

# Paläoökologische Untersuchungen in den quartären Sedimenten von Duttendorf (Oberösterreich)

*Palaeoecological studies on Quaternary sediments from Duttendorf (Upper Austria)*

Reinhard STARNBERGER<sup>1\*</sup>, Birgit TERHORST<sup>2</sup>, Wolfgang RÄHLE<sup>3</sup>, Robert PETICZKA<sup>2</sup> & Jean Nicolas HAAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Innsbruck, Institut für Botanik, Sternwartestraße 15, A-6020 Innsbruck

<sup>2</sup> Universität Wien, Institut für Geographie und Regionalforschung, Universitätsstraße 7, A-1010 Wien

<sup>3</sup> Engelfriedshalde 102, D-72076 Tübingen

**ZUSAMMENFASSUNG** - An den hochglazialen Lößablagerungen von Duttendorf (Österreich) im Gebiet des pleistozänen Salzachgletschers wurden paläopedologische, sedimentologische und paläoökologische Untersuchungen durchgeführt, die detaillierte Einblicke in das Paläoklima, das Paläorelief und in die Vegetationsverhältnisse zur Zeit des Sauerstoffisotopenstadiums 2 (OIS 2) erlauben. Es stellte sich heraus, dass alluviale Prozesse eine wesentlich stärkere Rolle bei der Ablagerung des Lößsediments gespielt haben, als dies bisher angenommen wurde. Pollen- und Großrestanalysen belegen die Anwesenheit von feuchteliebenden Pflanzenarten, Mollusken und sogar von Wasserpflanzen, weshalb das Sediment als Schwemmlöß interpretiert werden kann. Die Ergebnisse zeigen, dass die damalige Landschaft im Vorfeld des Salzachgletschers nicht nur einer kalt-trockenen Steppe entsprach, sondern dort auch feuchtere Standorte vorhanden waren, vermutlich lokal sogar Wasserflächen auftraten. Der Fund eines Fichtennadelrestes (*Picea abies*) könnte zur Klärung der Frage nach der Rolle des Baumwachstums im nördlichen Alpenvorland während des letzten Hochglazials beitragen.

**ABSTRACT** - *Palaeopedological, sedimentological and palaeoecological investigations were carried out on the Upper Pleniglacial Loess deposits of Duttendorf (Austria) in the area of the Pleistocene Salzach glacier. Detailed insights into the palaeoclimate, palaeotopography and palaeovegetation at the period of the Oxygen Isotopic Stage 2 (OIS 2) were obtained. According to the results it seems that alluvial processes played a more important role for the genesis of the Loess deposits than previously assumed. The pollen record and the macro-remains yield the occurrence of hygrophile plants and molluscs as well as of water plants. By consequence, the sediment can be regarded as alluvial loess. Furthermore, the results show that the landscape corresponded not only to a cold and dry loess steppe environment, but was partly influenced by humid conditions and that probably even water surfaces were likely to have existed. The finding of the remains of a spruce-needle (*Picea abies*) may contribute to a better understanding of the tree growth in the northern pre-alpine area during Upper Pleniglacial times.*

**KEYWORDS** - Löß, Quartär, Österreich, Sedimentologie, Palynologie, Carpologie, Paläoökologie  
*Loess, Quaternary, Austria, Sedimentology, Palynology, Carpology, Palaeoecology*

## Einleitung

Das Glazial- und Periglazialgebiet des ehemaligen pleistozänen Salzachgletschers wurde schon früh Gegenstand der Quartärforschung. So verfasste z.B. Eduard Brückner seine Doktorarbeit über diesen Teil des bayerisch-österreichischen Alpenvorlandes (Brückner 1886). Im 20. Jahrhundert führten u. a. Götzing (1936) und Weinberger (1950, 1955) weitere quartärwissenschaftliche Studien durch. Ebers et al. (1966) erstellten eine glazialmorphologische Karte des pleistozänen Salzachvorlandgletschers. Später untersuchten Grimm et al. (1979) und Doppler

(1980) schwerpunktmäßig den nordwestlichen Teil des Salzachgebietes. Obwohl die Autoren dabei zu detaillierten glazialmorphologischen Ergebnissen kamen, lagen aus dem Untersuchungsraum lange Zeit keine absoluten Datierungen vor. Deshalb ist von besonderer Bedeutung, dass Traub & Jerz (1975) für die Lößablagerungen von Duttendorf mittels der <sup>14</sup>C-Methode an Molluskenschalen erstmals ein absolutes Alter für das Untersuchungsgebiet lieferten. Die Lößablagerungen im Profil Duttendorf wurden im Rahmen dieser Untersuchungen auf 21 650 ± 250 BP datiert (Traub & Jerz 1975). Nach Kohl (2000), Doppler (2003) und van Husen (2004) stellte diese Datierung bis in die jüngste Zeit die einzige absolute Datierung für das letzte Hochglazial des pleistozänen Salzachgletschers dar.

\*corresponding author:

Reinhard.Starnberger@uibk.ac.at

In jüngerer Zeit wurde insbesondere das ehemalige Periglazialgebiet des pleistozänen Salzachgletschers im Rahmen des DFG-Forschungsprojektes «Geomorphologisch-paläopedologische Untersuchungen im ehemaligen Glazial- und Periglazialraum des pleistozänen Salzachgletschergebietes» sowie einem ICSU-Projekt von internationalen Forschungsteams erneut untersucht. Es liegen damit zahlreiche pedostratigraphische Arbeiten und Lumineszenz-Datierungen aus dem ehemaligen Periglazialraum des Salzachgletschers vor, wie etwa die würmzeitlichen hochglazialen Lößablagerungen der Inn-Terrassen, die nach Terhorst et al. (2002) und Terhorst (2003) auf einen Zeitraum von 22 900 ± 3 300 BP bis 14 200 ± 1 200 BP datiert werden können.

Das hier vorgestellte Profil von Duttendorf gilt aufgrund seiner paläogeographischen Situation als besonders interessant für die Quartärstratigraphie, denn die Lößschichten befinden sich unterhalb von Kiesen der fluvioglazialen Niederterrasse und können für deren Ablagerung somit ein Maximalalter liefern.

Das Lößprofil von Duttendorf (48°09'39" N, 12°50'13" W) liegt auf einer Höhe von 420 m ü. NN am österreichischen Salzachufer (Abb. 1 & 2) gegenüber von Burghausen (D), im Ort Duttendorf, Gemeinde Hochburg-Ach (Ö). Es befindet sich ca. 5 km nördlich der würmeiszeitlichen Endmoränen der Radegunder Phase (nach Doppler 1980), bzw. des Eggelsberger Walles (nach Kohl 2000, s. Abb. 1). Durch die Eintiefung der Salzach entstand ein natürlicher Aufschluß, der sich im obersten Abschnitt des ca. 60 m hohen Ufersteilhanges befindet und heute nur noch schwer zugänglich ist (Abb. 2).

Über den anstehenden Tertiärschichten folgen nach Traub & Jerz (1975) Ribterrassenschotter, in denen ein Interglazialboden entwickelt ist sowie eine

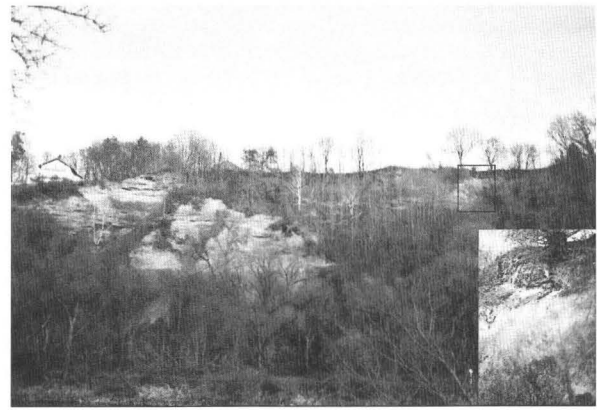


Abb. 2. Ansicht des Salzachufersteilhanges von Westen her. Über miozänen Quarzschottern und -sanden mit einem fossilen Bodenhorizont (etwa Bildmitte) folgen quartäre Schotter, auf denen das Lößsediment abgelagert wurde (Bildmitte rechts und Nahaufnahme unten rechts: Profil Süd); darüber befindet sich eine weitere geringmächtige Schotterablagerung (Photo: R. Starnberger 2004).

Fig. 2. View of the steep slope next to the river Salzach from the West. On top of a Miocene quartzitic gravel and sand deposit with a fossil soil horizon (centre of the picture: profile South), Quaternary gravels have been accumulated. They are superimposed by the Loess sediment (centre to the right-hand side, and close up lower right). The top of the sequence is formed by another small fluvioglacial gravel deposit (Photo: R. Starnberger 2004).

Basisfließerde, die nach Jerz (1993) einer frühglazialen Entstehung zugeordnet werden kann. Der darüber liegende Löß wird nach Traub & Jerz (1975) in einen kalkarmen, tonigen „Unteren Löß“ und einen kalk- und fossilreichen „Oberen Löß“ zweigeteilt, zwischen denen sich ein Tundren-Naßboden befindet. Über dem Lößsediment kamen die Niederterrassenschotter der Radegunder Phase zur Ablagerung (Jerz 1993; Kohl 2000; Abb. 3).

## Methoden

### Korngrößenanalyse, Carbonatgehalt und Farbbestimmung

Die Bestimmung der Korngrößen erfolgte nach der kombinierten Sieb- und Pipettanalyse nach Köhn (ÖNORM L 1061 und B4412). Der Carbonatgehalt wurde nach Scheibler gasvolumetrisch bestimmt (Ct). Die Farben sind auf der Basis der MUNSELL SOIL

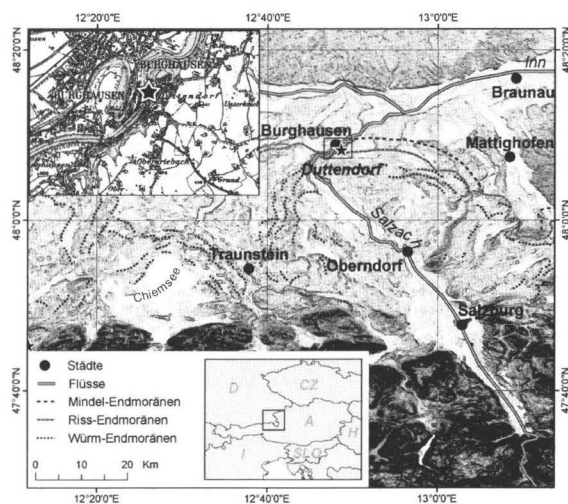


Abb. 1. Überblick über das Gebiet des pleistozänen Salzachgletschers mit dem Profil Duttendorf bei Burghausen (Karte oben links); Gletscherstände nach Ehlers & Gibbard (2004).

Fig. 1. Overview of the area of the Pleistocene Salzach-Glacier with the position of the Duttendorf profile near Burghausen (upper left map); glacier extents according to Ehlers & Gibbard (2004).

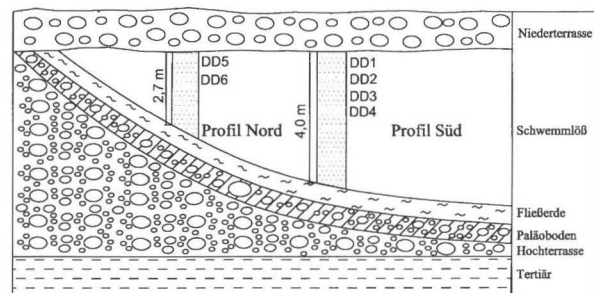


Abb. 3. Schematische Darstellung des Profils von Duttendorf (Nord und Süd) mit den Entnahmestellen der Proben.

Fig. 3. Schematic description of the Duttendorf profile (North and South) presenting the positions of the samples.

COLOR CHARTS (2000) festgelegt worden. Es wurden jeweils zwei Proben aus den oberen Bereichen der Profile Nord und Süd sedimentologisch untersucht (s. Abb. 3).

### Analyse von Pollen und Extrafossilien

Für die Analyse von Pollen und Extrafossilien, wie Algenzysten, Pilzsporen, Holzkohlepartikel und zoologische Mikroreste, wurden am Profil Süd vier Proben von jeweils etwa 2 kg Gewicht im Abstand von 50 cm entnommen. Das Probenmaterial umfasst dabei eine Sedimenttiefe von jeweils 10 cm. Durch die relativ schwere Zugänglichkeit des steilen obersten Abschnitts des „Oberen Löß“ konzentrierte sich die Probenentnahme auf den darunter liegenden, fossilreichen Teil des Aufschlusses ab 3,5 m unterhalb der Geländeoberkante (GOK) bzw. 0,5 m unterhalb der Lößoberkante. Die beiden oberen Proben (DD1 und DD2) wiesen zudem eine relativ starke Durchwurzelung auf, was auf zu erwartende Kontamination hinweist. Zur Aufbereitung des Materials für die Analyse wurden jeweils 12,5 cm<sup>3</sup> Material zunächst gesiebt, um die Kornfraktion zwischen 7 und 150 µm zu gewinnen. Es folgten die Behandlung mit HCl und eine Acetolyse gemäß den Standardmethoden der Pollenanalyse (Moore et al. 1991). Um gewisse Extrafossilreste nicht zu zerstören, wurde auf die Behandlung mit Flusssäure verzichtet.

### Makroreste

Aufgrund der Kontamination vor allem der oberen beiden Proben des Profils Süd (DD1 und DD2) konzentrierte sich die Auswertung der Makroreste auf die beiden unteren Proben aus 4,5 m (DD3) und 5 m (DD4) Tiefe unter GOK. Es wurden jeweils 700 g Material nass gesiebt, und die Kornfraktionen zwischen 150 und 250 µm wurden nach einer dreiminütigen Ultraschallbehandlung unter dem Binokular untersucht.

## Resultate

### Paläopedologische Untersuchungen

Die heutigen Aufschlussverhältnisse unterscheiden sich von den Bedingungen, die die früheren Autoren vorgefunden haben. Die Basisfließerde sowie die Ribterrasse und der Interglazialboden sind von Schutt überdeckt worden und heute unzugänglich. Es sind zur Zeit zwei unterschiedlich mächtige Profilausschnitte in den Lößablagerungen vorhanden (Abb. 2 & 3), die auf eine aufgefüllte Paläorinne hindeuten. Das nördliche Profil befindet sich in Hanglage und weist eine Mächtigkeit von 2,70 m auf, während das 10 m südlich anschließende Profil im Rinnentiefsten liegt und 4 m mächtige Deckschichten aufschließt.

Beide Profile weisen blasse gelbe Schluffe auf (2,5 Y 7/3, trocken), die keine eindeutigen Untergliederungen erkennen lassen. Die schluffigen Sedimente sind mit kleinen Kieseln (ø 1,5 cm) und

Schnecken durchsetzt und stellenweise schwach pseudovergleyt. Der Karbonatgehalt beträgt zwischen 7,3% und 8,2%. Die Korngrößenverteilung weist eine sehr homogene Zusammensetzung für alle Proben auf. Die Bodenart aller untersuchten Proben ist Schluff, mit einem Tongehalt, der zwischen 14,6% und 16,3% liegt (Abb. 4).

Die Schlufffraktion bewegt sich zwischen 75,1% und 78,4%, wobei der Anteil an Grobschluff deutlich dominiert (42,4% und 46,7%). Der Sandanteil bleibt mit Werten zwischen 7,0% und 8,4% im Profilverlauf homogen und wird überwiegend von der Feinsandfraktion geprägt.

Die OSL-Datierungen der Lößablagerungen zwischen 1,5 m (Abb. 3, DD5 Profil Nord) und 3,5 m Tiefe unterhalb der Niederterrasse (Abb. 3, DD4 Profil Süd) ergaben Alter von 19 900 ± 2 300 BP und 21 500 ± 2 300 BP (schriftliche Mitteilung Dr. Manfred Frechen, GGA, Hannover).

### Pollen und Extrafossilien

Die Pollenkonzentration im untersuchten Profil Süd fällt in allen Proben mit ca. 150 bis 400 Pollen/cm<sup>3</sup> erwartungsgemäß gering aus (Abb. 5), andererseits ist ein relativ guter Erhaltungsgrad sowohl der Pollen als auch der Makroreste zu verzeichnen. Das Pollenspektrum reicht dabei von eindeutigen Feuchtezeigern wie dem Breitblättrigen Rohrkolben-Typ (*Typha latifolia* - Typ), Sonnentau (*Drosera* sp.) oder Sauergräsern (Cyperaceae) über eher wärmeliebende Arten wie den Adlerfarn (der nach Oberdorfer, 1990, nur in warmen Sommern Sporen bildet), bis hin zu charakteristischen Vertretern einer Steppenvegetation, mit Gräsern (Poaceae) und Korbblütern (Liguliflorae, *Aster*-Typ und *Artemisia*). Daneben fanden sich zahlreiche Vertreter von Arten, die nicht eindeutig ökologisch zuzuordnen sind, wie beispielsweise Hasel (*Corylus avellana*, evtl. auch Kontaminationsprodukt, da im oberen, stärker durchwurzelten Teil des Profils), Kiefer (*Pinus* sp.), Fichte (*Picea abies*), Birke (*Betula* sp.), Doldengewächse (Apiaceae), Hahnenfußgewächse (Ranunculaceae) und Rosengewächse (Rosaceae). Arten wie die Brennessel (*Urtica*

	Ton	Schluff			Sand		
		fein	mittel	grob	fein	mittel	grob
	<2 µm	2-6 µm	6-20 µm	20-63 µm	63-200 µm	200-630 µm	630-2000 µm
DD6	15,3%	6,3%	27,6%	42,4%	6,1%	1,4%	0,9%
DD5	16,3%	6,0%	26,1%	43,0%	6,3%	1,4%	0,9%
DD1	14,6%	5,6%	26,1%	46,7%	5,9%	0,8%	0,3%
DD2	14,7%	5,9%	27,4%	44,5%	5,7%	1,2%	0,6%

Abb. 4. Korngrößenverteilung in Prozent für die Lößsedimente von Duttendorf.

Fig. 4. Grain size distribution (percentage) from the loess samples from Duttendorf.





sp.) und der Sternblütige Steinbrech-Typ (*Saxifraga stellaris*-Typ) deuten möglicherweise auf Pioniergesellschaften hin. Pollen von Getreide (*Cerealia*), Tanne (*Abies alba*, Einzelfund), Hainbuche (*Carpinus betulus*, Einzelfund), Hartriegel (*Cornus sanguinea*, Einzelfund) oder Walnuss (*Juglans regia*) müssen als Kontaminationsprodukte angesehen werden. Neben zahlreichen Algenzysten, die nicht weiter bestimmbar sind, wurden auch verschiedene Pilzsporen und Dinoflagellaten gefunden. Ein Dinoflagellat aus 4 m Tiefe konnte als *Spiniferites* sp. identifiziert werden, eine marine Art, die im Miozän lebte und heute nur noch fossil zu finden ist (Kouli et al. 2001) und als sekundäres Umlagerungsprodukt angesehen werden muss. In 5 m Tiefe konnte außerdem eine Spore des Pilzes *Asterosporium asterospermum* gefunden werden, der sowohl auf Totholz vorkommt als auch auf Dung.

### Makroreste

Die in 4,5 m (DD3) und 5 m (DD4) Tiefe des Profils Süd gefundenen Großreste (Abb. 6 & 7) befanden sich in einem recht guten Erhaltungszustand. Neben zoonen Resten wie Chironomiden-Teilen (Zuckmücken) und Resten von Strudelwürmern (*Neorhabdocoela*) wurden u. a. Pflanzensamen, Moosreste, Teile eines Grashalms, Holzkohlestücke, der Teil einer Kiefernadel mit charakteristischer Spaltöffnung (*Stoma* von *Pinus*), eine Blattbasis und Reste einer Fichtennadel (*Picea abies*) gefunden.

DD3 (4,5 m)	n	DD4 (5,0 m)	n
indet. (S)	2	<i>Cerastium</i> sp. (S)	1
<i>Sphagnum</i> sp. (Blatt)	1	<i>Epilobium</i> sp. (S)	1
Pflanzenteile vegetativ	33	Indet. (S)	2
Wurzelreste	7	Bryophyta indet. (Moosstengel mit Kopfteil)	1
Holzkohlepartikel (HK)	5	Bryophyta indet. (Moosblätter)	>100
Coleoptera-Reste	2	Blattbasis indet.	1
Trichoptera-Reste	2	Teile eines Grashalms	2
Chironomidae - Rest	1	<i>Picea abies</i> (N)	1
Insektenreste indet.	7	<i>Picea - Larix</i> - Typ (HK)	1
		Holzkohlereste indet. (HK)	11
		Wurzelreste indet.	4
		Pflanzenreste indet.	10
		Neorhabdocoela-Wurmeier ( <i>Microdalyellia</i> sp.)	2
		Chironomidae (Zuckmücken)	3
		Insektenreste indet.	15

Abb. 6. Pflanzliche und tierische Großreste aus den Proben DD3 und DD4. Abkürzungen: HK=Holzkohle, N=Nadel, S=Same.

Fig. 6. Botanical and zoological macro-remains from samples DD3 and DD4. Abbreviations: HK=charcoal, N=needle, S=seed.

### Mollusken

Die Mollusken aus dem fossilreichen, würmezeitlichen oberen Löß von Duttendorf sind bereits von Traub & Jerz (1975) sehr eingehend bearbeitet worden. Die Auswertung dreier Proben aus den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Profilen Nord und Süd

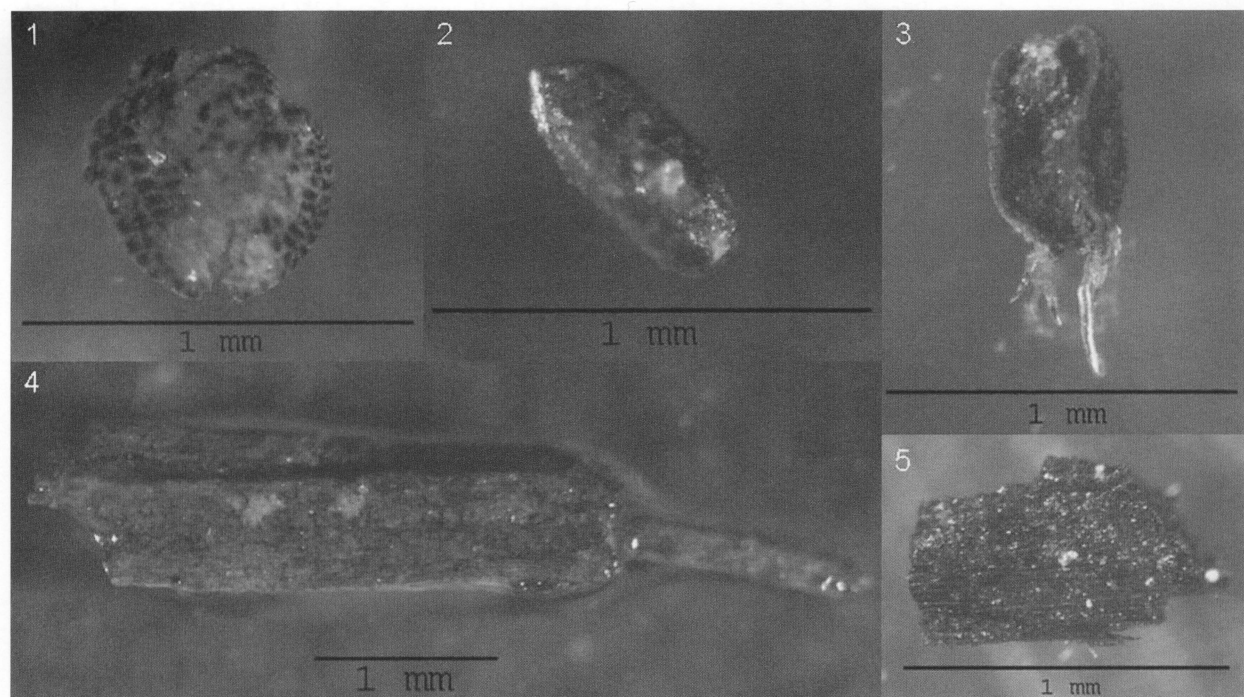


Abb. 7. Pflanzliche Großreste aus den Proben DD3 und DD4 der würmezeitlichen Löß-Stratigraphie von Duttendorf (Oberösterreich). 1 *Cerastium* sp. (S), 2 *Epilobium* sp. (S), 3 indet. (S), 4 *Picea abies* (N), 5 *Picea-Larix*-Typ (HK). Abkürzungen: HK=Holzkohle, N=Nadel, S=Same (Photos: R. Starnberger).

Fig. 7. Plant macro-remains from the lowermost sample of the Wuermian loess-sediment from Duttendorf (Upper Austria). 1 *Cerastium* sp. (S), 2 *Epilobium* sp. (S), 3 indet. (S), 4 *Picea abies* (N), 5 *Picea-Larix*-Typ (HK). Abbreviations: HK=charcoal, N=needle, S=seed (Photos: R. Starnberger).

(Abb. 3, Aufschluss) bestätigen die Ergebnisse der Autoren, denen bedeutend mehr Material zur Verfügung stand (Abb. 8). Die Vorkommen von *Columella columella*, *Pupilla muscorum densegyrata* und *Arianta arbustorum alpicola* belegen den kaltzeitlichen Charakter der Faunen und hochglaziale Verhältnisse. Index-Arten für Interstadiale fehlen. Von den fünf, direkt in den Profilen nachgewiesenen Schneckenarten sind *Trochulus hispidus* (syn. *Trichia hispida*) und *Arianta arbustorum* außerordentlich dominant. Die starke Dominanz von *Arianta arbustorum*, einer wegen ihrer Größe sehr auffälligen Schnecke, ist für Lößfaunen ungewöhnlich. Auch sind – obwohl beim Schlämmen feinmaschige Siebe verwendet wurden – im Löß von Duttendorf die Kleinschnecken bedeutend weniger stark vertreten als es sonst in vergleichbarem Material der Fall ist.

**Diskussion**

Die sedimentologischen Merkmale, wie das Auftreten von Kiesen und die Ablagerung der Lößschichten in einer Rinneposition, legen den Schluss nahe, dass die untersuchten Sedimente nicht rein äolisch abgelagert wurden, sondern in einer Rinne zusammengeschwemmt wurden und damit einem durch Wasser umgelagertem Schwemmlöß entsprechen. Die Dinoflagellatenart *Spiniferites* sp., eine vorwiegend marine Art, die mit sehr großer Wahrscheinlichkeit aus aufgearbeitetem tertiärem Material aus der Region stammen muss, unterstreicht die Klassifizierung als Schwemmlöß weiter, ebenso wie die Ergebnisse der Molluskenauswertung, die durchweg als feuchte liebende Molluskengesellschaften interpretiert werden. So sind 90 bis 100% der Individuen mehr oder weniger hygrophil. Die Faunen zeigen Merkmale einer in der Tundra lebenden feuchten Fazies der *Columella*-Fauna im Sinne von Ložek (1964). Die Häufigkeit der Feuchtigkeits- und Schatten liebenden Art *Arianta arbustorum* lässt auf eine saisonal sehr gut entwickelte Bodenvegetation, überwiegend aus

krautigen Pflanzen, schließen. Auch Sträucher könnten vorgekommen sein. Dies steht in einem gewissen Gegensatz zu der Meinung von Traub & Jerz (1975: p. 189), die in ihren paläoökologischen Schlussfolgerungen von einer überwiegend trocken-kalten Lößsteppe ausgehen und lediglich Übergänge zur feuchten, waldlosen Tundra einräumen.

Die zeitliche Einstufung der untersuchten Quartärabfolge ist aufgrund der geomorphologischen Position der Sedimente besonders interessant. Die früher bereits durchgeführte <sup>14</sup>C-Datierung von 21 650 ± 250 BP (Traub & Jerz 1975) konnte im Prinzip durch die OSL-Datierungen bestätigt werden. Diese sind mit 19 900-21 500 BP etwas jünger als die datierten Molluskenschalen. Der Ablagerungszeitraum fällt nach den Datierungen somit eindeutig ins Hochglazial (OIS 2). Polleninhalte, Makroreste sowie Mollusken bestätigen die hochglaziale Entstehung der Sedimente. Vergleicht man die Altersangaben des Profils von Duttendorf mit den OSL-Datierungen in den Lößablagerungen der Inn-Hochterrasse (Terhorst et al. 2002), so fällt die Zeitspanne der Sedimentation in Duttendorf in die erste und ältere Phase der Lößsedimentation im Untersuchungsraum, deren älteste hochglaziale Ablagerungen bisher mit 22 600 ± 3 300 BP in Altheim datiert sind. Die Ablagerung der Niederterrassenschotter, die sich in Duttendorf über dem Löß befinden, muss zudem nach den vorliegenden Resultaten jünger als 19 600 BP sein.

Die Einstufung des heute ca. 2 m mächtigen oberen Löß sensu Traub & Jerz (1975) in das letzte Hochglazial durch die OSL-Datierungen einerseits sowie die kaltzeitliche Molluskenfauna und andererseits des von den Autoren beschriebenen bis ins Eem zurückreichenden, aber nur etwa 1,5 m umfassenden unteren Löß (mit möglichen Hiäten), deckt sich mit Untersuchungen an anderen Lößsedimenten, wie etwa bei Nußloch im Oberrheingebiet, wo von enormen Sedimentationsraten von 1 bis 2 Metern Löß pro Tausend Jahren vor allem im Zeitraum von etwa

	Profil Nord		Profil Nord		Profil Süd		Traub & Jerz		Traub & Jerz		Traub & Jerz	
	DD6 (2.5 m)		DD5 (1.6 m)		DD1 (1.8 m)		3-2 m		2-1 m		1-0 m	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Columella columella</i>	1	2,4	-	-	-	-	-	-	3	0,6	-	-
<i>Pupilla muscorum densegyrata</i>	2	4,8	1	1,7	16	9,6	-	-	41	7,7	2	0,5
<i>Succinella oblonga</i>	6	14,3	1	1,7	58	34,7	4	7,4	150	28,1	11	2,4
<i>Trochulus hispidus</i>	19	45,2	28	46,6	40	24,0	20	37,0	61	11,4	356	78,9
<i>Arianta arbustorum alpicola</i>	14	33,3	30	50,0	53	31,7	30	55,6	279	52,2	82	18,2
<b>Gesamt</b>	<b>42</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>100</b>	<b>167</b>	<b>100</b>	<b>54</b>	<b>100</b>	<b>534</b>	<b>100</b>	<b>451</b>	<b>100</b>

Abb. 8. Mollusken aus dem würmzeitlichen Löß von Duttendorf (Oberösterreich) mit Tiefenangaben (in Meter) unter der Niederterrassen-Unterkante. Zum Vergleich sind die Funde von Traub & Jerz (1975: 190, Tab.2) aus 3-2 m, 2-1 m und 1-0 m unter der Niederterrassen-Unterkante eingetragen.

Fig. 8. Molluscs of the Würmian loess-sediment from Duttendorf (Upper Austria) with depths (in meter) below the uppermost gravel deposit. For comparison, the results by Traub & Jerz (1975: 190, Tab. 2) at 3-2 m, 2-1 m and 1-0 m depth below the uppermost gravel deposit are indicated in the right hand columns.

25 000–20 000 BP ausgegangen wird, bei geringen Sedimentationsraten im darunter liegenden Mittelwürm (Antoine et al. 2001).

Das Spektrum der Pollen und Großreste entspricht in etwa dem Bild einer hochglazialen Lößsteppe, wie sie von Frenzel (1964a) für Niederösterreich angenommen wurde, mit Gräsern und Kräutern und einer offenen, waldfreien Landschaft. Andererseits sind jedoch vor allem in den tieferen Abschnitten des Profils zahlreiche Feuchtezeiger sowie Algenzysten und Reste von Moosen zu finden, die auf ein feuchteres Milieu und damit ebenfalls auf einen Schwemmlöß hindeuten. Es fallen die geringen Werte von Gräserpollen im gesamten Profil auf, eine Tatsache, die nur schwer zu interpretieren ist, jedoch berichtet beispielsweise auch Frenzel (1964b) bei seinen Untersuchungen der Lössen in Stillfried und Oberfellabrunn von auffällig geringen Poaceae-Werten in den oberen, hochglazialen Sedimenten (z. B. 2,9% der Kräuterpollen im „Würmlöß über Stillfried B“).

Die Funde von Holzkohlepartikeln und eines Fichtennadelrestes in Duttendorf (wobei diese allerdings auch verschwemmt oder aufgearbeitet sein könnten) befinden sich im unteren Teil des oberen, fossilreichen Löß, der wenig tiefer in den unteren Löß übergeht. An diesem Übergang wurde von Traub & Jerz (1975) ein Tundren-Naßboden beschrieben, der in den feuchteren Lößgebieten, zu denen der Bereich des ehemaligen Salzachgletschers gezählt wird, lange Zeit mit dem Lohner Boden korreliert wurde, der für interstadiale Verhältnissen an der Wende vom Mittleren zum Jüngeren Würm steht, was jedoch aus heutiger Sicht nicht mehr zulässig ist (Zöller & Semmel 1999). Die zeitliche Einordnung dieses Überganges vom Oberen zum Unteren Löß am Profil von Duttendorf bleibt somit vorerst unsicher, ebenso wie die Interpretation der Fichtenrestfunde. Die Waldgeschichte in dieser Region kann durch andere Untersuchungen aus der weiteren Umgebung des pleistozänen Salzachgletschergebietes teilweise rekonstruiert werden.

Bei Baumkirchen im mittleren Tiroler Inntal etwa wurden Hölzer von *Pinus silvestris*, *Pinus mugo*, *Alnus viridis* und *Hippophaea rhamnoides* gefunden, die mit <sup>14</sup>C-Datierungen in den Zeitraum von ca. 27 000 – 30 000 BP gestellt werden (Fliri 1973). Nach Preußner (2004) wird mit Baumkirchen der Übergang vom Mittel- zum Jungwürm definiert.

Bei ihren Untersuchungen der Seesedimente am Mondsee (Österreich) konnten Klaus (1987) bzw. Drescher-Schneider (2000) detaillierte palynologische Befunde zum Verlauf des frühen und mittleren Würm am nordöstlichen Alpenrand gewinnen, in welchem *Picea abies* in den Pollenprofilen durchgehend anwesend ist, bis hin zu einem von beiden Autoren beschriebenen „kältesten Stadial“ (Stadial „D“ nach Klaus, 1987, bzw. „1. MW-Stad“ nach Drescher-Schneider, 2000), das einen extremen Rückgang bei allen Pollentypen aufweist und nach Klaus (1987)

zwischen etwa 27 400 und mindestens 36 000 <sup>14</sup>C-Jahren vor heute stattgefunden hat. Darauf folgt eine wärmere Phase („Interstadial 4“ nach Klaus bzw. „1. MW-Interstadial“ nach Drescher-Schneider), mit Baumpollenanteilen von bis zu 90% und hohen Fichtenpollenanteilen, für das Klaus (1987) ein <sup>14</sup>C-Datum von 27 400 BP angibt. Drescher-Schneider (2000) korreliert diese Phase aus Mondsee mit den oberen Abschnitten des Pollenprofils von Samerberg (Grüger 1979), wo keine absoluten Altersbestimmungen vorliegen, sich jedoch ein recht ähnliches Bild ergibt.

Terhorst et al. (2002) schließlich konnten bei ihren Untersuchungen der Löß-Paläosequenzen auf den Hochterrassen des unteren Inns, nur etwa 30 km nordöstlich von Duttendorf, die jüngsten mittelwürmzeitlichen Funde von *Picea* und *Larix* anhand von Holzkohlefunden an der Lokalität Altheim in umgelagertem Material mit Hilfe von Lumineszenzdatierungen auf ein Alter zwischen etwa 33 200 und 39 600 Jahren vor heute nachweisen.

Einen weiteren in diesem Zusammenhang interessanten Aspekt zur Stellung von *Picea abies*, insbesondere während hochglazialer Verhältnisse, präsentiert Bortenschlager (1970). Er vertritt die These, dass die Fichte auch während des Hochglazials im nördlichen Alpenvorland zumindest an ökologisch begünstigten Standorten prinzipiell vorhanden war, wenn auch ihre Anwesenheit nicht durchgehend durch Pollenfunde belegbar ist. Er erklärt diesen scheinbaren Widerspruch damit, dass die Fichte im damals wesentlich kälteren Klima über längere Zeiträume nicht oder selten blühte und somit keine oder kaum Spuren – d. h. Pollen – hinterließ. Wenn auch bis heute eindeutige Nachweise der Präsenz von *Picea abies* im nördlichen Alpenvorland Oberösterreichs während des letzten Hochglazials (OIS 2) fehlen (vgl. Ravazzi 2002), so könnte doch die These von Bortenschlager (1970) zusammen mit dem in Duttendorf gefundenen Nadelrest zumindest für das Gebiet des ehemaligen Salzachgletschers ein regionales Auftreten von *Picea abies* nahe legen. Hier sei auch auf die Untersuchungen von Frenzel (1964b) verwiesen, der in Lössen am Südostrand der Alpen bei Gr. Petersdorf / Pinka ein würmhochglaziales Waldrefugium mit subalpinen Nadelholzarten finden konnte. Weitere und hochauflösendere Untersuchungen und Datierungen des Lößsediments wären in diesem Zusammenhang anzustreben, auch um die Frage nach Kontamination bzw. Verschwemmung/Umlagerung zu klären. Sedimentstörungen in Form von Umlagerungen können jedoch nicht ausgeschlossen werden, was eine weitergehende Interpretation der Ergebnisse zum jetzigen Zeitpunkt erschwert.

**DANKSAGUNG:** Wir bedanken uns sehr bei Prof. Dr. Manfred Frechen für die OSL-Datierung. Unser Dank gilt zudem Werner Kofler und Mag. Andreas Heiss für die Hilfe bei der Bestimmung der Pollen und pflanzlichen Großreste, Prof. Dr. Francine McCarthy für die



Bestimmung eines Dinoflagellaten, sowie zwei anonymen Gutachtern für wertvolle Hinweise zu einem ersten Manuskript.

## Literatur

- Antoine, P., Rousseau, D.-D., Zöller, L., Lang, G., Munaut, A.-V., Hatté, C. & Fontugne, M. (2001). High-resolution record of the last Interglacial-glacial cycle in the Nussloch loess-palaeosol sequences, Upper Rhine Area, Germany. *Quaternary International* 76/77: 211-229.
- Bortenschlager, S. (1970). Konnte die Fichte die letzte Eiszeit im Ostalpenraum überdauern? Probleme der Weichsel-Spätglazialen Vegetationsentwicklung in Mittel- und Nordeuropa. In: *Voraussetzungen, Vorträge, Diskussionen und Ergebnisse einer internationalen pollenanalytischen Arbeitstagung in Frankfurt/Oder (DDR)*, 28.-29.3.1969, 139-145.
- Brückner, E. (1886). Die Vergletscherung des Salzachgebietes nebst Beobachtungen über die Eiszeit in der Schweiz (mit geol. Karte 1:250.000). *Geographische Abhandlungen* I (1), Wien.
- Doppler, G. (1980). *Das Quartär im Raum Trostberg an der Alz im Vergleich mit dem nordwestlichen Altmoränengebiet des Salzachvorlandgletschers (Südostbayern)*. Dissertation, Universität München, München.
- Doppler, G. (2003). Geologische Übersicht des westlichen pleistozänen Salzachvorlandgletschers und seines Vorlands (Oberbayern). In: B. Terhorst (Ed.) *Löb-/Paläoboden-Sequenzen in Oberösterreich. Exkursionsführer zur 22. Tagung des Arbeitskreises Paläoböden in Oberösterreich. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe D 9*, Geographisches Institut der Universität Tübingen, Tübingen, 25-46.
- Drescher-Schneider, R. (2000). Die Vegetations- und Klimaentwicklung im Riß/Würm-Interglazial und im Früh- und Mittelwürm in der Umgebung von Mondsee. Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen. In: D. van Husen (Ed.) *Klimaentwicklung im Riß/Würm Interglazial (Eem) und Frühwürm (Sauerstoffisotopenstufe 6-3) in den Ostalpen. Mitt. d. Komm. f. Quartärforschung Österr. Akad. d. Wiss.* 12, Verlag der Österr. Akad. d. Wiss., Wien, 39-92.
- Ebers, E., Weinberger, L. & Del Negro, W. (1966). Der pleistozäne Salzachvorlandgletscher. *Veröffentlichungen der Gesellschaft für Bayerische Landeskunde 19-22*, München.
- Ehlers, J. & Gibbard, P.L. (2004). *Quaternary glaciations—extent and chronology. Part I: Europe*. Elsevier, Amsterdam.
- Fliri, F. (1973). Beiträge zur Geschichte der alpinen Würmvereisung: Forschungen am Bänderton von Baumkirchen (Inntal Nordtirol). *Zeitschrift für Geomorphologie*, Supplementband 16: 1-14.
- Frenzel, B. (1964a). Zur Pollenanalyse von Lössen. *Eiszeitalter und Gegenwart* 15: 5-39.
- Frenzel, B. (1964b). Über die offene Vegetation der letzten Eiszeit am Ostrande der Alpen. *Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien* 103/104: 110-143.
- Götzinger, G. (1936). Das österreichische Salzachgletschergebiet, der westliche Innkreis. In: *Führer für die Quartärexkursionen in Österreich*. Geolog. Bundesanstalt Wien anlässlich der 3. Internationalen Quartär-Konferenz in Wien, Wien, 66-134.
- Grimm, W.-D., Bläsig, H., Doppler, G., Fakhrai, M., Goroncek, K., Hintermaier, G., Just, J., Kiechle, W., Lobinger, W.H., Ludewig, H., Muzavor, S., Pakzad, M., Scharz, U. & Sidiropoulos, T. (1979). Quartärgeologische Untersuchungen im Nordwestteil des Salzach-Vorlandgletschers (Oberbayern). In: C. Schlüchter (Ed.) *Moraines and Varves*. A. A. Balkema, Rotterdam, 101-114.
- Grüger, E. (1979). Spätriß, Riß/Würm und Frühwürm am Samenberg in Oberbayern - ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. In: *Interglaziale und Interstadiale des Pleistozäns im Bayerischen Alpenvorland (Teil I)*, *Geologica Bavarica* 80, München, 5-64.
- Jerz, H. (1993). *Das Eiszeitalter in Bayern. Geologie von Bayern II*. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Klaus, W. (1987). Das Mondsee-Profil: R/W-Interglazial und vier Würm-Interstadiale in einer geschlossenen Schichtfolge. In: D. van Husen (Ed.) *Das Gebiet des Traungletschers, Oberösterreich. Eine Typusregion des Würm-Glazials. Mitt. d. Komm. f. Quartärforschung Österr. Akad. d. Wiss.* 7, Verlag der Österr. Akad. d. Wiss., Wien, 3-18.
- Kohl, H. (2000). *Das Eiszeitalter in Oberösterreich*. Oberösterreichischer Museal-Verein, Linz.
- Kouli, K., Brinkhuis, H. & Dale, B. (2001). *Spiniferites cruciformis*. A fresh water dinoflagellate cyst? *Review of Paleobotany and Palynology* 113: 273-286.
- Ložek, V. (1964). *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*. Rozprawy Úst. Geol. 31, Hsg. Geolog. Zentralanstalt Prag, Tschechoslowakische Akademie der Wissenschaften, Vertrieb: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart 1965.
- Moore, P. D., Webb, J. A. & Collinson, M. E. (1991). *Pollen analysis*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Munsell Color (2000). *Munsell soil color charts*. Baltimore.
- Oberdorfer, E. (1990). *Pflanzensoziologische Exkursionsflora*. Verlag Ulmer, Stuttgart.
- Prufer, F. (2004). Towards a chronology of the Late Pleistocene in the northern Alpine Foreland. *Boreas* 33: 195-210.
- Ravazzi, C. (2002). Late Quaternary history of spruce in southern Europe. *Review of Palaeobotany and Palynology* 120: 131-177.
- Terhorst, B. (2003). Löb-/Paläoboden-Sequenzen in Oberösterreich. In: B. Terhorst (Ed.) *Exkursionsführer zur 22. Tagung des Arbeitskreises Paläoböden in Oberösterreich. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe D 9*, Geographisches Institut der Universität Tübingen, Tübingen.
- Terhorst, B., Frechen, M. & Reitner, J. (2002). Chronostratigraphische Ergebnisse aus Löbprofilen der Inn- und Traun-Hochterrassen in Oberösterreich. *Zeitschrift für Geomorphologie* Supplementband 127: 213-232.
- Traub, F. & Jerz, H. (1975). Ein Löbprofil von Duttendorf (Oberösterreich) gegenüber Burghausen an der Salzach. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 11(2): 175-193.
- van Husen, D. (2004). Quaternary glaciations in Austria. In: J. Ehlers & P. L. Gibbard (Eds.) *Quaternary Glaciations—Extents and Chronology, Part I: Europe*. Elsevier, Amsterdam, 1-13.
- Weinberger, L. (1950). Gliederung der Altmoränen des Salzachgletschers östlich der Salzach. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie* 1: 176-186.
- Weinberger, L. (1955). Exkursion durch das österreichische Salzachgletschergebiet und die Moränengürtel der Irrsee- und Attersee-Zweige des Traungletschers. In: *Verh. der Geol. Bundesanstalt Wien (Hg.) Sonderheft D, Beiträge zur Pleistozänforschung in Österreich*, Wien, 7-34.
- Zöller, L. & Semmel, A. (1999). 175 years of loess research in Germany - long records and "unconformities." *Earth Science Reviews* 54/1-3: 19-28.