

Mammutmuseum Niederweningen

Naturgeschichtlicher Teil der Ausstellung

*Text Dr. Heinz Furrer, Kurator,
Paläontologisches Institut und Museum der Universität Zürich
(Stand 23.9.2005)*

Die Publikationen unserer Website stehen den Lesern frei zur Verfügung. Bei Weiterverbreitung bitten wir um Quellenangabe "Mammutmuseum Niederweningen" und Erwähnung der Autoren.

Die Nummern beziehen sich auf den Museumsgrundriss im Prospekt des Museums. Kursiv gesetzte Teile sind interne Hinweise. Lateinische Gattungs- und Artnamen sind kursiv gesetzt

1 Eingangsbereich

Frontvitrine links:

Ein 2,50 m langer Stosszahn eines älteren Mammutbullens aus der Baugrube Niederweningen-Mammutweg

Im April 2004 wurden unter der Baugrubensohle für die Tiefgarage der Wohnüberbauung Mammutweg mehrere verstreut liegende, meist zerbrochene Knochen und Zähne eines ausgewachsenen Mammuts gefunden. Neben zwei Rückenwirbeln, einigen Rippen und einem Unterkieferfragment mit stark abgekautem Backenzahn wurden Stosszahnfragmente sowie ein gut erhaltener Stosszahn geborgen. Die Funde stammen möglicherweise von einem älteren Mammutbullen, dessen Knochen und Zähne nach dem Tode durch ein Hochwasser verschwemmt wurden.

Frontvitrine rechts:

Neue Mammutfunde aus zürcherischen Kiesgruben

Im Herbst 2002 und Winter 2002/03 wurden beim Kiesabbau in der Südgrube der Weiacher Kies AG ein Oberschenkelknochen und drei verschieden grosse Fragmente von Stosszähnen vom Mammut gefunden. Alle vier Funde stammen aus einer braunen siltigen Sandlinse, die in etwa 12 m Tiefe im Kies auftrat. Knochen und Zähne aus Kies- und Sandgruben haben meist eine sehr helle Farbe, da das organische Material im sauerstoffhaltigen Porenwasser vollständig zersetzt wurde.

Die Kosten für die aufwändige Konservierung wurden von der Firma Weiacher Kies AG getragen.

Legende zu Objekten:

1,20 m langes Stosszahnfragment eines ausgewachsenen Mammuts von Weiach, Fund 2003

Oberschenkelknochen eines noch nicht ausgewachsenen Mammuts, Fund 2002

Backenzahn eines Mammuts von Wasterkingen, Fund

Beginn Zeitkanal:

HEUTE

Dieser Zeitkanal führt als «Roter Faden» durch die Ausstellung in die immer weiter zurück liegenden Zeitabschnitte der langen Geschichte des Wehntals. Vom Heute über die ersten Besiedlungsspuren in das Eiszeitalter mit den Mammutfunden von Niederweningen. Dahinter folgt die ältere geologische Geschichte bis in die Jura-Zeit mit den 145 Millionen Jahre alten Fossilien aus den Lägernkalken.

Anfänglich überschreiten Sie mit jedem Schritt etwa 200 Jahre im Mittelalter und der Römerzeit, dann etwa 500 Jahre in der Eisen- und Bronzezeit, 5000 Jahre in der Jungsteinzeit, 25 000 Jahre in der späteren Eiszeit, 200 000 Jahre im Mittleren Pleistozän, 500 000 Jahre im Frühen Pleistozän, 1 Million Jahre im Pliozän, 5 Millionen Jahre im Miozän, 10 Millionen Jahre im Oligozän und schliesslich überspringen Sie in der Kreide mit dem letzten Schritt fast 100 Millionen Jahre bis in die Jura-Zeit.

2 Niederweningen, die bedeutendste Mammutfundstätte der Schweiz

Zur Geschichte der Mammutfunde in der Schweiz

Der spektakuläre Fund eines zusammenhängenden Mammutskeletts in einer Torfschicht in der Baugrube Murzlenstrasse in Niederweningen im Juli 2003 rückte die historischen Mammutfunde von 1890/91 im benachbarten «Mammutloch» aber auch die bisherigen Mammutfunde in der Schweiz in das Interesse der Öffentlichkeit. Aus Niederweningen sind bis heute mindestens neun Mammute nachgewiesen, darunter ein ganz junges Mammutkalb. Mit den weiteren, allerdings spärlichen Fossilien von Wollnashorn, Wildpferd, Steppenwisent, Wolf, Schermaus, Lemming und Frosch ist Niederweningen die reichhaltigste eiszeitliche Wirbeltierfundstelle der Schweiz.

Die frühesten dokumentierten Funde von Mammutknochen aus der Schweiz wurden 1577 beim Kloster Reiden im luzernischen Wiggertal ausgegraben. Der damalige Basler Arzt Felix Platter bestimmte sie als Knochen eines 6 Meter hohen Riesen, damit gingen sie als «Riese von Reiden» oder «Luzerner Riese» in die Literatur ein. 1799 wurden diese und andere vergleichbare Knochen und Zähne aus Deutschland vom Naturforscher Johann Friedrich Blumenbach erstmals dem Mammut, einem eiszeitlichen Elefanten zugeordnet und als *Elephas primigenius* beschrieben. Heute wird das eiszeitliche Wollhaarmammut in der Naturwissenschaft weltweit als *Mammuthus primigenius* bezeichnet.

Spätere Funde stammen meist aus Kies- und Sandgruben des Mittellandes. So sind z.B. aus dem Gebiet von Basel seit 1769 über 200 Mammutknochen und -zähne bekannt geworden und auch aus dem Kanton Zürich wurden seit 1821 mehr als 60 Funde vermerkt.

Seit den Mammutfunden von 1890/91 ist Niederweningen die reichhaltigste eiszeitliche Wirbeltierfundstelle der Schweiz. Hier wurden 1890 beim Kiesabbau für die neue Bahnlinie in einer unter Kies und Lehm liegenden Torfschicht spektakuläre Funde gemacht. Mehr als 100 Knochen, Backenzähne und Stosszähne stammen von mindestens sieben verschiedenen Mammuttieren, darunter ist ein unvollständiger Skelettrest eines ganz jungen Mammutkalbs von besonderem wissenschaftlichem Interesse. Zusätzlich fanden sich in der eiszeitlichen Torfschicht und in darüber liegenden tonigen Seeablagerungen einzelne Knochen und Zähne von Wollnashorn, Wildpferd, Steppenwisent, Wolf, Schermaus, Lemming und Frosch. Bereits 1892 wurde in der ETH Zürich eine eindruckliche Rekonstruktion eines Mammutskeletts gezeigt, deren teilweise ergänzte Originalknochen von mindestens fünf verschiedenen Indi-

viduen stammten. Ab 1914 fand das Niederweningen Mammut seinen Stamplatz im Zoologischen Museum des neu erbauten Hauptgebäudes der Universität Zürich. Erst Jahre später, als weitere gut erhaltene Mammutkadaver aus dem Permafrostboden in Sibirien bekannt wurden, stellte man fest, dass die Stosszähne seitenverkehrt eingesetzt worden waren. Die damaligen Funde befinden sich heute in der Sammlung des Paläontologischen Museums. Eine mit passenden Kunststoffabgüssen ergänzte, korrekte Skelettrekonstruktion eines ausgewachsenen Mammuts ist seit 1991 im Zoologischen Museum der Universität Zürich ausgestellt.

Karte der Schweiz und Tabelle mit den wichtigsten Mammutfundorten

Erste Funde von Mammutknochen wurden in der Nordschweiz bereits im Mittelalter gemacht. Inzwischen sind Funde praktisch aus dem ganzen Mittelland vom Bodensee bis Genf bekannt geworden. In den Alpentälern und im Tessin gibt es keine Funde. Die äussere Linie zeigt die maximale Ausbreitung der Alpengletscher an; die innere Linie diejenige der letzten Vergletscherung.

Skelettrekonstruktionen des Niederweningen Mammuts: links: Die Rekonstruktion eines Niederweningen Mammuts von 1892 mit seitenverkehrt eingesetzten Stosszähnen nach dem Vorbild des Adams-Mammuts aus Sibirien, 1806 aufgestellt in St. Petersburg (aus Lang, 1893); rechts: die neue Rekonstruktion von 1991 im Zoologischen Museum der Universität Zürich (Foto Zoologisches Museum Universität Zürich).

Frühere wissenschaftliche Untersuchungen in Niederweningen

Die wissenschaftliche Bedeutung und besonders das Alter der Mammut-führenden Torfschicht von Niederweningen waren lange umstritten, da die Fachleute bis Mitte des 20. Jahrhunderts ein sehr junges, nacheiszeitliches Alter annahmen. Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen der komplexen Torfprofile in Kernbohrungen von 1983 hingegen wiesen auf ein höheres Alter am Beginn der letzten Eiszeit hin. Mit modernsten physikalischen Methoden zur Altersbestimmung von Knochen, Zähnen und Holz aus der Torfschicht und des darüber liegenden Seebodenlehms konnte das Alter der obersten Torfschicht mit dem Mammutfund auf 45 000 Jahre festgelegt werden. Aus der Schweiz sind nur wenige vergleichbare Mammutreste bekannt, die so alt sind. Während die Funde aus den Schieferkohlen von Gondiswil im Grenzgebiet der Kantone Luzern und Bern mit 55 000–48 000 Jahren etwas älter sein dürften, sind die meisten übrigen Mammutreste der Schweiz mit 20 000–14 000 Jahren deutlich jünger.

Obwohl bei den Grabungsarbeiten 1890/91 auch Albert Heim, der damalige Professor für Geologie an der ETH Zürich, zu Rate gezogen und ein geologisches Profil mit Sedimentproben dokumentiert wurde, konnten keine genaueren Angaben zum Alter der Torfschicht und der spektakulären Funde gemacht werden. So schrieb Heim (1919) in seinem grossartigen Lehrbuch «Geologie der Schweiz» vom «postglazialen Torf» von Niederweningen, nahm also ein nacheiszeitliches Alter an.

Neue Forschungen erfolgten erst durch Max Welten, Professor für Botanik an der Universität Bern, der zwei wissenschaftliche Bohrungen von 1983 im Hinblick auf eine vegetationsgeschichtliche Untersuchung der Torfschichten auswertete. Welten zeigte 1988, dass die in 7 m Tiefe angebohrten obersten Torfschichten an den Beginn der letzten Eiszeit zu stellen sind (vor ca. 100 000 Jahren), ein tiefer liegender Teil aber noch zur letzten Zwischeneiszeit (Interglazial) gehört (vor ca. 120 000 Jahren).

Eine weitere Bohrung 1985 im Bereich des geplanten Feuerwehrgebäudes zeigte zwei dicke Torfschichten: eine jüngere in 3,00–4,50 m Tiefe, darunter 6 m siltige Sande und in 10 m Tiefe eine 2,60 m dicke ältere Torfschicht. Noch war aber unklar, aus welchem Torf die Mammutfunde stammten.

Der Aushub des Gebäudes wurde dann 1987 durch Mitglieder des Vereins für Ortsgeschichte Niederweningen unter wissenschaftlicher Leitung des Geologen Christian Schlüchter und des Paläontologen Karl Hünemann begleitet. Die jüngere Torfschicht wurde grossflächig angeschnitten und zeigte auffällige domartige Deformationserscheinungen (Diapire), wie sie beim tiefgründigen Gefrieren und Wiederauftauen in versumpften Bereichen der Tundra in Sibirien, Nordskandinavien und Nordkanada entstehen. In der Torfschicht fanden sich ausser reinen, moosreichen Torflagen mit auffälligen Käferresten auch zusammengespülte Holzlinen aus vorwiegend Birkenästen. Zur grossen Enttäuschung kam nur ein kleines, unbestimmbares Knochenfragment zum Vorschein. Beim Aushub für das Schulhaus Mammutwies, das 1990 im Bereich des «Mammutlochs» von 1890 gebaut wurde, kam nur wenig Torf zum Vorschein, aus dem neben kleinen Knochensplittern wenigstens drei Mäusezähne heraus gewaschen werden konnten.

Wichtige Beobachtungen ermöglichte 1994 eine Grundwasserbohrung in der Talebene bei Oberweningen, in der die Grundmoräne erst in 124 m Tiefe erreicht wurde. Darüber lagen grobkörnige Schotter, die als Gletschersee-Moräne zu deuten sind, sowie kaltzeitliche Seeablagerungen. In 18 m Tiefe wurden die feinkörnigen Seebodenlehme von Verlandungssedimenten mit Torf abgeschlossen, der etwa 40 000 Jahre alt ist. Darüber folgten lehmiger Kies und reine Schotter, die vom jüngsten Vorstoss des Linthgletschers in das Glatttal zeu-

gen. Die zugehörige Endmoräne ist als markanter Hügelzug zwischen Schöfflisdorf und Steinmaur erkennbar.

Plan von Niederweningen mit der Lage des «Mammutlochs» von 1890/91, der Kernbohrungen und der Baugruben 2003 und 2004.

1890/91 «Mammutloch»

1-83, 2-83, 85 Kernbohrungen 1983 und 1985

2003 Baugrube Murzlenstrasse

2004 Baugrube Mammutweg

Schematisches Säulenprofil bei Niederweningen.

Das schematische, aus verschiedenen Beobachtungen zusammengesetzte Säulenprofil bis in eine Tiefe von 20 m dokumentiert die komplexe geologische Geschichte des Wehntals vom Mittleren Pleistozän bis heute.

Das Alter der Mammutfunde von Niederweningen und anderer Schweizer Fundstellen

Das Alter der Mammutfunde von Niederweningen war lange umstritten. 1994 ergaben erste Radiokarbondatierungen (14C-Methode) an Pflanzenmaterial und Knochenfunden von 1890 und 1987 ein überraschend junges Alter von etwa 33 000 und 35 000 Jahren. Aufwändige neue Datierungen mit einer verbesserten 14C-Methode am Neufund 2003 und Altfund 1890 weisen darauf hin, dass die früheren Altersbestimmungen korrigiert werden müssen. In Übereinstimmung mit der Thermolumineszenz-Datierung des darüber liegenden Seebodenlehmes konnte das Alter des neuen Mammutfundes und von Hölzern, die in der gleichen Torfschicht lagen, auf 45 000 Jahre festgelegt werden.

Mit entsprechender Vorsicht sind die vergleichbaren 14C-Alter von Mammutzähnen in einer Kiesgrube von Obfelden aufzunehmen. Im Reusstal-Schotter dieser Region wurden verschiedentlich Mammutreste gefunden. Etwas älter sind die Mammutzähne von Gondiswil, die von 1917–1920 beim Abbau von Schieferkohle im Grenzgebiet der Kantone Bern und Luzern zum Vorschein kamen. Sie sind nach vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen 55 000–48 000 Jahre alt.

Die meisten übrigen Mammutreste der Schweiz, fast immer isolierte Backenzähne, Stosszähne und Knochen, fand man in Kies- und Sandgruben, die beim letzten grossen Glet-

schervorstoss abgelagert wurden. Dazu gehören auch die relativ zahlreichen Funde aus den zürcherischen Kiesgruben von Glattfelden, Weiach und dem Rafzerfeld, die 22 000–18 000 Jahre alt sind. Aus der gleichen Zeit stammt der Mammutschädel, der 1987 in einer Kiesgrube bei Mellikon AG entdeckt wurde. Im selben Jahr wurde in Uster der mit 14 000 Jahren jüngste Mammutknochen des Kantons Zürich geborgen. Etwa gleich alt ist der bisher vollständigste Mammutfund der Schweiz, der 1969 in einer Kiesgrube bei Praz-Rodet im Vallée de Joux VD ausgegraben wurde. Dieses etwa zu 80% erhaltene Mammutskelett ist hier im Museum in einer ergänzten Rekonstruktion zu sehen.

Die Mammutfunde 2003 und 2004 von Niederweningen

Am 2. Juli 2003 entdeckte ein Baggerführer in der Baugrube Murzlenstrasse 7 in Niederweningen, nur 100 m vom alten «Mammutloch» von 1890/91 entfernt, den Unterkiefer eines weiteren Mammuts. In einer Rettungsgrabung wurden Knochen und Zähne eines grossen zusammenhängenden Skelettrestes aus einer Torfschicht geborgen und sorgfältig dokumentiert. Damit rückte das Fundgebiet von Niederweningen als bedeutendste Mammutfundstätte der Schweiz nach über 100 Jahren erneut in das Interesse von Öffentlichkeit und Wissenschaft. Die im Torf erhaltenen Pflanzenreste – Wasserpflanzen, Torfmoos, Blätter, Samen, Hölzer, besonders aber auch Pollen und Sporen – sowie die vielen Insektenreste ermöglichen zudem detaillierte Aussagen zur Klimaentwicklung während der letzten Vergletscherung in der Schweiz.

Der am 2. Juli 2003 vom Baggerführer Thomas Maag entdeckte Skelettrest eines weiteren Mammuts in der Baugrube an der Murzlenstrasse 7 in Niederweningen lag nur 100 m vom alten «Mammutloch» von 1890/91 entfernt. In einer dreiwöchigen Rettungsgrabung bargen die Kantonsarchäologie Zürich und das Paläontologische Museum der Universität Zürich den Unterkiefer mit zwei Backenzähnen, vier isolierte Backenzähne des Oberkiefers, Teile der beiden Stosszähne sowie weitere 50 Knochen. Die sorgfältige Dokumentation der Funde und der geologischen Profile sowie die systematischen Probenentnahmen bildeten die Grundlage für spätere vegetationsgeschichtliche Untersuchungen der komplexen Schichtabfolge.

In einer weiteren Baugrube am Mammutweg, direkt anschliessend an das Niederweningen «Mammutloch» von 1890, wurde im April 2004 wiederum eine Torfschicht angeschnitten. Bei der systematischen Aushubbegleitung und einer Notgrabung im Bereich der geplanten Tiefgarage wurden auf einer Fläche von etwa 45 m² mehrere Knochen und Zähne geborgen. Die Mammutreste, darunter zwei Rückenwirbel, einige Rippen, ein Unterkieferfragment mit stark

abgekautem Backenzahn und ein gut erhaltener Stosszahn, stammen vermutlich von einem älteren Mammutbullen, dessen Knochen und Zähne nach dem Tode durch ein Hochwasser verschwemmt wurden. Auf Umlagerungsprozesse deuten der hohe Sandanteil, die vielen Brocken von aufgearbeitetem Torf, einzelne gerundete Gerölle und die meist fragmentarische Erhaltung der Mammutknochen. Daneben fanden sich auch relativ viele kleine Knochen von Fröschen und Vögeln, Kieferfragmente und Einzelzähne von zwei Mäusearten, ein einzelner Zahn der Höhlenhyäne sowie viele Insektenreste.

Zur Geologie und Erdgeschichte des Wehntales

Das Wehntal liegt nördlich der Lägern, dem östlichsten Ausläufer des Faltenjuras, und ist in die Gesteine der Molasse der Tertiär-Zeit eingeschnitten. Die Auffaltung des Jura-gebirges und damit auch der Lägern geschah nach der Ablagerung der Molasse-schichten in der Zeit zwischen 9 und 4 Millionen Jahren vor heute. Die darüber liegenden Deckenschotter kamen als älteste Ablagerungen des Eiszeitalters vor etwa 2 Millionen Jahren dazu. Das Wehntal selbst entstand vor etwa 800 000 Jahren, als sich die Schmelzwasserflüsse und vorstossenden Alpengletscher der grössten Eiszeit tief in die älteren Ablagerungen der Deckenschotter und der Molasse einschnitten. In den nachfolgenden Warm- und Kaltzeiten wurde das etwas abseits der grossen Gletscher- und Schmelzwasserströme liegende Tal hauptsächlich von feinkörnigen Seeablagerungen gefüllt. Zwischen 70 000 und 45 000 Jahren vor heute bildeten sich am Rande eines verlandenden Wehntalsees im Gebiet von Niederweningen die Torfschichten, in deren obersten Lagen die Fossilien der Eiszeittiere erhalten geblieben sind.

Bei einer Tiefbohrung im Wehntal würden immer ältere Ablagerungs- oder Sedimentgesteine durchschnitten, bis man in etwa 1300 m Tiefe auf das mindestens 300 Millionen Jahre alte kristalline Grundgebirge träfe. Bei der Auffaltung des Jura-gebirges und damit auch der Lägern wurde auf leicht verformbaren Gesteinen (Salz, Anhydrit der mittleren Trias) das gesamte darüber liegende Gesteinspaket (mittlere Trias bis später Jura und Tertiär) durch den Schub der Alpen nach Nordwesten verschoben und verfaltet. Im Bereich der überkippten und durch Brüche gestörten Antiklinalstruktur der Lägern sind auch die Sedimentgesteine der Molasse steil gestellt, bei Niederweningen bilden sie noch eine flache Mulde mit praktisch horizontal liegenden Sandsteinen und Mergeln der Oberen Meeresmolasse und der darüber liegenden Oberen Süsswassermolasse, die bis in das mittlere Miozän reicht.

Wie ein Deckel liegen darüber im Gebiet der Egg oder der Schleiniker Platten die gut zementierten Nagelfluhbänke der Deckenschotter. Diese ältesten Ablagerungen des Eiszeitalters

setzen mit scharfer Grenze vor etwa 2 Millionen Jahren ein, nach einer etwa 7 Millionen Jahre umfassenden Lücke in der Erdgeschichte. Nach einer bedeutenden morphologischen Veränderung vor etwa 1 Million Jahren schnitten sich die Schmelzwasserflüsse und vorstossenden Gletscher der grössten Eiszeit in das Gebiet ein und räumten das Wehntal und seine direkte Verlängerung nach Lengnau ins Surbtal aus. In den nachfolgenden Warm- und Kaltzeiten wurde das etwas abseits der grossen Gletscher- und Schmelzwasserströme liegende Wehntal hauptsächlich von feinkörnigen See-, Sumpf- und Moorablagerungen gefüllt. Offensichtlich führte die Felsschwelle zwischen Unter-Schneisingen und Lengnau zur Bildung eines langen schmalen Sees, dessen Wasserspiegel durch das Klima und Schmelzwasser gesteuert wurde.

Zwischen 70 000 und 45 000 Jahren vor heute bildeten sich am Rande dieses verlandenden Wehntalersees im Gebiet von Niederweningen die Torfschichten, in deren obersten Lagen die Fossilien der Mammute und anderer Eiszeittiere eingebettet sind. Nach einer nochmaligen Überschwemmungs- und Verlandungsphase mit Seesedimenten und Torf kühlte sich das Klima stark ab. Älteres Moränenmaterial und Gehängeschutt vom Nordhang der Lägern wurden als lehmiger Kies auf die Sumpfablagerungen geschüttet. Offensichtlich wurde das Wehntal aber nicht mehr vom Gletschereis überfahren. Die markante Stirnmoräne weiter talaufwärts bei Sünikon stammt vom letzten Gletschervorstoss vor 28 000 Jahren, der mit der raschen Klimaerwärmung vor 22 000 Jahren endete. Seither dominierten im Wehntal wiederum Sumpfablagerungen, die nur noch durch lokale Bachschuttkegel und Rutschungen gestört wurden.

Vereinfachte geologische Karte der Nordschweiz (Nagra, 2005).

Zwei geologische Profile durch Wehntal und Lägern (Nagra, 2005)

12 Das Eiszeitalter und seine Zeugen in Niederweningen

Das vollständigste Torfprofil in der Baugrube Mammutweg Niederweningen vom April 2004

(Lackabzug)

Der Mammuttorf entstand in einer kurzen Warmphase während der letzten Eiszeit

Die späteiszeitlichen Torfschichten von Niederweningen zeigen eine komplexe Abfolge von kaltzeitlichen Seesedimenten und warmzeitlichen Sumpfablagerungen, die zusätzlich von späteren Deformationserscheinungen gestört sind. Nach neuesten Datierungen setzte die Verlandungsphase mit Torfbildung, ausgelöst von einer kurzen Klimaerwärmung, vor etwa 70 000 Jahren ein. Das Mammutskelett selbst war in den obersten 30 cm in einem eigentlichen Moostorf eingebettet, der etwa 45 000 Jahre alt ist. In der günstigsten Zeit war das Klima geprägt von kurzen warmen Sommern und kalten schneereichen Wintern. Verhältnisse wie man sie heute im Bereich der Waldgrenze in den Voralpen und im Jura findet. Oder in Sibirien am Übergang von den nördlichsten Nadelwäldern zur baumlosen Tundra. Die darüber liegenden hellgrauen Seesedimente zeigen eine deutliche Abkühlung an.

Bei der Ausgrabung und Bergung des Mammut skelettes im Juli 2003 konnten die Zusammensetzung und der räumliche Verlauf der verschiedenen Sedimentschichten studiert, sowie Proben für die weitere wissenschaftliche Bearbeitung geborgen werden. Im April 2004 konnte in der benachbarten Baugrube ein Profil der Torfschicht mit Polyesterharz gefestigt und im Original abgelöst werden.

Aus der Zusammensetzung der Lockersedimente kann auf deren Ablagerungsbedingungen geschlossen werden. Die Fossilien, also die darin enthaltenen Reste ehemaliger Organismen, geben Auskunft über die früheren Lebens- oder Umweltbedingungen. Dabei sind die mikroskopisch kleinen Pollenkörner und Sporen von besonderem Wert, da sie durch ihre Häufigkeit und gute Erhaltungsfähigkeit einen relativ vollständigen Beleg der damaligen Pflanzenwelt darstellen. Zudem sind Pflanzen ausgezeichnete Anzeiger der jeweiligen Boden- und Klimaverhältnisse. So wird in der Pollenanalyse das Mengenverhältnis von Bäumen und Sträuchern gegenüber Kräutern zur Interpretation des Klimas benützt. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass im Torfprofil, also den am tiefsten gelegenen Sumpfablagerungen, nicht nur die dort lebenden Pflanzen überliefert sind, sondern auch Pollenkörner aus der Vegetation der umliegenden Hügelzüge, die durch Wind und Wasser zusammen getragen wurden.

Pollen und Käfer zeigen Vegetation und Klima an

Zu Beginn des Torfwachstums zeichnet sich in den Seesedimenten eine sehr offene Landschaft um einen verlandenden See ab. Die geringe Anzahl an Bäumen und Sträuchern zeigt, dass die klimatischen Bedingungen sehr ungünstig und für Baumwachstum weitgehend ungeeignet sind. Den Hauptanteil machen Wacholder (*Juniperus*), Birke (*Betula*) und Weide (*Salix*) aus. Während der folgenden Zeitspanne haben sich die klimatischen Bedingungen langsam gebessert, da die Bewaldung des Tales relativ rasch einsetzt. Lockere Mischwälder aus Rottanne oder Fichte (*Picea*), Birke (*Betula*) und Lärche (*Larix*) wuchsen im trockeneren Randbereich eines Flachmoors und in den tieferen Hanglagen. Die Föhre (*Pinus*) war selten. Neben Zwergbirken stehen einzelne Baumbirken und Fichten auch auf dem Moor. Der niedrige Anteil an Baumpollen vermittelt den Eindruck einer Vegetation, wie man sie heute am Übergang von den nördlichsten Nadelwäldern zur baumlosen Tundra findet. Auf den begrenzenden Hügelzügen Egg und Lägern wuchsen vor allem Arve, Lärche, Legföhre und Erle. Die Waldgrenze lag bedeutend tiefer als heute, so dass mindestens der oberste Teil der Lägern, und eventuell auch die Hochfläche der Egg, von baumlosen Alpenwiesen und offenen Steinflächen geprägt war.

Warme Sommer und kalte schneereiche Winter

Auf Grund der nachgewiesenen Pflanzen entsprach das Klima in der günstigsten Zeit etwa den Verhältnissen im Bereich der heutigen Waldgrenze in den Alpen oder im Jura: Warme Sommer, kalte schneereiche Winter. Die Vegetationszeit war eher kurz. Relativ genaue Angaben erlauben die nachgewiesenen Käferarten, die heute in Mitteleuropa ausgestorben und auf den Norden Schottlands, Skandinaviens, Sibiriens, Alaskas und Kanadas beschränkt sind. Während an extreme Kälte angepasste Formen nur im unteren und mittleren Abschnitt des Torfs auftreten, sind es im obersten Abschnitt hauptsächlich Arten der nördlichsten Wälder Sibiriens (Taiga). Die Durchschnittstemperatur für den wärmsten Monat (Juli) lag irgendwo zwischen 9°C und 11°C, für den kältesten Monat (Januar/Februar) zwischen -20°C und -9°C, also mindestens 8°C tiefer als heute (17–18°C bzw. -1°C).

Geochemische Untersuchungen der Sauerstoffisotopen-Zusammensetzung des Zahnschmelzes am Mammutfund von 2003 sowie an Skelettresten anderer eiszeitlicher Säugetiere der Altfunde von 1890/91 ergeben, dass die durchschnittliche Jahrestemperatur in der Region 3 bis 9°C kühler war als heute, wo sie bei 8.5°C liegt (musste aus Platzgründen in der Ausstellung weggelassen werden).

Sinkende Temperaturen und zunehmende Niederschläge

In den obersten Torfschichten, in denen auch das Mammutskelett lag, zeichnet sich das Ende des klimagünstigen Abschnittes ab: Die Fichtenbestände werden geringer. Arve und Lärche scheinen wegen der sinkenden Waldgrenze etwas häufiger zu werden. Wasserpflanzen sowie linsenartige Anschwemmungen von Holzsplittern und Ästen weisen auf ein allmähliches Ertrinken des Moors hin. Die darüber liegenden Seesedimente zeigen das Wehntal als eine nahezu baumlose Landschaft. Die Fichte ist aus der Gegend verschwunden, die Föhre auf wenige kleine Bestände beschränkt und die Birke weiter dezimiert. Es bleiben zunächst noch ein schütterer Baumbestand von Lärchen und Arven sowie Kälte resistente Gebüsche wie Weide und Wacholder. Schliesslich breitete sich eine nahezu baumlose Tundra aus. Die Kräuterflora ist sehr verarmt, dafür erreichen Kälte- und Steppenanzeiger höhere Werte.

Die Bedeutung einer dünnen oberen Torfschicht im kühlzeitlichen Seebodenlehm ist noch ungeklärt: Dokumentiert die holzreiche Torfschicht eine weitere kurzfristige Erwärmung mit Verlandungsphase, oder handelt es sich um umgelagertes Material aus dem Randbereich der Haupttorfschicht am Nordhang der Lägern? Der ganze Torfkomplex ist oft in Falten gelegt, teilweise stark ausgedünnt oder sogar in schlingenartige Linsen zerlegt. Das weist auf Setzungserscheinungen und domartige Deformationen (Diapire) hin, wie sie beim tiefgründigen Gefrieren und Wiederauftauen in versumpften Bereichen der Tundra in Sibirien, Nordskandinavien und Nordkanada entstehen. Noch ist unklar, ob diese Phänomene einer Kaltzeit mit Permafrostbildung beim letzten Vorstoss der Alpengletscher bis Sünikon entstanden sind.

Die Verteilung der Pollenkörner im Profil der Baugrube Murzlenstrasse 2003.

Die rasche Zunahme der Pollenkörner von Bäumen und Sträuchern gegenüber den Kräutern an der Basis der Mammut-Torfschicht zeigt eine Wiederbewaldung des Wehntals, die auf einen Temperaturanstieg zurück zu führen ist. Das Mammutskelett war im obersten Abschnitt eingebettet, wo ein eigentlicher Moostorf mit vielen Insektenresten auf ein Klimaoptimum hinweist. In den darüber liegenden Seesedimenten geht der Anteil an Baum- und Sträucherpollen deutlich zurück, was auf eine Klimaverschlechterung hinweist (nach Drescher, 2005).

Einige typische Pollen von Bäumen und Sträuchern (links) und Kräutern (rechts)

(Fotos P.A. Hochuli, Zürich).

Lebensgemeinschaften und Biotope zur Zeit der Torfbildung von Niederweningen

Neben den spektakulären eiszeitlichen Säugetieren wie Mammut und Wollnashorn sind aus der Torfschicht von Niederweningen viele kleinere Organismen wie Insekten und Pflanzen bekannt. Darunter allein 150 verschiedene Arten von Käfern und rund 60 Pflanzenarten. Nach einer sorgfältigen Analyse ihrer ökologischen Ansprüche im Vergleich mit heutigen Pflanzen- und Insektengesellschaften wurden verschiedene Biotope rekonstruiert. Sie existierten wohl mehr oder weniger gleichzeitig im Wehntal, allerdings in verschiedenen Höhenlagen. Zur Illustration werden sechs typische Lebensgemeinschaften in ihrem damaligen Biotop bildlich dargestellt. Sie zeigen allerdings nur eine Auswahl der typischen oder der interessantesten Pflanzen und Tiere.

Schematisches Querprofil des Wehntals Richtung Lägern mit den rekonstruierten Lebensgemeinschaften A–F der relativ warmen Phase (Interstadial) vor 45 000 Jahren in der letzten Eiszeit.

Sechs rekonstruierte Lebensgemeinschaften A–F aus dem Interstadial von Niederweningen (Bilder Atelier Bunter Hund, Zürich).

A Verlandungszone

Eine Libelle schwebt über einer Uferzone mit Wasserhahnenfuss, Laichkraut und Binsen. Auf dem Fieberklee rechts sitzt eine Köcherfliege. Im ruhigen Wasser schwimmen ein Wasserkäfer und Kaulquappen; darunter sind ein Fisch und die Rasenpolster von Armelechteralgen erkennbar.

B Seggenried und Flachmoor

Im Seggenried versteckt sich ein Grasfrosch und lauert einem Rohrkäfer auf. Vorne links sitzen zwei Goldfliegen auf Grosse Wiesenknopf, in der Bildmitte flattert ein Schmetterling über Schlangenknoterich, Sumpfbaldrian, Läusekraut, Mehlprimel und Trollblume. Ein Mäusebussard fliegt über das flache Ried, in dem zwei Wollnashörner weiden.

C Hochmoor

Riedgräser und dicke Polster aus Torfmoos wachsen zwischen jungen Birken im Hochmoor. Vorne rechts fressen Blattkäfer die Blätter von Weidenbüschen. Dahinter versteckt sich ein Birkhuhn.

D Gebüsche und Hochstauden

Himbeerstauden bieten Nahrung für eine Wespe und die Beerenwanze auf einem Blatt unter dem Spinnennetz. Im Hintergrund leuchten Wiesenraute und Storchenschnabel, links gedeihen Bärenklau und Mädesüss.

E Mischwald

Am Nordhang der Lägern bildeten Arven, Lärchen, Rottannen und Birken einen lockeren Mischwald. Auf der Legföhre im Vordergrund sitzt ein Kiefernrüßler und ein Rennläufer frisst Kiefernläuse. Darunter zwei Berglemminge. Der Nachweis von Borkenkäfern zeigt grosse, teilweise absterbende Bäume an.

F Alpwiesen

Die steinigen Hänge der Lägern boten über der Waldgrenze Lebensraum für bunte Blumenwiesen mit Türkenbund, Augentrost, Sonnenröschen und Feldenzian. Zwei Schachbrettfalter suchen Nektar in Flockenblumen, auf einem Blatt darunter sitzt ein Kamelläufer. Vorne rechts ein farbenprächtiger Schulterläufer und hinten auf dem Stein ein Blattkäfer.

Das Wehntal in der Eiszeit

Das Wehntal entstand vor etwa 800 000 Jahren, als sich die Schmelzwasserflüsse und vorstossenden Alpengletscher der grössten Eiszeit tief in die älteren Ablagerungen der Deckenschotter und der Molasse einschnitten. In den nachfolgenden Warm- und Kaltzeiten wurden mehrfach Lockergesteine abgelagert und teilweise wieder erodiert. Das etwas abseits der grossen Gletscher- und Schmelzwasserströme liegende Wehntal wurde hauptsächlich von feinkörnigen See-, Sumpf- und Moorablagerungen gefüllt. Eine Felsschwelle zwischen Unter-Schneisingen und Lengnau hatte zur Bildung eines langen schmalen Sees geführt, dessen Wasserspiegel durch das Klima und Schmelzwasser gesteuert wurde. Die etwa 45 000 Jahre alten Torfschichten mit den Fossilien der eiszeitlichen Lebewesen wurden später durch Permafrost tiefgründig deformiert, aber anscheinend nicht mehr vom Gletscher überfahren. Der letzte maximale Gletschervorstoss vor etwa 28 000 Jahren reichte nur bis Sünikon.

Ältere kaltzeitliche Seeablagerungen füllen das junge Wehntal

Aus der Zeit vor der letzten Vergletscherung ist noch sehr wenig bekannt. Die Bohrung in der Talebene bei Oberweningen traf erst in 124 m Tiefe auf Grundmoräne, erreichte aber die

Felsoberfläche nicht. Darüber liegen grobkörnige Schotter, die als Gletschersee-Moräne gedeutet wurden und kaltzeitliche Seeablagerungen. In 74 m Tiefe setzen feinkörnige Seeablagerungen ein. Das Alter dieser tief liegenden Moränen und Seeablagerungen ist unbekannt.

Warmzeitliche Sumpfablagerungen vor der letzten Eiszeit (Mittleres Pleistozän)

Aus den etwa 20 m tiefen Kernbohrungen von 1983 und 1985 wissen wir, dass in Niederweningen in rund 17 m Tiefe Ablagerungen einer früheren Warmzeit des Mittleren Pleistozäns liegen. Darüber folgen siltige Sande der vorletzten Eiszeit und in einer Tiefe von 7 bis 10 m Torfschichten, die nach vegetationsgeschichtlichen Untersuchungen der letzten Zwischenzeit (Eem-Interglazial) und dem Beginn der letzten Eiszeit (Würm-Glazial) entsprechen, also etwa 130 000 bis 100 000 Jahre alt sind. Im Interglazial waren wärmeliebende Pflanzen und Tiere, darunter Waldelefant, Flusspferd und Waldnashorn, auch nördlich der Alpen heimisch. Das zeigen unter anderem die Funde von Waldelefanten in der interglazialen Schieferkohle von Dürnten im Zürcher Oberland.

See- und Sumpfablagerungen der Würm-Eiszeit (Spätes Pleistozän)

In den maximal 6 m tiefen Baugruben von Niederweningen konnten nur spätpleistozäne Ablagerungen angeschnitten und untersucht werden. Es sind blaugraue Seebodenlehme mit der Mammuttorfschicht, die anscheinend auf ein 100 x 200 m grosses Gebiet westlich der Station Niederweningen Dorf beschränkt sind. Die 70 bis 170 cm dicke Torfschicht, in deren obersten Lagen die Fossilien der Mammute und anderer Eiszeittiere eingebettet sind, bildete sich nach neuesten Datierungen zwischen 70 000 und 45 000 Jahren vor heute am Rande des verlandenden Wehntalsees.

Klimaverschlechterung mit starken Niederschlägen

Nach einem relativ warmen Klima bei der Bildung des obersten moosreichen Torfs von Niederweningen verschlechterten sich die Umweltverhältnisse wieder. Das Moor wurde überflutet und von lehmigen Seesedimenten bedeckt. Dabei wurden die Torfablagerungen mit ihren eingelagerten Fossilien lokal erodiert und umgelagert, was 2004 in der talwärts liegenden Baugrube Mammutweg beim alten «Mammutloch» zu beobachten war. Vereinzelte Kalkgerölle im umgelagerten Torf weisen darauf hin, dass ein lokaler Bach vom Nordhang der Lägeren eine Rolle spielte. In den hangwärtigen Baugruben des Feuerwehrgebäudes (1987) und der Murzlenstrasse (2003) traten dünne linsenartige und holzreiche Torfschichten in den jüngsten Seesedimenten auf. Es ist vorläufig unklar, ob es sich dabei um eine erneute Verlandungsphase während einer kurzen Klimaverbesserung handelt oder ob holzreiches Mate-

rial aus dem Randbereich des früheren Moors am Südhang der Lägern bei einer späteren Rutschung umgelagert wurde.

Weit verbreitete Torf- und Schieferkohlevorkommen vor der letzten Vergletscherung

Neben der Mammuttorfschicht von Niederweningen gibt es aus der Nordschweiz, aber auch weltweit verschiedentlich Hinweise auf ein relativ warmes Klima aus dem mittleren Abschnitt der letzten Eiszeit. So ist aus der Bohrung Oberweningen ebenfalls ein Verlandungshorizont bekannt, der etwa 40 000 Jahre alt ist. Ein klassisches Profil zeigt die Kiesgrube Gossau im Zürcher Oberland, wo zwei Schieferkohlenbänder auf kiesigen Deltaablagerungen ausgebildet sind und ihrerseits von Moränen überlagert werden. Die untere Schieferkohle wurde zwischen 54 000 und 48 000 Jahren vor heute abgelagert, die obere Schieferkohle zwischen 41 000 und 33 000 Jahren vor heute. Wirbeltierreste wurden zwar nicht gefunden, aber Pflanzen- und Insektenreste zeigen eine gewisse Übereinstimmung mit dem Mammuttorf von Niederweningen. Offensichtlich waren die Gletscher in dieser relativ warmen Phase der letzten Kaltzeit, die weltweit nachgewiesen ist, stark geschmolzen.

Tiefgründige Deformationen im Permafrost

Da die Torfschichten mit den Seesedimenten zusammen häufig in schlingenartige Falten gelegt wurden und tropfen- oder domartige Aufwölbungen bilden, müssen sie nach ihrer Ablagerung tiefgründig deformiert worden sein. Vergleichbare Phänomene sind unter Permafrost-Bedingungen im arktischen Klima bekannt und stammen wohl aus der letzten Kaltzeit. Noch später wurden instabiles älteres Moränenmaterial und Gehängeschutt am Nordhang der Lägern umgelagert und als lehmiger Kies auf die bereits deformierten Sumpfablagerungen geschüttet, was zu Rutschungen und zu einer weiteren Verdichtung der immer noch wasserhaltigen Torfschichten führte. Vermutlich bildete sich in dieser Zeit die Talschlinge von Niederschneisingen über Unterehendingen nach Lengnau was die Entwässerung des Wehntals durch die Surb verstärkte.

Letzter Gletschervorstoss bis Sünikon

Nach Ablagerung der Torfschichten wurde das Gebiet von Niederweningen offenbar nicht mehr vom Gletschereis überfahren, da kein jüngerer Moränenmaterial nachgewiesen ist. Gegen Ende der Eiszeit entstanden im Wehntal überwiegend Sumpfablagerungen, die nur durch lokale Bachschuttkegel und Rutschungen gestört wurden. Der letzte maximale Gletschervorstoss (LGM) vor etwa 28 000 Jahren reichte nur bis Sünikon, wo zwischen Schöfflisdorf und Steinmaur eine markante Stirn moräne das Wehntal von der tiefer liegenden

Sumpfebene des Neeracher Rieds abgrenzt. Mit der vor etwa 23 000 Jahren einsetzenden Klimaerwärmung schmolz das Eis ab. Stationäre Phasen oder sogar kurze Wiedervorstösse des Gletschers sind talaufwärts durch die Moränenwälle von Oberglatt (Schlieren-Stadium) und Wallisellen–Dübendorf (Zürich-Stadium, vor ca. 20 000 Jahren) belegt. Mit dem raschen weiteren Abschmelzen des Eises blieben vor 15 000 Jahren kleinere und grössere Seebecken zurück. Nach teilweiser Auffüllung und Tieferlegung der Ausflüsse sind der Greifensee, aber auch der Zürichsee oder Bodensee Zeugen der späten Eiszeit und des Holozäns.

Die jüngsten Mammutfunde im oberen Glattal und im Waadtländer Jura

Bis heute sind im Wehntal keine Mammutfunde aus der spätesten Phase der Eiszeit gemacht worden. Aus dem letzten Hochglazial sind in ganz Mitteleuropa keine sicheren Funde bekannt. Vermutlich sind die Eiszeitiere beim letzten Vorstoss der Gletscher aus den Alpen und aus Skandinavien wegen Nahrungsmangel nach Westen und Osten ausgewichen. Nach dem Abschmelzen des Eises herrschten wieder günstigere Bedingungen. Das belegen die relativ häufigen Funde isolierter Mammutzähne und -knochen aus den späteiszeitlichen Schottern des Glatttals bei Stadel und Glattfelden, sowie des Rheintals im Rafzerfeld, bei Weiach und Mellikon, die auf 20 000 bis 18 000 Jahre datiert wurden. Ein Knochenfund bei Uster und das Skelett von Praz-Rodet im Kanton Waadt sind die mit 14 000 Jahren jüngsten Nachweise des Mammut in der Schweiz; damals waren die Gletscher bereits auf die heutigen Alpentäler beschränkt.

Das aus verschiedenen Beobachtungen zusammengesetzte Säulenprofil dokumentiert die komplexe Geschichte des Wehntals vom Mittleren bis ins Späte Pleistozän.

Dank vegetationsgeschichtlichen Analysen und neuen Datierungen kann das Profil in die global erarbeitete Klimakurve «eingehängt» werden (nach Schlüchter, 1994 und anderen Autoren).

Die Verteilung von Pflanzengesellschaften, Land, Wasser und Eis in Europa zu drei verschiedenen Zeitabschnitten.

Der Zyklus der letzten Warmzeit (Eem) und Kaltzeit (Würm) dauert etwa 100 000 Jahre. Während der Kaltzeiten war soviel Eis auf den Kontinenten gebunden, dass der Meeresspiegel bis zu 150 m tiefer lag als heute (nach Königswald, 2002).

Skizzen zur eiszeitlichen Geschichte des Wehntals.

1 Gletschervorstoss der grössten Eiszeit

- 2 Erwärmung, Bildung von Seeablagerungen
- 3 Verlandung des Sees mit Flachmoor, Birken und Mischwald an den Talhängen
- 4 Letzte Kältephase mit Vorstoss der Gletscher bis Sünikon. Rutschungen und Permafrosterscheinungen im Gletschervorfeld
- 5 Abschmelzen des Gletschers, lokale Schotterbildung

13 Eiszeitfossilien

Winzige Insektenreste mit spektakulären Farben

Schon bei den Ausgrabungen von 1890/91 entdeckte man im Torf von Niederweningen bunt schillernde Flügeldecken von Käfern, z.B. vom Rohrkäfer *Donacia*. Auch bei den neuen Grabungen von 2003 und 2004 fielen solche 1 bis 5 mm grosse Reste auf. Durch sorgfältiges Aufweichen und Sieben des Torfes konnten viele Insektenreste aus dem Torf um das Mammutskelett und aus dem ganzen Profil gewonnen werden. Allein die Analyse der Käferreste ergab den Nachweis von 150 verschiedenen Formen, davon konnten 100 bis auf die Art bestimmt werden. Viele sind heute in Mitteleuropa ausgestorben und auf nördliche Breiten Skandinaviens, Sibiriens und Nordamerikas beschränkt.

Meistens findet man nur isolierte Teile des ursprünglichen Chitinpanzers der Insekten wie Flügeldecken, Kopf- und Brustpanzer sowie Beine. Zusammenhängende Reste sind selten. Ein Blick durch das Mikroskop zeigt, dass die Chitinsubstanz praktisch unverändert erhalten geblieben ist. Zuckmücken- und Köcherfliegenlarven sowie einige Wasserkäfer zeigen stehende Gewässer an. Sumpfige Böden sind der Lebensraum eines Teils der pflanzenfressenden und räuberischen Käfer. Andere Arten bevorzugen heute die feuchten Moospolster von Hochmooren. Einige Spezialisten fressen nur Blätter von Birken, saugen auf Kieferzweigen oder fressen Blattläuse in Baumspitzen von Nadelbäumen. Das Auftreten von Borkenkäfern, die auf Fichten oder Birken spezialisiert sind, zeigt sogar grosse absterbende Bäume an. Andere Käfer leben nur auf Blumenpflanzen der Alpwiesen. Weitere Insekten wie Wanzen und Wespen, aber auch Milben sind nachgewiesen, wurden aber nicht genauer bestimmt.

Einige der nachgewiesenen Käferarten, die heute in Mitteleuropa ausgestorben und auf den Norden Schottlands, Skandinaviens, Sibiriens, Alaskas und Kanadas beschränkt sind, erlauben überraschend genaue Aussagen zum Klima. Während an extreme Kälte angepasste

Formen des hohen Nordens nur im unteren und mittleren Abschnitt des Torfs auftreten, sind es im obersten Abschnitt hauptsächlich Arten der nördlichsten Wälder Sibiriens (Taiga).

Torfstücke mit Käferresten aus Niederweningen.

Käferreste aus dem Mammuttorf von Niederweningen:

Rohrkäfer (*Donacia* sp.) Flügeldecken, Blattkäfer (*Chrysomela* sp.) Flügeldecke, Furchenwasserläufer (*Helophorus grandis*) Kopf- und Halsschilder, Uferläufer (*Elaphrus lapponicus*) Flügeldecken (Fotos M. Bachmann, Kantonsarchäologie Zürich).

Holz, Zapfen und Samen

Da Torf aus unvollständig verrotteten Pflanzen entsteht, ist es nicht verwunderlich, dass selbst in dem dicht gepressten eiszeitlichen Torf von Niederweningen viele Pflanzenreste von Auge erkennbar sind. Holz in allen Grössen vom dünnen Zweiglein bis zum 30 cm messenden Stammquerschnitt, Blätter und Nadeln, Fichtenzapfen und Samen verschiedenster Bäume, Stauden und Kräuter. Moos ist vor allem im obersten Abschnitt des Torfs im Bereich des Mammut skelettes häufig, wo auch die Wasserpflanzen konzentriert sind. Nur mit dem Mikroskop nachzuweisen sind die winzig kleinen Pollen und Sporen, die besonders aussagekräftige Hinweise auf die damalige Pflanzenwelt erlauben.

Relativ häufig sind kleine Samen der verschiedensten Pflanzen, die aus dem Torf gewaschen und gesiebt wurden. Hier wird eine Auswahl gezeigt, die von Himbeeren bis zu Wasserpflanzen wie Laichkraut, Fieberklee und Armelechteraigen reicht.

Im Bereich des Mammutfundes 2003 fanden sich vor allem kleinere Ast- oder Zweigstücke von Rottanne (Fichte), Birke, Weide und Geissblatt. Typisch sind Zwergbirken und Kriechweiden, wie sie heute in der arktischen Tundra vorherrschen. Überzeugende Nachweise von grosswüchsigen Rottannen sind Nadeln, komplett erhaltene Zapfen und viele splitterartige Holzstücke. Sie sind häufig in linsenartigen Anschwemmungen konzentriert, die im oberen Teil des Mammuttorfs und in der oberen dünnen Torflage auftreten.

Querschnitt eines Stammsplitters der Rottanne (*Picea* sp.) mit deutlichen Jahrringen, aus dem Torf von Niederweningen.

Unbestimmtes Holzstück aus dem Torf von Niederweningen.

Das zusammengedrückte Fragment wurde mit Polyesterharz imprägniert.

Torfstück mit Nadeln und Zapfen der Rottanne oder Fichte (*Picea* sp.).

Samen aus dem Mammuttorf von Niederweningen:

Himbeere (*Rubus* gr. *idaeus*), Segge (*Carex* sp.), Fieberklee (*Menyanthes trifoliata*), Laichkraut (*Potamogeton* sp.), Grosser Wasserhahnenfuss (*Ranunculus aquatilis*), Armluchteralge (*Chara* sp.).

Getrocknete Armluchteralgen aus dem Zürichsee.

Mammut, Wollnashorn, Wildpferd, Steppenbison, Wolf und Höhlenhyäne

Bei den grossflächigen Ausgrabungen im «Mammutloch» von 1890/91 wurden einige Knochen und Zähne gefunden, die nicht vom Mammut stammen. Nachdem Arnold Lang in seiner Publikation von 1892 einige Nachweise von Wolf, Pferd und Bison aufgeführt hatte, bestimmte man etwas später auch einen Oberarmknochen und einen Zahn eines Wollnashorns. Aus der Notgrabung 2004 stammt ein weiterer Zahn eines grossen Raubtieres, der Höhlenhyäne.

In der 1890/91 auf einer Länge von 70 m abgegrabenen Torfschicht im «Mammutloch» von Niederweningen wurden neben den auffällig grossen Knochen und Zähnen des Mammut auch relativ viele isolierte Zähne und Knochen eines eiszeitlichen Wildpferds gefunden, das als *Equus germanicus* bezeichnet wird. Auf Grund der unterschiedlichen Abnützung der hochkronigen Backenzähne liegen verschiedenaltige Individuen vor. Das eiszeitliche Wildpferd war etwas grösser als das heutige wilde Przewalski-Pferd und ein typisches und weit verbreitetes Tier der Mammutsteppe, ist jedoch auch aus bewaldeten Biotopen bekannt.

Zum Steppenbison (*Bison priscus*) gehören Schädelknochen eines Kalbes und ein mächtiger knöcherner Hornzapfen eines ausgewachsenen Tieres. Auffällig ist die helle Farbe der zusammengehörenden Knochen eines Vorderfusses, der vermutlich in den über dem Torf liegenden hellgrauen Seesedimenten gefunden wurde. Das kräftige Grossrind erreichte eine Schulterhöhe von über 2 m.

Eine kleine Herde mit Wildpferden und Steppenbisons im eiszeitlichen Ried von Niederweningen (Bild Atelier Bunter Hund, Zürich).

Zwei verschieden stark abgekaute Backenzähne des Wildpferds (*Equus germanicus*) aus dem eiszeitlichen Torf von Niederweningen, Fund 1890/91.

Zusammengehörende Knochen des Vorderfusses eines Steppenbisons (*Bison pris-cus*), gefunden 1890/91 in den direkt über dem Torf liegenden hellgrauen Seesedimenten von Niederweningen.

Ebenfalls im «Mammutloch» von 1890/91 wurden der kräftige Oberarmknochen und ein Zahnkeim eines Nashorns gefunden, das heute als *Coelodonta antiquitatis* bezeichnet wird. Das eiszeitliche Wollnashorn war in Kaltzeiten weit verbreitet, wurde aber jeweils in den Warmzeiten durch das Waldnashorn (*Stephanorhinus kirchbergensis*) verdrängt. Gut erhaltene Schädel- und Knochenfunde in Mitteleuropa und tiefgefrorene Kadaver im Permafrost von Sibirien zeigen, dass die Tiere eine Schulterhöhe von 2 m erreichten. Sie besaßen ein sehr langes vorderes und ein zweites kleineres Horn und trugen ein langes Fell.

Offensichtlich jagten auch Raubtiere im Gebiet von Niederweningen, da bei den Grabungen von 1890/91 zwei kräftige Backenzähne und zwei Gliedmassenknochen des Wolfs (*Canis lupus*) zum Vorschein kamen. Ein grosser spitzer Zahn aus der Baugrube Mammutweg 2004 gehörte als dritter berkiefer-Schneidezahn zur Höhlenhyäne (*Crocota crocuta spelaea*). Möglicherweise stammen auch Bissspuren auf einem grossen Mammutknochen aus dem Fund 1890/91 von diesem grossen Aasfresser.

Auch das an das kühlere Klima angepasste Wollnashorn ist in den Sumpfablagerungen von Niederweningen nachgewiesen. Im Vordergrund tun sich zwei Höhlenhyänen an einem Kadaver gütlich (Bild Atelier Bunter Hund, Zürich).

Das Wollnashorn (*Coelodonta antiquitatis*) wurde 1890/91 in Niederweningen nur durch seltene Knochen- und Zahnfragmente nachgewiesen. Als Vergleich dient ein typischer Backenzahn aus eiszeitlichen Ablagerungen der Nordsee vor Holland.

Ein Oberkiefer-Schneidezahn der Höhlenhyäne (*Crocota crocuta spelaea*), gefunden 2004 in der Baugrube Mammutweg in Niederweningen. Als Vergleich dient die zusammengesetzte Kopie eines Schädels der eiszeitlichen Höhlenhyäne aus Frankreich.

Ausschnitt eines Mammut-Stosszahns (im Bereich der Pulpahöhle) **eines eiszeitlichen Mammut** aus dem Permafrostboden von Sibirien.

Woll- und Grannenhaare eines eiszeitlichen Mammut aus dem Permafrostboden von Sibirien.

Mäuse, Lemming, Grasfrosch und Vögel

Auch kleine Zähne und Knochen wurden 1890/91 im «Mammutloch» von Niederweningen entdeckt. Dazu gehören Unterkiefer und Einzelzähne der Schermaus und des Berglemmings. Durch Auswaschen von tonig-siltigem Torf aus der Baugrube für das Schulhaus «Mammutwies» konnten 1990 weitere isolierte Zähne von Wühlmäusen gewonnen werden. Zusätzliche Kieferreste und Einzelzähne von Mäusen wurden beim Auswaschen von rund 300 kg Sediment aus der Notgrabung Mammutweg 2004 im Siebrückstand ausgelesen. Einzelne Knöchelchen von Grasfröschen und nicht genauer bestimmten Vögeln sind seit 1890/91 bekannt und konnten in der Notgrabung 2004 bestätigt werden. Interessanterweise ist vom Fundort des Mammutskeletts 2003 keine Kleinfafauna nachgewiesen.

Wühlmäuse und Lemming

Neben den Zähnen und Knochen der grossen eiszeitlichen Säugetiere erscheinen die Kiefer und Zähne der Wühlmäuse winzig klein. Hinter den stark gebogenen Schneidezähnen erkennt man die relativ hohen Backenzähne mit dem typischen Schmelzmuster. Die eiszeitlichen Vertreter der Schermaus oder «Wasserratte» (*Arvicola terrestris*), unserer grössten einheimischen Wühlmaus, lebten wohl hauptsächlich in feuchtgründigen Böden. Die kleineren Vertreter der Wühlmäuse der Gattung *Microtus* hingegen bevorzugten offenes Gelände mit niedrigem Pflanzenwuchs. Ein einziges Unterkieferfragment stammt vom Berglemming (*Lemmus lemmus*), der heute nur noch in Skandinavien in Höhen zwischen 600 und 1700 m vorkommt. Normalerweise in der Bergheide mit niedriger, kriechender Vegetation lebend, durchquert dieser kleine Nager nach Massenvermehrungen bei jahreszeitlichen Massenvwanderungen, den berühmten «Lemmingzügen» auch tiefer liegende Nadelwälder und sogar Flüsse und Seen.

Frosch- und Vogelknochen

Relativ häufig sind kleine hohle Knöchelchen des Grasfrosches (*Rana temporaria*). Diese nicht sehr kälteempfindliche Froschart kommt auch heute noch in schneereichen Gebieten der Alpen bis in Höhen von 2600 m vor.

Ein Brustbeinfragment eines nicht genauer bestimmten Vogels ist seit 1890/91 bekannt. Weitere Vogelknochen wurden 2004 in der Notgrabung am Mammutweg 2004 gefunden.

Kiefer und Zähne der Schermaus (*Arvicola terrestris*), der grössten einheimischen Wühlmaus.

Der bisher einzige Nachweis des Berglemmings (*Lemmus lemmus*) im Torf von Niederweningen, Fund 1890/91. Unterkiefer (unten, Länge 14 mm) und Vergrößerung der Kaufläche des Backenzahns (oben) (Fotos M. Bachmann, Kantonsarchäologie Zürich). Als Vergleich dient der Unterkiefer eines heutigen Berglemmings aus Norwegen.

Ein Berglemming (*Lemmus lemmus*), wie er heute in Nordskandinavien vorkommt.

Hohlknöchelchen des Grasfrosches (*Rana temporaria*) aus dem eiszeitlichen Torf von Niederweningen. Als Vergleich ein heutiger Vertreter dieses nicht sehr kälteempfindlichen Frosches.

14 Das Mammut von Niederweningen 2003

Um die für die Schweiz einmalige Fundsituation eines Mammutskeletts in einer Torfschicht zeigen zu können, wurden die Knochen und Zähne nach der aufwändigen Konservierung wieder in der ursprünglichen Fundsituation auf einer schräg gestellten Platte montiert. Die Bestimmung der Fossilien zeigte, dass es sich hauptsächlich um die linke Skelethälfte eines grossen ausgewachsenen Mammutbullens handelt, der im besten Alter von etwa 40 Jahren im Sumpf von Niederweningen verendet war.

Der am 2. Juli 2003 entdeckte Skelettrest eines Mammuts in der Baugrube Murzlenstrasse in Niederweningen wurde in einer dreiwöchigen Rettungsgrabung durch die Kantonsarchäologie Zürich und das Paläontologische Museum der Universität Zürich ausgegraben, sorgfältig dokumentiert und geborgen. Die ständig feucht gehaltenen Knochen und Zähne wurden im folgenden Winter langsam getrocknet und mit Polyesterharz imprägniert. Die Montage auf der schräg gestellten Platte zeigt die Originalfossilien in der ursprünglichen Fundsituation im

eiszeitlichen Torf, der mit Polyesterharz modelliert wurde. Links unten ist der Graben angedeutet, in dem die Baggerschaufel auf den massiven Unterkiefer traf.

Die Präsentation des Mammutfundes 2003 wurde ermöglicht durch die Spende der Bucher Industries AG, Niederweningen, zum Anlass ihres 200-jährigen Firmenjubiläums 2007.

Was ist als Fossil erhalten geblieben?

Links erkennt man im Baggerschlitz den Unterkiefer und die zerbrochenen Stümpfe der beiden Stosszähne. Neben der Halswirbelsäule das komplette, eingeknickte Vorderbein. Dahinter das ebenfalls stark eingeknickte linke Hinterbein. Becken, Rumpfwirbel und Rippen sind nur in Fragmenten erhalten geblieben. Schwanzwirbel, Schultergürtel, das rechte Vorder- und Hinterbein fehlen mit Ausnahme einzelner Knochen des rechten Hinterfusses.

Auf dem überarbeiteten Fundplan ist der Unterkiefer mit den zwei ausgezeichnet erhaltenen Backenzähnen in der vermuteten Lage eingetragen. Die vier isoliert gefundenen Backenzähne des Oberkiefers, Teile der beiden Stosszähne und viele Bruchstücke von Schädelknochen mit typischer Wabenstruktur, die im sofort durchsuchten Aushub gefunden wurden, weisen darauf hin, dass darüber ursprünglich der Schädel gelegen haben muss. Vermutlich war der leicht gebaute Schädel schon bei der Ablagerung und Verdichtung des Torfs zusammengedrückt worden.

Auch die am Grabenrand angeschnittenen Stosszähne waren zerdrückt und im vorderen Abschnitt durch eine Rutschung abgeschert worden. Am Ende des Baggerschlitzes lagen die beschädigten Knochen der Halswirbelsäule mit dem darunter liegenden Zungenbein; von den Rumpfwirbeln und Rippen fanden sich nur wenige Teile. Die Knochen des Schultergürtels fehlen. Das linke Vorderbein ist komplett in eingeknicktem Zustand überliefert, die Fingerknochen teilweise noch unter den Unterarmknochen begraben. Knie und Unterschenkelknochen des linken Hinterbeins sind nach vorne geknickt, wobei seltsamerweise der massive Oberschenkelknochen wie zusammengeklappt über den Fussknochen zurückblieb. Deutlich erkennbar ist der Gelenkkopf, der in die Gelenkpfanne des Beckens passt. Vom rechten Hinterbein fanden sich nur einige wenige Fussknochen hinter dem Becken. Der Rest scheint zu fehlen, wie auch das ganze rechte Vorderbein.

Plan der Grabungssituation Juli 2003 mit Bezeichnung der identifizierten Knochen und Zähne. Der Unterkiefer und Bruchstücke des rechten Stosszahnes sind in ihrer vermuteten Position platziert.

Wie ist das Mammut gestorben und warum ist nur die linke Skelethälfte erhalten?

Die Dimensionen der im Verband erhaltenen linken Extremitätenknochen und der Zustand der Backenzähne lassen darauf schliessen, dass es sich um einen mächtigen Mammutbullen von etwa 3,50 m Schulterhöhe handelt. Die Todesursache ist unbekannt. Das weitgehende Fehlen der rechten Körperhälfte wird mit einer früheren, talwärts gerichteten Rutschung der Torfschicht erklärt. Die Beschädigung der obersten Knochen weist darauf hin, dass das Skelett beim ersten Aushub der Baugrube vom Bagger angeschnitten wurde.

Die rekonstruierten Umrisse des Mammutkadavers weisen darauf hin, dass der grosse Mammutbulle mit eingeknickten Vorder- und Hinterbeinen im Moor versank. Auch der schwere Unterkiefer und die Stosszähne sanken tief ein, während der leichtere Schädel und der ballonartige Rumpf oben auf lagen. Bei der Verwesung der Weichteile und der anschliessenden Torfbildung mit Verdichtung des wasserhaltigen, fast nur aus Pflanzenmaterial bestehenden Moorbodens wurden die eingeknickten Extremitäten noch stärker zusammen gedrückt und möglicherweise auch der Schädel deformiert.

Eine Mitwirkung der Neandertaler oder der ersten modernen Menschen beim Tod des Mammut ist eher auszuschliessen, da keine Schlachtsuren erkennbar sind und auch keine Steinwerkzeuge gefunden wurden. Anzeichen von Verletzungen oder Biss Spuren durch Raubtiere und Aasfresser fehlen ebenfalls. Hingegen war direkt neben dem Skelettrest eine deutliche Scherzone oder Bruchfläche in der stark ausgedünnten Torfschicht zu erkennen, die eindeutig die noch erhaltenen, aber stark deformierten Stümpfe der Stosszähne abschnitt. So dürfte das Fossil bei einer späteren, talwärts gerichteten Rutschung im noch weichen Sediment zerrissen worden sein. Zusätzlich waren die zuoberst liegenden Knochen des Oberarms, des Beckens und des Oberschenkels oberflächlich beschädigt und bis in eine Tiefe von 10 cm stark deformiert. Wahrscheinlich ist diese mechanische Beschädigung auf den ersten Aushub der Baugrube mit einem 20-Tonnen-Bagger zurück zu führen, bei dem die Torfschicht grossflächig angeschnitten wurde. Dabei sind möglicherweise einige Knochen verloren gegangen, bevor man die massiven Backenzähne und den Unterkiefer beim Aushub für die Abwasserleitung entdeckte.

Das freigelegte Mammutskelett im Juli 2003 (Foto Kantonsarchäologie Zürich).

15 Mammut von Praz-Rodet, Vallée de Joux VD

Die imposante Rekonstruktion eines jugendlichen Mammuts von 2,80 m Schulterhöhe besteht aus originalgetreuen Kunststoffkopien eines zu etwa 80% erhaltenen Originalskeletts, das im Mai 1969 in der Kiesgrube Praz-Rodet, einige Kilometer südwestlich von Le Brassus gefunden wurde. Es ist der bisher vollständigste Fund eines Mammutskeletts in der Schweiz und nach 14C-Datierungen mit knapp 14 000 Jahren Alter auch der geologisch jüngste Fund der Schweiz. Das Original ist in Fundlage im Musée cantonal de géologie in Lausanne ausgestellt.

Skelettrekonstruktion durch Urs Oberli, St. Gallen, mit freundlicher Genehmigung der Municipalité du Chénit, Le Sentier. Ermöglicht durch die Spende der Bucher Industries AG, Niederweningen, zum Anlass ihres 200-jährigen Firmenjubiläums 2007.

16 Fossilien zum Anfassen

Mammut- Oberschenkelknochen (Femur links) aus dem «Mammutloch» von Niederweningen, Originalfund von 1890/91.

Backenzähne des späteiszeitlichen Wollhaarmammuts (links, *Mammuthus primigenius*), des Indischen (oder Asiatischen) Elefanten (mitte, *Elephas maximus*) und des Afrikanischen Elefanten (rechst, *Loxodonta africana*) (Kopien).

Rekonstruktion des linken Vorderfusses (Handwurzel-, Mittelhand- und Fingerknochen) vom Mammutfund Niederweningen 2003 (Kopie).

17 Was ist ein Mammut?

Verwandtschaft und zeitliches Vorkommen

Das späteiszeitliche Wollhaarmammut ist ein an kaltzeitliche Verhältnisse angepasster Vertreter der Familie der Elefanten. Wie sein entfernter Verwandte, der warmzeitliche Waldelefant, ist es ausgestorben und kein direkter Vorfahre der heutigen Elefanten. Das Mammut starb am Ende des Pleistozäns vor etwa 10 000 Jahren in Europa und

Nordamerika aus. Nur auf der kleinen Insel Wrangel im Nördlichen Eismeer konnte sich bis vor etwa 4 000 Jahren eine Population von Zwergmammuten halten. Das Wollhaarmammut ist wohl das am besten untersuchte ausgestorbene Tier. Viele gut erhaltene Skelettfunde in Europa, Asien und Nordamerika und besonders die teilweise mit Haut, Haaren und Weichteilen überlieferten, tief gefrorenen Kadaver aus dem Dauerfrostboden von Nordsibirien, Nordkanada und Alaska ermöglichten weit gehende wissenschaftliche Studien.

Die Familie Elephantidae ist seit etwa 6 Millionen Jahren fossil nachgewiesen. Das spätereitliche Wollhaarmammut (*Mammuthus primigenius*) hat sich ausgehend von einer frühen Stammform der Elefanten (*Primelephas*) über den Südelefanten (*Archidiskodon* oder *Mammuthus meridionalis*) und den Steppenelefanten (*Mammuthus trogontherii*) entwickelt. Das Mammut ist ein entfernter Verwandter des Waldelefanten (*Elephas antiquus*), der in den zwischeneiszeitlichen Warmzeiten (Interglaziale) von Europa weit verbreitet war. Offensichtlich zog sich das an die Kaltzeiten angepasste Mammut in den Interglazialen in sein Kerngebiet in nördlichen Bereichen zurück und wurde durch den warmzeitlichen Waldelefanten ersetzt. Nach den 10 000 bis 20 000 Jahren dauernden Warmzeiten beschränkte sich der Lebensraum der wärmeliebenden Waldfauna wieder auf ihr Kerngebiet in Südeuropa. Das Mammut ist kein direkter Vorfahre der heutigen Elefanten. Nach morphologischen Vergleichen ist das Mammut näher verwandt mit dem heutigen Indischen Elefanten (*Elephas maximus*) als mit dem Afrikanischen Elefanten (*Loxodonta africana*). Genetische Untersuchungen von bruchstückhaft erhaltener Erbsubstanz (DNA) sind noch kontrovers.

Das Wollhaarmammut tritt in Mitteleuropa erstmals in der vorletzten Vergletscherung vor etwa 200 000 Jahren auf und war während der letzten Eiszeit in Europa, Asien und Nordamerika verbreitet. Allerdings sind aus den extremen Kaltzeiten (Hochglaziale) keine Funde bekannt. Am Ende des Pleistozäns vor 10 000 Jahren starb das Mammut in Europa und Nordamerika aus. Nur auf der kleinen Insel Wrangel im Nördlichen Eismeer konnte sich bis vor etwa 4 000 Jahren eine Population von Zwergmammuten halten.

Südlich der Alpen lebte in dieser Zeit der wärmeliebende Waldelefant. Einige wenige Funde des Wollhaarmammuts in Norditalien zeigen, dass das an die Kälte angepasste Mammut äusserst selten, möglicherweise im Hochglazial, die Alpen im Osten und Westen umging.

Die Verwandtschaftsbeziehungen der Familie der Elefanten (Elephantidae)

(nach Engesser et al. 1996).

Die geografische Verbreitung des Mammut in Europa, Asien und Nordamerika.

Die Karte zeigt die Situation während der letzten maximalen Vergletscherung vor ca. 25 000 Jahren. Die Mammut-Fundorte in den Eiszonen stammen aus einer früheren oder späteren Zeit (nach Engesser et al. 1996).

Mächtige Bullen und Zwergformen

Das Mammut hatte mit einer Schulterhöhe von 3,00–3,50 m im Allgemeinen die Grösse des heutigen Indischen Elefanten und wog 4–5 Tonnen. Die grössten Bullen erreichten knapp 4 m Höhe. Zwergformen von 2 m Schulterhöhe sind von einer kalifornischen Insel bekannt. Nur noch 1,80 m Höhe erreichten die jüngsten Funde einer isolierten Population auf der kleinen Wrangel-Insel im Nördlichen Eismeer.

Der heutige Afrikanische Elefant wird noch etwas grösser. Die Skelettfunde von Niederweingen stammen von verschiedenen grossen Tieren. Die auf den zweitgrössten Knochen des Fundes 1890/91 aufbauende Mammutrekonstruktion im Zoologischen Museum der Universität Zürich hat eine Schulterhöhe von 3,20 m. Daneben gibt es Knochen und Zähne von kleineren, vermutlich weiblichen Tieren. Das ganz junge Mammutkalb war kaum einen Meter hoch.

Durch geografische Isolation einzelner Populationen entwickelten sich Zwergformen auf Inseln. So fand man auf den kalifornischen Channel Islands knapp 2 m grosse Verwandte (*Mammuthus exilis*) des nordamerikanischen Mammut (*Mammuthus columbi*). Auf der kleinen Wrangel-Insel im Nördlichen Eismeer lebten bis vor etwa 4 000 Jahren Zwergmammut (*Mammuthus primigenius*), die gerade noch 1,80 m hoch wurden.

Das Wollhaarmammut im Grössenvergleich mit dem Zwergmammut, dem Asiatischen und Afrikanischen Elefanten sowie dem Mensch.

Gebiss und Zahnwechsel

Das Gebiss der Elefanten ist auf zwei grosse Stosszähne in den Oberkiefern und auf je drei Milchbackenzähne und drei Dauerbackenzähne pro Kieferhälfte unten und oben reduziert.

Die beiden Stosszähne im Oberkiefer entsprechen den zweiten Schneidezähnen. Sie bestehen praktisch nur aus Zahnbein (Elfenbein); nur bei jungen Stosszähnen ist oberflächlich noch etwas Zahnschmelz ausgebildet. Bei erwachsenen Tieren sind sie spiralig gedreht

nach oben gekrümmt und weisen mit den Spitzen nach innen. Die grössten Stosszähne erreichten eine Länge von 4 m, einen Durchmesser von 20 cm und ein Gewicht von etwa 100 kg. Meist sind sie aber kleiner wie in Niederweningen, wo im «Mammutloch» von 1890/91 sechs relativ schlanke, maximal 1,80 m messende Stosszähne gefunden wurden. Vermutlich stammen sie von weiblichen Tieren. Der 2,50 m lange, ausgezeichnet erhaltene Stosszahn aus der Baugrube 2004 gehörte vermutlich einem älteren Mammutbullen.

Jeder Backenzahn wandert im Kiefer von hinten nach vorn, wird dabei allmählich abgenutzt und anschliessend durch seinen Nachfolger ersetzt (horizontaler Zahnwechsel). Jeder nachfolgende Zahn ist grösser als sein Vorgänger und besteht aus einer grösseren Anzahl Lamellen. Jede Lamelle besteht aus Zahnschmelz, der innen mit Zahnbein ausgefüllt ist. Die einzelnen Lamellen eines Zahnes werden durch Kronenzement zusammengehalten. Bei der unterschiedlichen Abnutzung von hartem Schmelz sowie weicherem Zahnbein und Zement entsteht eine raspelartige Reibfläche, mit der harte Gräser zerrieben werden können. Im Prinzip ist immer nur ein Zahn pro Kieferhälfte (oben und unten) im Gebrauch, also vier Zähne insgesamt.

Der Schnitt durch den Schädel eines etwa 35jährigen Indischen Elefanten im Zahnwechsel zeigt die jeweils in Funktion stehenden fünften und sechsten Backenzähne des Unterkiefers (im Vordergrund) und des Oberkiefers (im Hintergrund).

Haut, dichtes Fell und kleine Ohren als Kälteschutz

Das späteiszeitliche Wollhaarmammut hatte als Schutz gegen die Kälte eine 8–9 cm dicke Fettschicht unter der etwa 3 cm dicken Haut und trug ein dichtes Fell aus 4–5 cm langen Wollhaaren und bis zu 1 m langen Grannenhaaren.

Von äusserst seltenen Funden aus dem Dauerfrostboden Sibiriens stammen detaillierte Informationen von tiefgefrorenen, teilweise mumifizierten Weichteilen des Wollhaarmammuts. Die Haare der Mammutkadaver haben eine rötlichbraune oder gelblichbraune Farbe, waren ursprünglich aber wohl schwarzbraun. Die Ohren, die beim heutigen Afrikanischen Elefanten besonders gross sind, waren beim Mammut auffallend klein und grösstenteils im Fell verborgen. Der Schwanz war kurz, was ebenfalls als Anpassung an das Eiszeitklima gedeutet wird. Der muskulöse Rüssel war sicher wie bei den heutigen Elefanten ein wichtiges Greiforgan. Bei zwei Mammutfunden in Sibirien ist sogar das Rüsselende erhalten, das über den Nasenlöchern einen fingerartigen Fortsatz besitzt, der gegen einen lippenartigen unteren Rand greifen konnte.

Nahrung

Heutige Elefanten fressen pro Tag etwa 250 kg pflanzliches Material wie Gras, Zweige, Rinde, Wurzeln und Früchte und trinken 140–200 Liter Wasser. Das späteiszeitliche Mammut war vermutlich genügsamer und fand offensichtlich in den damaligen Grassteppen und lockeren Wäldern ausserhalb der vergletscherten Gebiete genügend Nahrung.

Freilebende Elefanten sind rund 20 Stunden pro Tag mit der Nahrungsaufnahme beschäftigt. Als schlechte Futtermittelverwerter produzieren sie viel Dung, der reich an unverdauter Zellulose ist. Dem späteiszeitlichen Mammut standen in den damaligen Grassteppen und lockeren Wäldern offensichtlich genügend Pflanzen zur Verfügung. Isotopen-geochemische Untersuchungen am Zahnschmelz von Mammuten aus Europa, Sibirien und Alaska zeigen niedrige $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ - aber hohe $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -Verhältnisse an, was auf eine hauptsächlichliche Ernährung von trockenem Gras hinweist. Mageninhalt aus den tief gefrorenen Mammutkadavern Sibiriens zeigen, dass sie neben Gras und Zweigen auch Kräuter und Blumen abweideten. Die langen und kalten Winter waren für die in Gruppen wandernden Muttertiere mit ihren Jungen sehr hart. Die erwachsenen Mammutbullen lebten vermutlich als Einzelgänger. Möglicherweise unternahmen die grossen Pflanzenfresser weite saisonale Wanderungen und wechselten vom Winterquartier im milderen Tiefland jeweils im Sommer in die pflanzenreichen Flusstäler und Seengebiete.

Wachstum und Fortpflanzung

Das eiszeitliche Wollhaarmammut konnte wohl wie die heutigen Elefanten 50–70 Jahre alt werden. Die Geschlechtsreife erreichte es mit etwa 10 Jahren. Nach einer Tragzeit von etwa 22 Monaten wurden die Jungtiere geboren.

Heutige Elefanten werden im Alter von etwa 10 Jahren geschlechtsreif. Die Tragzeit dauerte vermutlich wie heute rund 22 Monate. Die frisch geborenen Kälber waren etwa 1 m hoch und wogen gegen 100 kg. Das in Niederweningen 1890/91 gefundene Mammutkalb besass wie die heutigen Elefantenkälber je einen ersten und zweiten Milchbackenzahn in jeder Kieferhälfte. Da auf den Zahnoberseiten noch keine Abnutzungsspuren erkennbar sind, muss das Jungtier umgekommen sein bevor es zwei Monate alt war. Ab diesem Alter kauen die heutigen Elefanten erstmals hartfaserige Nahrung wie Gras, als Ergänzung zur nahrhaften Muttermilch. Das maximale Alter heutiger Elefanten beträgt 50–70 Jahre. Dann sind die sechs-

ten und damit letzten Backenzähne vollständig abgekaut und die Tiere verhungern allmählich. Wildlebende Elefanten sterben heute aber meistens im Alter von 30–40 Jahren.

Das Aussterben des Mammuts

Das rasche und fast vollständige Aussterben des Mammuts vor 10 000 Jahren wird zur Zeit von den meisten Wissenschaftern mit einer dramatischen Klimaänderung erklärt. Ein rascher Temperaturanstieg und vermehrte Niederschläge setzten die an das kalte Klima angepassten Eiszeitriesen unter Anpassungsstress und brachten deren Nahrungsgrundlage, die weiten Grassteppen, zum Verschwinden.

Nach einer anderen Hypothese rottete der Mensch die Mammute als Jagdbeute aus, da er sich dank der Klimaerwärmung rasch vermehrte. Das scheint mit den damals vorhandenen einfachen Waffen unwahrscheinlich, da allein schon die dicke Haut und Fettschicht für Holzspeere und Steinklingen nur schwer zu durchdringen waren. Allenfalls konnten junge, kranke oder geschwächte Tiere erbeutet werden. Eindeutig belegt ist die menschliche Nutzung von Knochen, Zähnen und des zähen Elfenbeins. Nach der neuesten Hypothese wäre das Mammut in kürzester Zeit von einer sich epidemieartig ausbreitenden Infektionskrankheit dahin gerafft worden. Eine solche aids-ähnliche Seuche ist sehr unwahrscheinlich, da sie kaum gleichzeitig Europa, Asien und Nordamerika betroffen, sondern nur einzelne Populationen geschwächt hätte.

18 Wehntal vor etwa 45 000 Jahren

Ein Mammut mit frisch geborenem Jungtier wird bedrängt von einem Rudel Wölfe. Im lockeren Wald aus Tannen und Arven am Bildrand rechts versteckt ein Wollnashorn. In der Bildmitte hinter Birken und Weiden grasen Steppenbisons, weiter hinten in der Sumpfebene des verlandeten Wehntalsees suchen Wildpferde und weitere Mammute ihr Futter.

Das Bild, gezeichnet vom Atelier Bunter Hund, Zürich, wurde ermöglicht durch eine Spende der Vontobel-Stiftung, Zürich.

Die weitere geologische Geschichte im Zeitkanal:

1–2 Millionen Jahre: Höhere Deckenschotter

Im Gebiet der Egg liegen Nagelfluhbänke der Höheren Deckenschotter mit rinnenartiger Untergrenze auf der Molasse. Diese ältesten Ablagerungen des Eiszeitalters werden als Schmelzwasserablagerungen einer frühen Vergletscherung gedeutet.

2–10 Millionen Jahre: Schichtlücke durch Erosion nach der Auffaltung des Juragebirges

Da die Höheren Deckenschotter auf verschiedenartigen, stark deformierten Gesteinschichten des Tertiärs und der Jura-Zeit liegen, muss nach der Auffaltung des Juragebirges und der Molasseschichten eine lange Erosionsphase geherrscht haben.

5–10 Millionen Jahre: Faltenbau der Lägern als Teil der Jurafaltung

10–16 Millionen Jahre: Obere Süsswassermolasse

Die Sandsteine und Mergel entstanden als Ablagerungen eines grossen Flussschutfächers im nördlichen Vorland der noch jungen, sich ständig hebenden Alpen. Seltene Fossilien wie Säugetiere, Krokodile, Schildkröten und verschiedenste Pflanzen dokumentieren ein relativ warmes Klima.

19 Fossilien aus dem Miozän

16-20 Millionen Jahre: Obere Meeresmolasse

Die relativ weichen Sandsteine und Mergel der Molasse sind im Wehntal nur an wenigen Orten aufgeschlossen und haben bisher nur wenig Fossilien geliefert. Hingegen wurde am Ost- und Südrand der Lägern im 19. Jahrhundert in Steinbrüchen bei Niederhasli und vor allem bei Würenlos fossilreicher Muschelsandstein der Oberen Meeresmolasse abgebaut, der als Baustein für Gebäude und Brunnenröge sehr be-

liebt war. Herzmuscheln, Hai- und Rochenzähne sowie Skelettreste von Seekühen zeigen ein seichtes Meer an, das von starken Gezeitenströmungen dominiert wurde.

Lebensbild zur Zeit der Ablagerung der Oberen Meeresmolasse (Miozän).

Im seichten Meer tummelten sich verschiedene Haie, Rochen, Knochenfische, Urwale, Delphine und Seekühe. Am sandigen Meeresboden lebten viele Muscheln, Schnecken und Seeigel. (Zeichnung B. Scheffold, 1991, Paläontologisches Museum Universität Zürich).

Herzmuscheln (*Cardium*) und ein Wirbel einer Seekuh (*Sirenia*) in einem typischen Muschelsandstein von Würenlos

Zahn eines Riesenhais (*Carcharocles*) von Niederhasli

Zahn eines Hais (*Carcharias*) von Niederhasli

Mehrspeiziger Zahn eines Hais (*Notorhynchus*) von Boppelsen

Zeitkanal

16–20 Millionen Jahre: Obere Meeresmolasse

Eine verstärkte Absenkung des Vorlandbeckens der jungen Alpen hatte zu einer schmalen Meeresverbindung zwischen dem heutigen Südfrankreich und dem Wiener Becken geführt. Im seichten Wasser lagerten sich Sande und Schlicke ab, wie sie heute für ein Wattenmeer typisch sind.

20–30 Millionen Jahre: Untere Süsswassermolasse

Wie zur Zeit der Oberen Süsswassermolasse lagerten sich Sandsteine und Mergel auf grossen Schuttfächern ab. Aus der Unteren Süsswassermolasse von Regensburg wurde ein Unterkiefer des schweineartigen Huftiers *Microbunodon* bekannt.

30–40 Millionen Jahre: Schichtlücke ohne Ablagerungen

Die Nordschweiz lag vermutlich trocken und bildete eine verkarstete Hochfläche. Nur im südlichen Bereich des Vorlandbeckens bildete sich in dieser Zeit die Untere Meeresmolasse.

20 Fossilien aus dem Boluston (Eozän)

40 Millionen Jahre: Bohnerz und Boluston

Im oberen Teil der Jurakalke der Nordschweiz ist ein komplexes System von Karstspalten ausgebildet, das vermutlich bereits im frühen Tertiär, vor 60 Millionen Jahren, durch kohlenensäurehaltiges Regenwasser erodiert wurde. Im Eozän, vor etwa 40 Millionen Jahren wurden dann diese Karstspalten mit Bolustonerde, einem kalkfreien ockergelb bis braunen festländischen Rückstandssediment gefüllt. Zusätzlich finden sich linsen- und taschenartige Vorkommen von eisenreichen Bohnerzkügelchen. Bohnerz und Boluston sind Roterdebildungen und als solche an subtropisches bis tropisches, wechselfeuchtes Klima mit einem Jahresmittel von über 16°C gebunden.

In Boluston-Spaltenfüllungen der Lägersteinbrüche in Dielsdorf wurden Zähne und Knochen von Säugetieren und Reptilien gefunden. Bei den Reptilien sind Reste von Schlangen, Waranen und Alligatoren nachgewiesen. Unter den Säugetieren dominieren Huftiere (Paar- und Unpaarhufer). Raubtiere, Nagetiere, Insektenfresser, Gürteltiere und Fledermäuse sind relativ selten. Auffallend häufig sind kleine Halbaffenarten, die einen mehr oder weniger dichten Baumbestand verlangen. Pflanzen selbst sind allerdings nicht überliefert, sie wurden in dem feuchtwarmen Klima rasch zersetzt.

Fossilien aus dem Boluston der Läger Kalksteinbrüche Dielsdorf/Steinmaur (Eozän):

Kieferfragment eines Feuchtnasenaffen (*Microchoerus*)

Kieferfragment eines Urpferds (*Anchilophus*)

Kieferfragment eines schweineartigen Huftiers (*Cebochoerus*)

Kieferfragment eines Huftiers (*Anoplotherium*)

Kieferfragment eines Nagetiers (*Estellomys*)

Zahn eines Raubtiers (Nimravinae)

Rumpfwirbel einer Schlange (*Palaeophyton*)

Panzerplatte eines Krokodils (Alligatoridae)

Die Konzentration der Fossilien in den Spaltenfüllungen ist auf den damaligen Lebensraum zurück zu führen. Wassergefüllte Wannens und Vertiefungen (Dolinen) auf dem sonst trockenen Karstplateau dienten Pflanzenfressern und Raubtieren gleichermaßen als Tränkestellen. Bei Regenfällen wurden Kadaver oder Skelettreste in das Karstsystem gespült und so in den Spalten angereichert. Auch von den mageren Roterdeböden blieb oberflächlich nichts erhalten, da die Rückstände ebenfalls in der Tiefe verschwanden, wo Boluston und Bohnerz die zerfallenden Knochen und Zähne konservierten.

Boluston und Bohnerz aus den Lägern Kalksteinbrüchen Dielsdorf/Steinmaur (Eozän)

Schematische Darstellung zur Entstehung der Boluston-Spaltenfüllungen im Wettin-gen-Kalk der Lägern. (Zeichnung W. Schatz nach Angaben von H. Rieber).

Zeitkanal:

40-140 Millionen Jahre: Die grösste Schichtlücke

Aus dem frühesten Tertiär (Spätes Eozän und Paläozän), der ganzen Kreide und dem spätesten Jura (Tithon) sind in der Nordschweiz keine Ablagerungen nachgewiesen. Die Boluston- und Bohnerz-Spaltenfüllungen des Eozäns (vor 40 Millionen Jahren) greifen bis 20 m tief in Kalke des späten Juras (vor 140 Millionen Jahren) hinunter.

21 Meeresfossilien aus den Lägernkalken

140–145 Millionen Jahre: Wettingen- und Baden-Schichten der späten Jurazeit

Die dickbankigen Kalke der Wettingen-Schichten und die Kalk-Mergel-Wechselagerung der etwas älteren Baden-Schichten bilden als Härterippe den Lägergrat. In einzelnen Bänken sind Fossilien von Meerestieren nicht selten. Besonders viele und gut erhaltene Fossilien kamen beim langjährigen Abbau durch die Lägern Kalksteinbrüche AG in Dielsdorf/Steinmaur aus den Baden-Schichten zum Vorschein. Der Individuen- und Artenreichtum der damaligen Tierwelt lässt auf gute Lebensbedingungen in einem gut belüfteten subtropischen Meer mit einer Tiefe zwischen 100 und 200 m schliessen.

Besonders häufig sind Ammoniten, ausgestorbene Vertreter der Kopffüsser (Cephalopoda). Neben zahlreichen kleinwüchsigen unscheinbaren Arten kommen viele grössere Formen vor, deren Gehäuse Rippen und Knoten aufweisen. Alle Ammoniten sind als Steinkerne, Gesteinsausfüllungen einstiger Hohlräume, erhalten. Die ursprüngliche Schale wurde während der Verfestigung des lockeren Schlammes zum Gestein aufgelöst (Diagenese). Die Ammoniten lebten gemächlich schwimmend im damaligen warmen Meer und ernährten sich von kleinen Tieren, die sie im freien Wasser und am Meeresboden erbeuteten. Gewandte Schwimmer waren die Belemniten. Auch sie gehören zu den Cephalopoden und können am besten mit den heutigen Kalmaren verglichen werden. Von den Belemniten bleiben meist nur die massiven kalkigen Innenskelette übrig, die im Volksmund Teufelsfinger oder Donnerkeile genannt werden.

Muscheln kommen nicht besonders häufig und nur mit wenigen Arten vor. Die meisten von ihnen lebten grabend im weichen Schlamm Boden. Ziemlich häufig und mit mehreren Arten sind dagegen die Armfüsser (Brachiopoda) vertreten. Ihre doppelklappigen Gehäuse waren mit einem Stiel am verfestigten Meeresboden angeheftet. Ebenfalls am Boden festgeheftet waren die zahlreichen Arten von Schwämmen (Porifera), von denen die meisten ein Skelett aus Kieselsäure bzw. Skelettopal (Kieselschwämme), wenige ein solches aus Kalk (Kalkschwämme) besaßen. Die Schwämme gewannen durch Filtrieren des Wassers feine Nahrungspartikel. Die regulären Seeigel, typische Vertreter der Stachelhäuter (Echinodermata), stelzten auf ihren Stacheln langsam über das etwas verfestigte Sediment und schabten mit ihrem kalkigen Kieferapparat Algen- und Bakterienrasen ab. Kelche, Stiel- und Armglieder von Seelilien (Crinoidea) gehörten ebenfalls zu den Echinodermen.

Von mindestens zwei Individuen stammen Wirbel, Extremitätenknochen, Zähne und Panzerplatten des grossen Meereskrokodils *Steneosaurus*. Nach der Grösse der Wirbel zu schliessen, erreichte dieses Meereskrokodil etwa 6 m Länge und dürfte als gewandter Schwimmer und Taucher auf Fische, Tintenfische und vielleicht auch auf Ammoniten Jagd gemacht haben. Noch grösser war der nahe Verwandte *Dakosaurus*, von dem bisher erst ein einziger Zahn belegt ist. Zwei Kieferreste mit den typischen stumpfen Knackzähnen des Knochenfisches *Gyrodus* beweisen, dass auch grössere Fische in diesem Meer vertreten waren. Fische mit einem solchen Gebiss zerknacken Tiere mit harten Skeletten und Schalen (Muscheln, Seeigel, Krebse), um an deren Weichteile zu gelangen.

22 Jura-Fossilien

Ammoniten aus den Lägernkalken von Dielsdorf/Steinmaur (Baden-Schichten, Später Jura)

Taramelliceras (Ammonit)

Nebrodites (Ammonit)

Ataxioceras (Ammonit)

Aspidoceras (Ammonit)

Lithacoceras (Ammonit)

Ringsteadia (Ammonit)

Lebensbild des Jurameeres zur Zeit der Ablagerung der Baden-Schichten (Kimmeridgian, Später Jura). Zusammengestellt nach Fossilfunden aus dem oberen Steinbruch von Dielsdorf/Steinmaur (Zeichnung B. Scheffold nach Angaben von H. Rieber, Lägern Kalksteinbrüche AG 1999).

1 *Steneosaurus* (Meereskrokodil)

2 *Gyrodus* (Knochenfisch mit Knackgebiss)

3 *Taramelliceras* (Ammonit)

4 *Aspidoceras* (Ammonit)

5 *Lithacoceras* (Ammonit)

6 *Nebrodites* (Ammonit)

7 *Hibolites* (Belemnit)

8 *Pholadomya* (Muschel)

9 *Lacunosella* (Brachiopode)

10 *Lobidothyris* (Brachiopode)

11 *Cypellia* (Kieselschwamm)

12 *Platychonia* (Kieselschwamm)

13 *Peronidella* (Kalkschwamm)

14 *Plegiocidaris* (regulärer Seeigel)

15 *Rhabdocidaris* (regulärer Seeigel)

16 *Eugeniocrinites* (Crinoide)

17 *Isocrinus* (Crinoide)