

Neue geologische Beobachtungen bei der Mammutfundstelle in Niederweningen (Kt. Zürich)¹

Christian Schlüchter, ETH Zürich

Neue Aufschlüsse in der unmittelbaren Nachbarschaft der Niederwenger Mammutfundstelle von 1890/91 präzisieren die litho- und klimastratigraphische Position der berühmten Knochenfunde. Die Sedimente mit der ehemaligen Fundschicht sind durch Thermokarst-Diapirismus und durch spätere Setzungsbrüche stark deformiert. Die geocryologisch aktive Phase wird klimastratigraphisch vorläufig mit der maximalen letzteiszeitlichen Gletscherausdehnung zum Pfaffenrank gleichgesetzt. Die Fundschicht selbst ist älter als dieses Ereignis, ein Befund, der mit den palynostratigraphischen Resultaten von M. Welten übereinstimmt.

New litho- and climatestratigraphic evidence from the fossiliferous Quaternary sequences at Niederweningen (Kt. Zürich)

Geological and geotechnical investigations in the area of the famous *Mammuthus primigenius* site at Niederweningen give evidence for a more precise litho- and climatestratigraphic positioning of the fossiliferous Quaternary beds: these sediments including an underlying Eemian peat are highly deformed by thermokarst diapirism and by later compaction faulting. The geocryologically active event is correlated tentatively in climatestratigraphic terms with the maximum ice extent of the Last Glaciation. The Niederweningen fauna is older than this event as evidenced by palynostratigraphic data as well.

1 Einleitung

Im Sommer 1890 sind bei der Materialentnahme für den Bau des Bahndammes der Schweizerischen Nordostbahn in Niederweningen reiche Knochenfunde zum Vorschein gekommen (Bild 1). Unmittelbar südlich der zu erstellenden Bahnlinie hat man kiesige Ablagerungen des Dorfbach-Schuttfächers abgetragen. Da dieses Kiesvorkommen nur etwa 2 bis 4 m mächtig war (A. Lang, 1892), musste grossflächig abgebaut werden, weil das darunterliegende Material nicht als Baustoff verwendet werden konnte: es handelte sich dabei um Lehm und Torf mit wiederholten Knochenfunden, die bis 1891, nach einer zusätzlichen Ausgrabungskampagne, einen reichhaltigen, für die damalige Zeit spektakulären Fund darstellten.

A. Lang hat 1892 über die Ausgrabungen berichtet und die Funde im paläontologischen Zusammenhang beschrieben, wobei er in erster Linie die Dominanz des Mammut in der Fossilgemeinschaft hervorgehoben hat. Die

¹ Dem Verein für Ortsgeschichte in Niederweningen ist für die aktive Mitüberwachung der Aushubarbeiten von 1987 verbindlichst gedankt. Für die Unterstützung bei den Sedimentanalysen danken wir dem Institut für Grundbau und Bodenmechanik an der ETH. Herrn Dr. M. N. Alekseev, Moskau, danken wir für seine Diskussionsbeiträge zu den Palsa- und Alas-Fazieszusammenhängen.

paläontologische Bedeutung der Niederweningen Funde ist mit den Überresten von mindestens fünf Mammut-Altieren und jenen eines Kalbes auch sensationell gewesen. Dieses reichhaltige Material hat denn auch zur ersten Mammut-Skelettrekonstruktion geführt, die heute ein forschungsgeschichtliches Kuriosum von besonderem Wert darstellt.

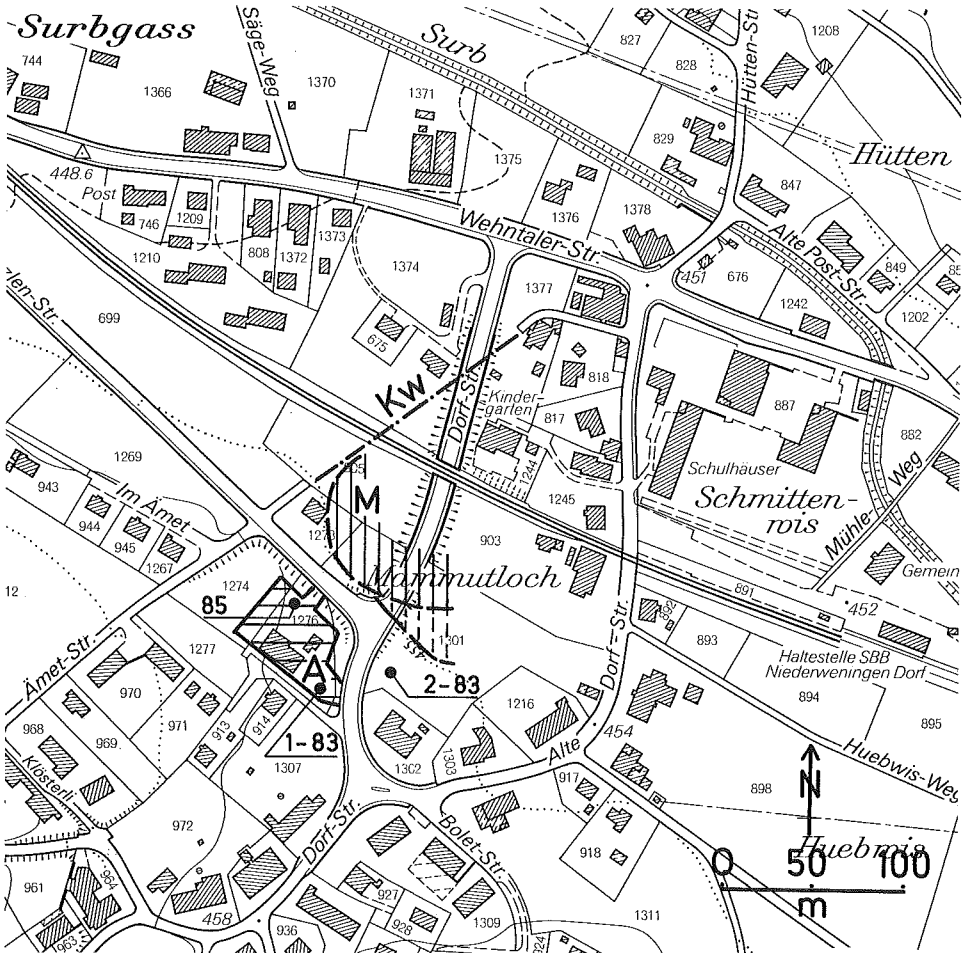


Bild 1 Ausschnitt aus dem Übersichtsplan von Niederweningen mit M = Mammutloch (= Fundstelle 1890/91), A = Aufschluss 1987, KW = ehemaliger Kirchweg, 1-83/2-83 = Sondierbohrungen 1983 und 85 = Sondierbohrung 1985.

Fig. 1 Map of central Niederweningen area with M = *Mammuthus primigenius* site (= excavation 1890/91), A = excavation 1987, KW = former church road, 1-83/2-83 = drilling sites 1983 and 85 = drilling site 1985.

Begreiflicherweise galt bei den Ausgrabungen in Niederweningen von 1890/91 die Aufmerksamkeit in erster Linie den Knochenfunden, und es ist verständlich, dass die geologische Beschreibung trotz Aufnahmen durch A. Heim, F. Mühlberg und L. du Pasquier (cit. in A. Lang, 1892) bescheiden ausgefallen ist und dass nur ein generelles Profil der angetroffenen Schichten überliefert ist. Und da die Schichtreihe der Fundstelle nicht mit den Kiesterrassen oder Moränen der Umgebung in Verbindung gebracht werden kann, ist nach A. Lang (1892) über das geologische Alter der Abfolge «gar nichts zu entscheiden». Doch A. Heim betrachtet (1919: 329) die Niederweningener Funde als jünger als das Maximum der letzten Eiszeit, da in postglazialem Torf gelegen und weil ausserhalb der Moränen der letzten Vergletscherung vom Pfaffenrank bei Sünikon-Schöfflisdorf.

2 Pollenanalytische Untersuchungen von M. Welten und erste Folgerungen

Im Rahmen eines Forschungsprojektes des Schweizerischen Nationalfonds hat M. Welten bis 1984 systematisch die bekannten Schieferkohlevorkommen des nördlichen Alpenvorlandes vegetationskundlich-palynostratigraphisch untersucht (M. Welten, 1982 und im Druck). Als wichtigstes Resultat dieser Untersuchungen gilt der Nachweis der klimastratigraphischen Stellung der Schieferkohlevorkommen als nicht auf die eigentlichen Warmzeiten (= Interglaziale s. str.) beschränkt, sondern als noch überleitend in die nachfolgende Kaltzeit. Torfwachstum allein hat also an den untersuchten Stellen nicht einen einfachen klimastratigraphischen Leithorizont gebildet, sondern zeigt vielmehr, dass die paläohydrologischen Voraussetzungen für Torfwachstum, unter günstigen morphologischen Bedingungen, offenbar bis in eine beginnende Eiszeit hinein gegeben waren; Befunde, wie sie auch von S. Wegmüller (1987) für das nördliche Napfgebiet dargestellt worden sind.

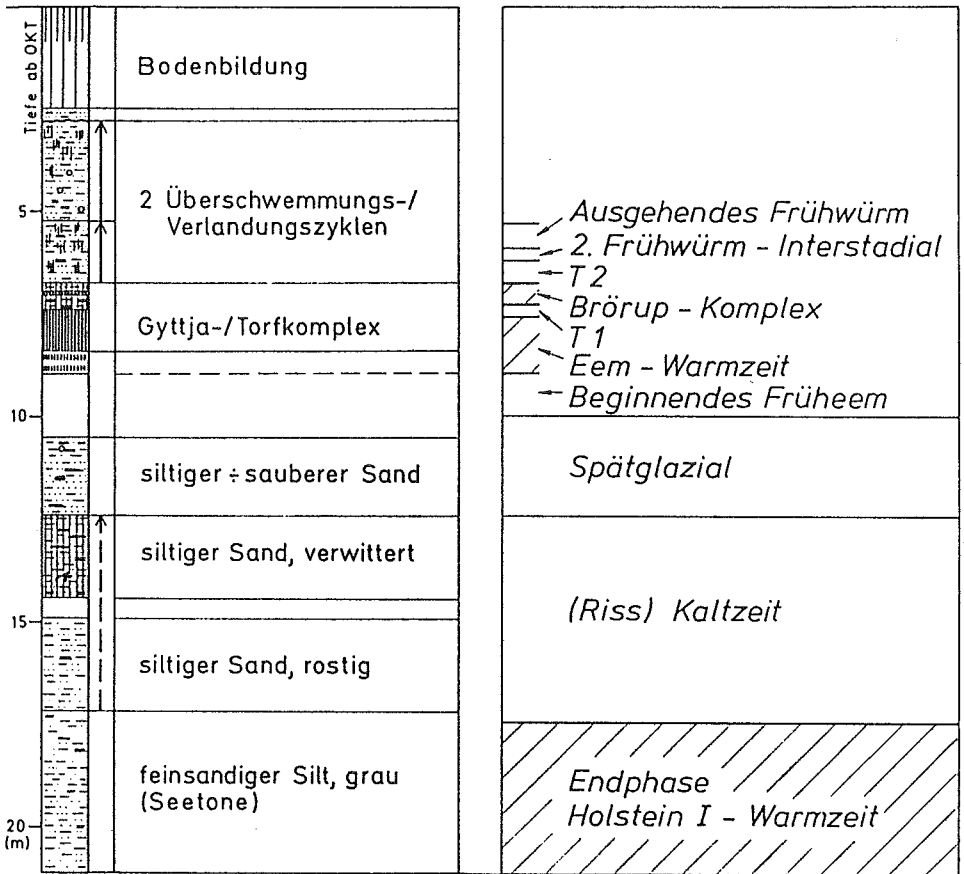
Im Rahmen von M. Weltens Untersuchungen war es wichtig, die Erkenntnis aus dem Ausdehnungsbereich der letzten Eiszeit mit den Gegebenheiten ausserhalb der letzteiszeitlichen Endmoränen zu vergleichen. Und so drängte sich eine palynostratigraphische Bearbeitung der Torfvorkommen in Niederweningen gewissermassen auf. Die Schichtreihe von Niederweningen, ausserhalb der letzteiszeitlichen Endmoränen vom Pfaffenrank bei Sünikon-Schöfflisdorf, in einer während der jüngeren geologischen Vergangenheit offenbar vorwiegend akkumulativ geprägten Landschaft gelegen, müsste eine ideale Abfolge zum Testen unserer klimastratigraphischen Modelle enthalten.

Unsere Bohrkampagne von 1983 auf der Mammutwiese, also in der unmittelbaren Umgebung der Knochenfundstelle von 1890/91, hat zusammengefasst die folgenden Resultate ergeben (vgl. Bilder 1 und 2):

- Die Bohrung KB 2-83 zeigt, dass die Torf- (und Fund-)schicht von 1890/91 in eine komplizierte Abfolge von vorwiegend feinkörnigen Überschwemmungs- und Verlandungszyklen eingebettet ist und dass bis in über 20 m Tiefe keine Gletschersedimente gefunden worden sind (Bild 2).

- Die palynostratigraphische Gliederung durch M. Welten (im Druck) ergibt, dass die Torfschicht in der letzten Interglazialzeit (= Eem sensu M. Welten) und während der darauffolgenden Abkühlphase T1 gewachsen ist (Bild 2). Torf und Fossilfunde können demnach nicht jünger als das letzt-eiszeitliche Maximum sein, sondern müssen stratigraphisch älter als die Endmoränen vom Pfaffenrank eingestuft werden.

*Palynostratigraphie
nach WELTEN (im Druck)*



- |||| Humuseinschwemmung • Fossilien
- |||| Pflanzenhäcksel ⇄ Konkretionen

Bild 2 Schematisches Profil der Bohrung KB 2-83 mit der palynostratigraphischen Interpretation nach M. Welten (aus Ch. Schlüchter, 1985).

Fig. 2 Schematic lithostratigraphy of the KB 2-83 drilling with palynostratigraphic interpretation sensu M. Welten (from Ch. Schlüchter, 1985).

Mit dieser palynostratigraphischen Einstufung der Niederweningen Torfschicht ist auch Herr Dr. K. A. Hünemann vom Paläontologischen Institut der Universität Zürich wiederum für die Niederweningen Grabesgemeinschaft interessiert worden. Seine Neusichtung des Fundmaterials hat eine interessante ökologische Erweiterung und eine stratigraphische Bestätigung für die frühletzzeitliche Einstufung erbracht (cit. in M. Welten, im Druck, und K. A. Hünemann, 1987). Die neue Faunenliste nach K. A. Hünemann (1987) umfasst nun neben Mammut das Wildpferd, Wollnashorn, Steppenwisent, Wolf, Schermaus, Berglemming und Grasfrosch. Die Elemente der arktischen Tundra dominieren, sind aber in gewissem ökologischen Widerspruch zum Vorhandensein von Grasfrosch und Schermaus. Dieser Umstand weist darauf hin, dass entweder Knochenreste aus verschiedenen Schichten als Niederweningen Fauna zusammengefasst worden sind oder dass wir tatsächlich eine klimastratigraphische Übergangsauna vor uns haben.

1985 sind in der unmittelbaren Nachbarschaft der Bohrungen von 1983 weitere Sondierungen ausgeführt worden, da geotechnische Grundlagen für ein zukünftiges Bauvorhaben der Gemeinde beschafft werden mussten (Bilder 1 und 3). Die neue Bohrung KB 85 hat die früher angetroffenen Abfolgen bestätigt: im einzelnen komplizierte Überschwemmungs- und Verlandungszyklen, hier aber mit zwei Torfschichten. Welche entspricht nun der ehemaligen Fundschicht? Aufgrund der Tiefenlage ab Geländeoberfläche muss es die obere Torfschicht sein (Bild 3). Die detaillierte Aufnahme der Bohrung KB 85 und die ermittelten geotechnischen Eigenschaften der erbohrten Schichten haben aber gezeigt, wie schwierig eine unzweideutige Interpretation dieser Abfolge – und somit der geologischen Umgebung der berühmten Fundstelle – immer noch ist.

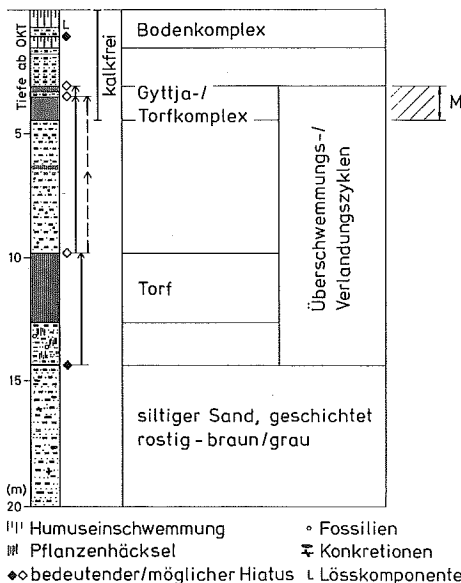


Bild 3 Schematisches Profil der Bohrung KB 85 mit wahrscheinlichstem Schichtäquivalent (= M) der ehemaligen Knochenfunde (aus Ch. Schlüchter, 1985).

Fig. 3 Schematic lithostratigraphy of the KB 85 drilling with most likely position of the *M. primigenius* (= M) beds (from Ch. Schlüchter, 1985).

3 Neue Aufschlüsse

Im Frühjahr 1987 ist der Aushub für das Werkgebäude der Gemeinde unmittelbar neben dem Mammutloch ausgeführt worden. Dabei wurden Aufschlüsse geschaffen, welche die geologische Umgebung der alten Fundstelle besser verstehen lassen und klimastratigraphische Präzisierungen erlauben – neue, spektakuläre Fossilfunde sind allerdings ausgeblieben. Im Folgenden sind die angetroffenen geologischen Verhältnisse kurz dargestellt:

Die abdeckende Kiesschicht, welche die Materialentnahme von 1890/91 ermöglicht hat, keilt ostwärts zur Mammutwiese im Talboden aus, ist also auf den Hügelrücken des ehemaligen Kirchweges beschränkt. Der Kontakt mit den liegenden, feinkörnigen Sedimenten ist, wie schon A. Lang (1892) beschreibt, rinnen- und muldenförmig. Die komplizierte Kontaktgeometrie ist möglicherweise postsedimentär überprägt worden und teilweise auf differentielle Setzungen zurückzuführen; der sedimentäre Übergang aber von den feinkörnigen, liegenden in die grobkörnigen, hangenden Sedimente zeigt nur einen Milieuwechsel ohne wesentlichen Hiatus (= coarsening-upward sequence). – Die Kiesschicht als Ganzes ist in eine ältere und eine jüngere Schüttung gliederbar, die durch einen Hiatus getrennt sind, der auch in den Deckschichten bei Bohrung KB 85 angetroffen worden ist (Bild 3). Von der Zusammensetzung her fallen die abdeckenden Aufschotterungen auf: sie enthalten reichlich (bis 30%) plattige Splitter von Lägerkalk, aber auch alpines Material; es handelt sich offenbar um eine Umlagerungs- und Mischfazies des Periglazialbereiches.

Die liegenden, feinkörnigen Überschwemmungs- und Verlandungssedimente sind von äusserst kompliziertem Aufbau, wie er aufgrund der Bohrresultate allein nie hätte rekonstruiert werden können. Die ungestörte Schichtreihe zwischen abdeckendem Kies und dem Torf ist im einzelnen kaum mehr auszumachen, da postsedimentär intensiv deformiert (Bild 4). Die folgende Schichtreihe lässt sich generell feststellen (von oben nach unten):

- Hellbraunbeiger, siltiger Ton, Schichtung undeutlich bis massig, mit wechselndem, nach unten hohem Gehalt an humosen Einschwemmungen, dort rötlich-graubraun (bis 1 m mächtig).
- Massiger, bis flaserig geschichteter, siltig-toniger Sand mit wechselndem Gehalt an humosen Einschwemmungen (bis 0,5 m mächtig).
- Ausgeprägt geschichtete Abfolge (2 bis 5 cm Wechsellagerung) von siltigem Sand bis siltigem Ton, grau, mit Torf resp. aufgearbeitetem Torf und organischem Detritus; basale, detritische Lage meist Ton; hellgrau bis dunkelbraun (bis 0,3 m mächtig). – Umlagerungs- und Überschwemmungsfazies.

In dieser Schicht ist ein 3 cm langes Bruchstück eines nicht näher bestimmbareren Röhrenknochens gefunden worden (= einziger Knochenfund 1987). Die Vermutung liegt nahe, dass es sich bei dieser «Fundschrift» um den äquivalenten Horizont handelt, der 1890/91 die reichen Knochenfunde enthalten hat.

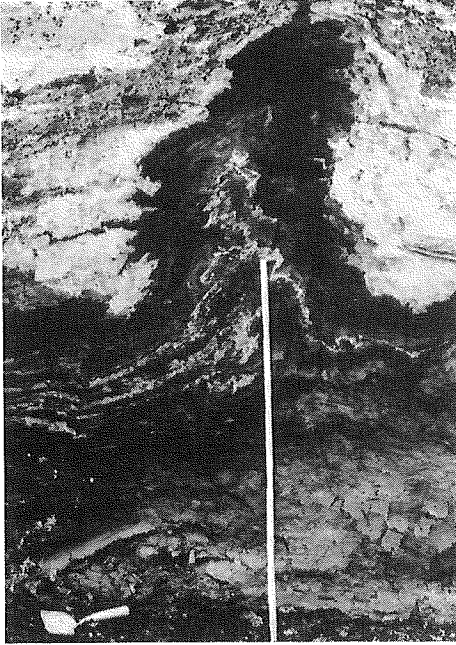


Bild 4 Beispiel der spektakulären Thermokarst-Diapire mit stark verformtem Torf, Aufschluss 1987 (Massstab = 1 m).

Fig. 4 Example of the thermokarst diapire deformation of the Eemian peat and the overlying clayey-sandy silts, excavation 1987 (Scale = 1 m).

- Unter dieser feinkörnigen, klastischen Abfolge folgt eine Torflage. In mehreren Aufschlussbereichen war eine deutliche Schichtung infolge Schwemmholzhorizonten oder feinsten, klastischen Einlagerungen feststellbar. Die eigentliche Torflage wechselt in der Mächtigkeit stark von 30 bis 120 cm.
- Der Torf entwickelt sich aus einem massigen, tonig-sandigen Silt mit zunehmender, humoser Einschwemmung und organogenen Einlagerungen nach oben. Diese graue bis rötlichbraune Übergangsschicht kann vollständig fehlen, kann aber auch bis 60 cm betragen. Sie bildet das eigentliche Dach der lithostratigraphisch tiefsten, aufgeschlossenen Schicht:
- einem hellgrauen bis grünlichgrauen, massigen, sandig-tonigen Silt mit vereinzelt kiesgrossen Quarzgeröllen, die z.T. auffallend zersetzt sind. Die Mächtigkeit ist über 1 m. Die diamiktische Textur dieser Ablagerung beruht auf dem glazigenen Charakter des Ausgangsmaterials, wobei es sich aber nicht um Grundmoräne in situ handelt, sondern um selektiv verlagerte, ausgewaschene Komponenten davon (Kies und Blöcke fehlen praktisch ganz, der Anteil der Tonfraktion ist stark reduziert).

Interessant, aber nicht befriedigend interpretierbar, sind die geotechnischen Eigenschaften, v.a. die Raumgewichte (also die Lagerungsdichte) der feinkörnigen Sedimente. Die besser durchlässigen, sandigen und siltigen Lagen neigen zu überkonsolidiertem Verhalten, sind aber als Ganzes nicht

vorbelastet. Feinkörnige Lockergesteine (tonige Silte bis siltige Sande) zeigen in der Regel typisches, krümeliges Aufbrechen; die Sedimente im Aufschluss hier – mit Ausnahme der Tone – zeigen aber ungewöhnliche, muschelige «Bruchflächen».

4 Postsedimentäre Deformationen

Die Deformationen der 1987 aufgeschlossenen Sedimente sind ausserordentlich spektakulär, vor allem deshalb, weil die Torflage als Ganzes oder doch zumindest deren oberste Schichten darin einbezogen sind. Zwei postsedimentäre Deformationsmuster lassen sich unterscheiden:

- Der Torf und z.T. auch die humos-organogenen Silte zeigen bis über 1 m hoch entwickelte Diapire, mit konzentrischer, gleichmässig exakter Innenstruktur (Bild 4), teilweise aber mit diffus aufgebrochenem und leicht erodiertem Dach. Im ganzen Aufschluss von max. 45 m auf max. 60 m ist die Torfoberfläche diapirartig deformiert, was in A. Langs Mitteilung von 1892 als «Trampeldeformation» durch die Mammutherde interpretiert worden ist. Auffallend ist auch, wie teilweise eine postsedimentäre Materialverlagerung stattgefunden haben muss, die sich in einer Torfanreicherung im Diapir zeigt. Vor allem in Richtung Mammutloch, also zum Talboden hin, ist zu beobachten, wie das Dach der diapirartigen Aufwölbungen im cm- bis dm-Bereich aufgebrochen ist und wie diese Risse und Spalten vollständig mit Ton ohne Sedimentstruktur verfüllt sind. Zum Teil sind auch einzelne Torffetzen vom Diapir abgetrennt und schwimmen in komplizierten, wolkeigen Verteilungsmustern in der tonigen, hellgrauen Matrix. An einigen Stellen konnte beobachtet werden, dass es sich bei den Tonverfüllungen in den aufgebrochenen Torflagen um das gleiche Sedimentmaterial handelt, welches in ungestörten Lagerungsverhältnissen auf dem Torf liegt. In einer Spätphase der Deformationen muss die ganze Abfolge subaquatisch überprägt worden sein, wobei die schon während der Diapirphase verlagerten Tonlagen remobilisiert wurden, sich im aufgerissenen Torf ein- und aufschwimmende Torffetzen umlagerten. Offenbar ist auch der Kontakt mit den überlagernden Schottern durch die Diapirbildung noch mitgestaltet worden. – Die durch diapirartige Deformationen gestörten Schichten zeichnen sich durch bedeutende Dichteunterschiede aus: Zwischen dem leichteren Torf (unten) und dem schwereren, massigen, sandigen Silt (oben) fand ein Dichteausgleich resp. eine Dichte-Umkehr unter der beobachteten Durchdringungs- oder Brodeldeformation statt. Beobachtungen über solche Deformationsmuster sind in vergleichbaren Sedimentabfolgen zahlreich und sind von H. Strunk (1983) in ihrem paläogeographischen Umfeld beschrieben worden. Als einziges Milieu, das solche Formen produziert, kommt diskontinuierlicher Permafrost in Frage, mit der Faziesentwicklung der Palsas und Alas, wo sich kleinere und grössere Thermokarst-

seen und -tümpel bilden, die ihrerseits komplizierte Grundwasserspiegelschwankungen bedingen, welche dann komplexe Deformationen durch den Abbau von lokalem Porenwasserüberdruck einleiten können (A. L. Washburn, 1979).

- Die diapirartig deformierten Sedimente zeigen zusätzlich ein System von Brüchen und steilstehenden Harnischflächen, welche die bereits deformierte Abfolge durchsetzen, nicht aber die hangenden Schotter erfassen. Es handelt sich dabei offenbar um ein «compaction faulting» (= Setzungsbrüche), das durch die zweite Aufschotterung ausgelöst worden sein kann oder auch nur infolge Absinkens des Grundwasserspiegels sich progressiv zur heutigen tiefsten Talebene hin entwickelte.

Die komplizierte Abfolge von Verwitterung, cryologischer Thermokarstdeformation und Sedimentumlagerung in Abhängigkeit eines schwankenden und zuletzt massgeblich absinkenden Grundwasserspiegels ist für die nicht widerspruchsfrei erklärbaren geotechnischen Eigenschaften der dargestellten Sedimente verantwortlich.

5 Bedeutung der Beobachtungen und Zusammenfassung

Die Beobachtungen zur Geologie der unmittelbaren Umgebung der Fossilfundstelle von 1890/91 führen vor dem Hintergrund der Neubearbeitung der Niederweningen Fauna durch K. A. Hünemann (1987) und der palynostratigraphischen Gliederung von M. Welten (im Druck) zu den folgenden Feststellungen:

- Aufgrund der Aufschlussverhältnisse von 1987 (Bild 1) und dem einzigen, bescheidenen Knochenfund ordnen wir die 1890er Funde der gleichen Fundschicht zu, d.h. dem Dach des oberen Torfes (vgl. KB 85, Bild 3) resp. der darüberliegenden Wechsellagerung von Torf, Ton und siltigem Sand.
- Darüber wurde mindestens ein weiterer Überschwemmungs-/Verlandungszyklus abgelagert, bis die Gegend vom Permafrost erfasst wurde und es dann bei seinem Zerfall zur intensiven Zweiphasendeformation der Sedimentfolge gekommen ist.
- Aufgrund von M. Weltens (im Druck) palynostratigraphischer Zuordnung gehören die Schichten unmittelbar über dem Torf in den Übergangsbereich von der letzten Warmzeit zum ersten kaltzeitlichen Stadial-/Interstadialkomplex. Sie haben also klimastratigraphischen Übergangscharakter (Bild 2). Dieser Befund deckt sich mit den ökologischen Aussagen von K. A. Hünemanns Neubearbeitung der Niederweningen Fauna mit ihrem Miteinander von arktischen und gemäßigten Faunenelementen.
- Die Sedimentdeformationen sind zeitlich nach dem durch die Palynostratigraphie erfassten Zeitabschnitt der letzten Eiszeit einzustufen, gehören also ins Mittel- oder frühe Spätwürm und sind klimastratigraphisch wahrscheinlich mit der maximalen Gletscherausdehnung zu korrelieren.

- Noch nicht befriedigend erklärbar sind in einem solchen Modell die bedeutenden Verwitterungserscheinungen auf den Deckschichten der Lockergesteinsserien im Niederweningen Mammutgebiet (Bild 3).
- Die komplizierten Vorgänge während der letzteiszeitlichen Permafrostbedingungen (Bild 4) und den damit verbundenen äusserst komplexen Grundwasserverhältnissen haben die auffallenden, geotechnischen Eigenschaften der Lockergesteine in der 1987er Baugrube geprägt.
- Das Einmalige der Aufschlüsse von 1890/91 lag im Fossilinhalt der Schichten, 1987 in der geologisch-klimastratigraphischen Aussage, und wir hoffen, dass mit dem weiteren, in der Mammutgegend geplanten Bauobjekt die noch nicht vollständig abgesicherten Zusammenhänge weiter freigelegt werden.

6 Literatur

- Heim, A. (1919): Geologie der Schweiz, Bd. 1, 704 S. Leipzig (Tauchnitz).
- Hünermann, K. A. (1987): Faunenentwicklung im Quartär. Mitt. d. Naturf. Ges. Luzern, Bd. 29: 151–171.
- Lang, A. (1892): Geschichte der Mammutfunde. Ein Stück Geschichte der Paläontologie, nebst einem Bericht über den schweizerischen Mammutfund in Niederweningen 1890/91. Neujahrsblatt hrsg. von der Naturf. Ges. auf das Jahr 1892, XCIV: 2–35, Zürich.
- Schlüchter, Ch. (1985): Guidebook to the Excursions of Oct. 16 and 17, 1985 on “Quaternary Reference Sections in the Eastern and Central Alpine Foreland of Switzerland”, INQUA, Subcommittee on European Quaternary Stratigraphy, 88 S. Zürich (ETH).
- Strunk, H. (1983): Pleistocene diapiric upturnings of lignites and clayey sediments as periglacial phenomena in Central Europe. 4th Int. Conference on Permafrost, Proceedings: 1200–1204, Washington, D.C. (National Academy Press).
- Washburn, A. L. (1979): Geocryology – A survey of periglacial processes and environments, 406 S. London (Arnold).
- Wegmüller, S. (1987): Das Schieferkohlegebiet von Gondiswil – Ufhusen – Zell. Physische Geographie, Vol. 25: 1–16, Zürich (Geogr. Inst. d. Univ.).
- Welten, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 156, Basel (Schweiz. Geol. Kommission).
- Welten, M. (im Druck): Neue pollenanalytische Ergebnisse über das jüngere Quartär der nordalpinen Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F., Bern (Landeshydrologie und -geologie).