiger Mikrit mit Grobkies, wenig Lehmbrocken und Holzkohle. Molluskenschalen und vereinzelt Oogonien. Leicht horizontal eingeregelt.	Erosiv umgelagerte Schicht	
7.2	Grobkies in organischer Matrix. Der Kies ist mehrheitlich verrundet. Dazwischen auch verkohlte Makroreste. Unregelmässige Ausrichtung und klare Grenze zum Liegenden.	Kiesschicht	J1
7.3.1b	Homogener, sandiger Lehm mit wenig Holzkohle und sehr wenig organischem Anteil. Komponenten unregelmässig ausgerichtet. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Lehmlage	J1
7.3.1a	Mischschicht aus karbonatischem Lehm, verkohltem organischem Material und Holzkohle. Darunter auch unverkohlte Zweige. Schräge Ausrichtung der Komponenten.	Brandschicht in Lehmlage	J1
7.3.3b	Heterogener, karbonatischer Lehm mit massivem Mikrogefüge. Es kommen Brocken aus unterschiedlicher Lehmzusammensetzung vor. Daneben etwas Holzkohle. Die Komponenten sind unregelmässig ausgerichtet und die Grenze zur Schicht im Liegenden ist scharf.	Heterogene Lehmlage (mit Brandschicht)	J1
7.3.3a	Mischschicht aus karbonatischem Lehm, verkohltem organischem Material sowie Holzkohle. Die Komponenten sind leicht horizontal eingeregelt und die zum Liegenden fällt diffus aus.	Brandschicht (mit Lehm)	J1
7.3.4	Organische Schicht mit viel Feinmaterial (Detritus) und Geweberesten. Wenig Sand, Holzkohle und Sparit. Dazu diverse Makroreste und sehr wenig Knochen. Horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (viel Detritus)	J2
7.3.5	Karbonatischer Lehm (Mikrit und Sparit) mit Quarzsand. Massives Mikrogefüge bei unregelmässiger Lagerung der Komponenten.	Lehmlage	J2

Zürich-Opéra

Profil 494/140



Probe ZHOP 220



409b

409a

412

Fundstelle: ZHOP	Probe: 220	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
409b	Sehr reiner Mikrit mit massiver Mikrostruktur Enthält vor allem gut erhaltene Characeenstängel und Oogonien. Gebändert. Diffuse Untergrenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
409a	Schwach feinsandiger Mikrit mit verrundeten Holzkohlen, Molluskenschalen und Characeenstängeln. Horizontal eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
412	Feinsandiger Mikrit mit Oogonien, Characeenstängeln, Holzkohle und organischem Gewebe. Unregelmässig eingeregelter Komponenten.	Schwach sandige Seekreide	11

Probe ZHOP 248



407

420

421

408

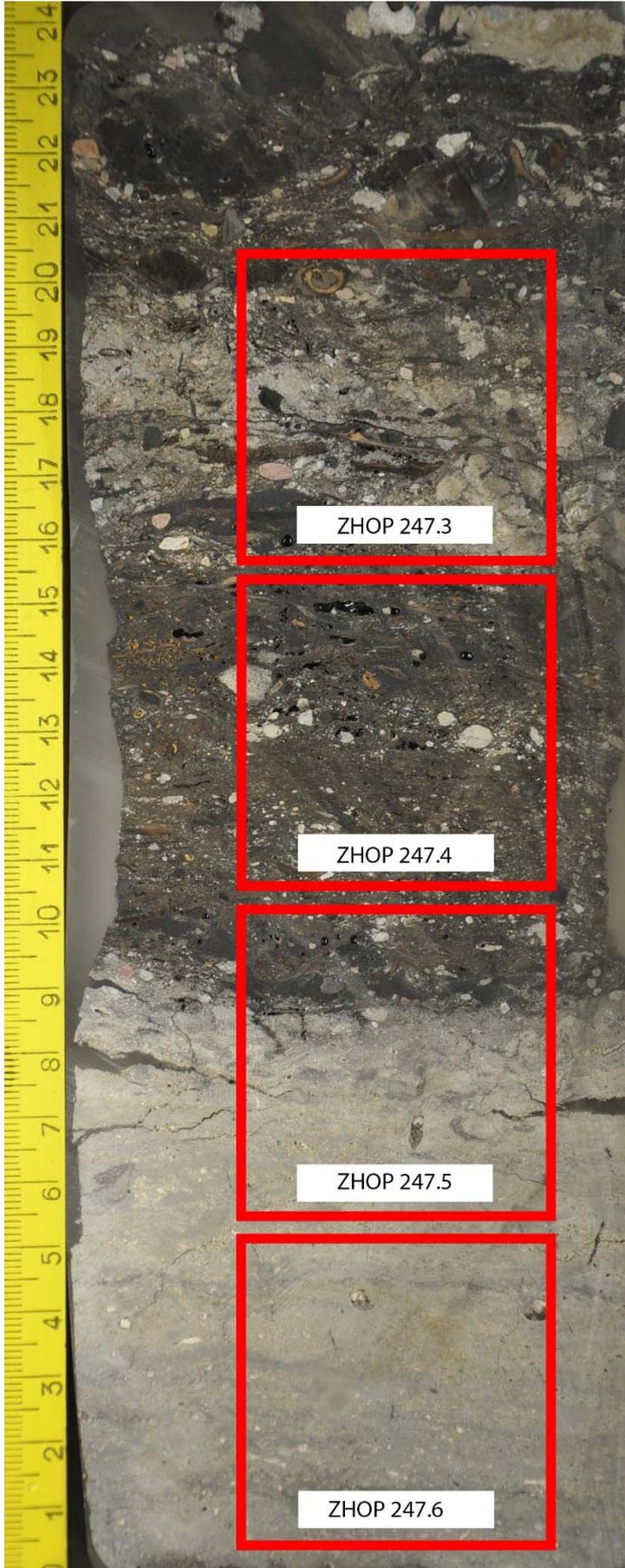
409e

409d

409c

Fundstelle: ZHOP	Probe: 248	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
407	Mikrit mit relativ viel Sparit, fragmentierten Molluskenschalen und Holzkohlen (bis Grobsandfraktion) sowie organischem Gewebe. Gebändert. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
420	Fast reiner Mikrit mit sehr wenig Holzkohle in Fein- und Mittelsandfraktion, sowie organischem Feinmaterial. Daneben Mollusken- und Ostrakodenschalen. Leicht gebändert. Diffuse Grenze zum Liegenden.	(Gebänderte) Seekreide	12
421	Schwach feinsandiger Mikrit mit gut eingeregelter Holzkohle und organischen Komponenten in der Feinsandfraktion	Stark organische Seekreide	12
408	Mikrit mit wenig Feinsand, organischem Gewebe, Zellresten und amorphem Feinmaterial. Fragmentierte Molluskenschalen. Planar-Risse und Hinweise auf Wurzeln. Unregelmässig gelagerte Komponente. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide mit organischem Eintrag	12
409e	Locker gelagerter Mikrit mit fragmentierten Molluskenschalen und sehr wenig organischem Gewebe beziehungsweise amorphem Feinmaterial. Verrundete Holzkohlen. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
409d	Locker gelagerter Mikrit mit viel Molluskenschalen, Characeenstängel und Oogonien. Oben vereinzelt Holzkohle. Bänderung erkennbar. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
409c	Sehr reiner Mikrit mit massiver Mikrostruktur. Wenig Characeenstängel und nur vereinzelt organisches Gewebe vorhanden. Komponenten horizontal eingeregelt.	Seekreide	

Probe ZHOP 247



416c

416b

416a

417b

417a

406e

406d

406c

406b

406a

407

Fundstelle: ZHOP	Probe: 247	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
416c	Stark holzkohlehaltige Schicht mit grösseren, tonigen Lehmbrocken (z. T. kreuzstreifiges b-Gefüge) und organischem Material. Matrix aus Mikroholzkohle und Karbonat. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Brand-/ oder Ascheschicht mit Baulehm (Dekonstruktion/Brandschutt deponie)	13
416b	Sandige organische Schicht mit schlecht erhaltenen, grösseren organischen Komponenten. Verbreitet Dopplerit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	13
416a	Lage aus sandigem Detritus mit Zweigen und Lehmbrocken. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	13
417b	Mischschicht aus Lehmbrocken und organischem Detritus. Dazu viele Rinden und ein immer noch hoher Sandanteil. Holzkohlen in der Kiesfraktion. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit viel Lehmbrocken, Sand und Detritus)	13
417a	Heterogene Schicht mit hohem Anteil von Sand und Ton, welcher von Lehmbrocken herrührt. Dazwischen immer wieder organisches Material sowie Holzkohle. Scharfe Grenze zum Liegenden sowie unregelmässig ausgerichtete Komponenten.	Lehmlage mit organischen Resten	13
406e	Sandige organische Schicht mit Detritus- und Zweiglagen im Wechsel, verbreitet Holzkohle und Mikroholzkohle. Relativ viel organisches Grobmaterial. Enaulische c/f-RDP. Horizontale bis wellenförmige Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (grobe Komponenten)	13
406d	Sandige organische Schicht mit verbreitet Lehmbrocken. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht mit abgewitterten Lehmbrocken.	13
406c	Sandige organische Schicht mit wenigen Lehmbrocken und verbreitet Mohnsamen sowie anderen Makroresten. Dung oder stark zersetztes organisches Material. Horizontale Einregelung der Komponenten. Keine Grenze erkennbar.	Organische Kulturschicht (stark sandig, verwittert)	13
406b	Organische Schicht mit verbreitet Quarzsand und wenig Holzkohle sowie Lehmbrocken. Enaulische c/f-RDP. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (stark sandhaltig)	13
406a	Sandhaltiger Mikrit mit Molluskenschalen, Characeenresten und organischem Gewebe. Ausserdem Lehmbrocken, wenig Makroreste und Holzkohle. Unregelmässig gelagert. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide („Übergangshorizont“)	13
407	Mikrit mit relativ viel Sparit, fragmentierten Mollusken- und Ostrakodenschalen. Characeenstängeln sowie Oogonien. Dazu sehr wenig Holzkohle (bis Grobsandfraktion) und organisches Gewebe. Bänderung.	Gebänderte Seekreide	



416c

416b

416a

417b

417a

406e

406d

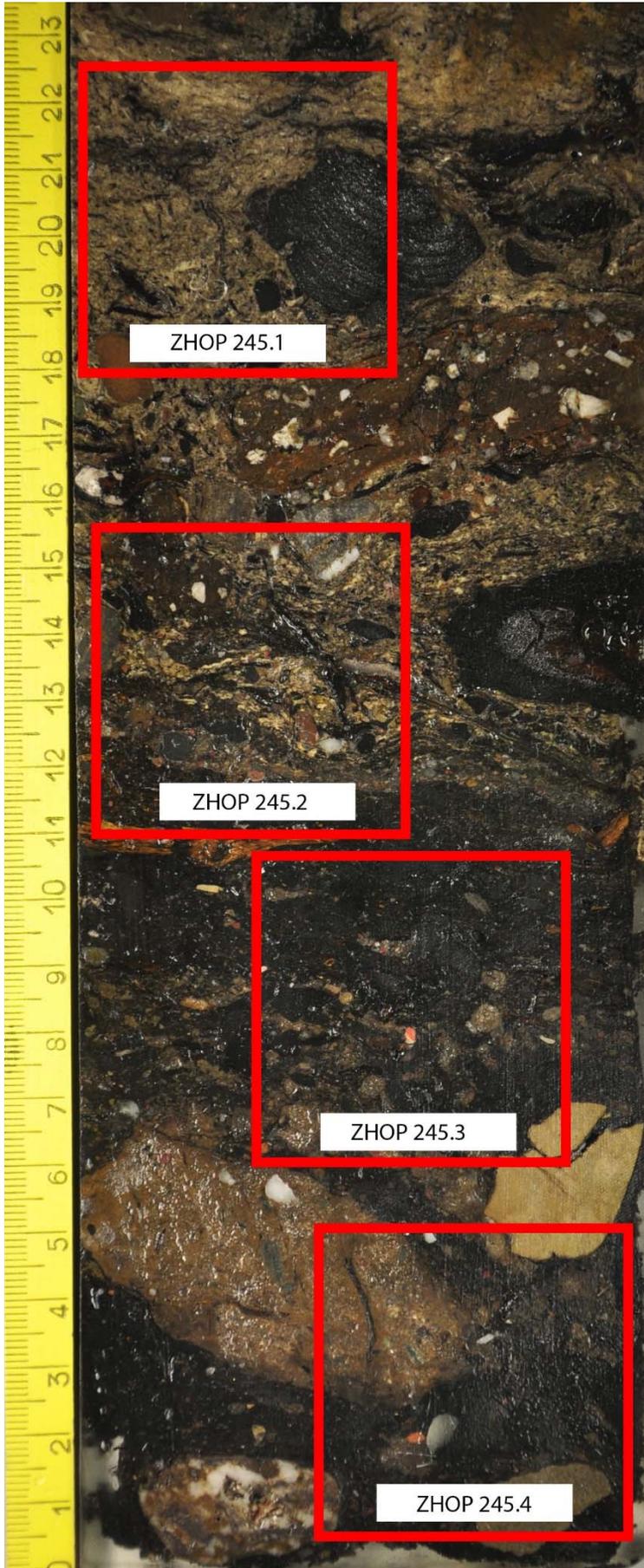
406c

406b

406a

407

Probe ZHOP 245



422d

422c

422b

422a

405e

405c

405b

405a

415

416c

416b

Fundstelle: ZHOP	Probe: 245	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
422d	Sandiger Mikrit mit Gesteinsfragmenten, Molluskenschalen und wenig organischem Material. Horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	
422c	Mikritisches Band mit horizontal eingeregelten organischen „Fäden“ und Haselnussschalenfragment. Schlechte Erhaltung. Leicht horizontal eingeregelt Komponenten und klare Grenzen zum Liegenden.	Stark organische Seekreide	
422b	Schwach sandiger Mikrit mit vielen größeren Holzkohlen, organischen Komponenten (u. a. Rinden) sowie Keramikfragmenten. Daneben Molluskenschalen und Oogonien. Organische „Fäden“. Unregelmässig gelagert mit scharfer Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	
422a	Band aus schwach sortiertem Fein- bis Grobsand und Gesteinsfragmenten. Wenig Holzkohle und organische Bestandteile. Wurzeln. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Sandband	
405e	Organische Schicht mit größerem organischem Material (Rinden, Blätter, Tannennadeln, Mohnsamen) und hohem Sandanteil. Verwitterungsspuren. Enaulisches c/f-RDP.	Organische Kulturschicht (verwittert)	13
405d	Organische Schicht mit relativ viel Holzkohle (in Mittel- bis Grobsandfraktion), schlecht erhaltenem organischem Material, Dopplerit und Sklerotien. Verwitterungsspuren. Enaulisches c/f-RDP. Unregelmässig gelagert mit klarer Grenze zum Liegenden.	Brandschicht (Brandschuttdeponie)	13
405c	Holzkohlehaltige Schicht mit Mikroholzkohle und Holzasche sowie viel Dopplerit. Horizontale Ausrichtung der Komponenten bei klarer Grenze zum Liegenden.	Brandschicht (Beginnende Brandschuttdeponie)	13
405b	Detritusreiche organische Schicht mit vielen Makroresten und Knochen in wellenförmiger Lagerung. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Deponie)	13
405a	Heterogene sandhaltige Schicht mit organischen Komponenten, Lehmbrocken und Detritus in unregelmässiger Lagerung. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Deponie)	13
415	Schicht mit Lehmbrocken, die in eine 416c entsprechenden Matrix eingebettet sind. Sie sind unregelmässig gelagert und zeigen Durchwurzelungsspuren und Sklerotien. Die Grenze zum Liegenden ist diffus.	Lehmlage (Lehmdeponie, vermischt mit Brandschutt)	13
416c	Stark holzkohlehaltige Schicht mit grösseren, stark tonhaltigen Lehmbrocken (z. T. mit kreuzstreifigem b-Gefüge) und organischem Material. Die Matrix besteht aus Mikroholzkohle und Karbonat. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zur Schicht im Liegenden.	Brandschicht (Brandschuttdeponie)	13
416b	Sandige organische Schicht mit schlecht erhaltenen, größeren organischen Komponenten. Verbreitet kommt Dopplerit vor.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	13

Probe ZHOP 246



- 401d

- 401c

- 401b

- 401a

- 403c

- 403b

- 403a

- 404

- 422

Fundstelle: ZHOP	Probe: 246	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
401d	Schwach sandiger Mikrit mit verbreitet organischem Material. horizontal eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige bis schwach organische Seekreide	
401c	Mikrit mit wenig organischem Material und sehr wenig Sand. Leicht horizontal eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
401b	Sandiger Mikrit mit vielen Molluskenschalen und Characeenstängeln. Horizontale Einregelung der Komponenten bei diffuser Grenze zum Liegenden.	Stark sandige Seekreide (Transition von Sandschicht zu Seesediment)	
401a	Mittelsand mit verbreitet Karbonat und wenig organischem Material. Horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Sandschicht (fluvialer Eintrag)	
403c	Mikrit mit wenig Sand und organischem Material sowie sehr wenig Holzkohle und Steinen. Massives Mikrogefüge. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Durchwurzelung.	Reduktionsschicht/Erosiv umgelagerte Schicht	10
403b	Steine, Sand und Holzkohle in mikritischer Matrix bei schräger Lagerung. Daneben Molluskenschalen und Wurzeln erkennbar. Klare Grenze zum Liegenden.	Reduktionsschicht/Erosiv umgelagerte Schicht	10
403a	Organisches Band mit Lehm, Holzkohle und Sand. Leicht mit Mikrit durchsetzt und mit schlecht erhalten, vor allem gröberem organischem Material in unregelmässiger Lagerung. Klare Grenze zum Liegenden.	Leicht reduzierte organische Kulturschicht	10
404	Sandiger Mikrit mit organischem Material, fragmentierten Molluskenschalen und Wurzeln. Unregelmässige Lagerung mit diffuser Grenze zum Liegenden.	Organische Seekreide	
422	Schwach sandiger Mikrit mit vielen Lehmbrocken. Durchwurzelt. Unregelmässige Lagerung der Komponenten.	Erosiv umgelagerte Schicht	



401d

401c

401b

401a

403c

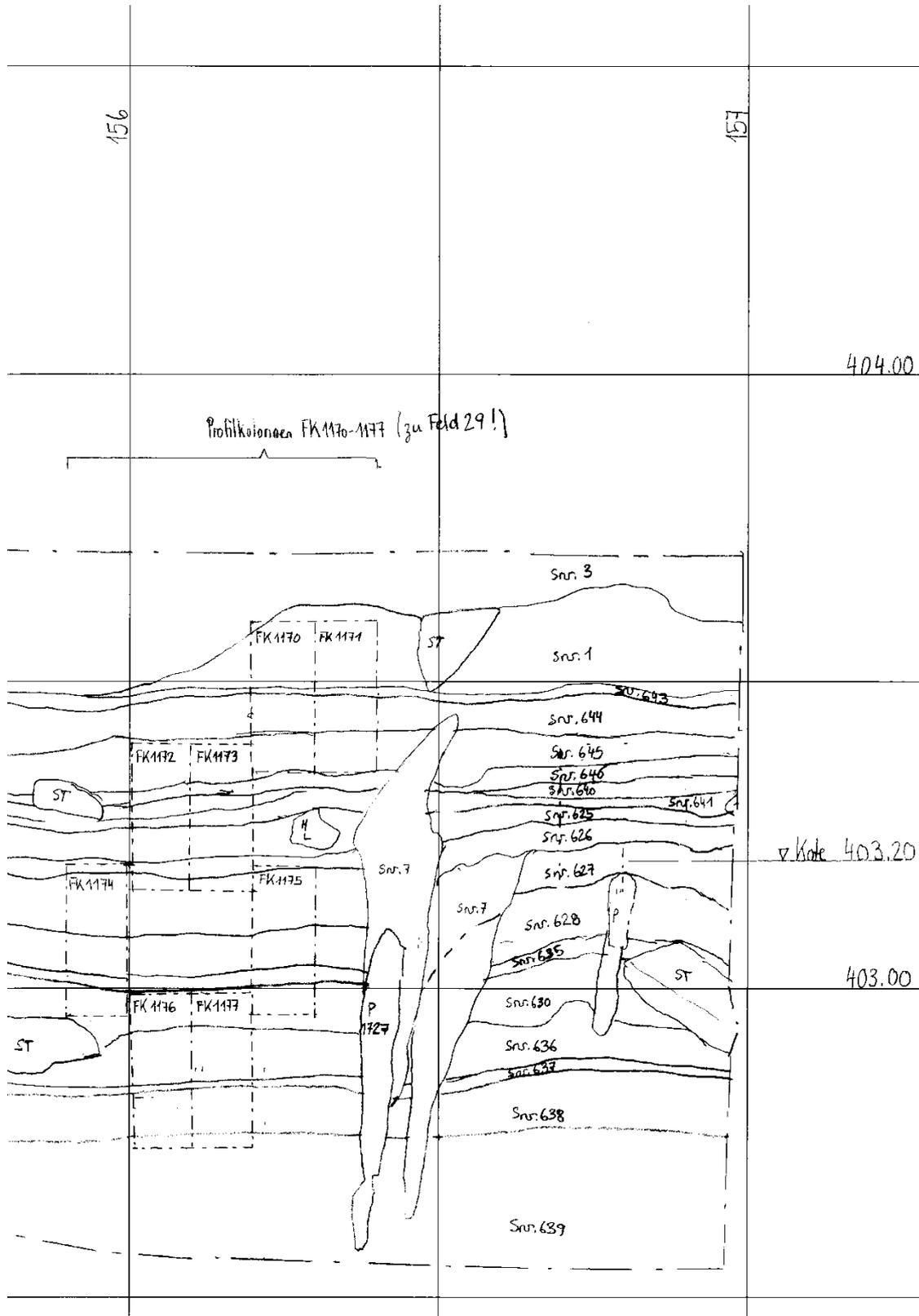
403b

403a

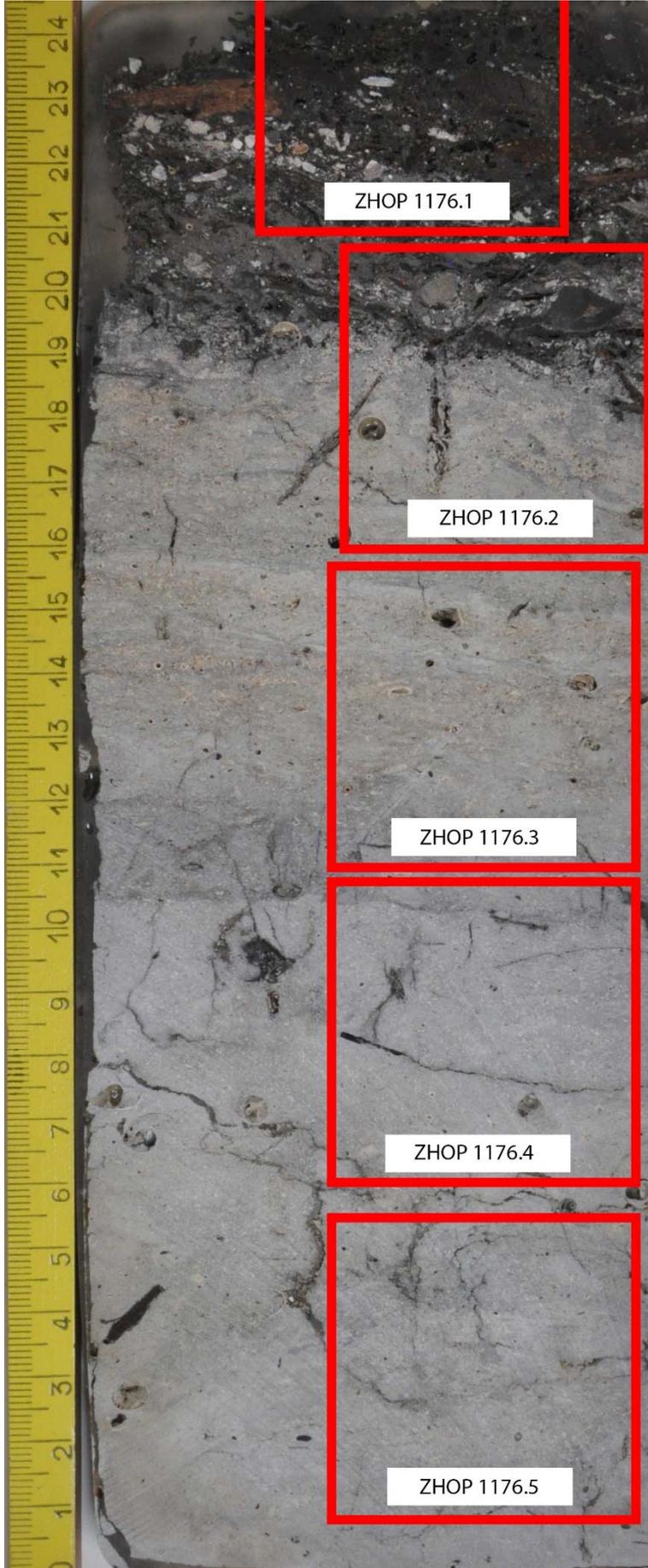
404

422

Profil 488/156



Probe ZHOP 1176



- 630e

- 630d

- 630c

- 630b

- 630a

- 636d

- 636c

- 636b

- 636a

- 637b

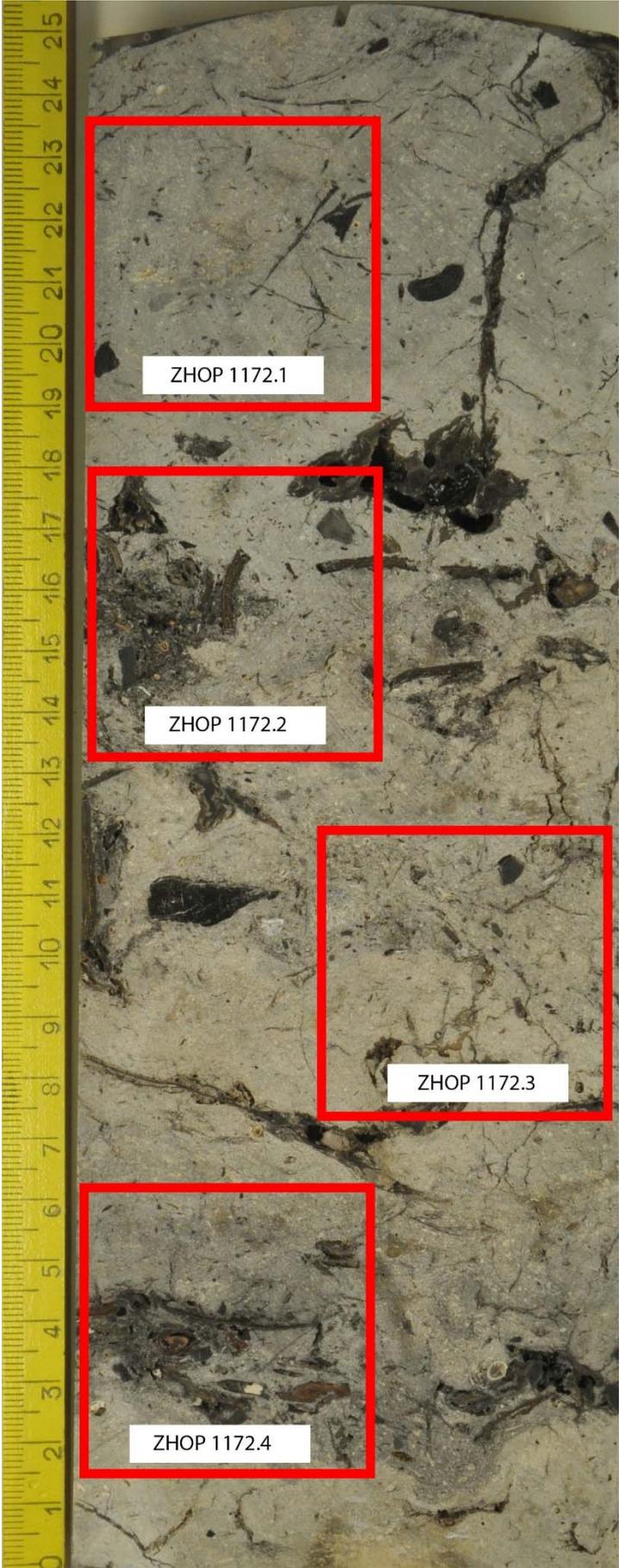
- 637a

- 638b

- 638a

Fundstelle: ZHOP	Probe: 1176	Teilprobe:-	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
630e	Organische Schicht mit vielen Makroresten und Rinden. Daneben nur wenig Holzkohlen, Lehmbrocken, Dung und Knochen. Verbreitet Sklerotien und Pilzsporen. Horizontale Einregelung. Klare Grenze zum Liegenden	organische Kulturschicht (stark zersetztes organisches Material, dunghaltig)	13
630d	Sandiges Band mit vielen Makroresten und Lehmbrocken. Schräge Lagerung der Komponenten bei klarer Grenze zum Liegenden.	Sandige Einschwemmung	13
630c	Dünnes Band aus Mikrit und Detritus. Etwas Dung/abgebautes organisches Material. Schräg eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	13
630b	Sandiges Band mit etwas Mikrit und vielen Makroresten sowie Knochenfragmenten. Schräge Ausrichtung.	Sandige Einschwemmung	13
630a	Organische Schicht mit mikritischem Anteil. Diverse Makroreste, Holzkohlen, Lehmbrocken und Knochen. Horizontale Einregelung. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht mit mikritischem Anteil	13
636d	Mikrit mit wenig Kies, Sand, organischem Material und Holzkohle. Leichte Wurzelspuren. Horizontale Einregelung. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Mischschicht aus Seekreide und organischer Kulturschicht („Übergangshorizont“)	13
636c	Mikrit mit Sparit, wenig Molluskenschalen und sehr wenig Sand. Leichte Wurzelspuren. Horizontale Einregelung. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide	
636b	Mikrit mit Molluskenschalen und Characeenresten. Bis auf leichte Wurzelspuren kaum organisches Material. Horizontale Einregelung feststellbar.	Seekreide	
636a	Mikrit mit vielen Molluskenschalen, wenig Characeenresten (Stängel und Oogonien). Bänderung. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
637b	Mikrit mit Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängel. Sehr wenig organisches Material und Holzkohle. Nach oben zunehmendes Vorkommen von Diatomeen. Bänderung erkennbar. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
637a	Mikrit mit Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängel. Wenig organisches Material und sehr wenig Holzkohle. Horizontal eingeregelter Komponenten.	Schwach organische Seekreide (resedimentierte Kulturschicht)	12
638b	Mikrit mit Molluskenschalen, Characeenstängeln, wenig Diatomeen, sowie wenig organischem Eintrag und Holzkohle. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Seekreide (evtl. resedimentiert)	
638a	Mikrit mit Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängeln. Daneben wenig Diatomeen und wenig organisches Material und Holzkohle. Kompakte Zonen mit mehr organischem Feinmaterial Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Schwach organische Seekreide	

Probe ZHOP 1172



645b

645a

646

640

641

625b

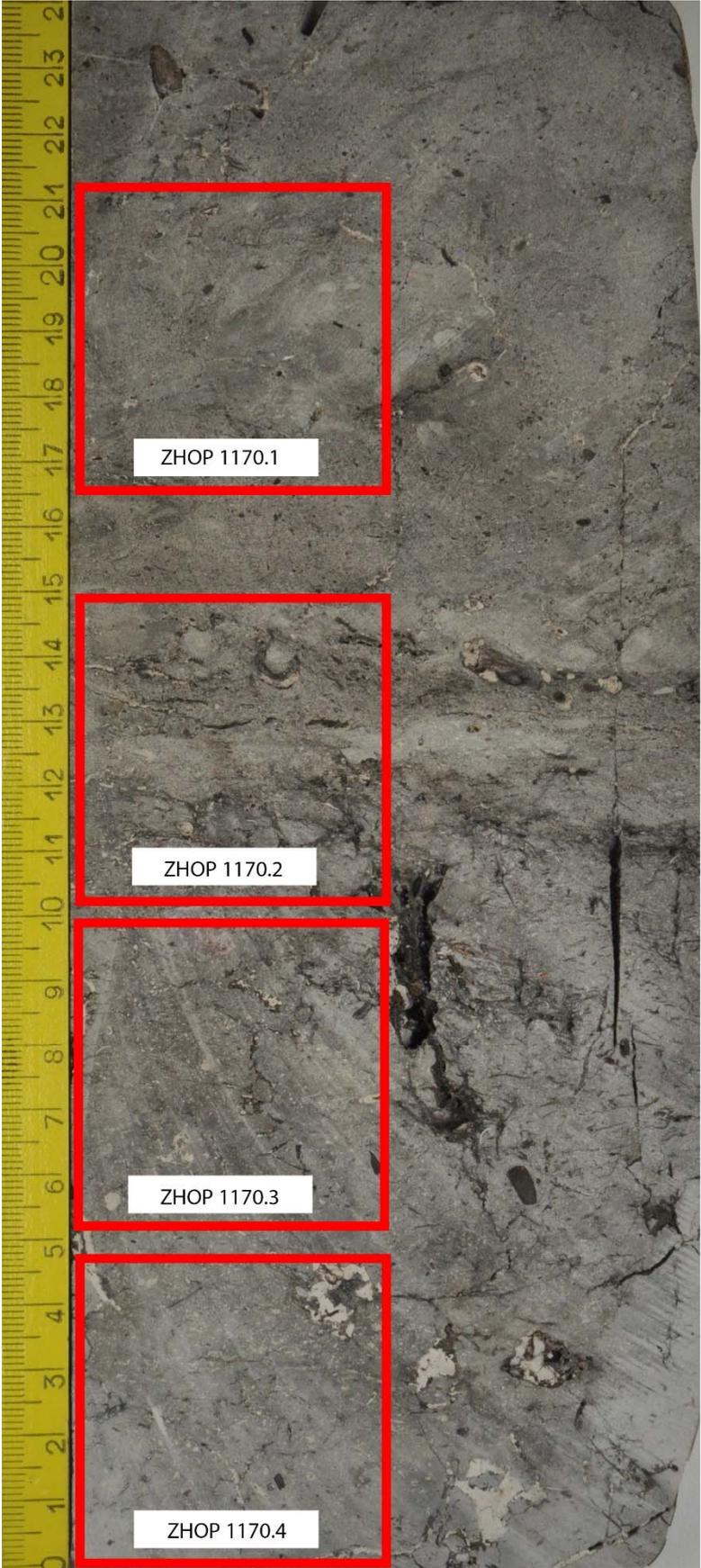
625a

626

627

Fundstelle: ZHOP	Probe: 1172	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
645b	Mikrit mit Holzkohle, wenig Wurzeln und Molluskenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide (stark durchwurzelt)	
645a	Sandiger Mikrit mit vielen Molluskenschalen, Wurzeln und Kulturschichtmaterial. Gut mit Holzkohle durchsetzt. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Stark sandige Seekreide (resedimentiert)	
646	Organischer Mikrit mit Kies, verrundeter Holzkohle, Lehmbröckchen, Knochen, Rinde, Samen sowie Molluskenschalen. Teils schräge Lagerung der Komponenten bei diffuser Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet)	16
640	Mikrit mit wenig Kies, Sand und organischem Material. Verrundete Holzkohlen, Molluskenschalen und Oogonien. Durchwurzelt. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide (resedimentiert)	
641	Mikrit mit Kies, Sand, organischem Material, Holzkohle und Molluskenschalen. Wurzelspuren. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet)	15
625b	Mikrit mit sehr wenig organischem Material und Holzkohle, Molluskenschalen, Oogonien. Leichte Wurzelspuren. Horizontale Einregelung der Komponenten.	(Schwach organische) Seekreide	
625a	Mikrit, mit wenig organischem Material und Holzkohle. Sehr wenig Lehmbröckchen. Daneben auch Molluskenschalen und Oogonien. Leicht durchwurzelt. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide (resedimentiert)	
626	Mikrit mit häufig vorkommendem organischem Material, wenig Holzkohle und sehr wenig Sand. Dazu auch sehr wenig Lehmbröckchen und wenige Molluskenschalen. Leicht durchwurzelt. Leicht wellenförmig ausgeprägt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet)	14
627	Mikrit mit Oogonien und sehr wenig organischem Material. Leichte Durchwurzlung. Horizontale Einregelung der Komponenten.	Schwach organische Seekreide	

Probe ZHOP 1170



1

643d

643c

643b

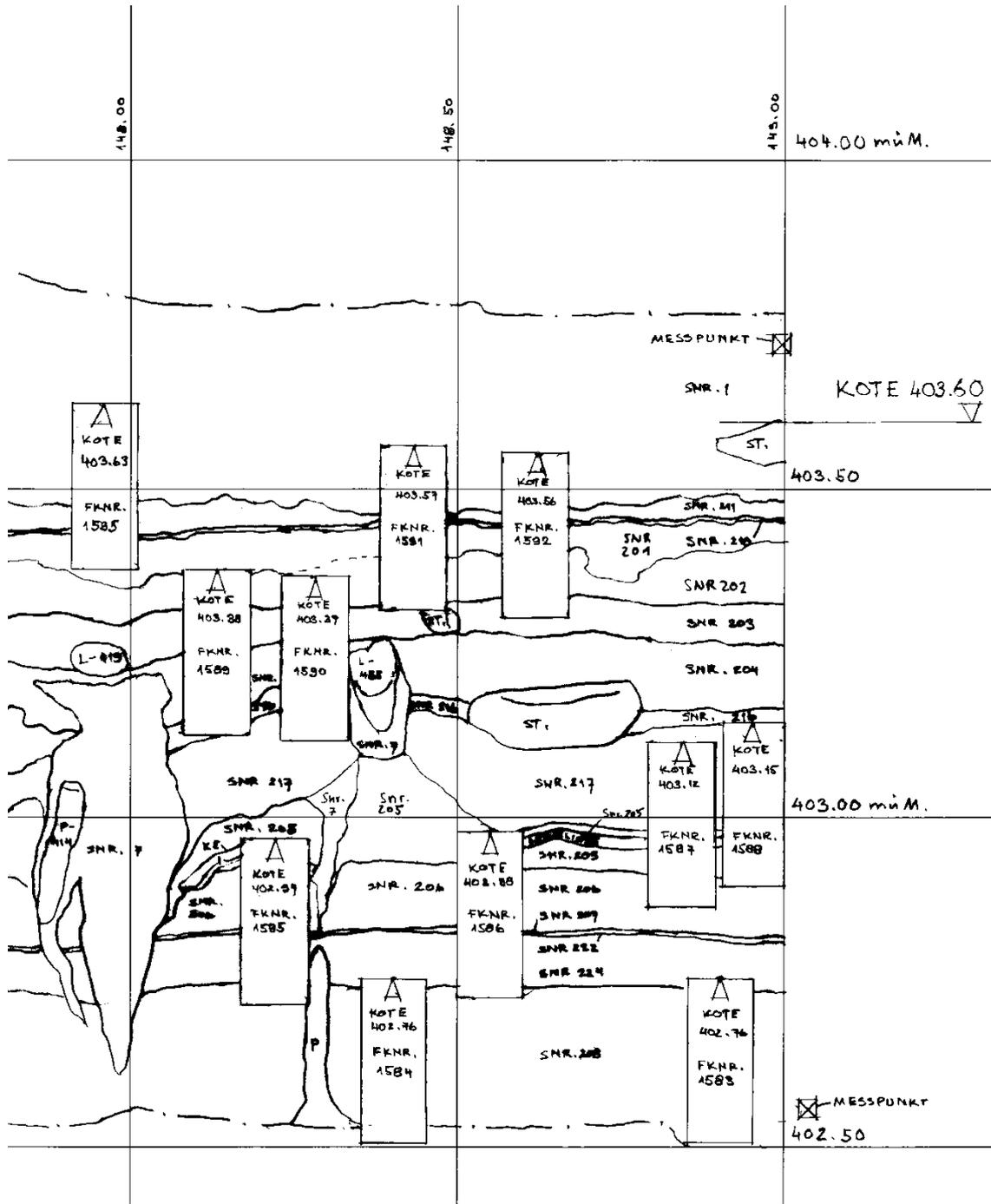
643a

644

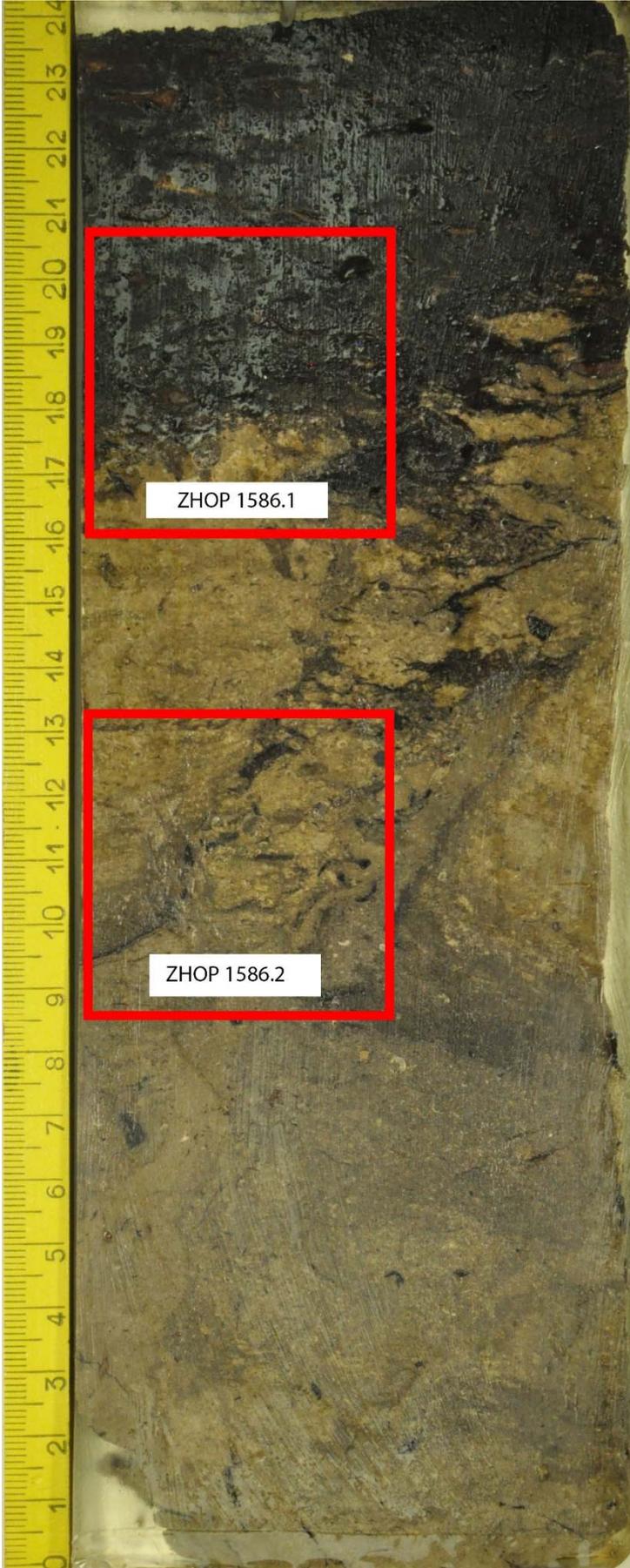
645

Fundstelle: ZHOP	Probe: 1170	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1	Heterogene mikritische Schicht. Vorwiegend Zonen mit verbreitet Quarzsand und Sparit. Daneben auch kompakte Bereiche mit nur wenig Sandanteil. Verbreitet Molluskenschalen und Oogonien.	Stark sandige Seekreide	1
643d	Heterogene mikritische Schicht mit Oogonien und Sparitketten. Stellenweise fast rein, ansonsten aber oft mit Sand vermischt. Durchwurzelt. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide	
643c	Heterogener sandiger Mikrit, ähnlich dem Liegenden. Es sind kaum Molluskenschalen vorhanden. Verbreitet organisches Material. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Stark sandige Seekreide	
643b	Sandiger Mikrit mit vielen Wurzeln und fragmentierten Molluskenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Sandige Einschwemmung	
643a	Mikrit mit sehr vielen Wurzeln, kaum anthropogener Eintrag. Leichte horizontale Einregelung der Komponenten.	Schwach organische Seekreide (stark durchwurzelt)	
644	Mikrit mit vielen Wurzeln, Molluskenschalen und wenig Holzkohle. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide (stark durchwurzelt)	10
645	Mikrit mit vielen Wurzeln. Verbreitet fragmentierte Molluskenschalen. Wenig Holzkohle und Quarzsand. Leichte Einregelung der Komponenten.	Schwach organische Seekreide (stark durchwurzelt)	

Profil 488/148



Probe ZHOP 1586



205a

206b

206a

207

222

224

Fundstelle: ZHOP		Probe: 1586		Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht		
205a	Stark organische Schicht mit vielen Rinden, Zweigen und diversen Makroreste. Wenig Sand und Holzkohle. Ebenfalls wenig Dung oder stark zersetztes organisches Material und vereinzelt Knochen. Die Matrix besteht aus amorphen organischem Feinmaterial und wenig Mikrit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (leicht mikritisch, daneben Dung oder stark zersetztes organisches Material)	13		
206b	Mikrit mit organischem Material und Holzkohle. Verbreitet Mohnsamen, Dung oder stark zersetztes organisches Material. Molluskenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Mischschicht aus Seekreide und organischer Kulturschicht („Übergangshorizont“)	13		
206a	Sehr reiner Mikrit. Nur Spuren von organischem Material, Holzkohle und Kies. Molluskenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Seekreide			
207	Sehr reiner Mikrit. Nur Spuren von organischem Material und Holzkohle. Molluskenschalen und Diatomeen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Seekreide			
222	Mikrit mit organischem Material und Holzkohle. Daneben Lehmbröckchen, Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängel. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide (resedimentierte Kulturschicht)	12		
224	Mikrit mit sehr wenig organischem Material, Sand und Holzkohle. Daneben Molluskenschalen, Oogonien, Characeenstängel und Diatomeen. Horizontale Einregelung der Komponenten.	Schwach organische Seekreide			

Probe ZHOP 1588



216b

216a

217b

217a

205e

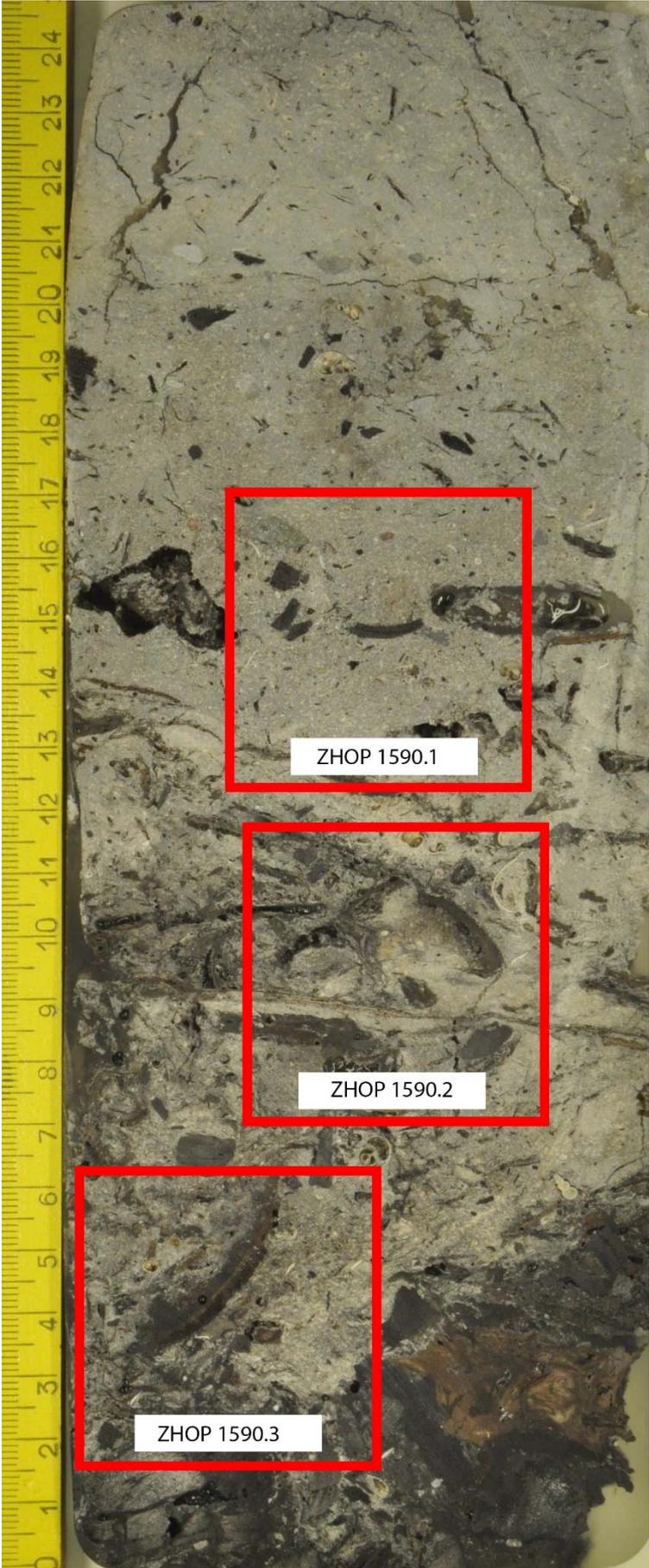
205d

205c

205b

Fundstelle: ZHOP		Probe: 1588		Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht		
216b	Heterogene Schicht aus Mikrit, organischem Material, Quarzsand und leicht verrundeten Holzkohlen. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete organische Kultur-/Brandschicht	13		
216a	Organische Schicht mit einer Matrix aus amorphem organischem Feinmaterial. Blätter, Holzkohle, Kies, wenig Sand und wenig Mikrit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (leicht mikritisch)	13		
217b	Lage aus verkohlten Makroresten. Nach oben rötlicher Saum. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Brandschicht (verkohlte Makroreste mit Brandsaum)	13		
217a	Stark holzkohlehaltige Schicht (+/- 50%), vor allem Holzkohlen in Kiesfraktion. Dazu verkohlte Makroreste und unverkohlttes organisches Material und wenig Mikrit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Holzkohleschicht/Brandschicht	13		
205e	Stark organische Schicht. Wenig Sand und Holzkohle. Dichte Matrix aus amorphem organischem Feinmaterial. Pilzsporen. Sehr wenig Mikrit. Schräge Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (kompaktes Band)	13		
205d	Mikrit mit organischem Material (Rinde und Gewebe), Holzkohlen. Viel Kies und Lehmbrocken (verrundet). Schräge bis leicht horizontale Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Stark organische Seekreide	13		
205c	Stark organische Schicht mit vielen Rinden, Zweigen, Moosresten und Mohnsamen. Wenig Sand, Kies und Holzkohle. Die Matrix besteht aus amorphem organischem Feinmaterial und wenig Mikrit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit wenig Mikrit)	13		
205b	Stark organische Schicht mit vielen Rinden, Zweigen und diversen Makroreste. Etwas Sand und Holzkohle. Daneben tritt Dung oder stark zersetztes organisches Material auf. Die Matrix besteht aus amorphem organischem Feinmaterial. Horizontale Einregelung der Komponenten.	Organische Kulturschicht	13		

Probe ZHOP 1590



202b

202a

203

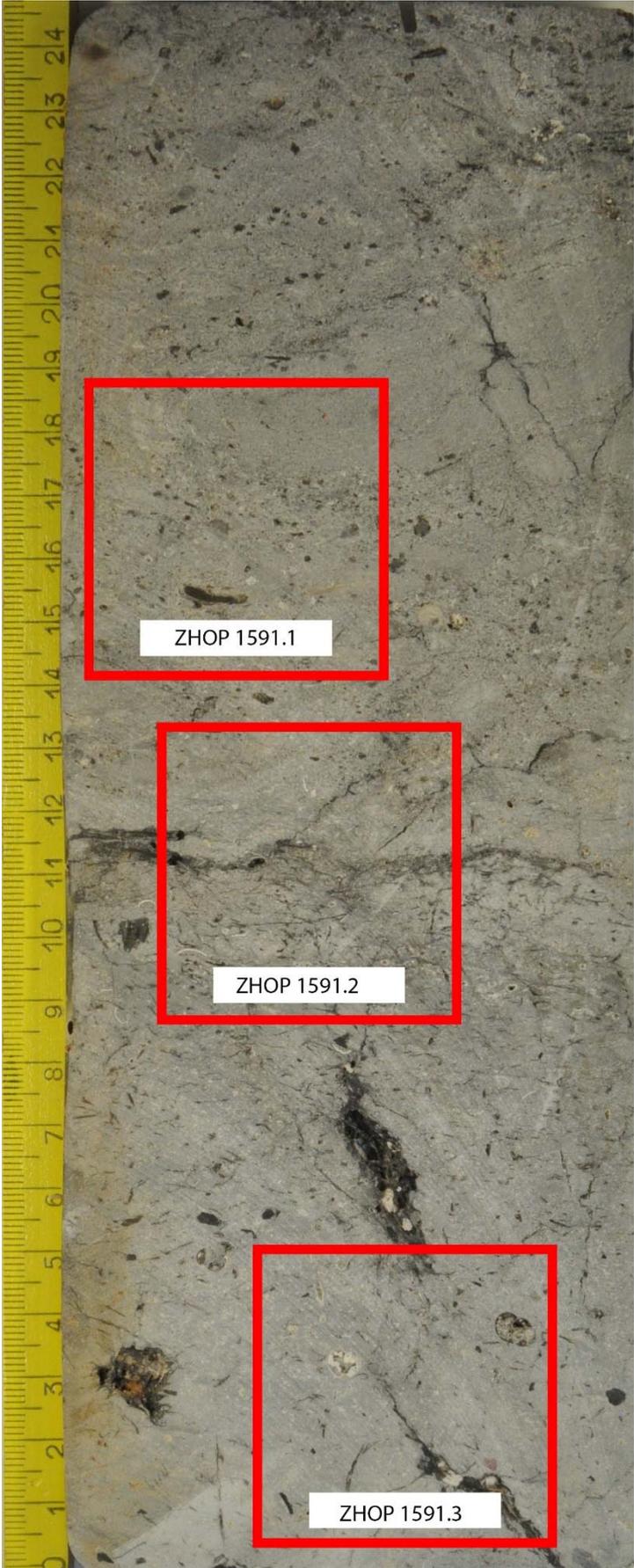
204b

204a

216

Fundstelle: ZHOP	Probe: 1590	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
203	Schwach sandiger Mikrit mit leicht verrundeten Holzkohlen. Daneben auch Molluskenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide mit wenig Kulturschichtmaterial (v. a. Holzkohle)	10
204b	Sandiger Mikrit mit verrundeter Holzkohle, Lehmbrocken. Verbreitet Molluskenschalen und Characeenreste. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht (Resedimentiertes Brandmaterial)	
204a	Mikrit mit vielen grösseren organischen Komponenten (v. a. Rinden) und Holzkohlen. Dazu wenig Sand. Verbreitet Molluskenschalen und wenig Oogonien. Das organische Material ist angekohlt. Unregelmässige Lagerung der Komponenten und scharfe Untergrenze.	Erosiv umgelagerte Schicht (Resedimentiertes Brandmaterial)	
216	Schicht mit grossen Holzkohlen (Kiesfraktion) und verbrannten Zweigen. Zum Teil mit mikritischer Matrix. Daneben auch unverbranntes organisches Material, Molluskenschalen und Oogonien. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten.	Aufgearbeitete organische Kultur-/Brandschicht	13

Probe ZHOP 1591



1

211

210

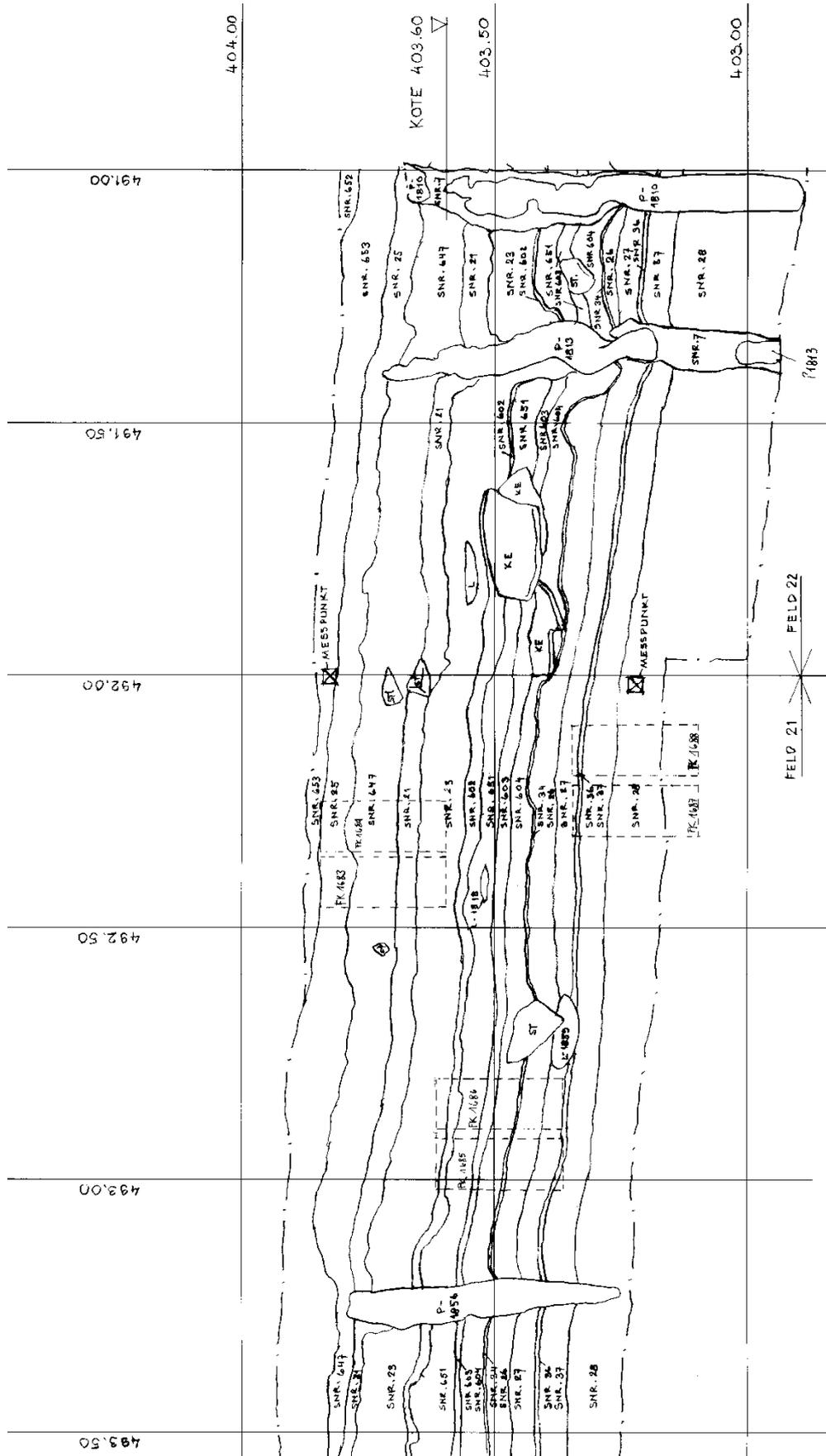
201

202

203

Fundstelle: ZHOP	Probe: 1591	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1	Stark mikritisches Sediment. Vorwiegend Zonen mit verbreitet Quarzsand und Sparit(-ketten). Daneben auch kompakte Bereiche mit nur wenig Sandanteil. Verbreitet Molluskenschalen und Oogonien. Horizontale Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Stark sandige Seekreide	1
211	Schwach sandiger Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohle. Verbreitet Molluskenschalen und Characeenstängel. Horizontale Einregelung. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide	
210	Band aus sehr gut sortiertem Quarzsand in der Mittelsandfraktion. Wenig Molluskenschalen und Wurzeln. Horizontale Einregelung. Klare Grenze zum Liegenden.	Sandband	
201	Mikrit mit verbreitet Molluskenschalen, wenig Holzkohle, Quarzsand und Kies. Verbreitet Wurzelspuren. Leicht horizontale Einregelung. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide (stark durchwurzelt)	
202	Mikrit mit verbreitet Molluskenschalen, sehr wenig Holzkohle (verrundet) und Quarzsand. Wurzelspuren. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
203	Mikrit mit verbreitet Molluskenschalen, wenig Holzkohle (schwach verrundet) und verbreitet Wurzelspuren.	Schwach organische Seekreide	10

Profil 492/160



Probe ZHOP 1686



602b

602a

ZHOP 1686.1

651

ZHOP 1686.2

603

604e

604d

604c

604b

604a

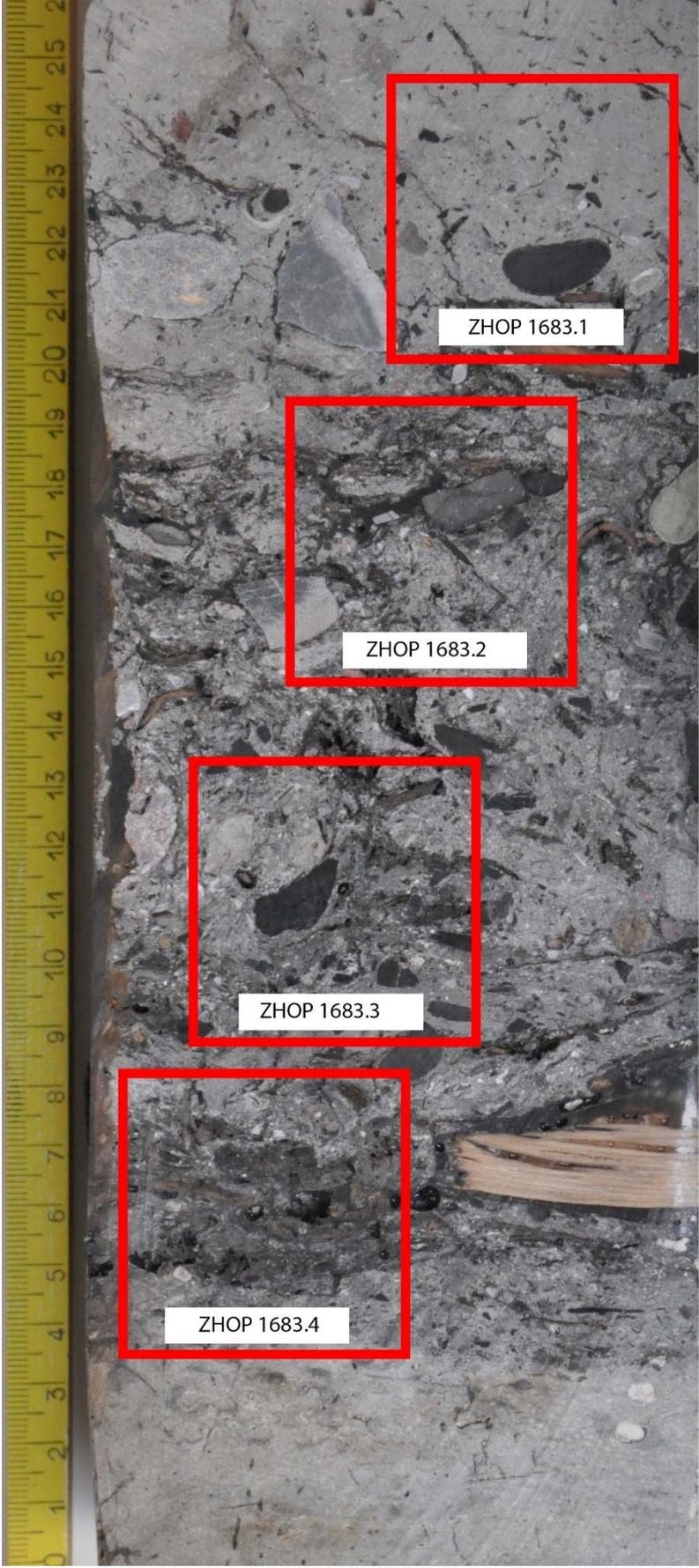
34

ZHOP 1686.3

26

Fundstelle: ZHOP	Probe: 1686	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
602b	Mikrit mit Wurzelspuren und wenig organischem Material. Es ist eine leichte Bänderung erkennbar. Durchwurzelt. Die Grenze zur Schicht im Liegenden fällt scharf aus.	Schwach organische Seekreide (leichte Bänderung)	
602a	Organischer Mikrit mit Rinden, Blättern, Tannennadeln und Molluskenschalen. Abbau an organischen Makroresten feststellbar (inkl. Sklerotien). Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht (mit abgebautem organischem Material)	
651	Stark organische Schicht mit Rinden und Dung beziehungsweise stark zersetztem organischem Material (inkl. Sklerotien). Matrix aus amorphem organischem Material. Wenig Sand und Holzkohle. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit Dunganteil oder stark zersetztem organischem Material)	13
603	Sandige organische Schicht mit Kies und wenig Mikrit. An grösseren Resten: Zweige, Rinden und Mohnsamen. Viele Lehmbrocken. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (hoher Anteil an Lehmbrocken)	13
604e	Stark organische Schicht mit einer Matrix aus amorphem organischem Feinmaterial und Mikrit. Zweige und Mohnsamen, wenig Holzkohle und Quarzsand sowie Molluskenschalen als Komponenten. Horizontale Einregelung der Komponenten.	Detritisch-organischer Mikrit	13
604d	Stark organische Schicht mit sehr viel organischem Feinmaterial. Ausserdem Gewebereste, Mohnsamen und Knochen. Wenig Quarzsand. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	13
604c	Stark organische Schicht mit vielen Rinden, wenig Holzkohle, Konzentration von Moos. Dazu auch Fischknochen. Wenig Quarzsand. Matrix aus amorphem organischem Material. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Rindenlage)	13
604b	Band mit schwachsortiertem Quarzsand in organischer Schicht. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Sandband in organischer Kulturschicht	13
604a	Stark organische Schicht mit vielen Rinden, wenig Holzkohle, Knochen, viele Mohnsamen. Wenig Quarzsand. Die Matrix besteht vor allem aus amorphem organischem Material. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Rindenlage)	13
34	Mikrit mit organischem Material und Molluskenschalen. Neben amorphem Material auch Makroreste wie Mohnsamen. Wenig Sand und Holzkohle. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide („Übergangshorizont“)	13
26	Mikrit mit Molluskenschalen und Oogonien. Vereinzelt Kiesel. Gebändert	Gebänderte Seekreide	

Probe ZHOP 1683



25

ZHOP 1683.1

647b

ZHOP 1683.2

ZHOP 1683.3

647a

21

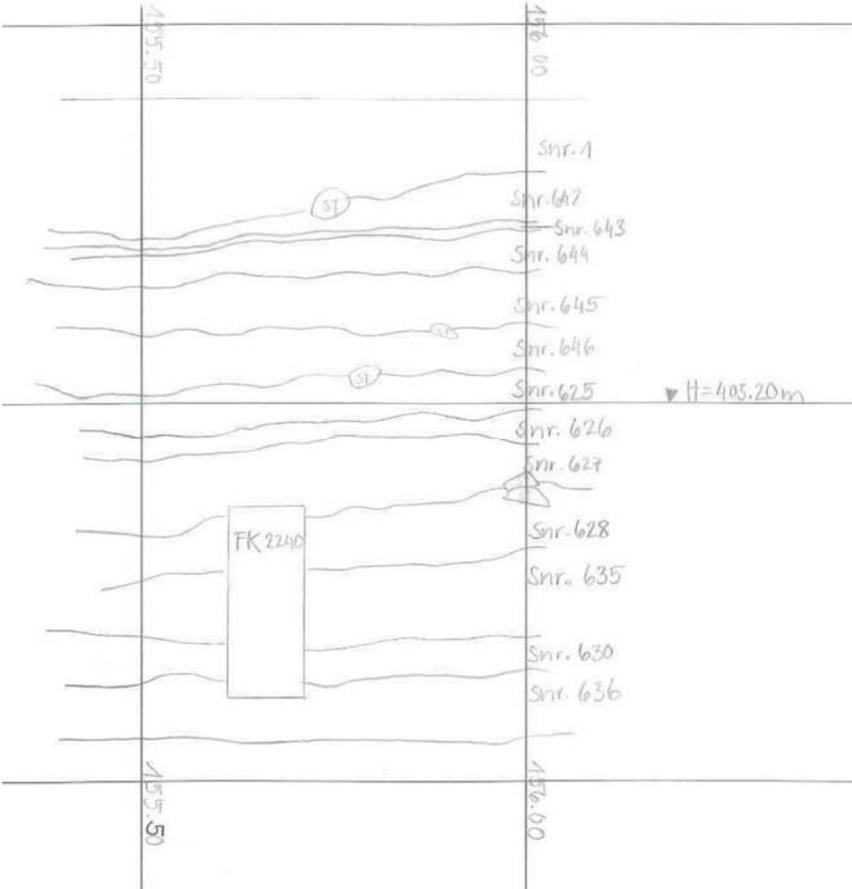
ZHOP 1683.4

23b

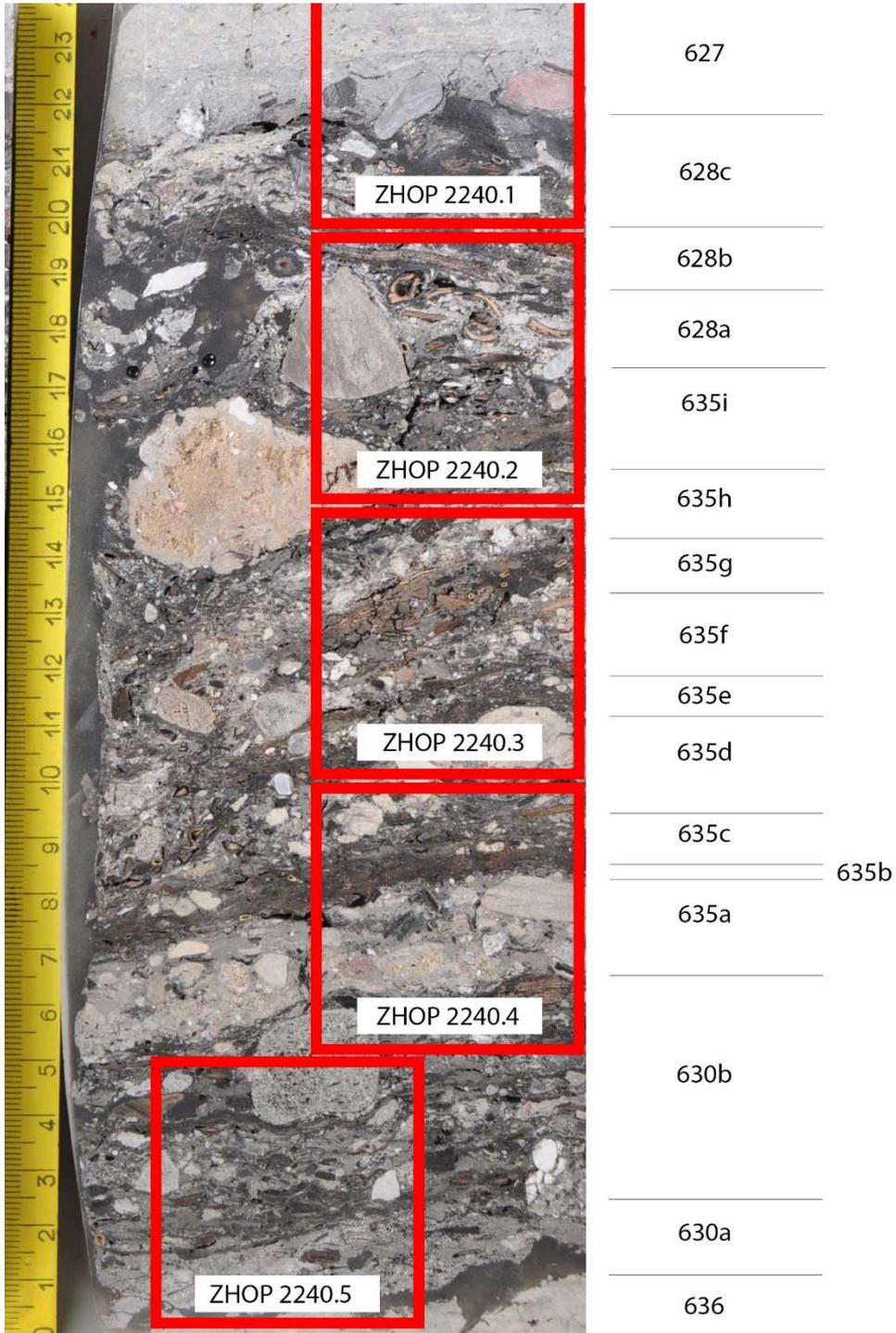
23a

Fundstelle: ZHOP	Probe: 1683	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
25	Mikrit mit wenig Sand, Kies und sehr wenig organisches Material. Dazu verrundete Holzkohlen. Spuren einer Durchwurzelung. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide	10
647b	Sandiger Mikrit mit verbreitet Lehmbrocken und Holzkohlen und organischem Material. Diverse Makroreste, Molluskenschalen. Wurzelspuren. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	14
647a	Sandiger Mikrit mit Lehmbrocken, Holzkohlen und organischem Material. Wurzelspuren. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	14
21	Heterogene organische Schicht mit mikritischer Matrix. Ausserdem wenig Kies, Sand und Holzkohle. Unter dem organischen Material finden sich vor allem Holz- und Gewebereste. Leichte Wurzelspuren. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	14
23b	Mikrit mit organischem Material, Sand, Holzkohle und Lehmbrocken. Verbreitet Oogonien. Wurzelspuren. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
23a	Mikrit mit vielen Oogonien und Characeenstängeln. Sparitketten. Wenig organisches Material. Wurzelspuren. Horizontale Einregelung.	(Sehr) schwach organische Seekreide	

Profil 487/155

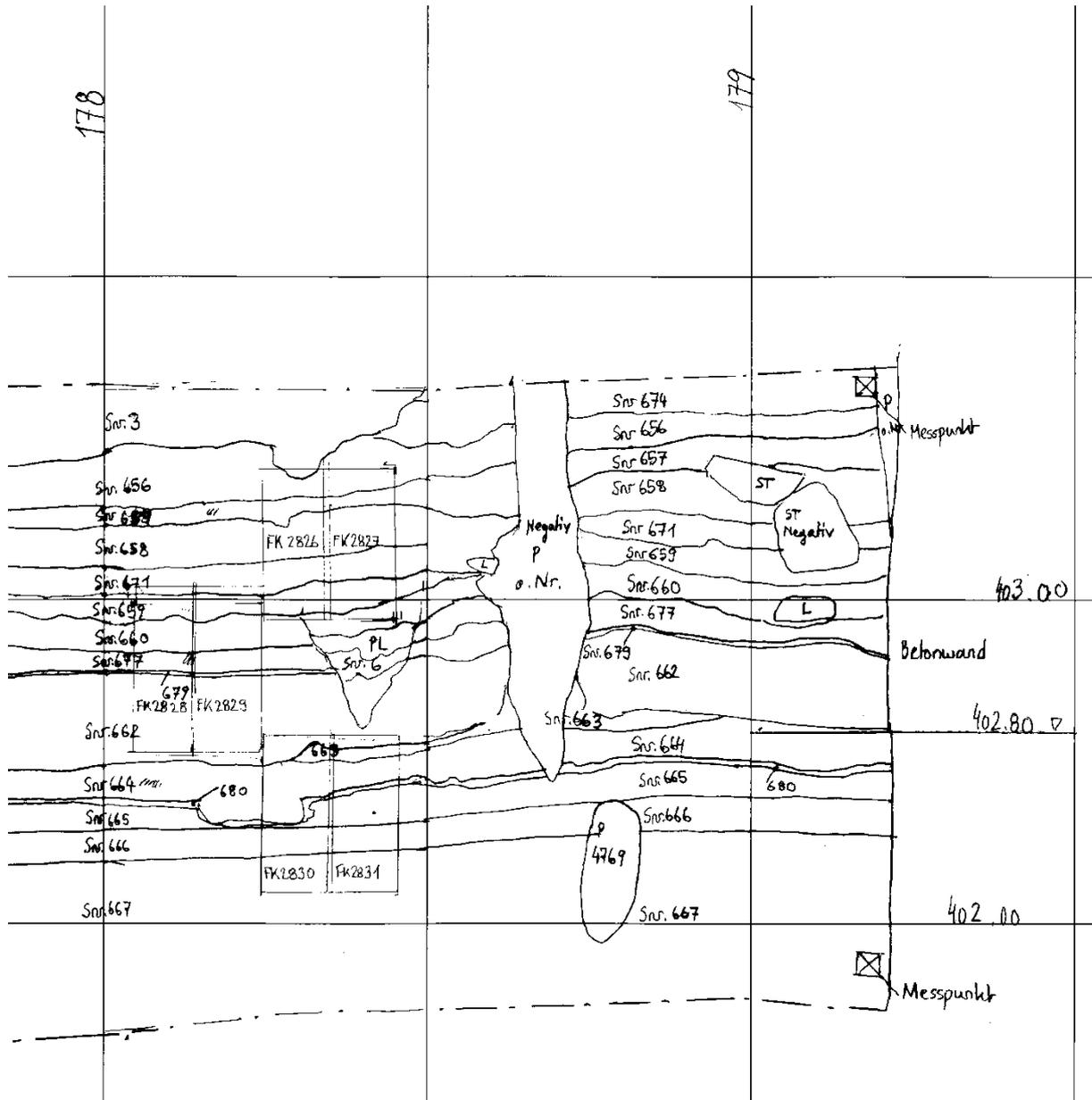


Probe ZHOP 2240



Fundstelle: ZHOP	Probe: 2240	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
627	Seekreide mit wenig organischem Material und verbreitet Holzkohle. Ausserdem Molluskenschalen, Oogonien und Diatomeen. Gebändert. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
628c	Mikrit mit abgebautem organischem Material. Wenig Kies und Quarzsand. Diverse Makroreste, Lehmbrocken, Asche und Pilzsporen. Schräge Ausrichtung der Komponenten.	Stark organische Seekreide	13
628b	Organische Schicht mit wenig Sand und Holzkohle. Diverse Makroreste und Knochen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Band aus abgebautem organischem Material)	13
628a	Mikrit mit viel Kies (35%) aber wenig Sand. Daneben nur wenig Holzkohle und organisches Material. Darunter Rinden und weitere Makroreste. Ausserdem Knochen, verrundete Lehmbrocken und Sklerotien. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	13
635i	Heterogene organische Schicht, verbreitet Sand und organisches Feinmaterial in schwach mikritischer Matrix. Ausserdem Knochen und diverse Makroreste. Auch Sklerotien wurden nachgewiesen. Horizontale Ausrichtung der Komponenten.	Organische Kulturschicht (abgebaut, mit wenig Mikrit)	13
635h	Heterogener Lehm mit verbreitet Kies und Sand. Daneben wenig Mikrit, Holzkohle und organisches Material (Rinden, Mohnsamen). Verbreitet Knochen. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogene Lehmlage	13
635g	Organische Schicht mit wenig Sand, Holzkohle und Mikrit. Abgebautes organisches Material (evtl. Dung) und sehr viele Mohnsamen. Daneben auch andere Makroreste. Phosphatische Bereiche. Eher wenig Sklerotien. Schräge Ausrichtung. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	13
635f	Heterogener Lehm mit verbreitet Sand und Kies. Wenig Holzkohle und organisches Material. Insgesamt mit einer brockigen Konsistenz. Dazu wurden auch Sklerotien nachgewiesen. Schräge Ausrichtung. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogene Lehmlage	13
635e	Organische Schicht mit verbreitet Sand. Wenig Holzkohle und sehr wenig Kies und Mikrit. Viele Makroreste aber auch breiiges organisches Material. Sklerotien, Knochen (Fischknochen). Schräge Ausrichtung der Komponenten.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	13
635d	Heterogene Schicht aus Mikrit mit abgebauten, breiigen organischen Bestandteilen. Verbreitet Sand und Holzkohle. Ausserdem Sklerotien und Pilzsporen. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit (mit abgebauter organischer Schicht vermischt)	13
635c	Organische Schicht mit wenig Sand und Holzkohle. Kaum Mikrit. Knochen und diverse Makroreste. Rinde. Dung, Sklerotien und Pilzsporen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebautes organisches Material und Dung)	13
635b	Mikrit mit organischem Feinmaterial. Wenig mittel sortierter Fein- bis Mittelsand (Grobsand nur randlich). Ausserdem Lehmbrocken, Knochen und Pilzsporen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	13
635a	Stark sandiger Lehm mit verbreitet Kies, wenig Holzkohle und organischem Material. Dazu auch Pilzsporen nachgewiesen. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage	13
630b	Sandige organische Schicht mit einer Matrix aus organischem Mikrit. Verbreitet Holzkohle, Kies und Lehmbrocken. Sehr viele Sklerotien und Pilzsporen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit (mit vielen abgebauten organischen Komponenten und Lehmbrocken)	13
630a	Mikrit mit wenig Sand, organischem Material und Holzkohle. Vor allem diverse Makoreste, Knochen und Molluskenschalen. Daneben wenig Lehmbrocken. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	13
636	Mikrit mit wenig Sand, sehr wenig Holzkohle und ebenfalls sehr wenig organischem Material. Vereinzelt Molluskenschalen. Leicht gebändert.	Schwach sandige Seekreide	

Profil 474/178



Probe ZHOP 2831



663

664d

664c

664b

664a

680

665

666

667

Fundstelle: ZHOP	Probe: 2831	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
663	Mikrit mit wenig Sand, Holzkohle und organischem Material. Nach oben ausdünnend. Molluskenschalen, Sparitketten. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht (schwach organische Seekreide mit aufgearbeitetem und resedimentiertem organischem Material)	
664d	Heterogener sandiger Mikrit mit organischem Feinmaterial und vielen gröberen Komponenten (Zweige, Rinden, Tannennadeln etc.). Daneben gerundete Lehmbrocken, Holzkohlen und Kies. Ausserdem Knochen und Dopplerit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	
664c	Organische Schicht mit verbreitet Sand. Viel amorphes Feinmaterial, Zweige, Rinden, Mohnsamen und Misteln. Gut Lehmbrocken und Dopplerit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (sandhaltig, detritusreich, abgebaut)	13
664b	Organische Schicht mit verbreitet Mikrit, wenig Sand und Holzkohle. Wenig Dopplerit. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	13
664a	Mikrit mit häufig organischem Feinmaterial. Wenig Oogonien und Characeenstängel. Oberer Abschluss mit Rinde. Dazu auch vereinzelt Mohnsamen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Stark organische Seekreide („Übergangshorizont“)	13
680	Mikrit mit sehr wenig Sand und Holzkohle. Wenig organisches Feinmaterial in Zonen. Ausserdem wenig Molluskenschalen. Bänderung.	Gebänderte Seekreide mit schwach organischen Zonen	
665	Mikrit mit sehr wenig Sand und organischem Material. Molluskenschalen und Oogonien. Bänderung. Klare Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
666	Mikrit mit wenig organischem Material und sehr wenig Holzkohle und Sand. Molluskenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten.	Schwach organische Seekreide (mit resedimentiertem Kulturschichtmaterial)	12

Probe ZHOP 2829



671

659c

659b

659a

660b

660a

677c

677b

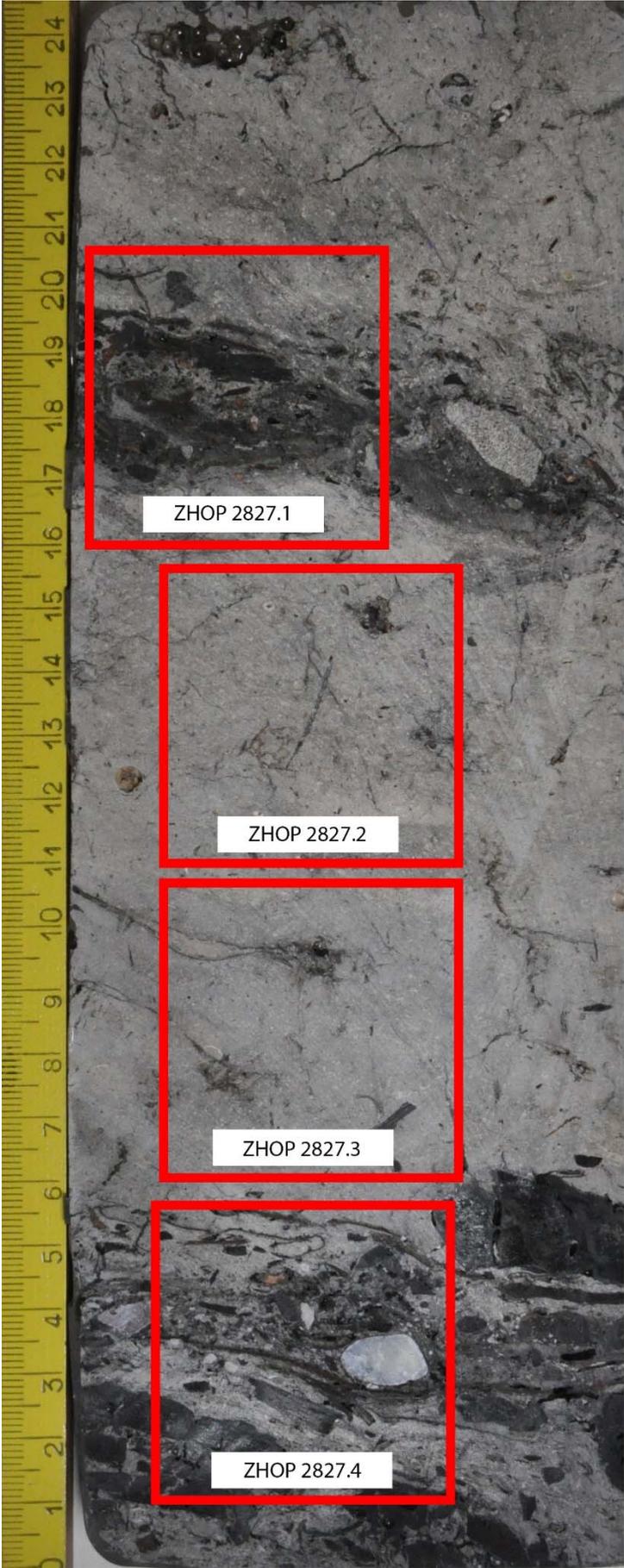
677a

679

662

Fundstelle: ZHOP	Probe: 2829	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
671	Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohle und Sand. Vereinzelt verrundete Lehmbrocken und wenig Molluskenschalen. Leichte Durchwurzelung. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
659c	Mikrit mit verbreitet organischem Material, wenig Holzkohle, Sand und Gesteinsfragmente. Verbreitet Rindenfragmente und gut Mohnsamen. Vereinzelt Knochen und Molluskenschalen. Verbreitet Sklerotien. Wenig Wurzelspuren. Leicht wellenförmige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	15
659b	Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohle und Sand. Vor allem organisches Feinmaterial. Dazu Molluskenschalen und auch Wurzeln. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	15
659a	Mikrit mit verbreitet Holzkohle, wenig organischem Material. Vereinzelt Sand und Lehmbrocken. Ausserdem Molluskenschalen. Leichte Wurzeln. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten.	Aufgearbeitete Kulturschicht	15
660b	Mikrit mit wenig organischem Material. Bänderung. Molluskenschalen, Oogonien, Characeenstängel und Diatomeen. Wurzelspuren. Gebändert. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
660a	Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohle und Sand. Vereinzelt Lehmbrocken. Ausserdem Molluskenschalen, Characeenstängel. Leichte Wurzelspuren. Leicht horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht (resedimentiertes Kulturschichtmaterial)	
677c	Sandige organische Schicht mit verbreitet Holzkohle, Kies und Lehmbrocken. Viel amorphes organisches Feinmaterial. Daneben auch Pilzsporen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (viel Detritus)	14
677b	Schwach sandige organische Schicht, verbreitet Holzkohle. Kaum organisches Feinmaterial. Vor allem Gewebereste, Zweige, Rinde, Mohnsamen. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (locker, mehr gröbere Komponenten)	14
677a	Sandige organische Schicht mit wenig Mikrit, Holzkohle und Kies. Vereinzelt Lehmbrocken und Knochen. Viel amorphes organisches Feinmaterial, daneben Rinden und Blätter. Sklerotien und Pilzsporen (v. a. an Rinden). Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (viel Detritus)	14
679	Mikrit mit wenig organischem Material, Sand und etwas Sand. Ausserdem sehr wenig Kies. Dazu auch Molluskenschalen, verbreitet Oogonien und Characeenstängel. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
662	Mikrit mit sehr wenig Holzkohle und organischem Material. Gebändert.	Gebänderte Seekreide	

Probe ZHOP 2827



656

657

658

671

659g

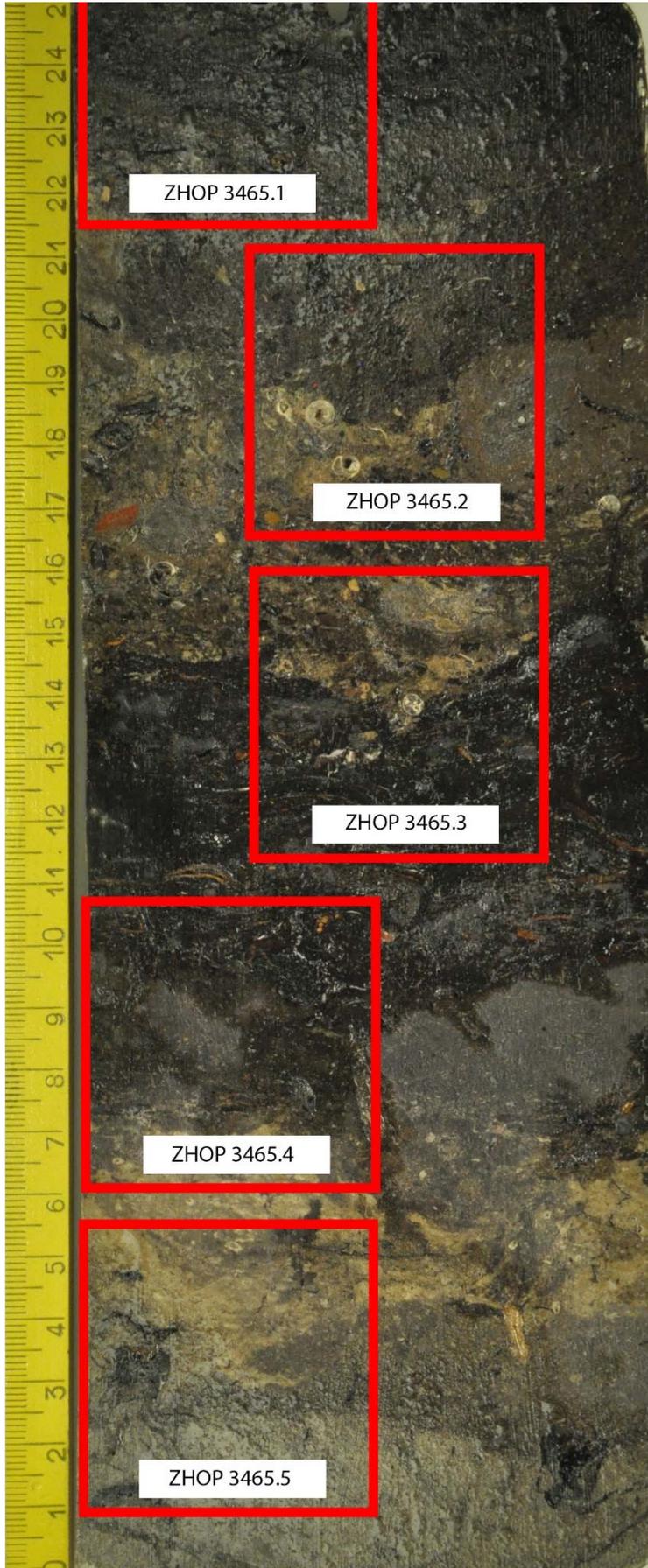
659f

659e

659d

Fundstelle: ZHOP	Probe: 2827	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
656	Mikrit mit verbreitet Holzkohle und wenig organischem Material (vereinzelt Mohnsamen). Sehr wenig Sand. Vereinzelt Lehmbrocken. Molluskenschalen, Characeenstängel und Oogonien. Gut Wurzeln. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht (schwach organische Seekreide mit resedimentierten Komponenten)	
657	Sandige organische Schicht mit verbreitet Mikrit, wenig Holzkohle. Vereinzelt Knochen, Molluskenschalen und Lehmbrocken. Daneben verbreitet Makroreste (Him-/Brombeersamen und Rinden). Ausserdem Dopplerit und vereinzelt Wurzeln. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	16
658	Mikrit mit wenig organischem Material, sehr wenig Holzkohle und Quarsand. Mollusken- und Ostrakodenschalen, Oogonien und Wurzeln. Horizontal eingeregelt.	Schwach organische Seekreide	
671	Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohlen und Sand. Lehmbrocken, Molluskenschalen. Wurzeln	Schwach organische Seekreide	
659g	Mikrit mit verbreitet organischem Material und Holzkohle. Wenig Sand. Vereinzelt Lehmbrocken. Wenig Molluskenschalen. Leichte Wurzelungsspuren	Stark organische Seekreide	
659f	Heterogene organische Schicht mit verbreitet Mikrit, wenig, Sand, Holzkohle und Kies. Knochen und vereinzelt Lehmbrocken. Daneben Rindenfragmente und verbreitet Mohnsamen. Sklerotien	Aufgearbeitete Kulturschicht	15
659e	Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohle und Sand. Ebenfalls wenig Kies. Blätter und Rindenfragmente. Lehmbrocken. Molluskenschalen. Schräg gelagert. Klare Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	15
659d	Mikrit mit verbreitet Holzkohle und organischem Material. Daneben wenig Sand. An organischem Komponenten vor allem Rinden und Gewebe nachgewiesen. Vereinzelt Sklerotien. Schräg gelagert.	Aufgearbeitete Kulturschicht	15

Probe ZHOP 3465



563e

563d

563c

563b

563a

589

564

570

565c

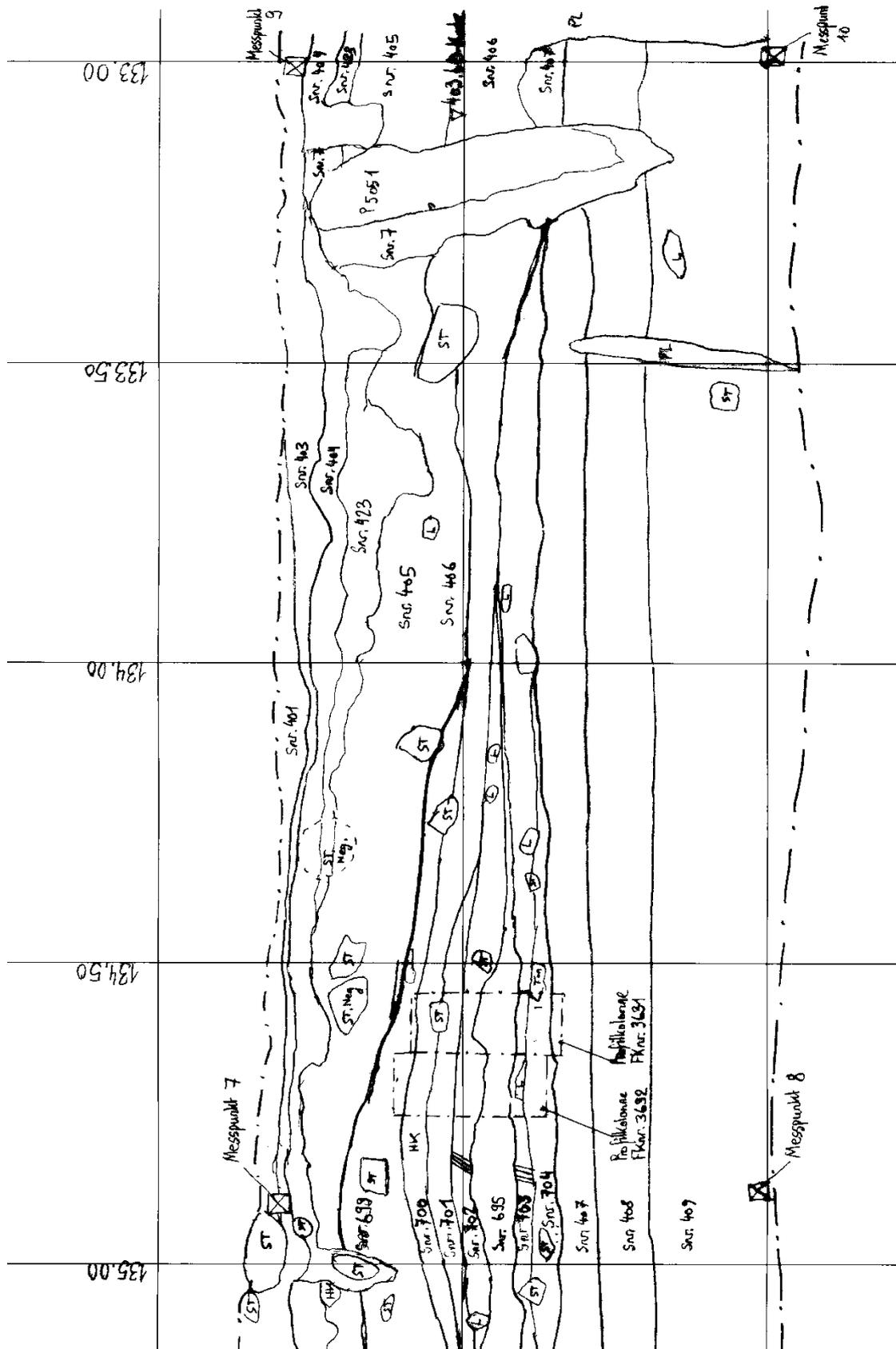
565b

565a

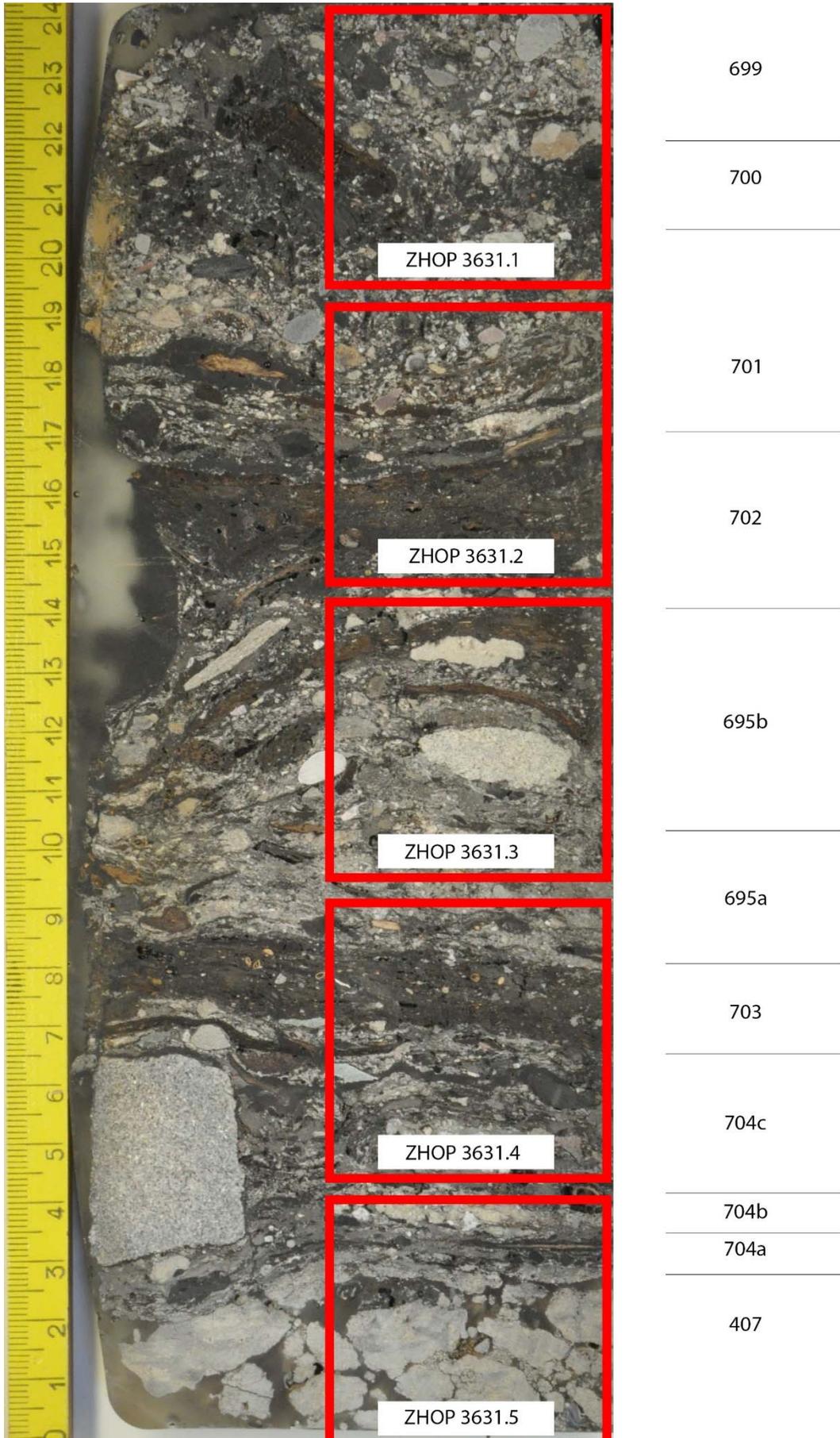
566

Fundstelle: ZHOP	Probe: 3465	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
563e	Mikrit, mit wenig Sand und amorphem organischem Feinmaterial. Vereinzelt bis wenig Holzkohlen, Kies und Lehmbröckchen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Mischschicht aus stark sandiger und detritischer Seekreide	
563d	Stark organischer Mikrit mit verbreitet gut sortiertem Mittelsand. Schwach verrundete Holzkohlen. Gut Molluskenschalen und Oogonien. Daneben auch Zweige, Rinden und organische Gewebefragmente. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht (sandig)	
563c	Schwach sandiger Mikrit mit wenig organischem Feinmaterial. Gut sortierter Feinsand. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Band aus schwach sandiger Seekreide	
563b	Stark sandiger Mikrit mit wenig organischem Material und Kies. Verrundete Lehmbröckchen. Molluskenschalen und Oogonien. Horizontale Einregelung der Komponenten.	Stark sandige Seekreide (mit resedimentiertem Kulturschichtmaterial)	
563a	Stark sandiger Mikrit mit verbreitet organischem Material, wenig Holzkohle und Kies. Gut Molluskenschalen und wenig Oogonien. Horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Stark sandige Seekreide (mit resedimentiertem Kulturschichtmaterial)	
589	Mikrit mit wenig organischem Material (Zweige, Rinde, Feinmaterial) und Sand. Dazu ebenfalls wenig Kies, verrundete Lehmbröckchen und Holzkohle. Verbreitet Molluskenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	10
564	Organische Schicht mit wenig Sand, Holzkohle und Kies. Zweige, Rinden, Blätter, Moos und Mohnsamen. Ausserdem Knochen, Keramikfragmente und deutlicher Pilzbefall. Auch phosphatische Bereiche und Dung. Horizontal eingeregelt.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	13
570	Stark organischer Mikrit mit wenig Sand, Kies und Holzkohle. Vereinzelt Lehmbröckchen. Ausserdem Knochen, Rinden und Mohnsamen. Vereinzelt Molluskenschalen. Wurzelspuren. Pilzsporen. Horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Stark organische Seekreide	13
565c	Organischer Mikrit mit wenig Sand und Holzkohle. Mollusken- und Ostrakodenschalen. Moos und Mohnsamen, daneben mehr rötliches organisches Feinmaterial als im Liegenden. Leichte Wurzelspuren. Leicht horizontal eingeregelt.	Schwach organische Seekreide	
565b	Schwach organischer Mikrit mit wenig Sand und nur vereinzelt Holzkohle. Ausserdem Mollusken- und Ostrakodenschalen, Characeenstängel und Oogonien. Leichte Wurzelspuren. Horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
565a	Leicht organischer Mikrit mit wenig Kies, Sand und Holzkohle. Daneben vor allem organisches Feinmaterial und vereinzelt Mohnsamen. Ausserdem Mollusken- und Ostrakodenschalen sowie Characeenstängel. Durchsetzt mit Mikritaggregaten. Leichte Wurzelspuren. Leicht horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Mischschicht aus schwach organischer und granularer Seekreide (organisches Material abgebaut)	
566	Sandiger Mikrit mit wenig Kies und kaum organischem Feinmaterial. Mikrit bildet Aggregate. Molluskenschalen, ein Rindenfragment. Sandkörner zum Teil verrundet. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Granulare Seekreide	12

Profil 495/134

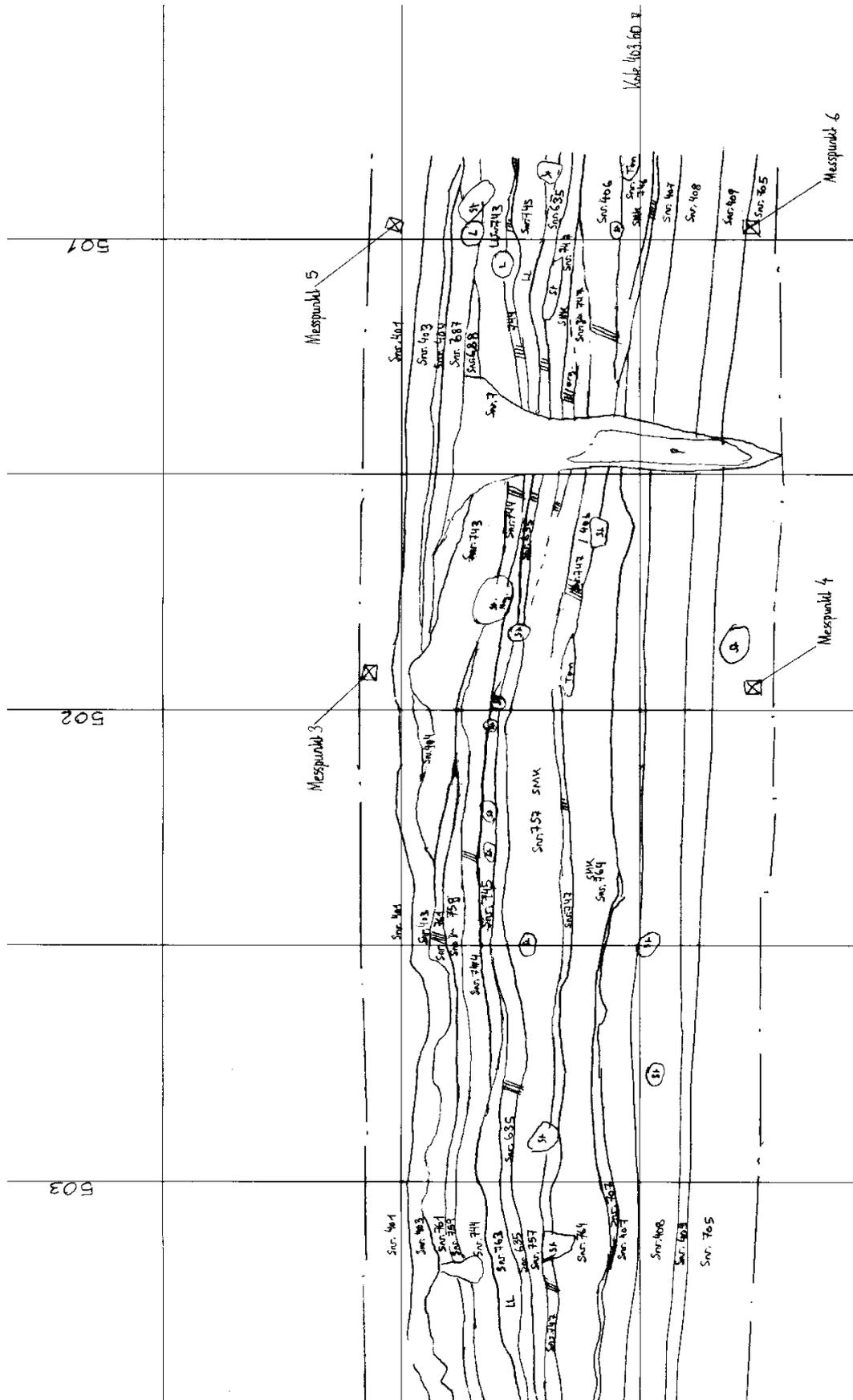


Probe ZHOP 3631

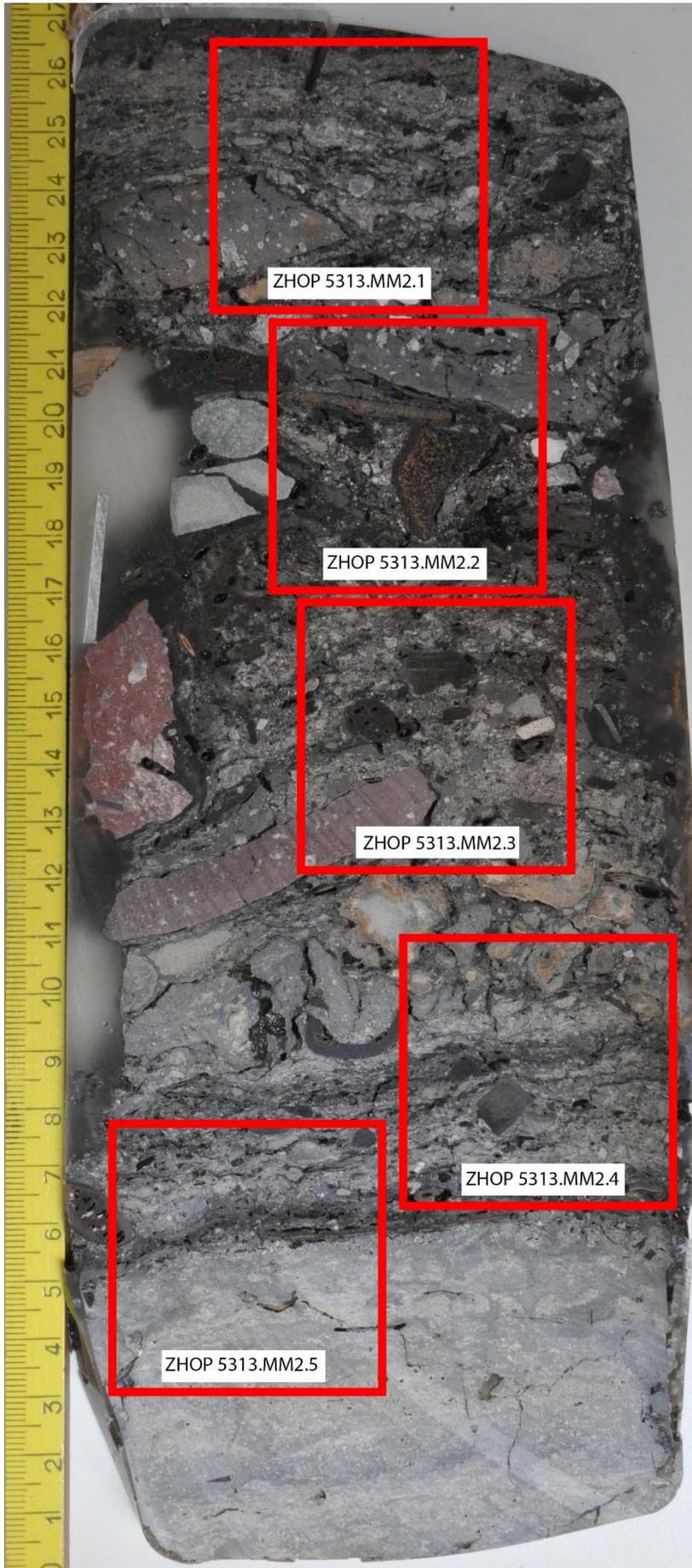


Fundstelle: ZHOP	Probe: 3831	Teilprobe: -	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
699	Kies mit häufig Sand. Daneben wenig organisches Material, Holzkohle und Lehmbrocken. Das organische Material ist stark abgebaut. Es kommt auch in Form von Dopplerit vor. Horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Kies mit wenig organischem Material	13
700	Kies mit verbreitet Sand, Mikrit sowie häufig organischem Material und Holzkohle. Daneben nur wenig Lehmbrocken. Ausserdem abgebautes organisches Material und Dopplerit. Horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Heterogener Kies	13
701	Mikrit mit verbreitet Kies, Sand, Holzkohle und organischem Material. Organische Brocken. Horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit	13
702	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle. Wenig Sand, Kies und Mikrit. Daneben Rinden, Moos, Mohnsamen und organisches Feinmaterial. Ausserdem Lehmbrocken, Knochen, Dung oder stark zersetztes organisches Material. Horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit einem Anteil an Dung oder stark zersetztem organischen Material im unteren Bereich)	13
695b	Mikrit mit verbreitet organischem Material (v. a. Rinden, Mohnsamen und Gewebe). Daneben Knochen, Fischreste, Mollusken- und Ostrakodenschalen sowie Aschen. Ausserdem organische Aggregate. Horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit	13
695a	Mikrit mit wenig Kies, Sand und Lehmbrocken. Ausserdem wenig Holzkohle und organisches Material. Viele Zweige, Keramik und Knochen. Ausserdem Aschen und Ostrakodenschalen. Horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit (mit Lehmbrocken und Aschen)	13
703	Organische Schicht mit wenig Sand, Kies und Holzkohle. Daneben kommen auch Lehmbrocken vor. Ausserdem viele Makroreste, aber auch viel amorphes organisches Feinmaterial. Hoher Anteil an zersetztem organischem Material oder Dung. Horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit Dung oder stark zersetztem organischem Material)	13
704c	Mikrit mit wenig Sand, Kies und Lehmbrocken. Ebenfalls wenig Holzkohle und organisches Material. Grosses Keramikfragment. Viele Mohnsamen. Ausserdem Tannennadeln, Dung, Sklerotien und Aschen. Horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit (mit Lehmbrocken, Aschen und Keramik)	13
704b	Mikrit mit verbreitet Kies, Sand und Lehmbrocken. Wenig Holzkohle und organisches Material. Vor allem Makroreste wie Rinden und Mohnsamen. Ausserdem Fischknochen, reiner Ton, Ton mit Magerung und Aschen. Horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit (mit Lehmbrocken)	13
704a	Organische Schicht mit verbreitet Mikrit. Wenig Holzkohle, Sand und Kies. Organisches Feinmaterial in der Matrix. Ansonsten viele organische Komponenten (v. a. Mohnsamen). Daneben auch Knochen. Sediment eher locker gelagert. Feinmasse aus Mikrit und Detritus. Horizontal eingeregelt. Klare Grenz zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit mikritischer Matrix)	13
407	Mikrit mit Sparit, organischem Material, Characeenstängel, Oogonien und Molluskenschalen. Vereinzelt Makroreste. Horizontal eingeregelt. Graue Feinmasse mit kristallitischem b-Gefüge.	Schwach organische Seekreide („Übergangshorizont“)	13

Profil 502/131



Probe ZHOP 5313 MM2



635a

757

747b

747a

764b

764a

707c

707b

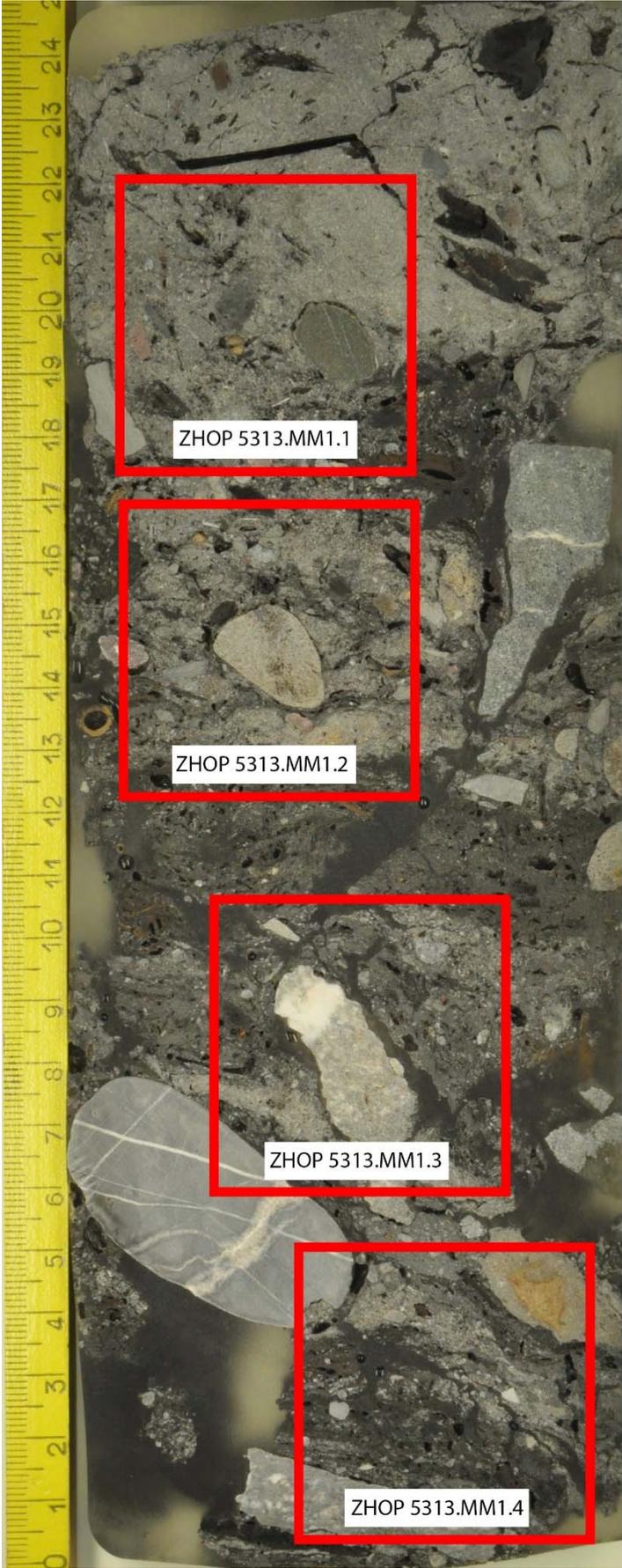
707a

407b

407a

Fundstelle: ZHOP	Probe: 5313	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
635a	Stark organisches Niveau mit verbreitet Quarzsand, Mikrit und stark verrundeten Lehmbrocken. Sehr viele Aggregate aus abgebautem organischem Material. Leicht horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit (mit viel abgebautem organischem Material)	13
757	Heterogener Mikrit mit verbreitet Quarzsand, Lehmbrocken. Wenig Kies, Holzkohle und organisches Material. Verbreiter Keramik und Knochen. Leicht horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit (mit Lehmbrocken)	13
747b	Schwach organischer Mikrit mit verbreitet Holzkohlen und Kies. Wenig Sand. Dazwischen verrundete Lehmbrocken. Viel Mikroholzkohle, Knochen und ausserdem Aschen. Leicht horizontale Einregelung.	Heterogener Mikrit (mit Brandschicht)	13
747a	Heterogener Mikrit mit Quarzsand, Holzkohle, organischem Material und verbreitet Knochen. Verrundete Lehmbrocken. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit	13
764b	Heterogener Mikrit mit Quarzsand und verrundeten Lehmbrocken. Ausserdem Keramik, Holzkohle und nur wenig organisches Material. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Heterogener Mikrit (mit Lehmbrocken)	13
764a	Karbonatische Lehmbrocken in mikritischer Matrix. Daneben organisches Material, Holzkohle und Quarzsand. Ausserdem Keramikfragmente. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit (mit Lehmlage)	13
707c	Niveau mit stark abgebautem organischem Material und Mohnsamen in schwach mikritischer Matrix. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organisches Band (mit abgebautem organischem Material)	13
707b	Mikrit mit verbreitet organischen Bestandteilen und Holzkohle. Wenig Sand und Kies. Ausserdem Knochen, verrundete Lehmbrocken und vereinzelt Molluskenschalen. Dazu konnten auch Sklerotien und Asche nachgewiesen werden. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogener Mikrit	13
707a	Stark organische Schicht mit mikritischer Matrix. Wenig Sand, Ton, Holzkohle und Kies. Verbreitet Rinden, Mohnsamen und Haselnusschalen. Ausserdem Knochen und Lehmbrocken. Horizontal eingeregelt.	Organische Kulturschicht (geringmächtig, mit Mikrit)	13
407b	Mikrit mit Sparit, sehr wenig Kies, wenig Sand, Holzkohle und organisches Material (u. a. Mohnsamen). Daneben Oogonien, Molluskenschalen, Lehmbrocken und vereinzelt Knochen. Horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide („Übergangshorizont“)	13
407a	Mikrit mit sehr wenig Sand, Holzkohle und wenig organischem Material. Wenig Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängel. Horizontal eingeregelt.	Schwach organische Seekreide	

Probe ZHOP 5313 MM1



403

761

759

744

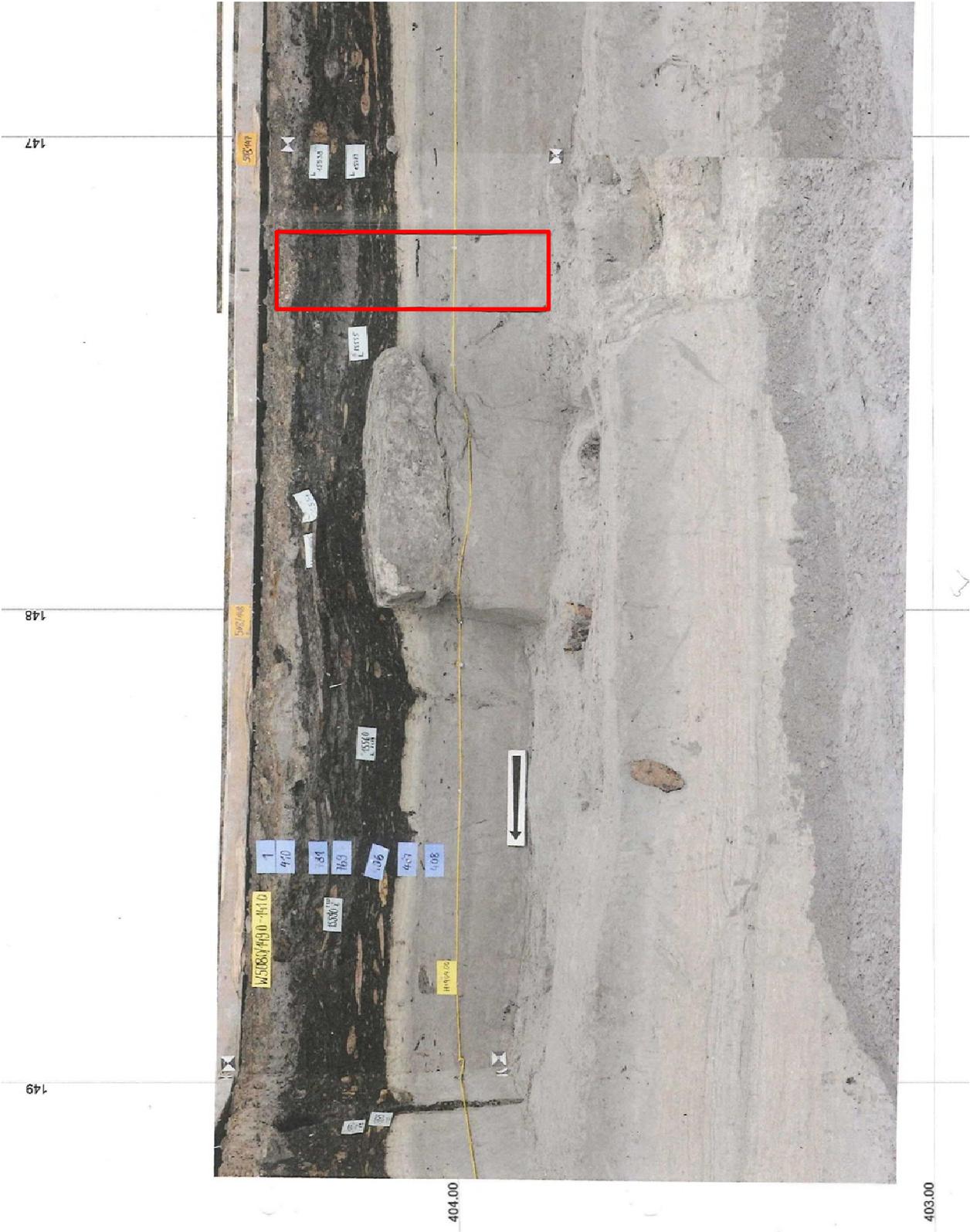
745b

745a

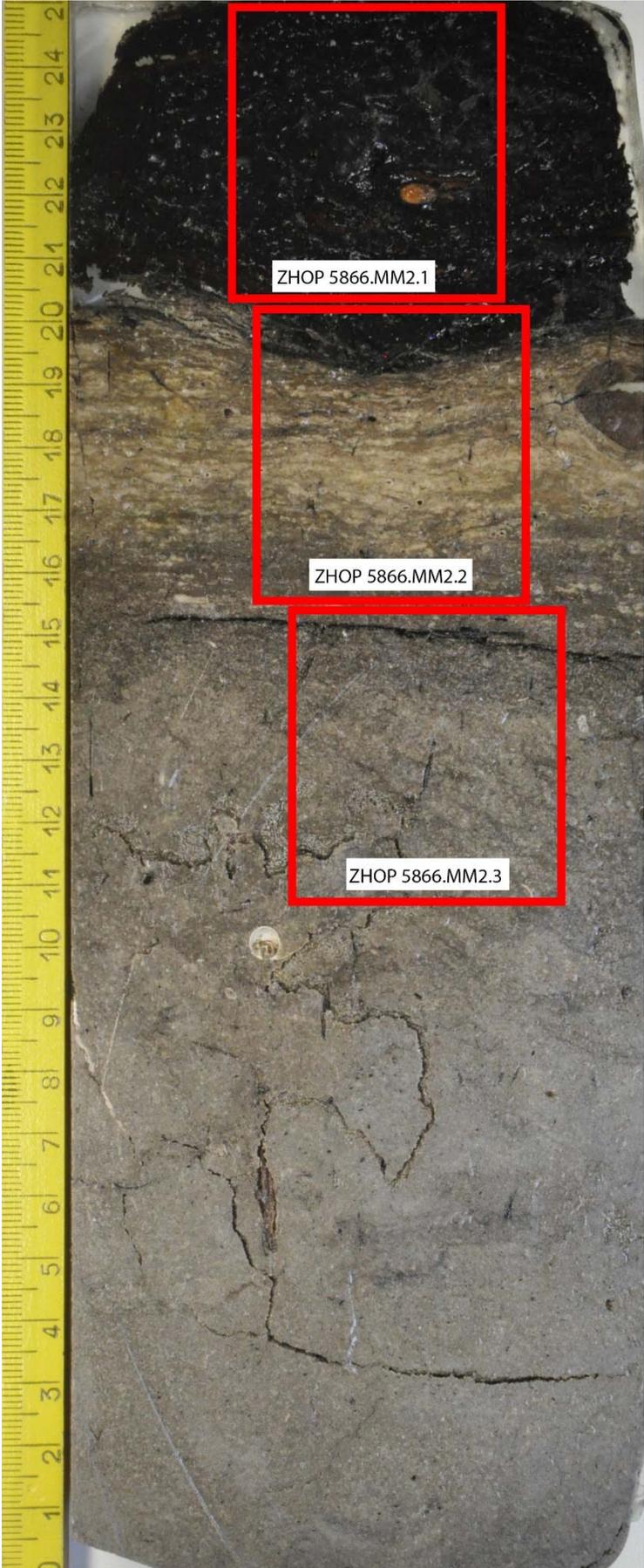
635b

Fundstelle: ZHOP	Probe: 5313	Teilprobe: MM1	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
403	Sandiger Mikrit mit verbreitet Kies und wenig organischem Material und Holzkohle. Sehr wenig verrundete Lehmbrocken. Molluskenschalen	Erosiv umgelagerte Schicht (resedimentierte und reduzierte Lehmlage)	10
761	Sandiger Kies mit verbreitet organischem Material und Holzkohle. Wenig Mikrit. Knochen	Erosiv umgelagerte Schicht (Sandiger Kies mit Seekreide, erodierte Lehmlage)	10
759	Lehmige Matrix mit häufigem Kiesanteil und verbreitet Sand. Wenig organisches Material (Makroreste und Detritus). Sklerotien	Heterogene Lehmlage mit Detritus	13
744	Organische Schicht mit verbreitet Quarzsand, wenig Holzkohle, Kies und Lehmbrocken. Verbreitet amorphes organisches Feinmaterial wie auch organische Makroreste.	Organische Kulturschicht (detritusreich)	13
745b	Sandiger Mikrit mit verbreitet organischem Material. Wenig Holzkohle und Kies. Amorphes organisches Feinmaterial und schlecht erhaltene Makroreste. Aschen. Sklerotien.	Heterogener Mikrit (stark organisch)	13
745a	Mikrit mit verbreitet Kies, Sand und Lehmbrocken. Wenig Holzkohle und organisches Material. Aschen	Heterogener Mikrit (mit Lehmbrocken)	13
635b	Organischer Mikrit mit verbreitet Holzkohle. Wenig Kies, Sand und Tonbrocken. Mohnsamen und Misteln, etwas Dung, sowie organische Aggregate	Heterogener Mikrit (stark organisch, mit Asche)	13

Profil 508/147



Probe ZHOP 5866 MM2



406a

407c

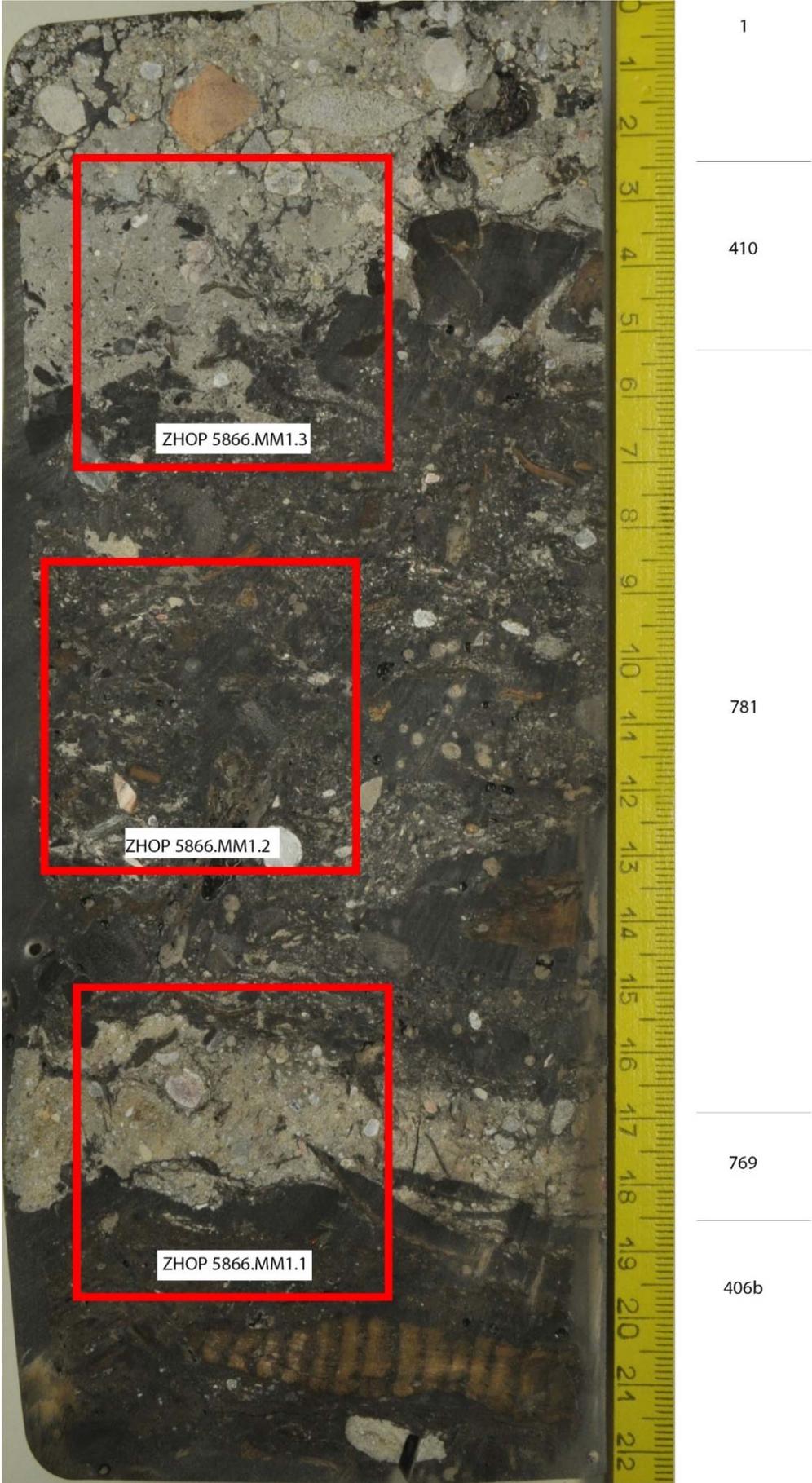
407b

407a

408

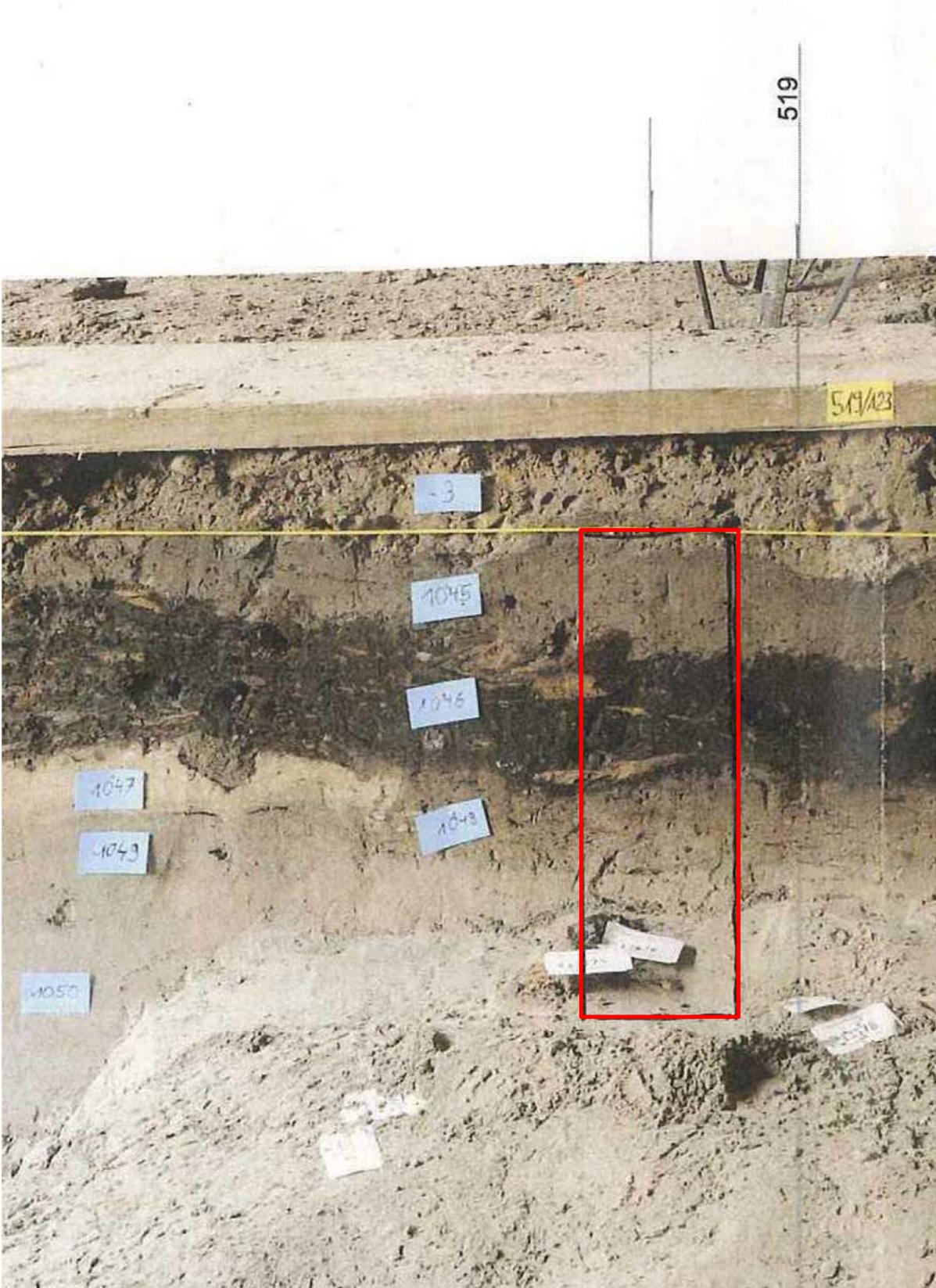
Fundstelle: ZHOP	Probe: 5866	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
406a	Organische Schicht mit wenig Quarzsand. Dazu verbreitet amorphes organisches Feinmaterial. Viele Äste, Rinden sowie Samen, Knochen, Holzkohle und Dung. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	13
407c	Organischer Mikrit. Davi Blätter, Molluskenschalen und wenig Holzkohle. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Stark organische Seekreide („Übergangshorizont“)	13
407b	Kompakter Mikrit mit wenig organischem Material, sehr wenig Sand und Holzkohle. Mollusken und Characeenstängel. Durchwurzelt. Gebändert. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
407a	Mikrit mit wenig organischem Material, sehr wenig Sand und Holzkohle. Ausserdem Molluskenschalen und Characeenstängel. Durchwurzelt. Gebändert.	Schwach organische Seekreide	
408	Granularer Mikrit mit wenig unsortiertem Quarzsand, organischem Material sowie sehr wenig Holzkohle und Kies. Ausserdem Molluskenschalen und Characeenstängel. Leichte Durchwurzlung. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Granulare Seekreide	12

Probe ZHOP 5866 MM1

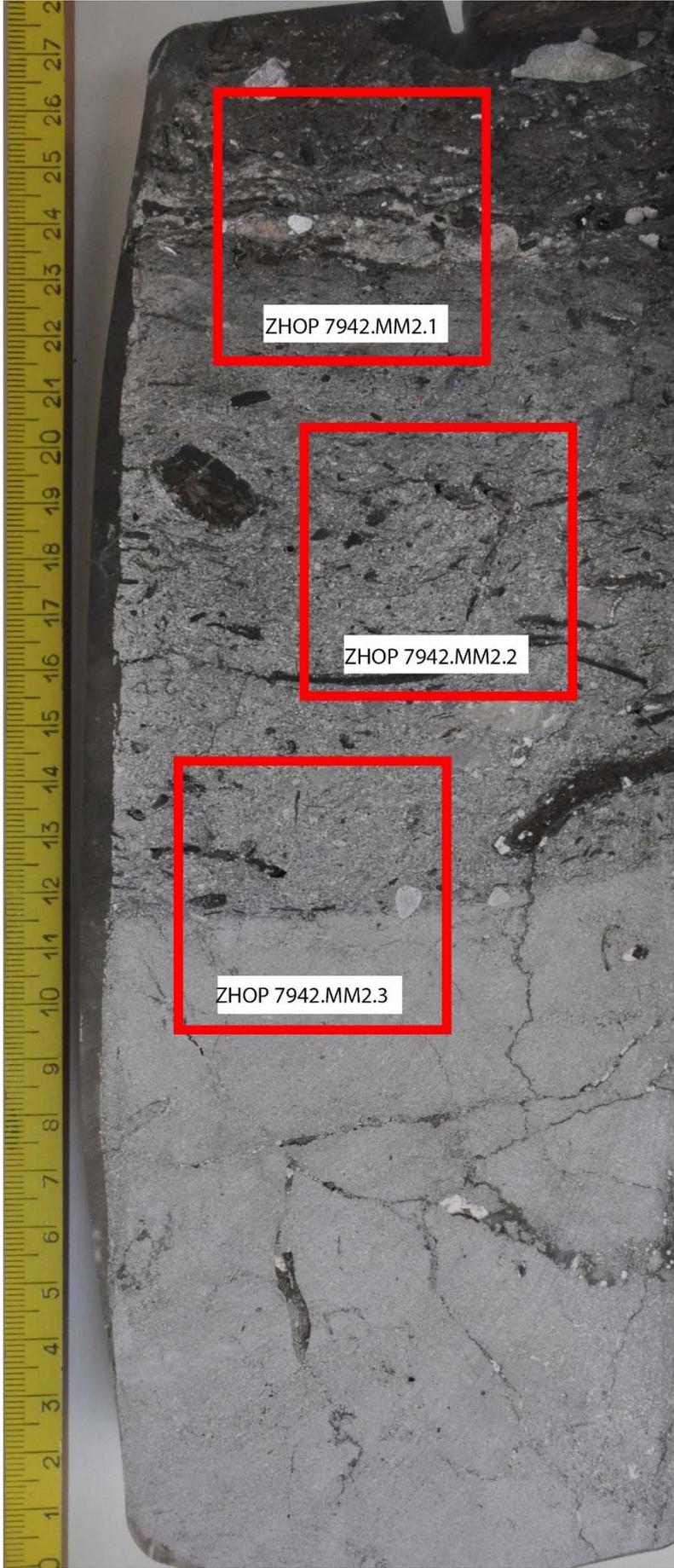


Fundstelle: ZHOP	Probe: 5866	Teilprobe: MM1	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
410	Sandiger Mikrit mit wenig organischem Material, verbreitet Gesteinsfragmente, wenig Holzkohle.	Erosiv umgelagerte Schicht	
781	Sandige organische Schicht mit Holzkohle und Mikroholzkohle, Gesteinsfragmenten. Angekohlte Zweige, unverbrannte Mohnsamen	Organische Kulturschicht (mit Brandmaterial)	13
769	Sandiger Lehm, wenig organisches Material und Holzkohle. Wurzeln	Lehmlage (kompakt)	13
406b	Organische Lage mit viel amorphem organischem Material, Holzkohle. Daneben verbreitet Sand. Vereinzelt Lehmbrocken. Ausserdem Pilzsporen. Organisches Material abgebaut. Horizontale Einregelung der Komponenten.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	13

Profil 519/123



Probe ZHOP 7942 MM2



1046a

1043e

1043d

1043c

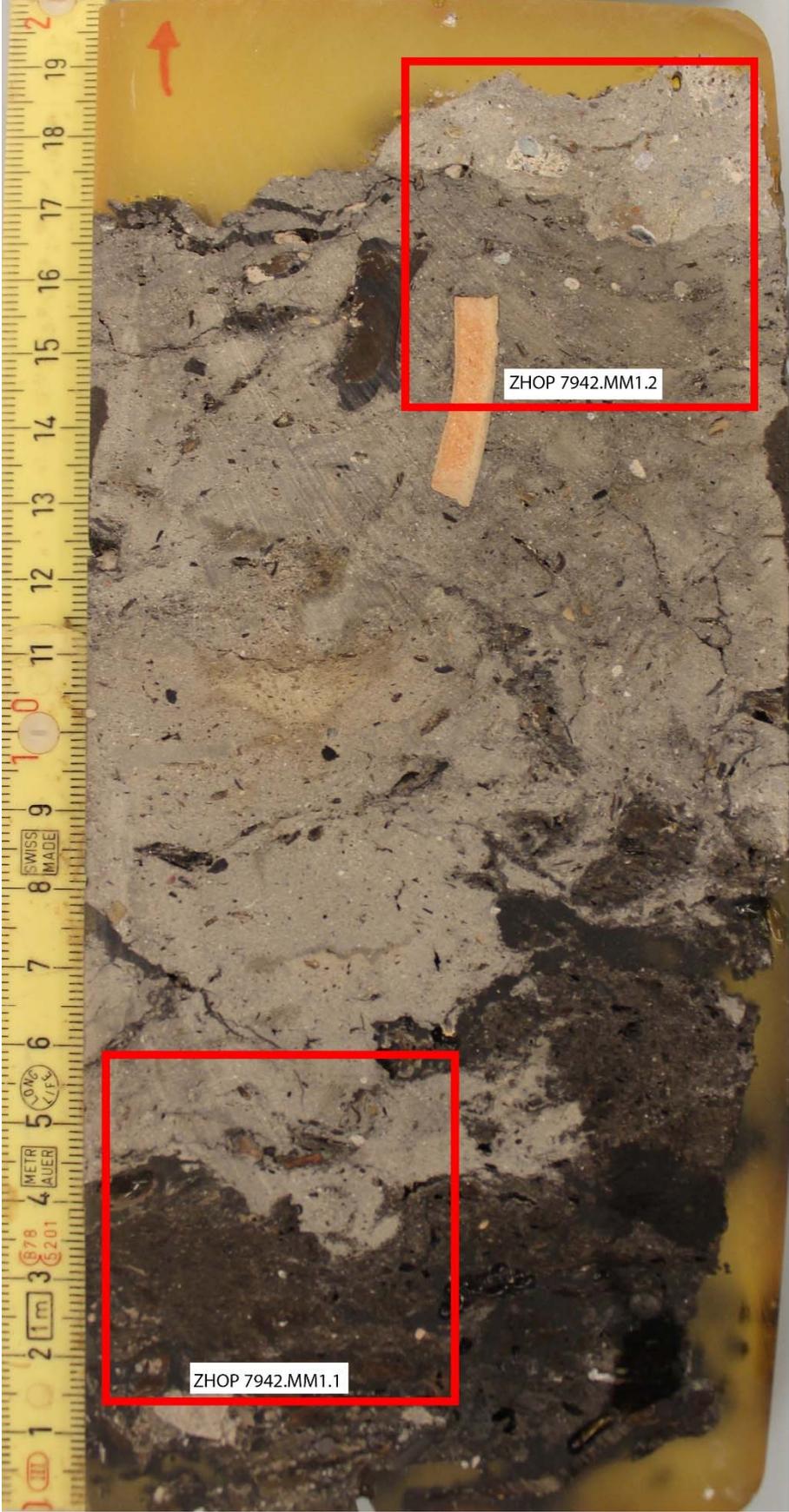
1043b

1043a

1050

Fundstelle: ZHOP	Probe: 7942	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1046a	Organische Schicht mit viel organischem Feinmaterial, wenig Holzkohlen, Makroresten und Quarzsand. Die Matrix ist nur schwach mit Mikrit durchsetzt. Wenig Lehmbrocken. Leichte Wurzelspuren. Komponenten horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	13
1043e	Mikrit mit verbreitet organischem Gewebe und Holzkohle Ausserdem wenig Quarzsand. Komponenten horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Stark organische Seekreide	13
1043d	Mikrit mit verbreitet organischem Gewebe und Holzkohle, wenig Quarzsand. Deutlich horizontal eingeregelt.	Detritisch-organischer Mikrit	
1043c	Niveau aus fast reinem Mikrit. Wenig Holzkohle und organisches Material. Daneben nur wenig Sand. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Seekreideband	
1043b	Mikrit mit verbreitet organischem Gewebe, wenig Quarzsand und Holzkohle. Deutlich horizontal eingeregelt.	Detritisch-organischer Mikrit	
1043a	Leicht granularer Mikrit mit wenig Kies, Quarzsand, Holzkohle und organischem Material. Dazu Lehmbrocken, Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängel. Leichte Wurzelspuren. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
1050	Granularer Mikrit mit wenig schwach sortiertem Quarzsand, Holzkohle sowie sehr wenig organischem Material. Daneben wenig Molluskenschalen. Leichte Durchwurzelung. Unregelmässige Einregelung der Komponenten.	Granulare Seekreide	

Probe ZHOP 7942 MM1



3

1045

1046b

Fundstelle: ZHOP	Probe: 7942	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
3	Stark sandiger Mikrit mit verbreitet Kies. Sehr wenig Holzkohle und organisches Material. Kompakt. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogener Kies (neuzeitliche Aufschüttung)	
1045	Sandiger Mikrit, leicht durchsetzt mit organischem Feinmaterial. Wenig Makroreste und schwach verrundete Holzkohlen. Vereinzelt Molluskenschalen und Oogonien. Sehr wenige Diatomeen.	Schwach organische Seekreide	
1046b	Organische Schicht mit viel organischem Feinmaterial. Daneben wenig Holzkohlen, Kies und Quarzsand. Ausserdem verbreitet Lehmbrocken und Makroreste. Auch wenig Knochen, Keramik und Pilzsporen. Horizontale Einregelung	Organische Kulturschicht	13

Probe ZHOP 12696 MM2



- 1820b

- 1820a

- 1821

- 1822

- 1823c

- 1823b

- 1823a

- 1824b

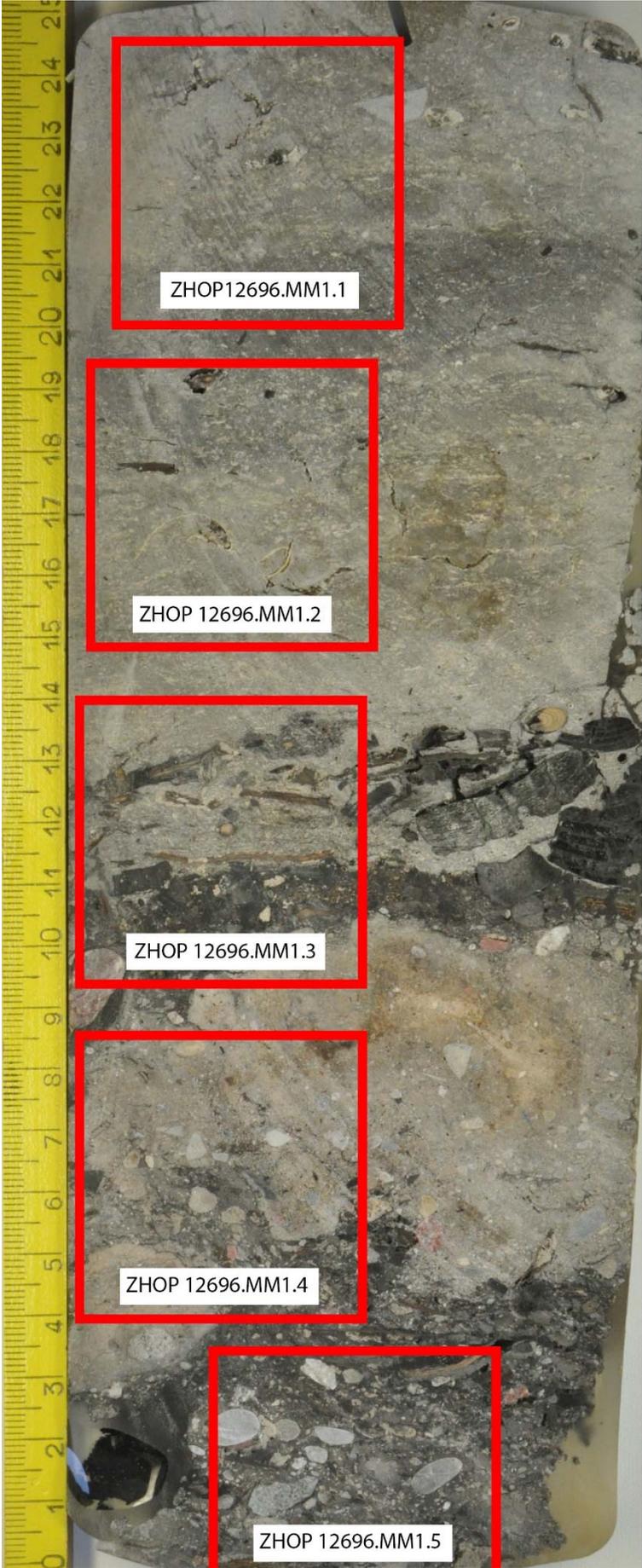
- 1824a

- 206b

- 206a

Fundstelle: ZHOP	Probe: 12696	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1820b	Heterogener Mikrit, mit schwachsortiertem Sand, Kies und wenig Holzkohlen. Daneben Mohn- und Erdbeersamen sowie Zweige. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht (stark organischer Mikrit, resedimentiert)	13
1820a	Schwach sandiger Mikrit mit verbreitet organischem Feinmaterial (horizontal eingeregelt). Ausserdem gröberes organisches Material und Holzkohle. Klare Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	13
1821	Sandiger Lehm, kompakt aber aus Brocken zusammengesetzt. Dazwischen Kies. Der Lehm zeigt zum Teil Spuren von Brandeinwirkung. Wenig organisches Material, oft schlecht erhalten. Ausserdem Molluskenschalen und ein kalzitischer Biospheroid. Horizontale Einregelung der Komponenten mit scharfer Grenze zum Liegenden.	Lehmlage	13
1822	Sandhaltige organische Schicht mit viel amorphen Feinmaterial. Darin immer wieder Lehmbrocken. Verbreitet Rinden und Misteln. Im oberen Bereich ist das Sediment reich an Holzkohle (inkl. Mikroholzkohle). Daneben können Milbenkot und Wurzeln erkannten werden. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	13
1823b	Kompakte Schicht aus sehr sandigem karbonatischem Lehm mit wenig organischem Material. Im oberen Bereich wird das Sediment heterogener und ist mit mehr Kies und Holzkohle durchsetzt. Unregelmässige Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage (kompakt, karbonatisch)	13
1823a	Stark sandiger Lehm. Brockig zusammengesetzt aus tonhaltigen Lehmbrocken und Zonen mit organischem Mikrit. Dazwischen wenig organisches Material. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage (heterogen)	13
1824b	Sandige Schicht mit groben organischen Komponenten, wenig Mikrit mit organischem Feinmaterial. Dazu wenig Kies und Holzkohlen. Vereinzelt Lehmbrocken, Knochen und Keramikfragmente. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (sandig)	13
1824a	Heterogene Schicht aus organischen Komponenten, Holzkohlen und Sand. Dazu wenig Kies. Ausserdem kommen Lehmbrocken und mikritischen Zonen vor. Neben diversen organischen Makroresten sind auch Knochen vertreten. Vereinzelt vorkommende Molluskenschalen zeigen Spuren von Algenfrass. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet, mit Mikrit)	13
206b	Sandiger Mikrit mit Lehmbrocken und Kies. Wenig Molluskenschalen und Characeenreste. Ausserdem Mohnsamen und wenig sonstiges organisches Feinmaterial. Vereinzelt Knochen. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Stark sandige Seekreide („Übergangshorizont“)	13
206a	Mikrit mit nur sehr wenig organischem Material und Sand. Daneben Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängel. Porös (=Trocknungs-artefakte). Bänderung.	Gebänderte Seekreide	

Probe ZHOP 12696 MM1



1484

1477

1478

1818b

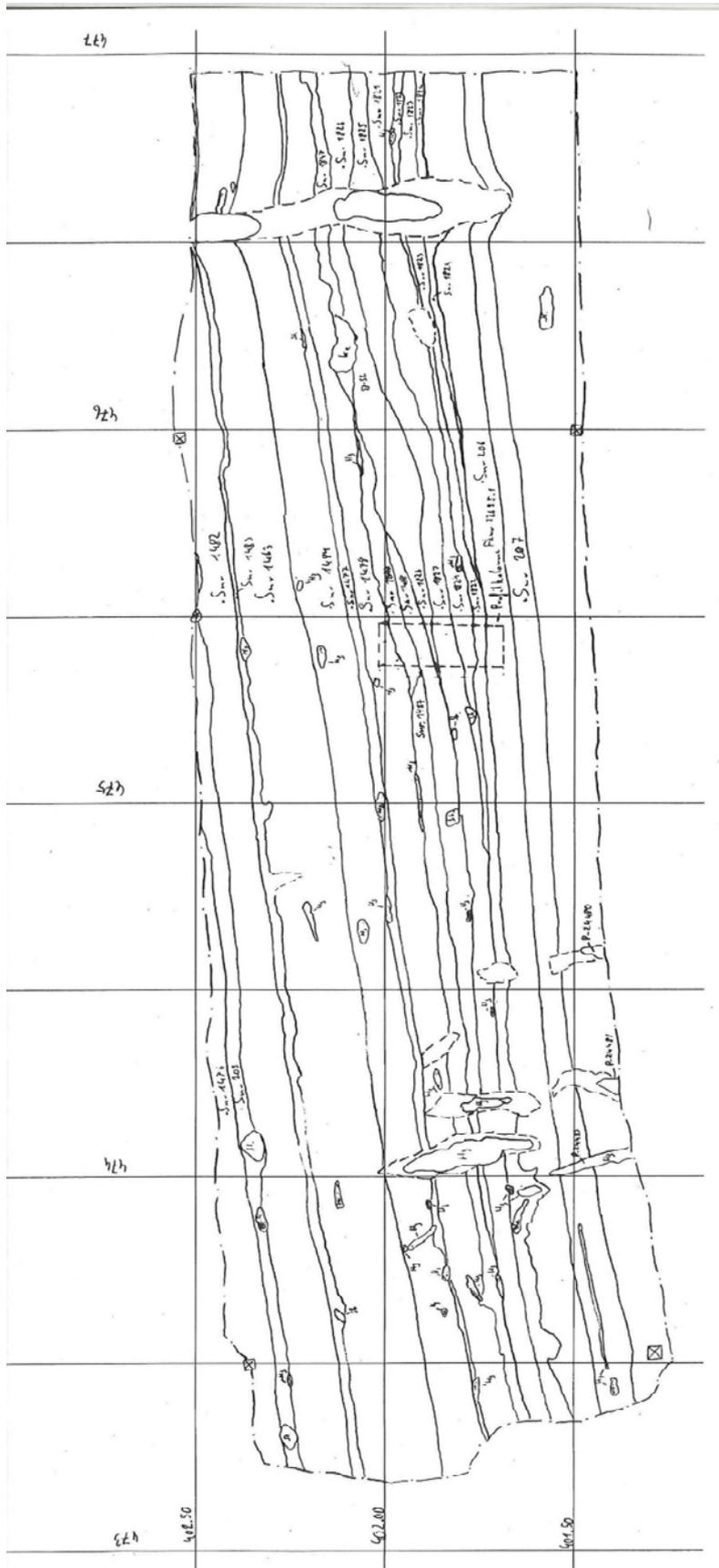
1818a

1819

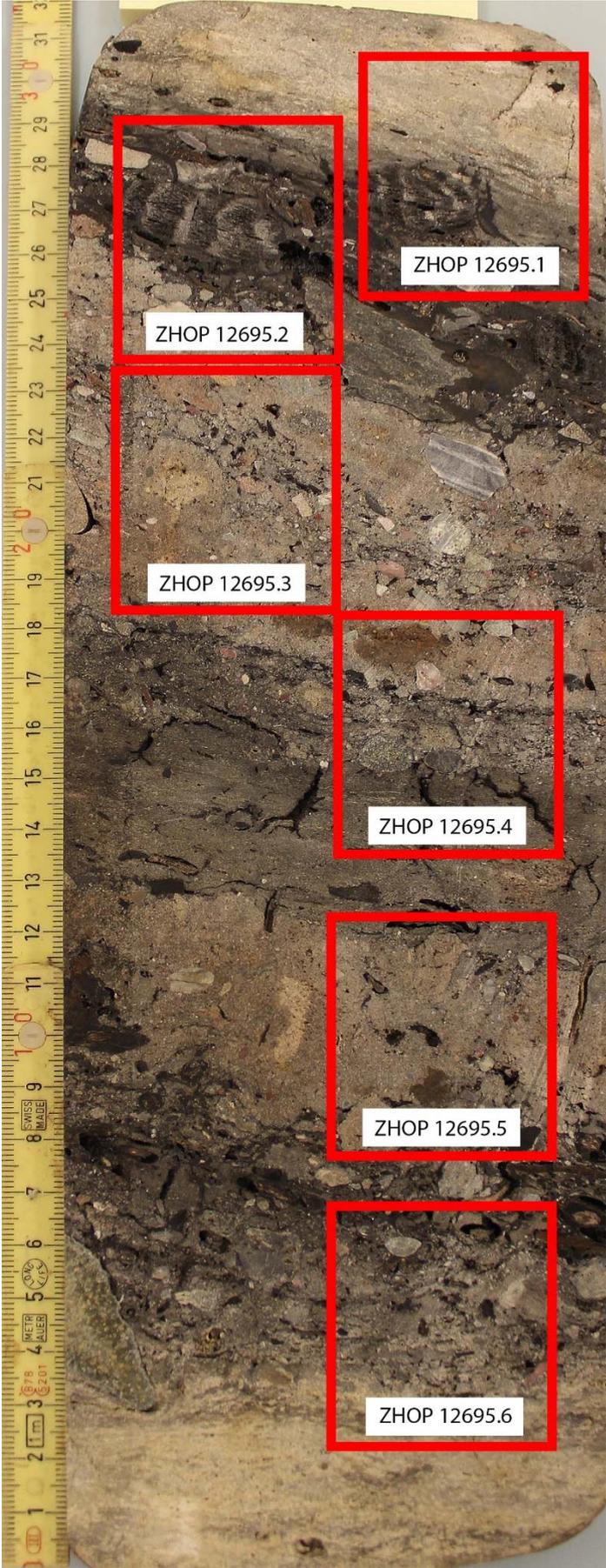
1820c

Fundstelle: ZHOP	Probe: 12696	Teilprobe: MM1	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1484	Mikrit mit Sparitketten. Wenig Molluskenschalen, Oogonien und Characeenstängel. Vereinzelt Quarzsand und organisches Material sowie Grobkies. Gebändert. Klare Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
1477	Mikrit mit wenig horizontal eingeregelter organischem Material und Holzkohle. Leicht durchsetzt mit amorphem organischem Material. Wenig Holzkohlen und sehr wenig Sand. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	14
1478	Mikrit mit Sparitketten. Wenig Molluskenschalen und Oogonien. Vereinzelt Quarzsand und organisches Material (Rinden). Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Seekreide	
1818b	Sandiger Mikrit mit verbreitet grösseren organischen Komponenten (Rinden, Zweige) sowie wenig Holzkohlen. Daneben Molluskenschalen, Oogonien und Ostrakodenschalen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	
1818a	Sandig-organischer Mikrit mit verbreitet Makroresten, Holzkohlen und Sand. Ausserdem Knochen. Schräg ausgerichtet. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit viel Detritus)	13
1819	Stark sandiger Lehm mit wenig organischem Material und Holzkohle. Recht viele stark tonhaltige Brocken (kreuzstreifiges b-Gefüge). Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage (kompakt)	13
1820c	Heterogener organischer Mikrit mit verbreitet Sand, Kies, Lehmbrocken und grösseren organischen Komponenten (Rinde, Mohn). Wenig Holzkohle, Keramik und Knochen (z. T. verbrannt). Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Erosiv umgelagerte Schicht	13

Profil 475/142.9



Probe ZHOP 12695



- 1878

- 1847c

- 1847b

- 1847a

- 1488

- 1826b

- 1826a

- 1827b

- 1827a

- 1821

- 1822e

- 1822d

- 1822c

- 1822b

- 1822a

- 206b

- 206a

Fundstelle: ZHOP	Probe: 12695	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1478	Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohle und sehr wenig Quarzsand. Daneben Molluskenschalen und Diatomeen. Leicht gebändert.	Schwach organische Seekreide	
1847c	Band aus Mikrit mit wenig organischem Material. Ausserdem wenig Sand und Holzkohle. Daneben viele Diatomeen. Kompaktes Sediment. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
1847b	Mikrit mit verarbeitetem organischem Feinmaterial, wenig Sand und Holzkohle. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	13
1847a	Heterogene organische Schicht mit viel Holzkohle, wenig Sand, verbreitet Kies. Zonen mit kleinfragmentiertem organischem Material in Holzkohle. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	13
1488	Stark sandiger Lehm mit verbreitet Kies, wenig organischem Material und Holzkohle. Brandgerötete Bereiche. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage	13
1826b	Heterogene, stark sandige Schicht mit verbreitet Holzkohle und Lehmbrocken. Daneben wenig Kies. Ausserdem Rindenlagen und Mohnsamen. Stellenweise organisches Feinmaterial und vereinzelt Knochen. Schräge Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Kontaktzone zwischen zwei Lehmlagen	13
1826a	Stark sandiger Lehm mit verbreitet Kies, wenig organischem Material und Holzkohle. Ausserdem Knochen und Molluskenschalen. Pilzsporen. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Lehmlage	13
1827b	Heterogene Schicht aus stark sandigem Lehm und Mikrit mit organischem Feinmaterial. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Mischschicht aus dem Lehm im Hangenden und dem detritisch-organischem Mikrit im Liegenden	13
1827a	Schwach sandiger Mikrit mit verbreitet amorphem organischem Feinmaterial. Wenig Holzkohle und Kies. Stark verrundete Lehmbrocken. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	13
1821	Stark sandiger Lehm mit verbreitet Kies. Dazu vereinzelt organische Komponenten und detritisch-mikritische Zonen. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage	13
1822e	Sandig organische Schicht. Diverse Makroreste (vor allem Moos), verbreitet Holzkohle und Lehmbrocken. Daneben wenig Kies. Ausserdem Keramik. Weiter Dung oder stark abgebautes organisches Material. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit hohem Lehm- und Brandschichtanteil)	13
1822d	Sandig organische Schicht. Wenig Holzkohle und Kies. Leichter Mikritanteil. Stark verrundete Lehmbrocken. Diverse Makroreste. Leicht horizontal eingeregelt. Keine Untergrenze im Dünnschliff erfasst.	Organische Kulturschicht (leicht aufgearbeitet)	13
1822c	Sandige organische Schicht mit verbreitet Mikrit. Diverse gröbere Makroreste, aber auch Zonen mit amorphem organischem Material. Verbreitet Lehmbrocken (stark verrundet), wenig Molluskenschalen und Holzkohlen. Unregelmässig eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht, (aufgearbeitet, mit Mikrit)	13
1822b	Sandiges Band aus organischem Feinmaterial mit Mikrit. Verbreitet Lehmbrocken. Daneben auch Makroreste, Keramik und Knochen. Ausserdem Molluskenschalen. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht, (aufgearbeitet, mit Mikrit)	13
1822a	Sandig organischer Mikrit mit wenig Kies und Holzkohle. Daneben Lehmbrocken, Keramik und Knochen. Verbreitet Molluskenschalen, gut Oogonien und Characeenstängel. Vor allem Größere organische Komponenten. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht, (aufgearbeitet, mit Mikrit)	13
206b	Mikrit mit sehr wenig Sand, Lehmbrocken und Holzkohle. Wenig organisches Material. Ausserdem Molluskenschalen, Oogonien, Characeenstängel und Diatomeen. Bänderung erkennbar. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide („Übergangshorizont“)	13
206a	Gebänderter Mikrit mit Molluskenschalen, Oogonien und Diatomeen.	Gebänderte Seekreide	

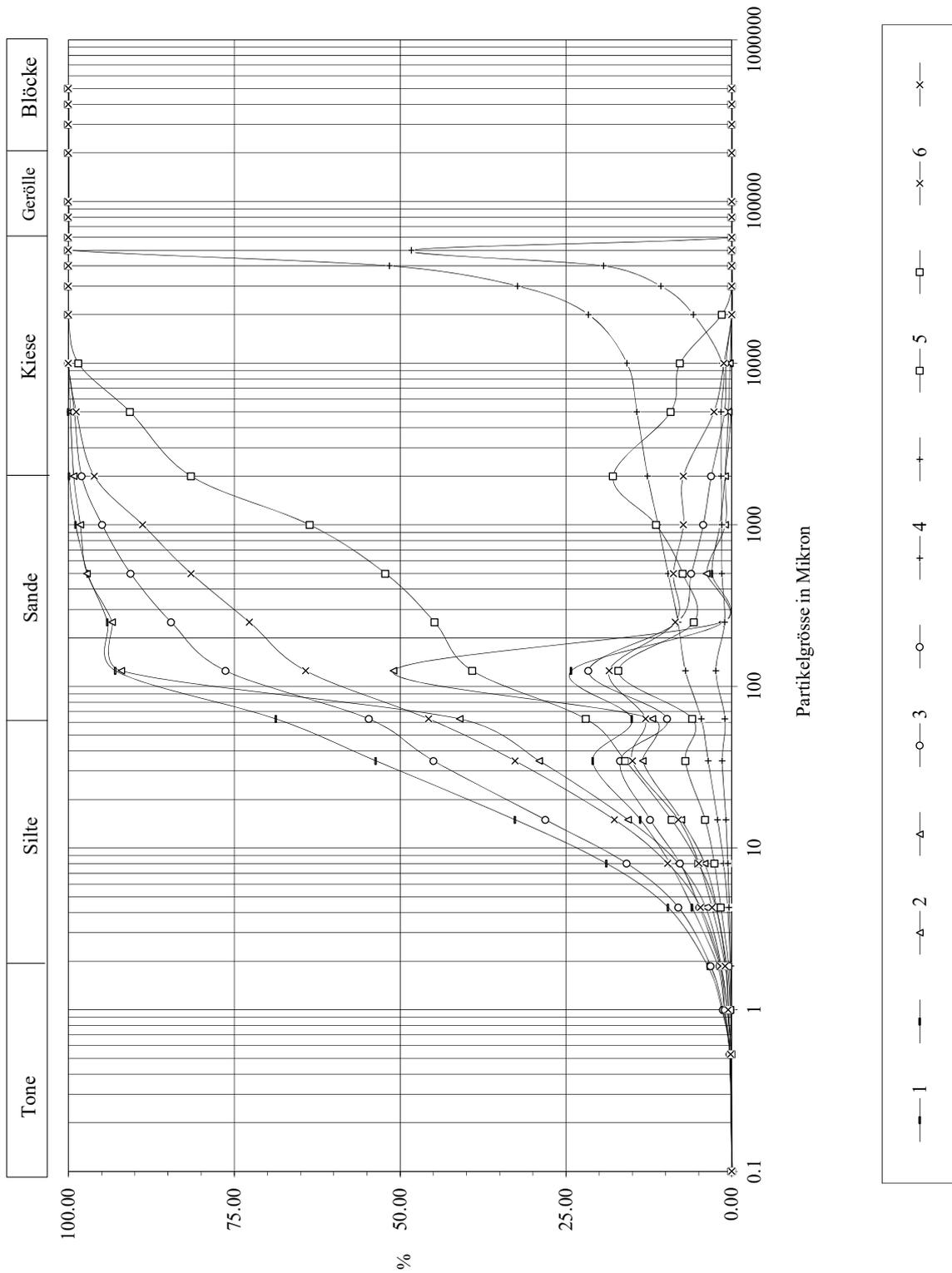
Profil 501/162 (Sedimentologie)

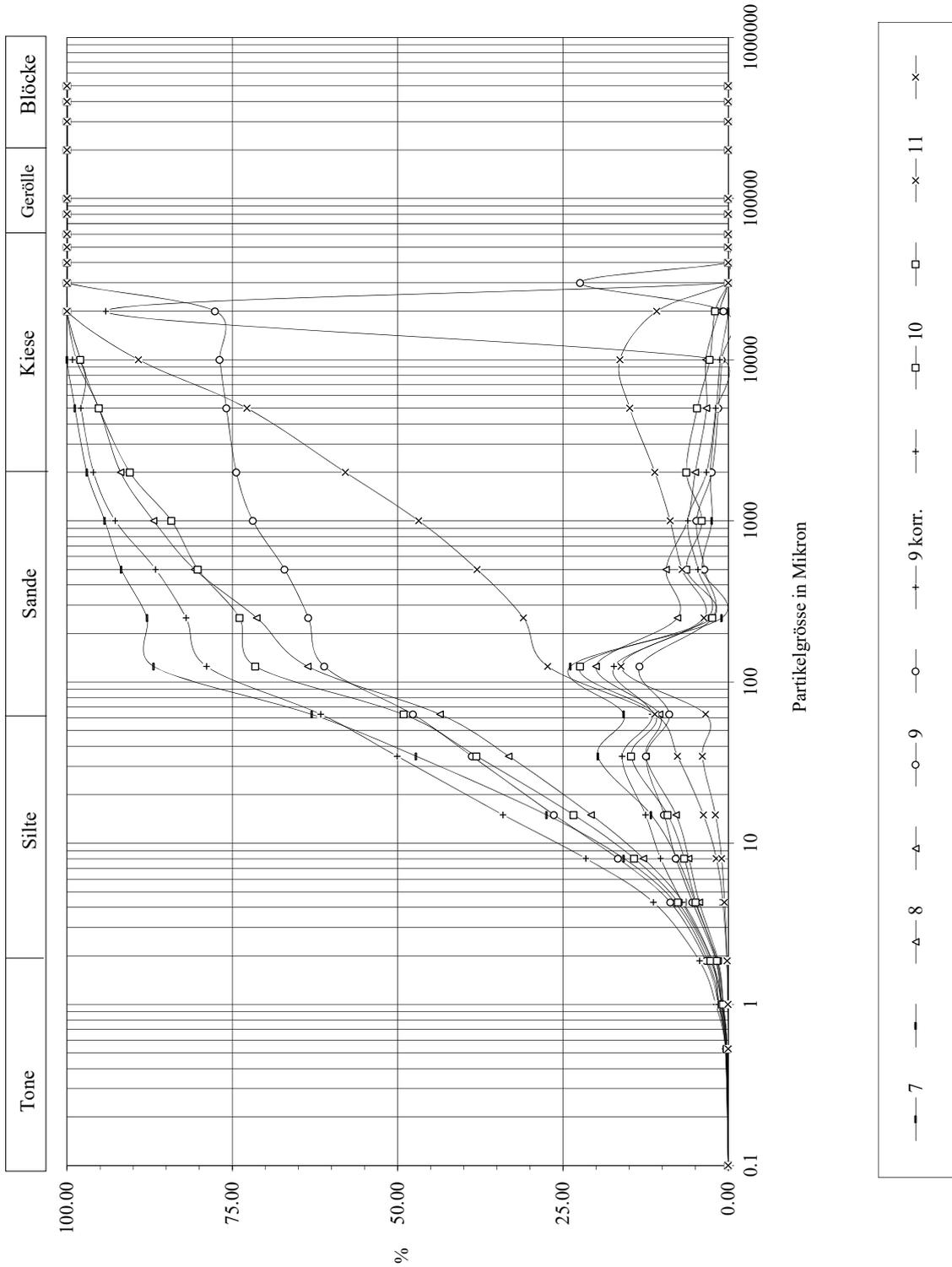


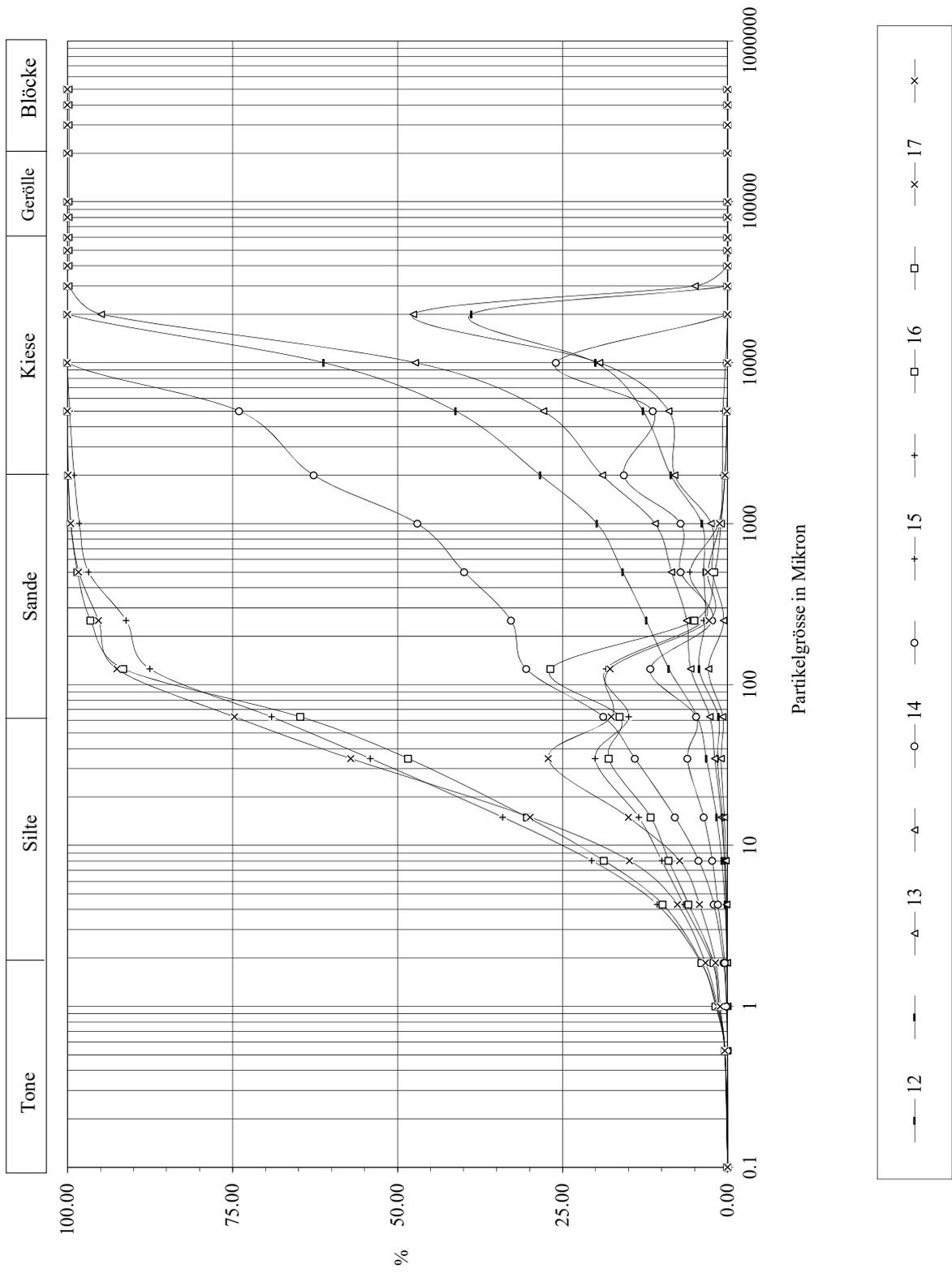
Nr.		Ort: ZHOP ZIRICH-OPERA		Profili:		dat.	
cm	log	Grenze	Farbe	HCL	Schicht arch.	Beschreibung	guy: doc:
51							
(8)			dunkelbraun	+	604	7	organische Schicht mit Ästen, Sektoren fK, Holz, leicht durchwurzelt, Rinne
48			braunlich	++	84	8	leicht sandiger Silt mit organischer Resten
(9)			hellgrau				
46			gelblich		28	9	regelmäßig Molluskenreste
(10)			hellgrau				Schicht nach oben zunehmend, HK gut kohlenol (ca. 2cm)
40			gelblich-grün		36	10	leicht fs u
(11)							mit viel HKC-2cm, Sektoren gerodet
38					37	11	fs u, Sektoren tonig, regelmäßig HK bis etwa 1cm, Mollusken erhalten gut kohlenol, Sektoren gerodet
(12)							
34					28	12	leicht fs u
(13)			gelblich-grün				regelmäßig Molluskenreste, Sektoren Wurzelspuren
29					28	13	Siltiger fs
(14)			grün				HK bis 1cm
22					29	14	leicht siltiger fs
(15)		abrupt-wellig	grün-weiß				viel Molluskenreste
20			leicht dunkelgrün		30	15	fs u
(16)		diffus	grün				HK bis 5mm, Sektoren Molluskenreste
18					30	16	Schwach fs u
(17)							Sektoren HK bis 5mm
10					30	17	fs u
(18)			hellgrün				Selten Mollusken
5					30	18	fs u
(19)			gelblich-grün				Selten Mollusken, etwas HK

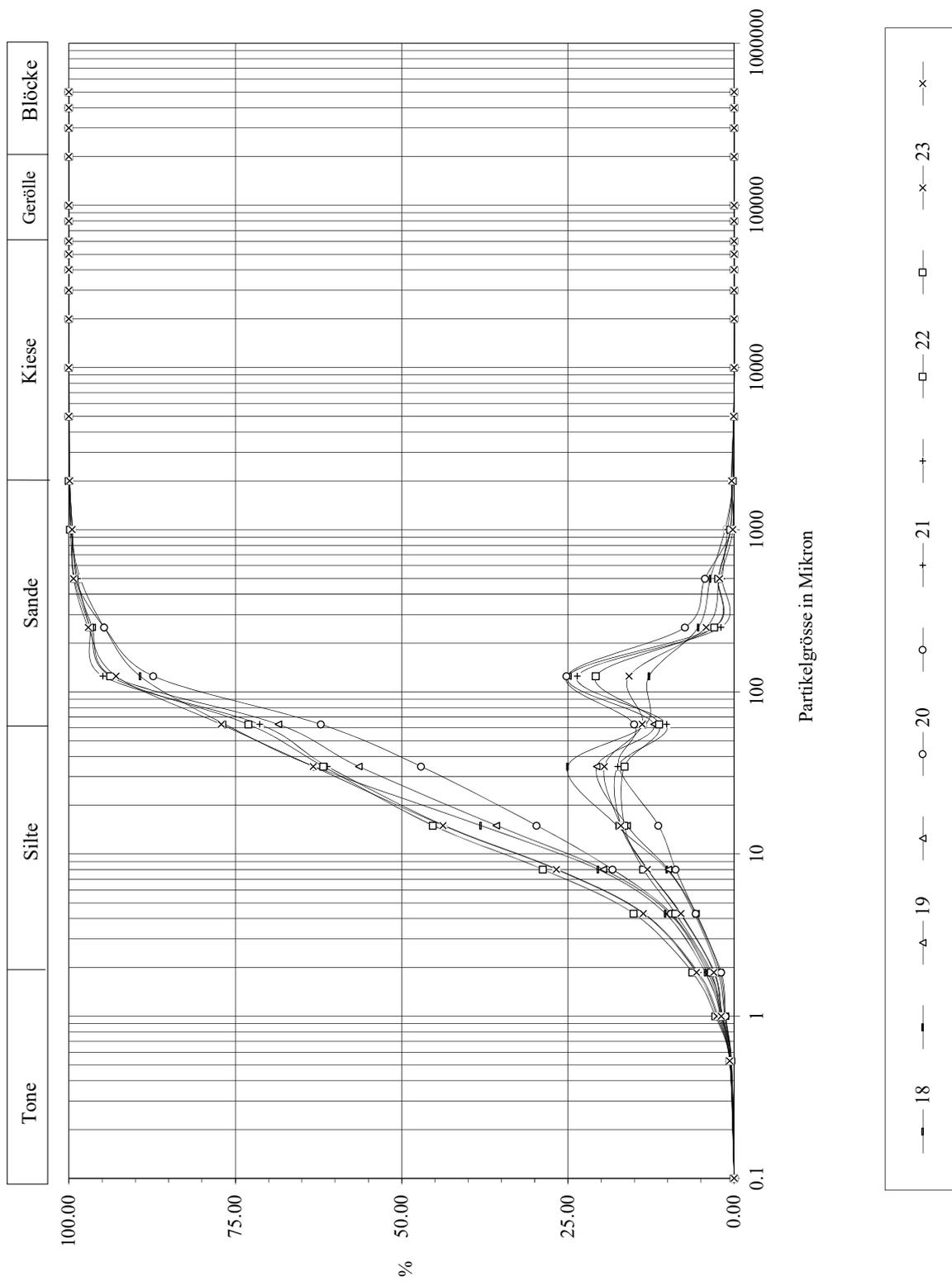
Nr.		Ort: ZHOP ZÜRICH-OPERA				Z/2		Profil: 501/102		dat. guy: doc:	
cm	log	Grenze	Farbe	HCL	Schicht arch.	Schicht mikrom.	Beschreibung				
73	①	bleulich	grau	++	8	1	Moderne Aufschüttungen				
74	②	bleulich	bräunlich grau	++	25	2	fs u, leicht T mit HK - 1cm Holl, fK, Ungeschichtet, heterogen f-m s u, HK, Keramik				
63	③		gelblich- grau	++	23	3	fs u viel Mollusken-schalen, Ungeschichtet außen angelegte Holzreste, HK				
62	④		grau- fleckig schwarz	+	608	4	diatome organische Schicht f-m K, regelmäßig angelegter Holz, recht steinig (E) tonige sandige Lehm aggregate (recht häufig)				
58	⑤	bleulich	bleich- braun	+/-	22	5	organische Schicht, viel angelegte Hölzer scharf gK				
55	⑥/⑦		bleich- braun	-	609	6	stark organische Schicht viel Holz, Zweige HK, sechs mK, an UK stellenweise tonig-sandige Bänder				
51											

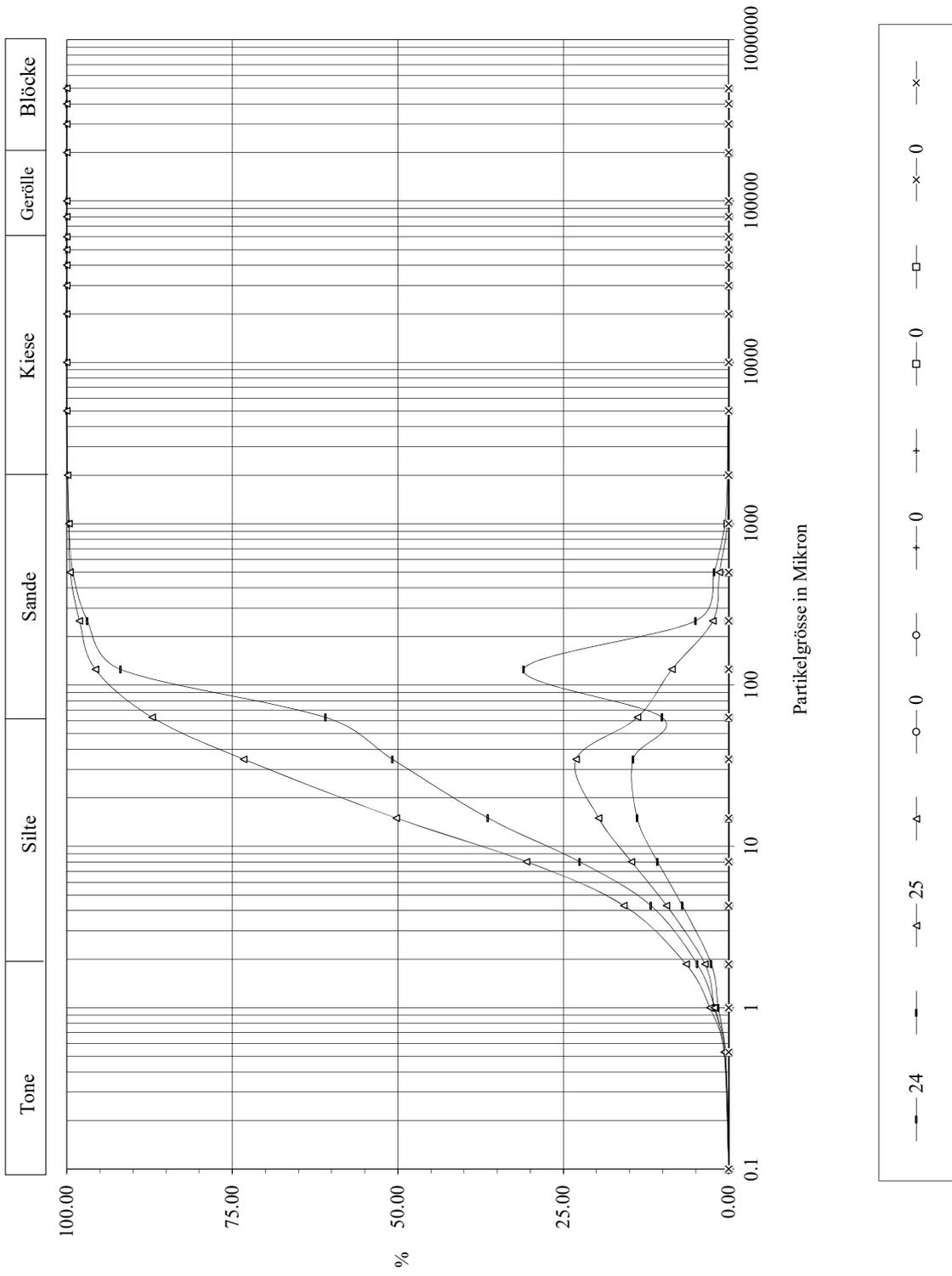
Schicht	Schicht-einheit	Proben-nummer	Karbonat	Glüh-verlust	Phosphat	Humus	pH	Farbcode	Farbwert
10	25	6	2	1	66	69	5	2,3	dark gray - dark gray - dark gray - ish brown
13	606	23	4	3	83	83	7,5	2,6	gray - ish brown
13	22	606	4	3	83	83	29,5	7,5	very dark gray
13	603	22	5	5	6	6	17,5	4,0	very dark brown
13	603	603	6	7	18	18	33,5	4,4	black
13	604	603	7	8	59	59	20	4,9	very dark gray - black
13	34	603	8	9	72	72	11,5	4,4	very dark gray
12	26	34	9	10	90	90	3,5	1,6	light brown - ish gray
12	36	26	10	11	85	85	4,5	2,2	gray - gray - ish brown
12	37	36	11	12	90	90	2,5	2,7	light brown - ish gray
12	28	37	12	13	93	93	2	2,5	light brown - ish gray
12	28	28	13	14	88	88	1,5	1,4	light gray - brown - ish gray
12	29	28	14	15	84	84	2	0,9	light gray - brown - ish gray
12	30	29	15	16	81	81	2,5	1,7	gray - ish brown
12	30	30	16	17	87	87	3	1,4	light gray - brown - ish gray
12	30	30	17	18	92	92	2,5	3,2	light brown - ish gray
12	30	19	18	19	95	95	2	2,1	light gray
12	30	30	19	20	84	84	0,025	8,1	10 YR 7/1
12	30	30	20	21	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	21	22	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	22	23	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	23	24	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	24	25	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	25	26	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	26	27	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	27	28	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	28	29	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	29	30	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	30	31	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	31	32	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	32	33	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	33	34	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	34	35	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	35	36	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	36	37	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	37	38	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	38	39	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	39	40	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	40	41	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	41	42	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	42	43	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	43	44	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	44	45	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	45	46	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	46	47	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	47	48	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	48	49	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	49	50	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	50	51	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	51	52	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	52	53	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	53	54	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	54	55	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	55	56	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	56	57	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	57	58	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	58	59	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	59	60	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	60	61	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	61	62	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	62	63	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	63	64	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	64	65	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	65	66	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	66	67	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	67	68	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	68	69	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	69	70	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	70	71	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	71	72	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	72	73	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	73	74	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	74	75	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	75	76	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	76	77	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	77	78	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	78	79	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	79	80	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	80	81	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	81	82	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	82	83	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	83	84	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	84	85	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	85	86	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	86	87	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	87	88	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	88	89	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	89	90	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	90	91	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	91	92	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	92	93	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	93	94	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	94	95	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	95	96	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	96	97	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	97	98	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2
12	30	30	98	99	87	87	0,025	8,1	10 YR 6/1-2
12	30	30	99	100	81	81	0,025	8,1	10 YR 5/2











Profil 494/139 (Sedimentologie)

Schicht 10
Reduktionshorizont

Kulturschicht 13

Kulturschicht 12

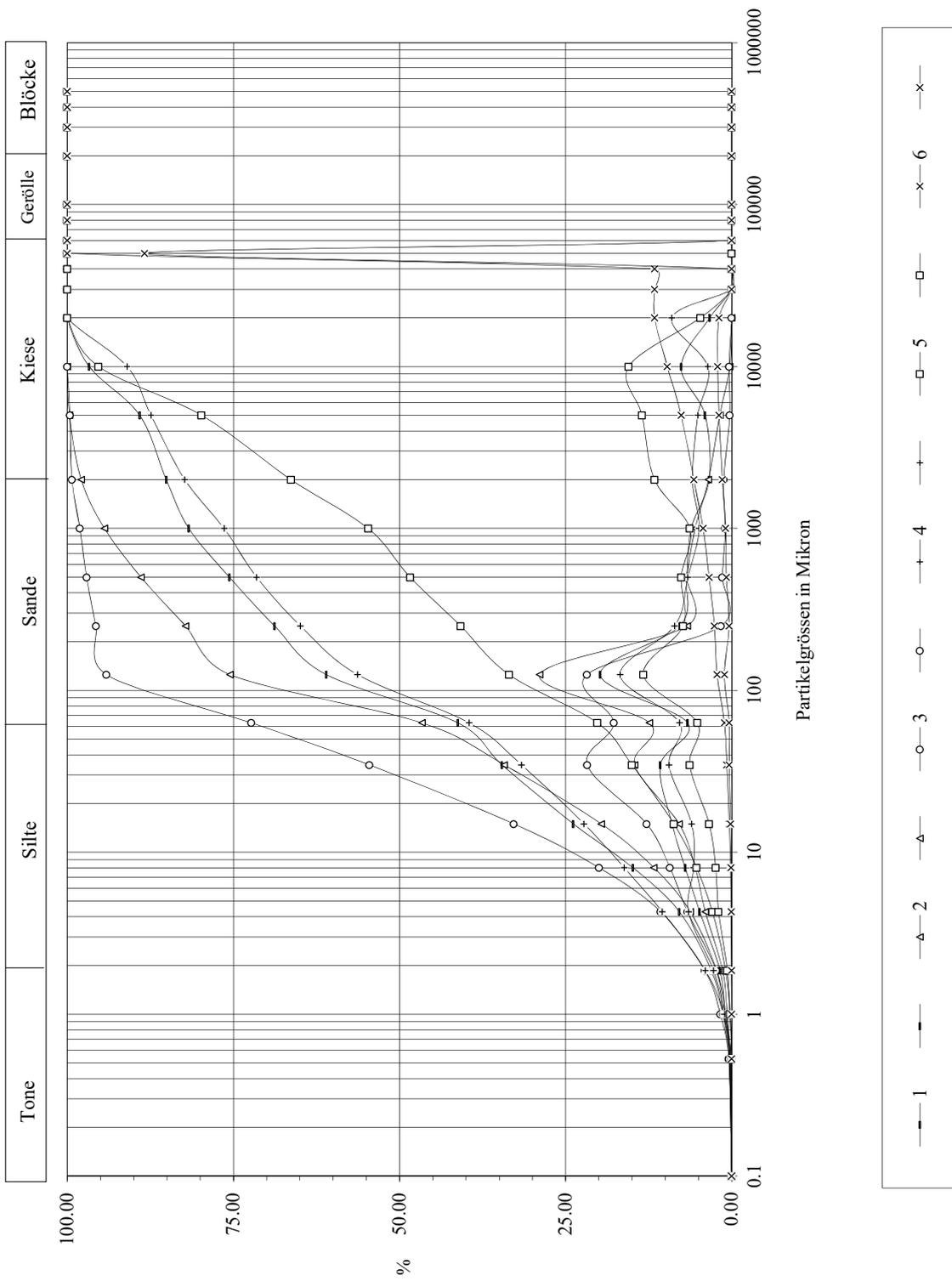


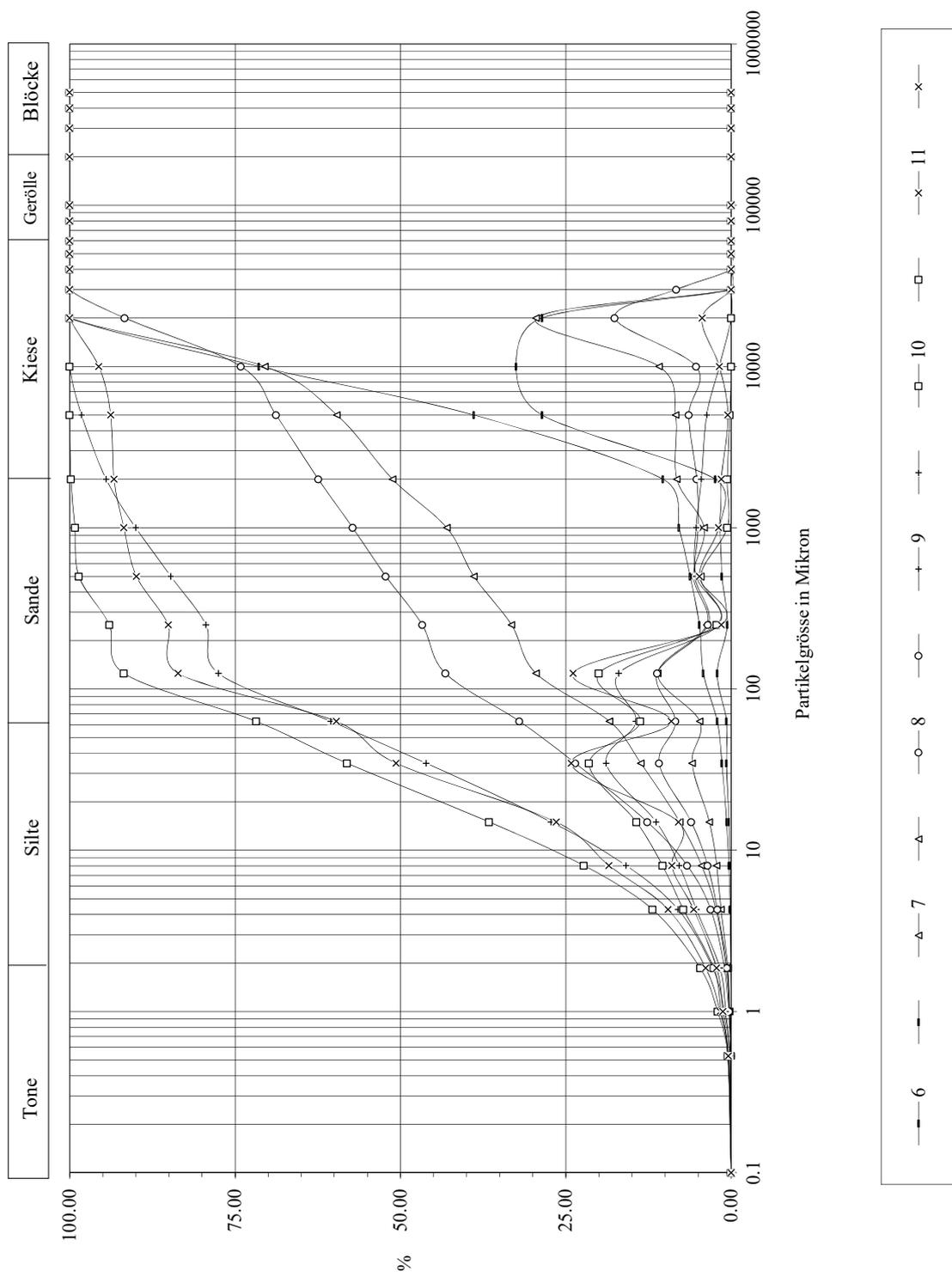
Nr. cm	Ort: log	Porting Opera : Am hinter durchgehend beprobten Hauptprofil, an Ecke Ost				Beschreibung	Profil: W 12931	dat: 14.6.10 guy: PhW/GIM doc: Dijkstras
		Grenze	Farbe	HCL	Schicht arch. mikrom.			
123								
420		deutl.	d-brun mit hell. Flecken	++	1	fsU, diffuse org. Lage, einige Nollasten, keine deutl. Bänderung		
116		deutl.		++	2	fsU mit Nollasten, wenig org.		
112		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	3	fsU mit Nollastenschnitt mit HK, an OK org. Reite, OK HK		
108		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	4	FU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
100		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	5	HK, grobe HK		
98		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	6	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
94		+/- deutl.	hell. fleckig d-brun	++	7	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
86		deutl. weilig	d-brun	-	8	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
77		diffus	d-brun	-	9	org. Schnitt, grober Asphalt, viel HK, Holz gut vorhanden		
69		diffus	d-brun	-	10	Interzonal org. Schnitt, Hlz aussen angebrannt, HK		
67		deutl. weilig	d-brun	-	11	org. Schnitt mit Holz, Ästen, gut eingesetzt, kompact		
62		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	12	sehen f-K, HK gut vorhanden, sehen Lehmschicht		
58		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	13	schwache fsU, mit HK, Nollasten		
51		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	14	f-msU, mit Nollasten, selten HK, org. Mat. Nollast, 1 dämmendes Element		
41		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	15	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
32		deutl.	hell. fleckig d-brun	++	16	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
30		+/- deutl.	hell. fleckig d-brun	++	17	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
23		diffus	hell. fleckig d-brun	++	18	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
14		diffus	hell. fleckig d-brun	++	19	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		
+10		diffus	hell. fleckig d-brun	++	20	fsU, Wurzeln, mit Nollastenschnitt		

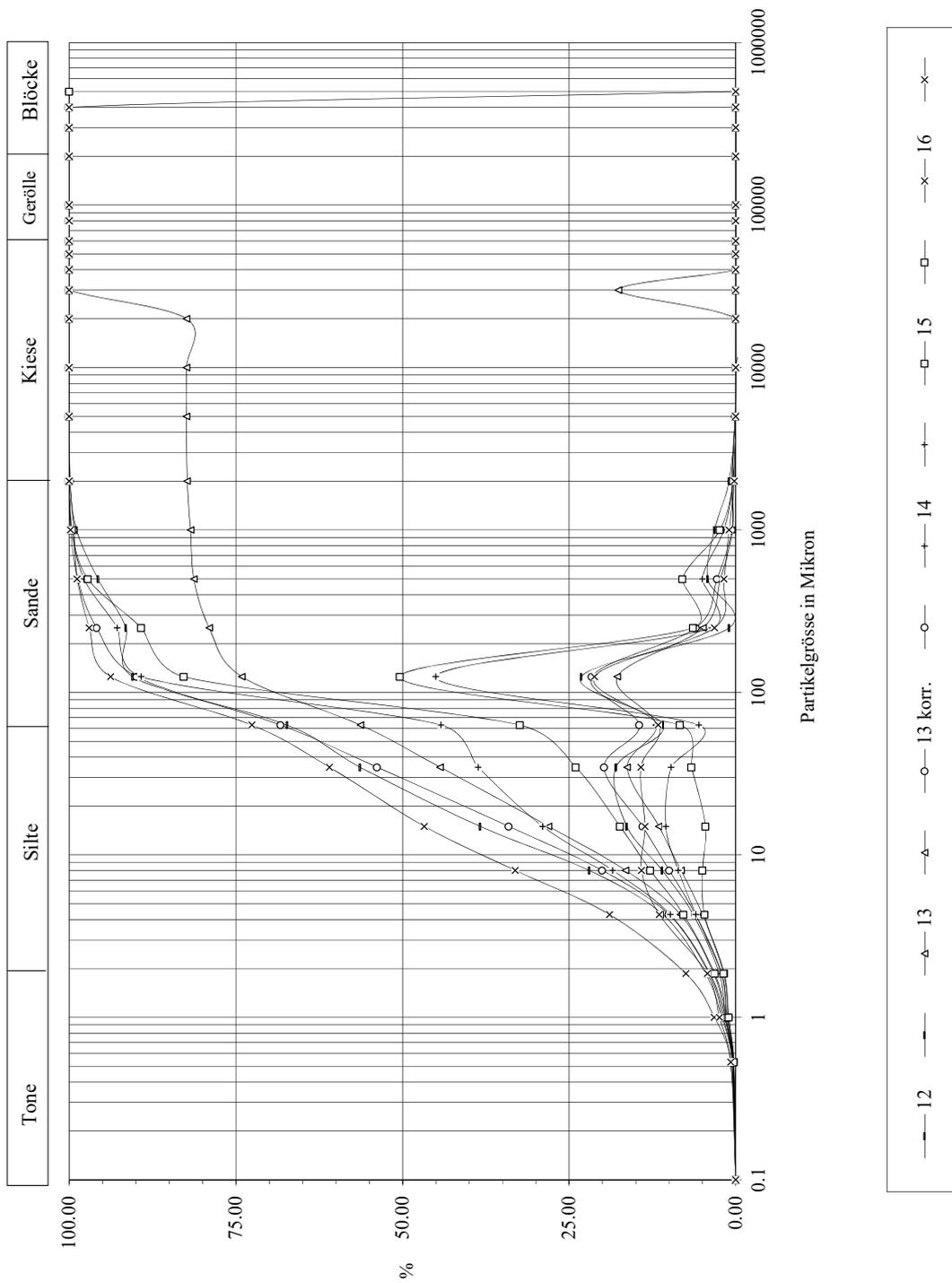
10
Etwas dunkler als Schnitt 8
Etwas viele Nollastenschnitt

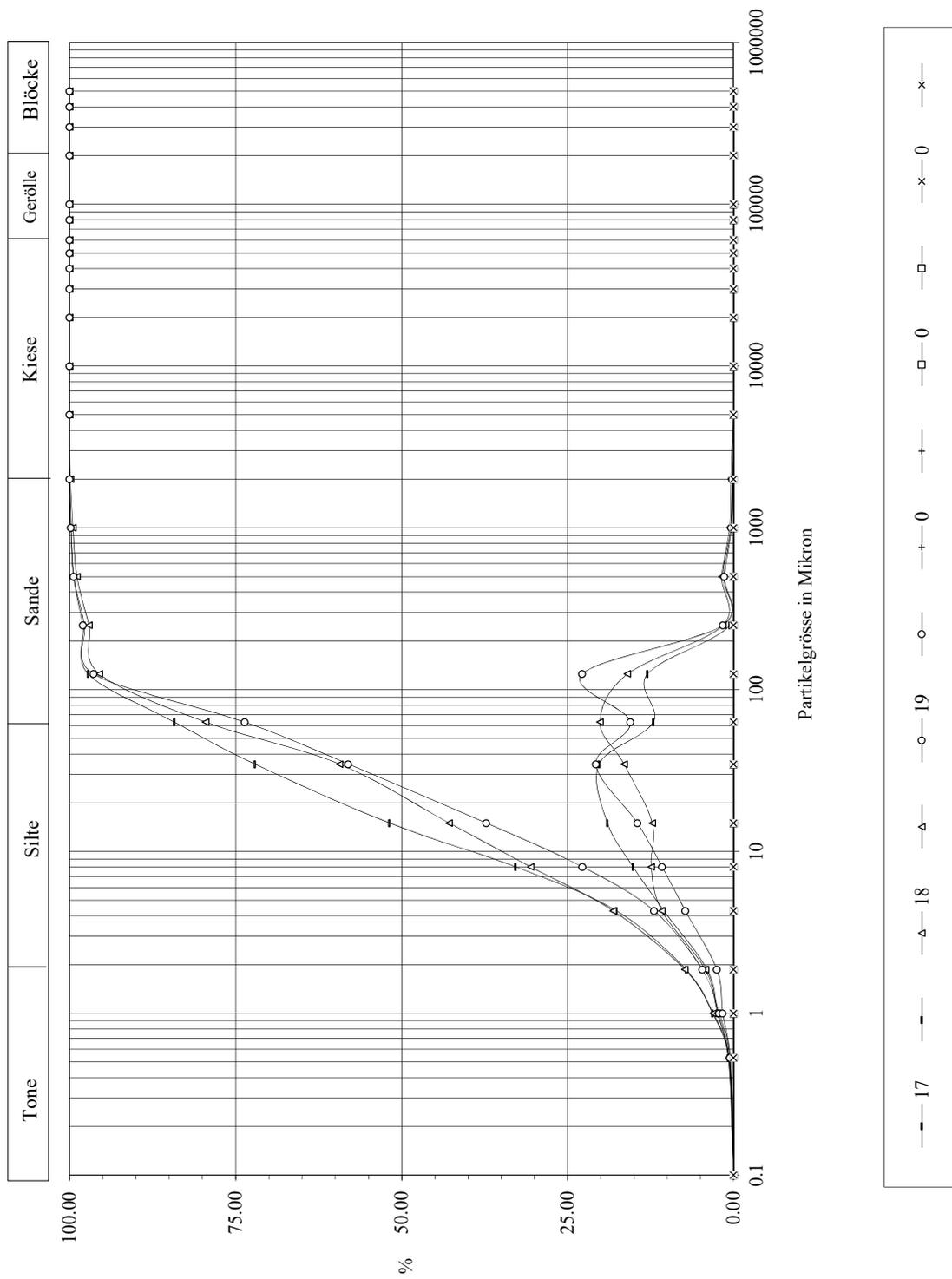
Schicht	Schicht-einheit	Proben-nummer	Karbonat	Glüh-verlust	Phosphat	Humus	pH	Farbcode	Farbwert
11	412	25	89	2	2,4	0,05	8,1	10 YR 6 / 1	(light) gray
	409	24	85	2,5	2,0	0,05	8,1	10 YR 6 / 1	(light) gray
	409	23	91	3,5	2,7	0,05	8,1	2,5 Y 6 / 2	light brown -ish gray
	409	22	91	3	1,5	0,05	8,1	2,5 Y 6 / 2	light brown -ish gray
	409	21	93	2,5	1,7	0,05	8,1	2,5 Y 6 / 2	light brown -ish gray
	409	20	94	2,5	1,9	0,05	8,2	2,5 Y 6 / 2	light brown -ish gray
12	408	19	91	2,5	2,3	0,05	8,1	2,5 Y 6 / 2	light brown -ish gray
12	421	18	85	4	2,5	0,075	8,0	10 YR 6 / 1	(light) gray
12	420	17	86	5	2,4	0,075	8,0	2,5 Y 6 / 2	light brown -ish gray
	407	16	93	3	3,1	0,05	8,1	2,5 Y 6 / 2	light brown -ish gray
	407	15	81	8	4,9	0,15	7,5	10 YR 5 / 2	gray- ish brown
13	406	14	21	37,5	6,5	0,4	7,1	10 YR 3 / 1	very dark gray
13	406	13	0	35	5,6	0,3	6,3	10 YR 2 / 2	very dark brown
13	416	12	0	31,5	6,1	0,3	6,4	10 YR 2 / 2	very dark brown
13	405	11	5	23,5	4,9	0,3	6,8	10 YR 2 / 2	very dark brown
13	422	10	67	8	3,8	0,1	7,7	10 YR 5 / 2	gray- ish brown
13	422	9	80	6	2,6	0,075	7,4	10 YR 5 / 2	gray- ish brown
13	422	8	44	10,5	6,5	0,15	7,8	10 YR 4 / 1	dark gray

Schicht	Schicht-einheit	Proben-nummer	Karbonat	Glüh-verlust	Phosphat	Humus	pH	Farbcode	Farbwert
10	404	7	79	5,5	3,3	0,05	7,8	10 YR 6 / 1-2	light (brown- n-ish) gray
	404	6	63	9,5	6,5	0,15	7,0	10 YR 3 / 1	very dark gray
	404	5	46	21,5	6,5	0,25	7,5	10 YR 2 / 2	very dark brown
	403	4	49	8	3,4	0,15	7,3	10 YR 3 / 1	very dark gray- ish brown
	401	3	75	6	2,3	0,075	7,7	2,5 Y 3 / 2	very dark gray- ish brown
	411	2	64	6,5	1,9	0,075	7,8	10 YR 5 / 2	gray- ish brown
	410	1	79	5	3,0	0,075	7,8	10 YR 6 / 2	light brown -ish gray

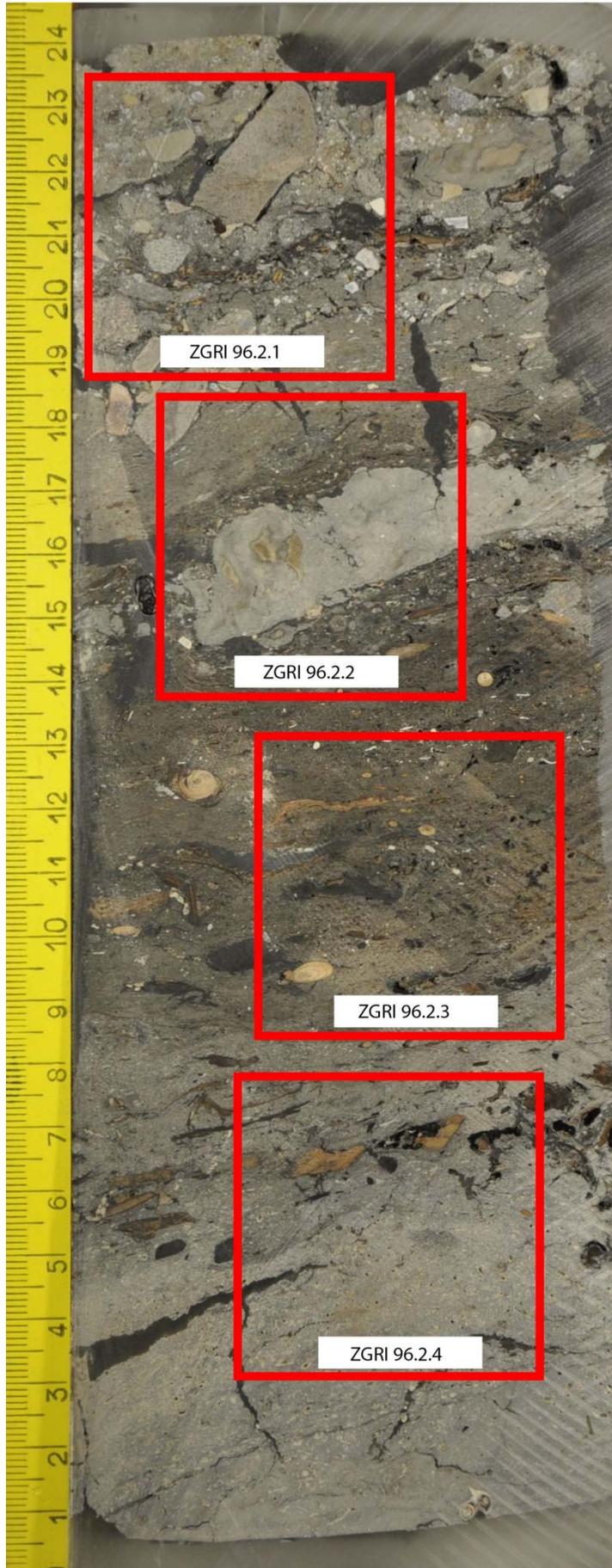








ZGRI 96.2



723c

723b

723a

651

642

611d

611c

611b

611a

531

518

517

516

Fundstelle: ZGRI	Probe: ZGRI 96	Teilprobe: 2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
723c	Inhomogenes Gemisch aus Lehmbrocken (karbonatischer Lehm und Lehm aus Bt-Horizont), Gesteinsfragmenten, fragmentierte Ton-Hypocoatings aus dem Bt-Lehm. Ausserdem Aschen. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage	
723b	Organisches Band mit vielen Makroreste. Daneben kommen nur etwas Mikrit, Sand, Holzkohle und Kies vor. Stark abgebautes organisches Material oder Dung. Wellenförmig. Klare Grenze zum Liegenden.	Band aus organischer Kulturschicht	
723a	Gemisch aus Mikrit mit organischem Feinmaterial, sandigen Lehmbrocken und Gesteinsfragmenten. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit mit Lehm	
651	Feinsandiger Mikrit, wenig Grobsand und organischem Material. Das organische Feinmaterial ist gut und homogen im Mikrit verteilt. Daneben Makroreste und Holzkohle sowie Molluskenschalen. Vereinzelt Gesteinsfragmente. Schräge Ausrichtung. Klare Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	
642	Karbonatischer Lehm mit Muskovit, wenig Quarzsand, Kies und Sparit. Vereinzelt Biospherioide. Liegt in Schicht mit grobem organischem Material, Holzkohle und phosphatischen Strukturen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Lehmlage (grosses Lehmaggregat in organischer Kulturschicht)	
611d	Feinsandige organische Schicht mit viel organischem Feinmaterial, Holzkohle und viel Moos. Ausserdem Rinden, Him-/Brombeersamen, Mohnsamen, Molluskenfragmente sowie Aschen. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (viel Detritus)	
611c	Dünnes organisches Band mit verbreitet Feinsand und wenig Mikrit. Ausserdem Sparit und Mollusken. Horizontale Einregelung der Komponenten. Keine Untergrenze im Dünnschliff erfasst.	Sandig-organisches Band	
611b	Organische Schicht mit abnehmenden Mikritanteil. Verbreitet Sand. Viel Rinden, ansonsten diverse Makroreste. Wellenförmig. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	
611a	Organische Schicht mit hohem Feinsandanteil. Dazu auch Mittel- bis Grobsand. Ausserdem Holzkohle und viel Moos. Horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Übergang vom detritischen Mikrit)	
531	Fein- bis mittelsandiger Mikrit mit Zweigen, Rinden, Moos, Holzkohle, Tannennadeln sowie organischem Feinmaterial. Sehr wenig Holzkohle. Horizontale Einregelung der Komponenten. Keine Grenze im Dünnschliff erfasst.	Detritisch-organischer Mikrit	
518	Feinsandiger Mikrit mit zunehmendem Anteil an organischem Feinmaterial. Daneben grosse Holzkohlen und Holzfragmente. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
517	Schwach feinsandiger Mikrit mit wenig Holzkohle und sehr wenig organischem Material. Viele Characeenstängel und Oogonien. Stängel zerdrückt. Gebändert. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide	
516	Mikrit mit sehr wenig Feinsand und organischem Material. Auffallend viele Characeenstängel und Oogonien. Molluskenschalen zeigen z. T. Algenfrass. Gebändert.	Gebänderte Seekreide	

ZGRI 91.2



712

651

615

614

613

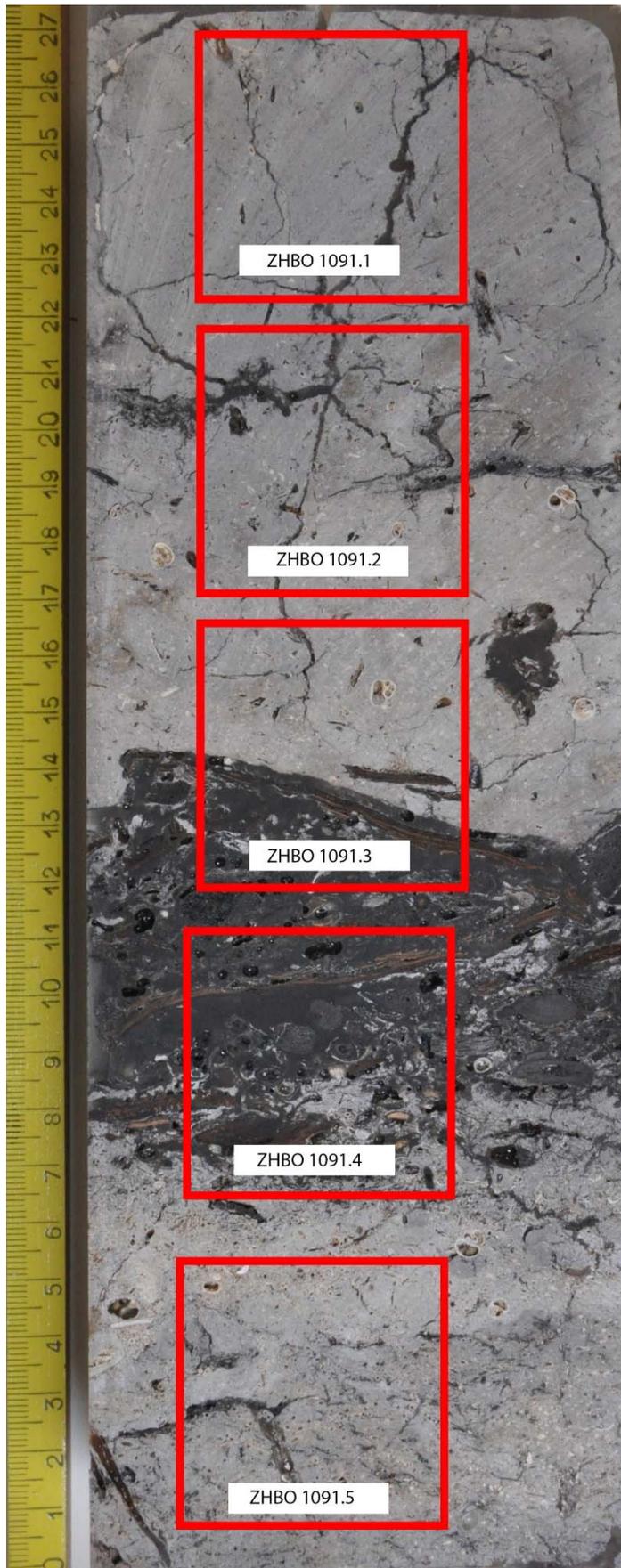
531

518

517

516

Fundstelle: ZGRI	Probe: ZGRI 91	Teilprobe: 2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
712	Organische Kulturschicht mit verbreitet Feinsand. Wenig Holzkohlen und Lehmbrocken. Sehr wenig Kies. An Makroresten: vor allem Rinden, Tannennadeln und Moos. Horizontal eingeregelter Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	
651	Feinsandiger Mikrit. Verbreitet organisches Feinmaterial, gut eingeregelt und homogen im Mikrit verteilt. Ausserdem einige Makroreste, Holzkohlen und Kies. Horizontal eingeregelter Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	
615	Stark organische Schicht, wenig Sand. Leicht zunehmend Mikrit. Daneben wenig Sand, Holzkohlen und Lehmbrocken. Etwas mehr eingeregelt. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Übergang zum detritisch-organischen Mikrit)	
614	Feinsandige organische Schicht mit Holzkohle und Kies. Ausserdem Moos, Rinden, Him-/Brombeersamen sowie Molluskenschalenfragmente. Eher locker gelagert. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (leicht „brandig“)	
613	Organische Schicht mit hohem Feinsandanteil. Daneben auch wenig Mittel- bis Grobsand. Ausserdem wenig Holzkohlen und Kies. Ausserdem viel Moos und Rinden. Wenig Lehmbrocken. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	
531	Fein- bis mittelsandiger Mikrit mit verbreitet organischem Feinmaterial. Daneben noch Zweige, Moos, Tannennadeln und Holzkohle. Ausserdem etwas Kies. Wenig Molluskenschalen. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit	
518	Feinsandiger Mikrit mit zunehmendem Anteil an organischem Feinmaterial und diversen Makroresten. Ausserdem Holzkohlen und Molluskenschalen. Horizontal eingeregelter bis unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
517	Schwach feinsandiger Mikrit. Sehr wenig organisches Material. Viele Characeenstängel und Oogonien. Die Stängel sind z. T. zerdrückt. Horizontale Einregelung der Komponenten. Diffuser Übergang zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide	
516	Ganz schwach feinsandiger Mikrit. Sehr wenig organisches Material. Viele Characeenstängel und Oogonien. Ausserdem Sparitketten Molluskenschalen z. T. mit Algenfrass. Gebändert.	Gebänderte Seekreide	



ZHBO 1091.1

SE 0.1 braun

ZHBO 1091.2

KS 1
SE braun

ZHBO 1091.3

KS 1

ZHBO 1091.4

SE/org.

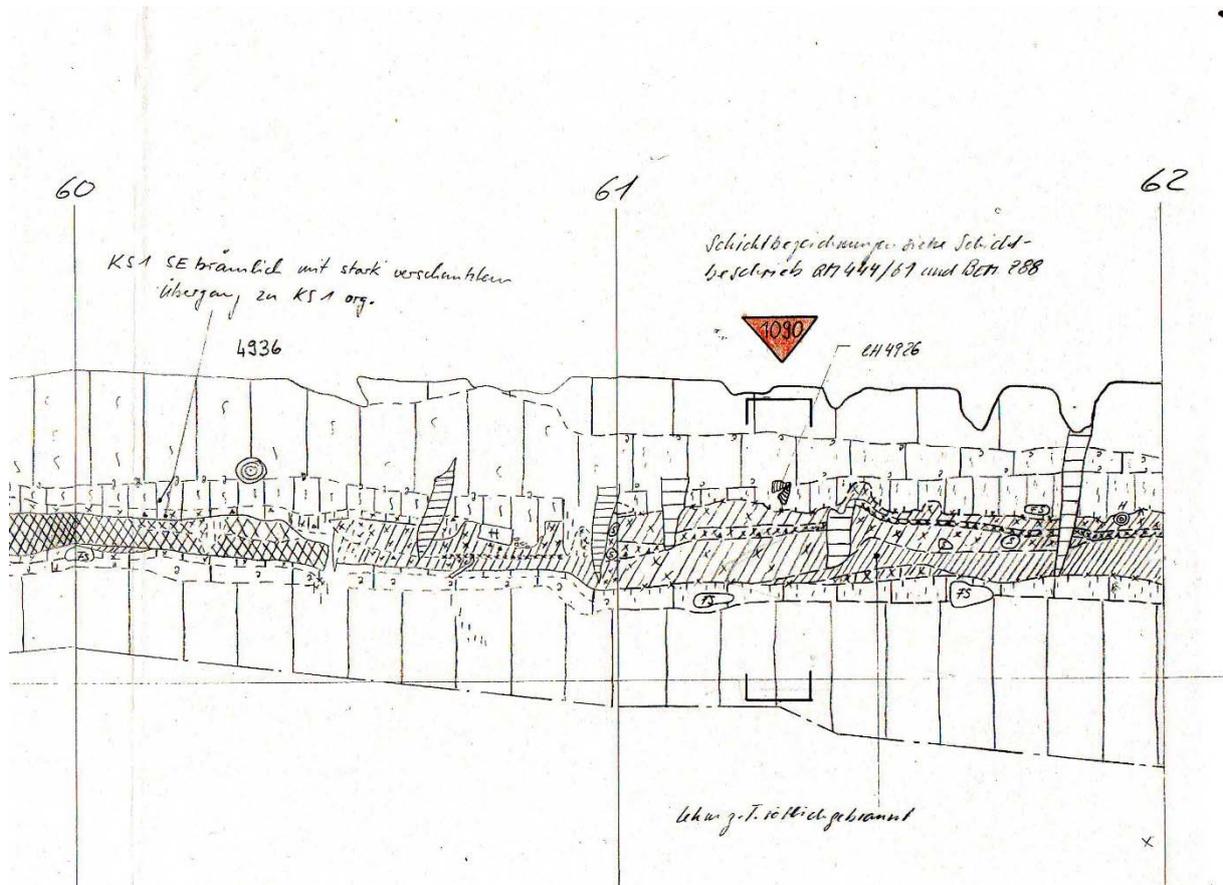
ZHBO 1091.5

SE 0.2 weiss

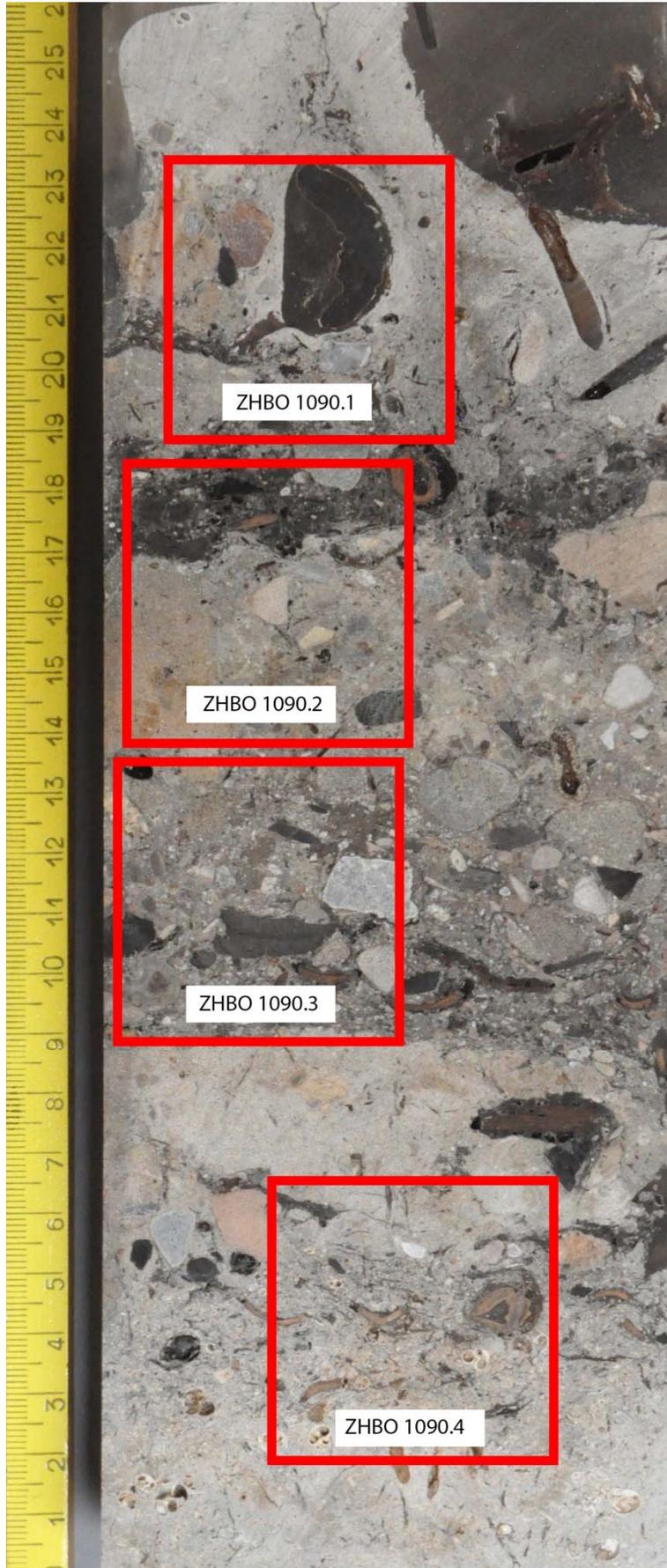
SE 0.2 gelb

Fundstelle: ZHBO	Probe: 1091	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
SE 0.1 braun	Massiver Mikrit mit wenig organischem Material und sehr wenig Sand. Insgesamt weniger Molluskenschalen und kaum Characeenstängeln. Sehr stark durchwurzelt (modern). Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
KS 1 SE braun	Massive Schicht aus Mikrit mit wenig organischem Material, Holzkohle, Sand und sehr wenig Kies. Daneben Molluskenschalen und Characeenstängeln. Stark durchwurzelt (modern). Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	
KS1	Lockere organische Schicht mit verbreitet leicht verrundeten Holzkohlen und verkohlten Ästen. Ausserdem Getreide, Keramik und verschiedene Samen. Wenig Sand, sehr wenig Kies und etwas Mikrit- Daneben auch Molluskenschalen. Horizontale Einregelung. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (mit Seeinfluss)	
SE/org.	Massiver Mikrit mit verbreitet organischem Material. Wenig Kies, Sand und Holzkohle. Daneben Molluskenschalen und Characeenstängeln. Leicht horizontal eingeregelt. Keine Untergrenze im Dünnschliff erfasst.	Stark organische Seekreide	
SE 0.2 weiss	Massiver Mikrit. Enthält viele Molluskenschalen und Characeenstängeln. Oogonien sind gut vorhanden. Zum Teil Algenfrass an den Molluskenschalen und Deformation der Characeenstängel. Leichter Feinsandanteil. Macht einen leicht aufgearbeiteten Eindruck. Leicht horizontal eingeregelt. Klare Grenze zum Liegenden.	Schwach sandige Seekreide (kompakt)	
SE 0.2 gelb	Lockerer, gebänderter Mikrit mit vielen gut erhaltenen Molluskenschalen, Characeenstängel und Oogonien. Durchwurzelt (modern)	Gebänderte Seekreide	

ZHBO 1090



ZHBO 1090



KS1 SE braun

KS1 SE/org.

KS1 Lehm

KS1 Lehm/org.

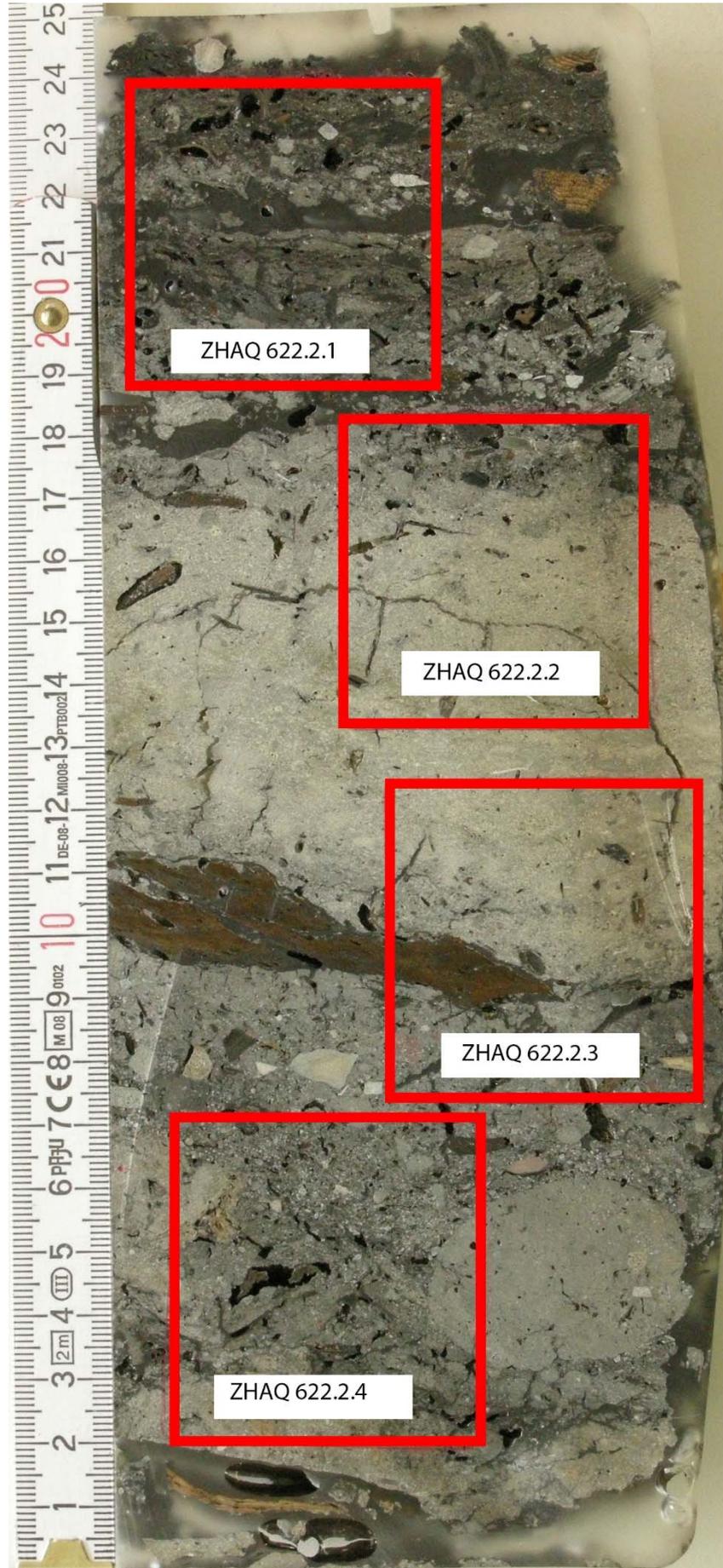
KS1 Lehm/z. T. org.

KS1 org.

SE 0.2 gelb

Fundstelle: ZHBO	Probe: 1090	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
KS1 SE braun	Mikrit mit wenig Kies, Sand, organischem Material und Holzkohlen. Ausserdem verrundete Lehmbrocken. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	
KS1 SE/org.	Heterogene Schicht mit einer Matrix aus sandigem Mikrit und viel Holzkohle. Dazu organische Makroreste (verkohlt), Kies sowie Lehmbrocken (z. T. mit Brandrötung). Ausserdem verbreitet Holzkohle. Horizontale bis schräge Ausrichtung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Brandschutt	
KS1 Lehm	Lehmlage (Al und karbonatischer Lehm) mit verbreitet Fein- bis Grobsand in mittlerer Sortierung. Daneben verbreitet Mikrit, wenig Kies, Holzkohle und organisches Material. Spuren von Brandrötung. Durchwurzelung (modern). Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Lehmlage mit Brandeinwirkung	
KS1 Lehm/org.	Heterogene Schicht mit viel unsortiertem Sand und Kies, wenig Lehm und etwas Mikrit, Holzkohlen, Asche und verbrannte Makroreste. Sklerotien. Leicht horizontale Einregelung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Brandschutt (aus einer Kulturschicht in einem trockenen Bereich)	
KS1 Lehm/z.T. org.	Lehmlage (Al und karbonatischer Lehm), viel gut sortierter Feinsand mit etwas Mittel- bis Grobsand. Wenig organisches Material, Mikrit, Holzkohle und Kies. Lehm stellenweise mit Brandspuren. Durchwurzelt (modern). Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Lehmlage (Verstärkter Lehm mit Brandeinfluss)	
KS1 org.	Lockerer Mikrit mit organischen Resten, Fein- bis Mittelsand, Molluskenschalen und Characeenstängel. Durchwurzelt (modern). Leicht horizontal eingeregelt. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide	
SE 0.2 gelb	Lockerer Mikrit mit wenig organischem Material und sehr wenig Kies, Sand und Holzkohle. Viele Molluskenschalen, Characeenstängeln und Oogonien. Stark durchwurzelt (modern). Molluskenschalen mit Algenfrass und Fragmentation. Leicht horizontal eingeregelt.	Seekreide	

ZHAQ 622 MM2



1.2.4a

1.2.4b

1.3

1.5.1

1.5.2

1.5.5

SE 0.2a

SE 0.2b

2.1a

2.1b

2.1.1a

2.1.1b

Fundstelle: ZHAQ	Probe: 622	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1.2.4a	Kompakte Detrituslage. Leichter Sandanteil und wenig kleinere Lehmbrocken. Organisches Material schlecht erhalten. Horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebaut, viel Detritus)	D
1.2.4b	Lockerer, schwach sandiger Detritus. Mit Lehmbrocken und Sklerotien. Verbreitet Zweige und Rinden. Horizontal eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebaut, viel Detritus)	D
1.3	Heterogene Schicht aus verbreitet Mikrit und organischem Material mit wenig Sand, Kies, Holzkohle und Lehmbrocken. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Keine Grenze zum Liegenden im Dünn Schliff erfasst.	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet)	D
1.5.1	Heterogene Schicht aus Mikrit, Sand, Kies, Lehmbrocken und Holzkohle. Viele gerundete Lehmbrocken und organisches Material. Ausserdem Molluskenschalen. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet)	C
1.5.2	Mikrit mit Molluskenschalen, Characeenstängel und Oogonien sowie Diatomeen. Nur wenig Sand und sehr wenig organisches Material, Kies Holzkohle und Lehmbrocken. Vereinzelt Sklerotien. Horizontale Einregelung. Keine Grenze zum Liegenden im Dünn Schliff erfasst.	Schwach organische Seekreide	C
1.5.5	Mikrit mit Molluskenschalen, Characeenstängel und Oogonien sowie Diatomeen. Nur sehr wenig Sand, organisches Material, Holzkohle und Lehmbrocken. Gebändert. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Gebänderte Seekreide	
SE 0.2a	Mikrit mit wenig Ton, Sand und organischem Material. Gerundete Holzkohlen und Lehmbrocken. Characeenreste sowie Diatomeen. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Erosiv umgelagerte Schicht	
SE 0.2b	Heterogene Schicht aus vielen Lehmbrocken, Sand und organischem Material in einer mikritischen Matrix. Ausserdem Molluskenschalen und Diatomeen. Daneben auch Keramik. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Keine Grenze zum Liegenden im Dünn Schliff erkennbar.	Erosiv umgelagerte Schicht	
2.1a	Heterogene Schicht mit vielen Lehmbrocken und verbreitet Sand. Zonen mit Diatomeen. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Auflassung)	B
2.1b	Heterogene Schicht mit Lehmbrocken, Sand sowie verbreitet organischem Material. Wenig Holzkohle und Kies. Verschiedene Makroreste. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (Auflassung)	B
2.1.1a	Stark sandiger Lehm mit wenig organischem Material und Kies. Sehr wenig Holzkohle. Feinkruste, Lehmbrocken mit Brandeinwirkung. Unregelmässig ausgerichtete Komponenten.	Lehmlage mit Brandeinwirkung	B

ZHAQ 622 MM1



1.2.1a

1.2.1b

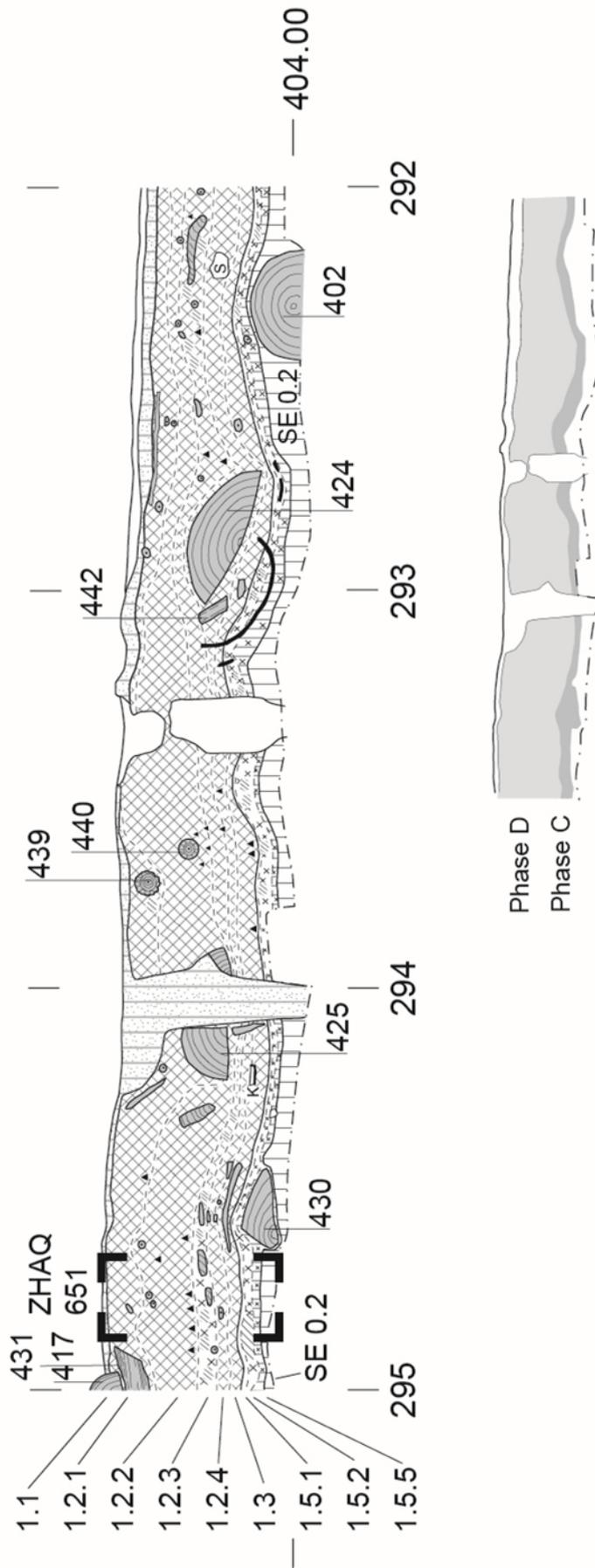
1.2.1c

1.2.2

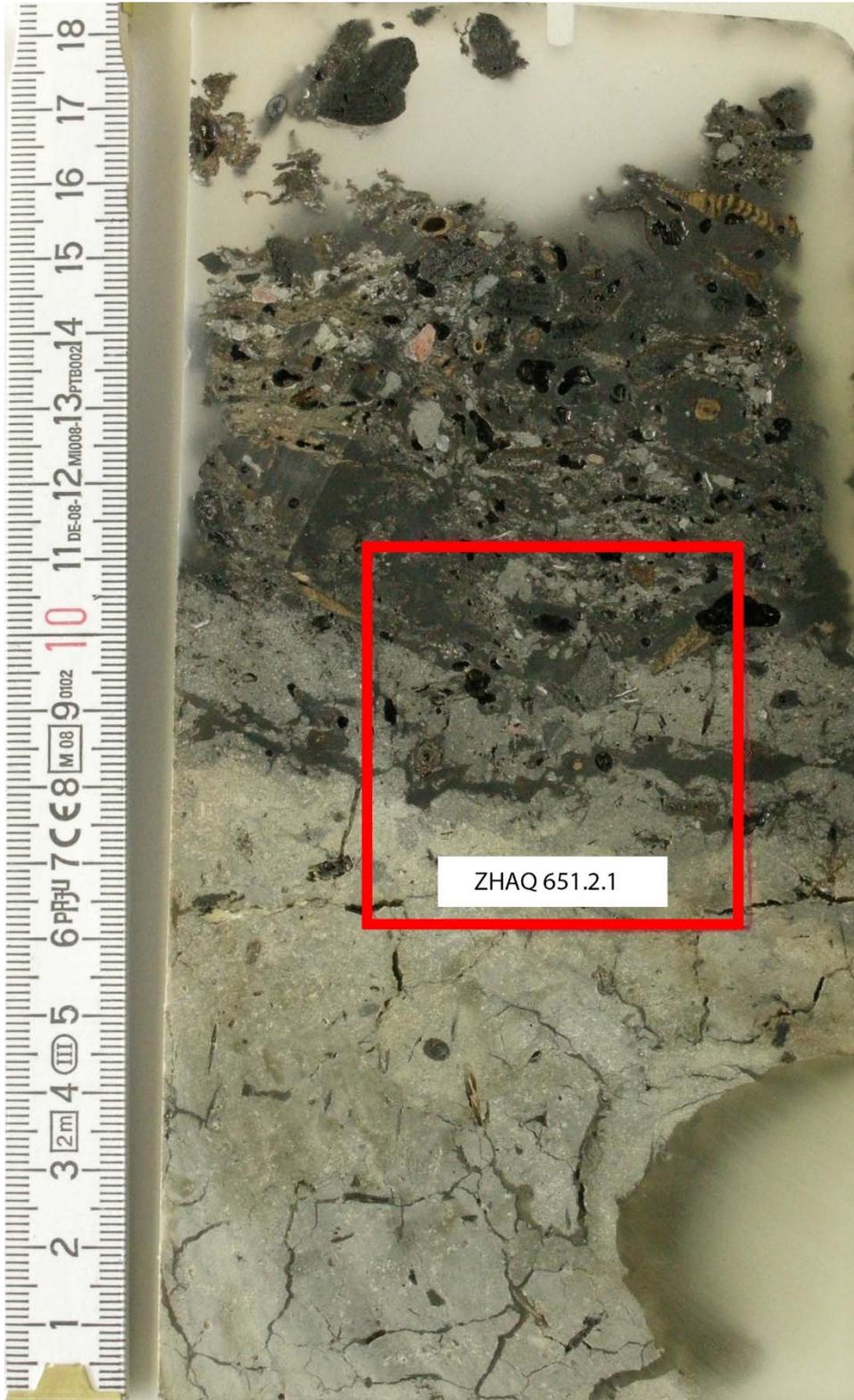
1.2.3

Fundstelle: ZHAQ	Probe: 622	Teilprobe: MM1	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1.2.1b	Organische Schicht mit verbreitet Feinmaterial und Sand. Dopplerit und Mikroholzkohle. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (stark abgebaut)	D
1.2.1c	Lockere organische Schicht mit verbreitet Holzkohle. Wenig Kies und Sand. Ausserdem Lehmbrocken Zweige und Rinden. Abgebautes organisches Material und Sklerotien. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Ohne Erkennbare Untergrenze im Dünnschliff.	Heterogene Brand- und organische Kulturschicht	D
1.2.2	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle in der Kiesfraktion. Daneben auch unverbranntes organisches Material und verbreitet Feinmaterial. Etwas kompakter als 1.2.3. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Heterogene Brand- und organische Kulturschicht (abgebaut mehr Detritus)	D
1.2.3	Lockere organische Schicht mit verbreitet Holzkohle in der Kiesfraktion. Daneben auch unverbranntes organisches Material und wenig Feinmaterial. Unterschiedliche Erhaltungszustände des organischen Materials. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Ohne Erkennbare Untergrenze im Dünnschliff.	Heterogene Brand- und organische Kulturschicht	D

ZHAQ 651



ZHAQ 651 MM2



1.2.4

1.3

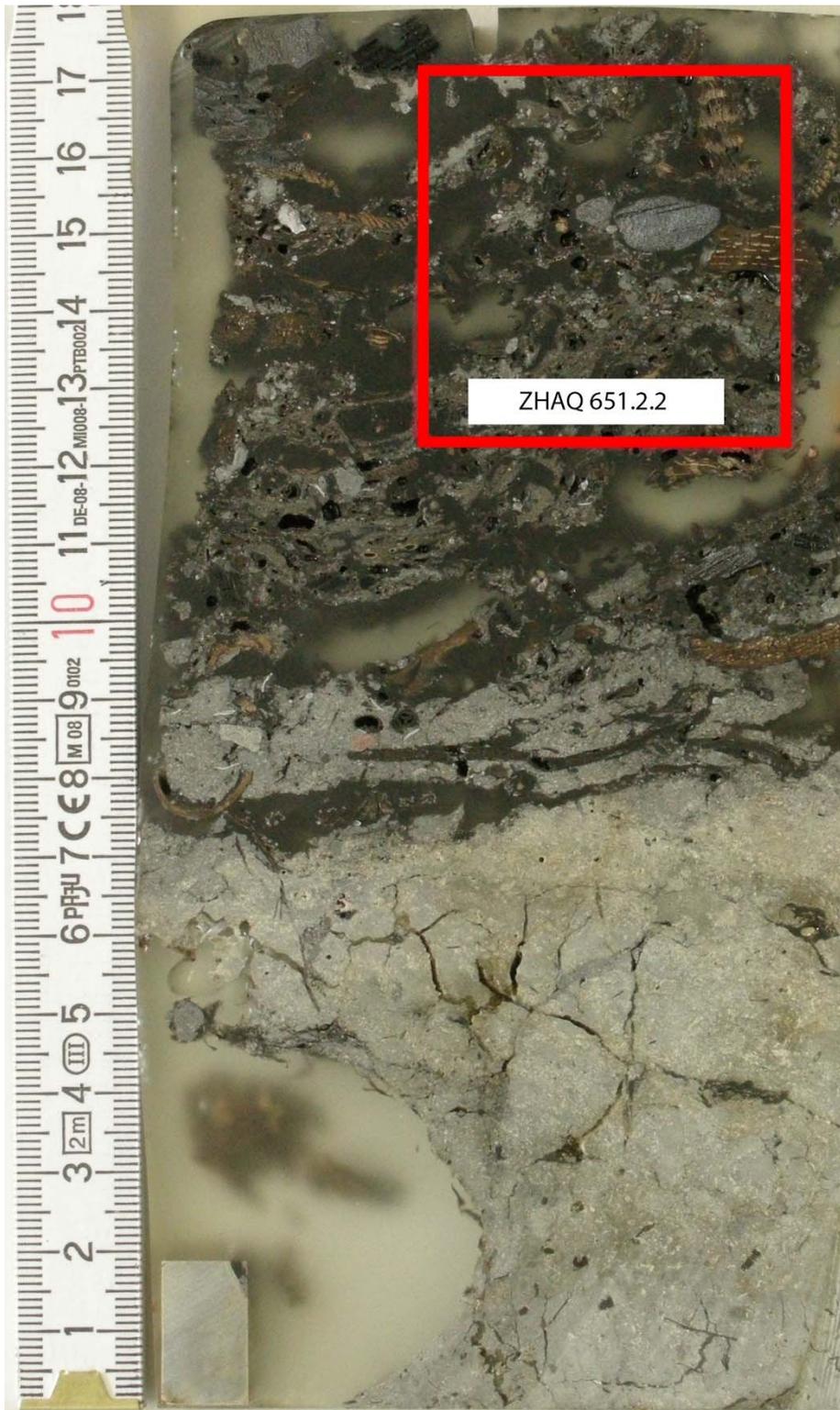
1.5.1
1.5.2

1.5.5a

1.5.5b

SE 0.2

Fundstelle: ZHAQ	Probe: 651	Teilprobe: MM2	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1.2.4	Sandige organische Schicht mit wenig Holzkohle, Lehmbrocken und sehr wenig Kies. Viele Zweige und Rinden. Ausserdem Keramik und Mohnsamen. Schlechter Erhaltungszustand des organischen Materials. Horizontal Eingeregelt. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	D
1.3	Organische Schicht mit einer Matrix aus Mikrit und organischem Feinmaterial- Daneben Lehmbrocken, Knochen, sehr wenig Molluskenschalen. Unregelmässige ausgerichtete Komponenten. Keine Untergrenze im Dünnschliff erkennbar.	Organische Kulturschicht (aufgearbeitet)	D
1.5.1	Mikrit mit verbreitet organischen Bestandteilen (Gewebereste, Zweige, Rinden), Knochen, Holzkohle sowie gerundeten Lehmbrocken. Ausserdem verbreitet Sand, wenig Kies und Holzkohle. Wenig Mikrit. Horizontale Einregelung. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	C
1.5.5a	Mikrit mit verbreitet Sand, wenig organischen Material, Kies, Lehmbrocken und Holzkohlen. Molluskenschalen und Knochen. Unregelmässige ausgerichtete Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Aufgearbeitete Kulturschicht	C
1.5.5b	Mikrit mit wenig organischem Material, Sand und Kies. Sehr wenig Holzkohle. Wenig Lehmbrocken. Ausserdem Molluskenschalen und gut Oogonien. Viele Diatomeen. Gebändert. Keine Untergrenze im Dünnschliff erkennbar.	(Leicht) Gebänderte Seekreide	



1.2.4

1.3

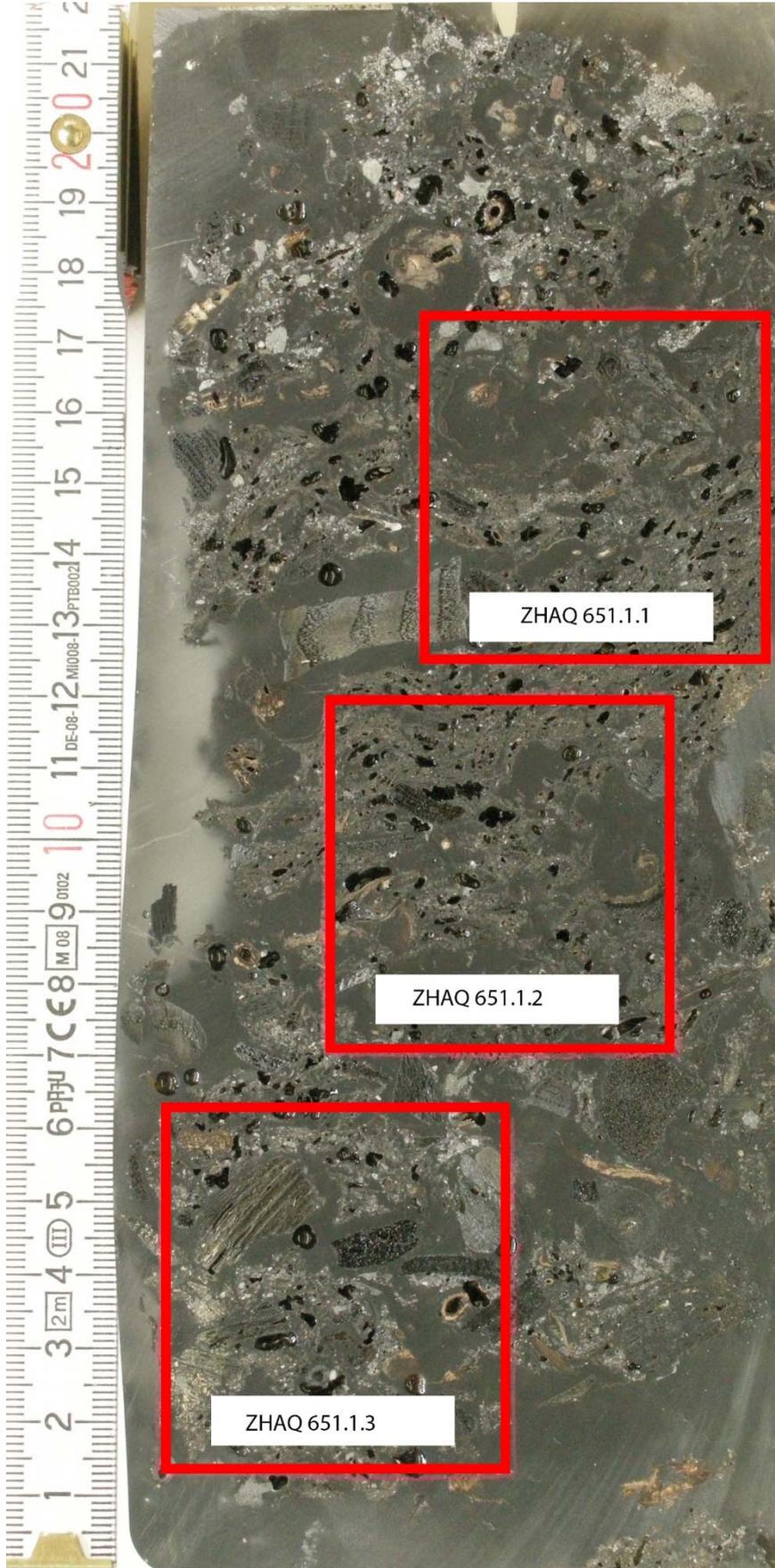
1.5.1
1.5.2

1.5.5a

1.5.5b

SE 0.2

ZHAQ 651 MM1



1.1

1.2.1

1.2.2a

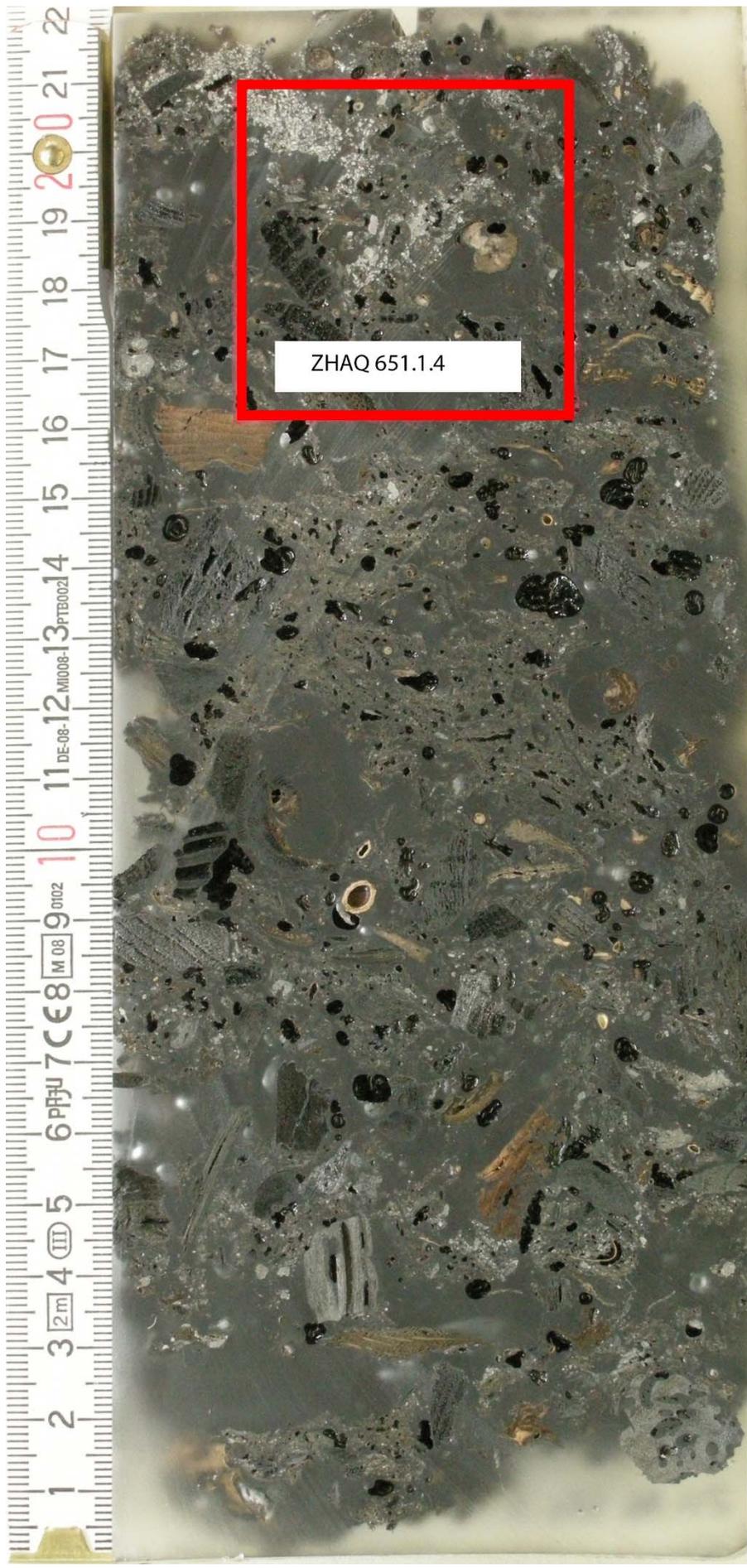
1.2.2b

1.2.2c

1.2.2d

1.2.3

Fundstelle: ZHAQ	Probe: 651	Teilprobe: MM1	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1.2.1	Organische Schicht, die von grobsandigem Mikrit überprägt wird. Daneben wenig Holzkohlen und Kies. Ausserdem wenig verrundete Lehmbrocken. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Einspülung vom See oder vom Bach	D
1.2.2a	Lockere organische Schicht mit viel Holzkohle in Grobsand- und Kiesfraktion. Matrix aus verbreitet organischem Feinmaterial und Sand. Diverse Makroreste. Horizontal eingeregelt bis unregelmässig ausgerichtete Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Heterogene Brand- und organische Kulturschicht	D
1.2.2b	Organische Schicht mit einer Matrix aus organischem Feinmaterial und Feinsand. Verbreitet Holzkohle (etwas weniger als im Liegenden). Organisches Material schlecht erhalten. Schräge bis leicht horizontale Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (abgebaut)	D
1.2.2c	Lockere organische Schicht mit verbreitet Holzkohle in Grobsand- und Kiesfraktion. Matrix aus organischem Feinmaterial und verbreitet Sand. Diverse Makroreste. Etwas mehr Feinmaterial und Sand. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Keine Untergrenze im Dünnnschliff erfasst.	Heterogene Brand- und organische Kulturschicht	D
1.2.2d	Lockere organische Schicht mit verbreitet Holzkohle in Grobsand- und Kiesfraktion. Matrix aus organischem Feinmaterial und Sand. Vereinzelt Lehmbrocken und Knochen. Diverse Makroreste. Unregelmässige ausgerichtete Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Heterogene Brand- und organische Kulturschicht	D
1.2.3	Lockere organische Schicht mit verbreitet Holzkohle in der Grobsand- und Kiesfraktion. Matrix aus organischem Feinmaterial und Sand. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Keine Untergrenze im Dünnnschliff erfasst.	Heterogene Brand- und organische Kulturschicht	D



ZHAQ 651.1.4

1.1

1.2.1

1.2.2a

1.2.2b

1.2.2c

1.2.2d

1.2.3

Viverone I - Emissario

Eg 1



Schicht 1 (Kulturschicht)

Intrusionen (mit unsortiertem Sand)

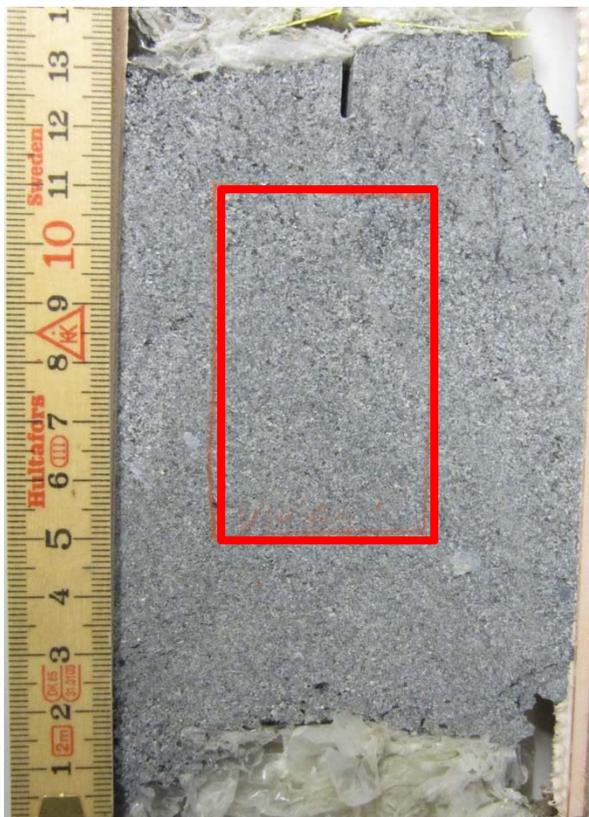
Schicht 2 (feingeschichteter Lehm)

Schicht 3 (sandiger Lehm)

Schicht 4 (lehmig, weniger Feinschichtung)

Schicht 5 (Sand)

Eg 2



Schicht 1 (Grobsand mit Detritus)

Schicht 2 (Grobsand)

Zürich-Experiment



Fundstelle: -	Probe: ZHEX	Teilproben: 1-4	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Schlussfolgerung	Schicht
Probe 1 Kulturschicht	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle. Nur sehr wenig Mikrit, Sand und Kies. Die organischen Komponenten bestehen aus Zweigen, Blättern, Tannennadeln, Moos und weiteren Makroresten. Schräge Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Schicht mit wenig Mikrit (künstlich)	
Probe 1 Seekreide	Mikrit mit wenig organischem Material und sehr wenig Sand und Kies. Daneben wenig Holzkohle. Ausserdem Molluskenschalen und vereinzelt Makroreste. Gut Diatomeen. Leichte Wurzelspuren. Schräge Ausrichtung.	Kompakte Seekreide (künstlich)	
Probe 2 Kulturschicht	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle. Wenig Mikrit und Sand. Vor allem Zweige als Makroreste, daneben noch Rinden und Moos. Schräge Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Schicht mit Mikrit (künstlich)	
Probe 2 Seekreide	Mikrit mit verbreitet organischem Material, wenig Holzkohle und vereinzelt Kies und Sand. Schräge Ausrichtung der Komponenten.	Kompakte Seekreide mit organischem Material (künstlich)	
Probe 3 Kulturschicht	Organische Kulturschicht mit verbreitet Holzkohle, wenig Mikrit und sehr wenig Kies und Sand. An organischen Komponenten sind vor allem Zweige, Moos und Tannennadeln vertreten. Wellenförmige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Schicht mit wenig Mikrit (künstlich)	
Probe 3 Seekreide	Mikrit mit wenig Holzkohle, organischem Material sowie sehr wenig Kies und Sand. Wenig Molluskenschalen. Daneben Wurzeln. Wellenförmige Ausrichtung der Komponenten.	Kompakte Seekreide (künstlich)	
Probe 4 Kulturschicht	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle, wenig Mikrit, Sand und vereinzelt Kies. Unter die identifizierbaren Makroreste fallen vor allem Zweige und Moos. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Schicht (künstlich)	
Probe 4 Seekreide	Mikrit mit wenig organischem Material, sehr wenig Sand und Kies. Daneben Molluskenschalen und Oogonien. Unregelmässige Ausrichtung der Komponenten.	Kompakte Seekreide (künstlich)	

Zürich-Keramikkomplex



- 1

- 2

- 3

- 4b

- 4a

- 5

- 6b

- 6a

- 7

Fundstelle: ZHOP	Probe: ZHKEKO	Teilprobe:	
Schichteinheit	Kurzbeschreibung	Ansprache	Schicht
1	Mikrit mit verbreitet organischem Komponenten, wenig Sand und Holzkohle. Bei den organischen Makroresten handelt es sich vor allem um Blätter und Rinden. Daneben auch Molluskenschalen (mit Algenfrass). Horizontal eingeregelter Komponenten. Scharfe Grenze zum Liegenden.	Stark organische Seekreide	13
2	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle und Quarzsand. Daneben wenig bis sehr wenig Kies. Nach oben etwas Mikrit. Auch wenig Lehmbrocken. Viele Makroreste und organisches Gewebe. Ausserdem Sklerotien und Milbenkot. Horizontal eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (viel Holzkohle)	13
3	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle und wenig bis verbreiter Sand. Sehr wenig Kies. Unter dem organischen Material verbreitet Rinde, Mohnsamen und weitere Makroreste. Ausserdem Pilzsporen und Dopplerit. Daneben auch Zonen mit mikritischer Matrix. Horizontal eingeregelter Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (viel Detritus, mit Seekreideeinschwemmung)	13
4b	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle und wenig Sand und Kies. Unter dem organischen Material verbreitet Rinde, Mohnsamen und weitere Makroreste. Verrundete Lehmbrocken. Ausserdem Dopplerit. Schräge Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (viel Detritus)	13
4a	Mikrit mit verbreitet Kies, Sand sowie wenig organischem Material und Holzkohle. Wenig Lehmbrocken. Enthält Knochen, Keramiksplitter und Aschen. Schräge Ausrichtung der Komponenten. Klare Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht (aschehaltig)	13
5	Organische Schicht mit verbreitet Holzkohle und wenig Sand und Kies. Daneben sehr wenig Kies. Unter der Organik verbreitet Rinde und gut Mohn- sowie Him-/Brombeersamen. Daneben noch verbreitet Knochen. Viel Keramik (Topfwandung). Horizontal eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Organische Kulturschicht	13
6b	Mikrit mit verbreitet organischem Material, wenig Holzkohle und Quarzsand. Enthält sowohl organisches Feinmaterial als auch Makroreste wie Rinden, Moos und Him-/Brombeersamen. Ausserdem Pilzsporen. Horizontal eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Detritisch-organischer Mikrit (Nicht durchgängig, Bereiche mit größerem organischem Material)	13
6a	Mikrit mit sehr wenig Quarzsand. Daneben wenig Holzkohle und amorphes organisches Feinmaterial. Ausserdem Molluskenschalen (z. T. fragmentiert). Horizontal eingeregelter Komponenten. Diffuse Grenze zum Liegenden.	Schwach organische Seekreide ("Übergangshorizont")	
7	Sehr reiner Mikrit mit sichtbarer Bänderung. Ausserdem Molluskenschalen, Characeenstängel und Diatomeen.	Gebänderte Seekreide	

Datenbank

Die im Text erwähnte Datenbank mit den Rohdaten der Dünnschliffbeschreibungen befindet sich auf zenodo.org und kann unter dem folgenden Link abgerufen werden:

<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.51373>