

MINERALOGISCHE CHARAKTERISTIK VON HOLOZÄNEN UND JUNGPLEISTOZÄNEN LÖSSBÖDEN IM INNVIERTEL IN OBERÖSTERREICH

B. Terhorst¹ & F. Ottner²

¹Geographisches Institut, Universität Tübingen, Hölderlinstr. 12, D-72074 Tübingen

²Institut für Angewandte Geologie, Universität für Bodenkultur Wien, Peter Jordan-Straße 70, A-1190 Wien

1. Einleitung

Im Rahmen eines DFG-Projektes wurden ton- und gesamtmineralogische Untersuchungen in den Lössdeckschichten der Inn-Hochterrassen im ehemaligen Periglazialbereich des Salzachgletschers (Oberösterreich) durchgeführt (Abb. 1).

Löss-/Paläoboden-Sequenzen gelten im allgemeinen als wichtige terrestrische Archive für die Verwitterungsintensität und damit für Klimaveränderungen während des Pleistozäns. Während in glazialen Zeiten im Periglazialraum Löss sedimentiert und auch sekundär wieder umgelagert wurde, haben sich in den Stabilitätsphasen der Interstadiale und Interglaziale verschiedenartige Böden entwickelt. Sowohl die Paläoböden als auch die Löss lassen sich für stratigraphische, paläoklimatische und paläoökologische Fragestellungen heranziehen.

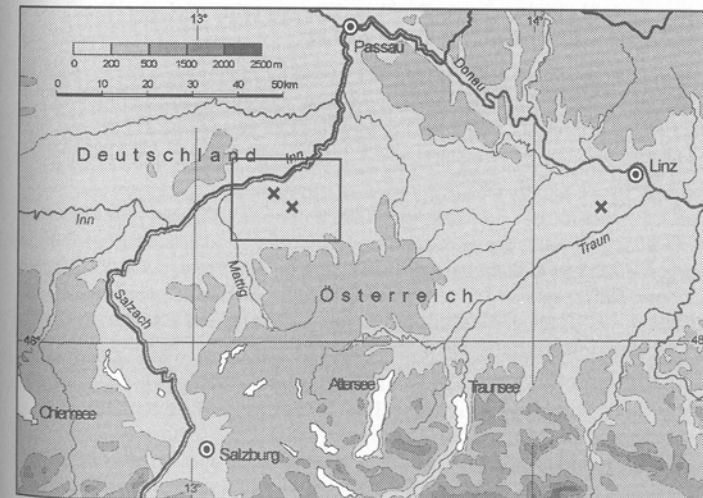


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebietes

Die untersuchten Profile im Innviertel umfassen den letzten Glazial-/Interglazialzyklus sowie die rezenten Böden und liegen in der geomorphologischen Position der Hochterrasse.

In zahlreichen Arbeiten sind Ergebnisse zu Lössen und Paläoböden des letzten Glazial-/Interglazialzyklus publiziert worden. In Deutschland wurden stratigraphische Klassifikationen in Lössprofilen überwiegend in Hessen und im Rhein-Maingebiet insbesondere von SCHÖNHALS et al. (1964), SEMMEL (1967, 1968, 1999), BIBUS (1989) BOENIGK & FRECHEN (1999, 2001) entwickelt. Für Bayern liegen zahlreiche Forschungsarbeiten von BRUNNACKER (1958, 1982) vor. Die in Hessen und im Rhein-Maingebiet entwickelte Lössstratigraphie konnte auch überregional mit Lössen und Lösslehmen im Alpenvorland korreliert werden (AKTAS & FRECHEN 1991, BIBUS 1995, BIBUS & KÖSEL 1997, FRECHEN 1999, MIARA 1995).

In Österreich wurde die Lössforschung maßgeblich von FINK (1954, 1956) vorangetrieben und beeinflusst, welcher vor allem die niederösterreichischen Lössprofile bearbeitete. Weitere regionale Untersuchungen wurden von KOHL (1976, 1999) und WEINBERGER (1955) und in jüngerer Zeit von TERHORST et al. (2002) durchgeführt.

Die Nutzung der Mineralogie insbesondere der Tonmineralogie für die paläoklimatologische Forschung, insbesondere in Lössen, wurde schon früh erkannt und häufig bei paläoklimatischen Rekonstruktionen eingesetzt (CHAMLEY 1989).

Tonminerale reagieren aufgrund ihrer Feinkörnigkeit (meist unter $2\text{ }\mu\text{m}$), ihrer weiten chemisch/mineralogischen Variabilität und ihrer Sensibilität für Verwitterungsprozesse sehr stark auf klimatische Einflüsse. Die tonmineralogische Zusammensetzung von Lössen, Böden und Paläoböden hängt sehr stark von den klimatischen Verhältnissen, die während ihrer Bildung geherrscht haben, ab. Tonminerale drücken in erster Linie die Intensität der Verwitterung, insbesondere der Hydrolyse, aus. Informationen über Temperatur und Regenmengen sind ableitbar. Sowohl die Kristallinität verschiedener Tonminerale (Illit, Chlorit, Smektit, etc.) als auch die An- oder Abwesenheit einer Tonmineralgruppe – oder auch deren Zu- bzw. Abnahme in einem Profil – können sehr wichtige Daten für paläoklimatische Rekonstruktionen liefern (CHAMLEY 1989).

In Deutschland brachte insbesondere BRONGER (1966, 1969) tonmineralogische Aspekte in die Lössforschung ein, die später auf Gebiete in Südsteuropa und Asien ausgedehnt wurden (BRONGER 1970, BRONGER et al. 1998). In Frankreich sind zu diesem Thema weitere wichtige Arbeiten von BILLARD (1985) verfasst worden, in Norditalien von TERHORST & OTTNER (2002) und FERRARO et al. (2002).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, auf der Basis der paläopedologischen und chronostratigraphischen Ergebnisse, den Entwicklungsstand der Böden und Paläoböden gesamt- und tonmineralogisch zu charakterisieren. Es ist geplant, die untersuchten Profile mit ähnlichen Böden anderer Klimaregionen zu vergleichen. Die Ergebnisse werden beispielhaft für das Ausgangsmaterial der Bodenbildung (Löss), einen interstadialen Bv-Horizont, den rezenten Boden und für zwei Interglazialböden dargestellt.

2. Methodik

Gesamtmineralbestand

Die getrockneten und analysenfein in einer Scheibenschwingmühle vermahlene Proben wurden nach dem backloading Verfahren präpariert und in einem Philips Röntgendiffraktometer PW 1710 mit Bragg Brentano Geometrie mittels $\text{Cu K}\alpha$ Strahlung (45kV, 40mA) von 2° bis $70^\circ 2\theta$ geröntgt. Aus diesen Aufnahmen wurde der qualitative Mineralbestand ermittelt.

Tonmineralbestand Fraktion $<2\text{ }\mu\text{m}$

Nach Dispergierung mit verdünntem Wasserstoffperoxid (10 %) und Ultraschallbehandlung erfolgte die Gewinnung der Tonfraktion durch Sedimentation (WHITTIG 1965, TRIBUTH 1991). Nach Gefriertrocknung wurden die Zwischenschichten der Tone mit 1 N MgCl_2 bzw. KCl Lösung belegt. Zur Herstellung bevorzugt orientierter Präparate (Texturpräparate) wurden 15mg der Tonsuspension auf Keramikunterlagen aufgesaugt (KINTER & DIAMOND 1956) und sieben Tage über gesättigter NH_4NO_3 Lösung im Exsiccator getrocknet. Nach der Röntgenaufnahme von $2^\circ - 40^\circ 2\theta$ wurden die Proben mit Glycerol, Ethylenglycol bzw. DMSO expandiert, geröntgt und abschließenden Kontraktionstests bei Temperaturen von 300°C und 550°C unterzogen. Die Identifizierung der Tonminerale erfolgte generell nach BRINDLEY & BROWN 1980, und MOORE & REYNOLDS 1997.

Pedogene Oxide

Die Analyse des Oxalat- bzw. Dithionit Eisen wurde gemäss SCHLICHTING et al. (1995) und MEHRA & JACKSON (1960) durchgeführt.

3. Paläopedologische und chronostratigraphische Rahmenbedingungen

Die untersuchten Profile liegen auf den Hochterrassenfluren des Inns unmittelbar nördlich an den pleistozänen Salzachvorlandgletscher anschließend. Die rißzeitlichen Terrassen sind von Löss und Löss ähnlichen Sedimenten überdeckt, die an den Terrassenrändern Mächtigkeiten von bis zu 10 m, stellenweise auch mehr, erreichen können. Nach FINK et al. (1976) gehören die Lössablagerungen des Untersuchungsgebietes zur feuchten Lösslandschaft.

Die Jahresdurchschnittstemperatur liegt zwischen $8 - 9^\circ\text{C}$ und die Niederschläge betragen $700 - 800\text{ mm/Jahr}$.

Die stratigraphische Klassifikation der untersuchten Lössdeckschichten ist in TERHORST et al. (2002) im Detail beschrieben.

In den kalkhaltigen Kiesen der glazifluvialen Terrassen (Abb. 2, A) ist im Arbeitsgebiet charakteristischerweise ein 1 - 2 m mächtiger, gut entwickelter, kiesiger Bt-Horizont einer Parabraunerde ausgebildet, deren oberster Bereich erodiert ist (Abb. 2, B). Darüber folgt an manchen Lokalitäten ein weiterer, pseudovergleyter, schluffig-toniger, kiesfreier Bt-Horizont, ebenfalls mit intensiven Tonbelägen (Abb. 2, C). Er ist bis zu 0,7 m mächtig und in seiner Ausbildung ebenfalls von interglazialer Intensität. Die stratigraphische Zuordnung kann derzeit noch nicht zweifelsfrei geklärt werden (vgl. Diskussion bei TERHORST et al. 2002). In allen bearbeiteten Profilen überdecken Umlagerungszonen (Abb. 2, D und E), welche nach den vorliegenden Datierungen früh- bis mittelwürmzeitlich entstanden sind, die Interglazialböden (TERHORST et al. 2002, TERHORST & FRECHEN 2002).

Unmittelbar auf diesem umgelagerten Material befinden sich Interstadialböden, welche dem Mittelwürm zugeordnet werden (SEMMEL 1968, BIBUS 1989, TERHORST et al. 2002). Bei diesen Paläoböden handelt es sich um Bv-Horizonte ehemaliger Braunerden. Sie sind kräftig verbraunt, bioturbat durchwühlt und in der Regel entkalkt. Insbesondere tritt in allen Profilen des Untersuchungsgebietes, häufig zweigeteilt, das Äquivalent des olivfarbenen Lohner Bodens (Abb. 2, F) auf (ca. 30.000 Jahre BP).

4.2. Gesamt- und Tonmineralanalysen

Löss (Abb. 2, I)

Gesamtmineralanalyse (GMA): Dolomit, Muskowit, Quarz, Hornblende, Feldspäte, Spuren von Kalzit, Goethit

Tonmineralanalyse Fraktion $<2\mu\text{m}$ (TMA): Primärer Chlorit, Vermikulit, etwas Vermikulit/Illit Mixed Layer, Illit, etwas Kaolinit

Die Probe weist einen Mineralbestand auf, der für junge Würmlöss des Alpenvorlandes typisch ist. Deutliche Mengen an Dolomit sowie Kalzit belegen den Einfluss der Nördlichen Kalkalpen als Herkunftsgebiet. Grosse Mengen an Plagioklas und Quarz sowie geringe Mengen Hornblende sind nachweisbar.

In der Tonfraktion dominieren primärer Chlorit, Vermikulit und Illit. Kaolinit ist in geringen Mengen ebenfalls vorhanden. Die Röntgenreflexe der Tonminerale sind spitz ausgebildet und weisen hohe Intensitäten auf. Das Vorhandensein von Dolomit und Hornblende in der Gesamtprobe sowie primärer Chlorit in der Tonfraktion und die gute Kristallinität der Minerale weist auf die geringste Verwitterungsintensität unter den fünf bearbeiteten Proben hin.

Interstadialboden (Abb. 2, F)

GMA: Muskowit, Quarz, Feldspat, Hornblende, Dolomit in Spuren, Goethit

TMA: Primärer Chlorit, Vermikulit, etwas Vermikulit/Illit Mixed Layer, Illit, Kaolinit

Die mineralogische Zusammensetzung des Interstadialbodens ist mit Ausnahme von Dolomit dem Löss sehr ähnlich. Das Verwitterungsgeschehen ist auf eine Entkarbonatisierung beschränkt, Veränderungen in der tonmineralogischen Zusammensetzung sind nicht nachweisbar. Die Verwitterungsintensität ist somit etwas höher als im Löss.

Rezenter Boden (Abb. 2, J)

GMA: Muskowit, Quarz, Feldspäte, Hornblende, Goethit

TMA: Primärer Chlorit, Vermikulit, etwas Vermikulit/Illit Mixed Layer, Illit, Kaolinit

Die mineralogische Zusammensetzung der Gesamtprobe ist durch eine gänzliche Karbonatfreiheit, geringere Feldspat- und Hornblendengehalte sowie Quarzanreicherung gekennzeichnet. In der Tonfraktion tritt Vermikulit deutlich zurück. Ebenso wie in den Proben davor sind geringe Anteile von Vermikulit mit Ethylenglykol aufweisbar.

Die Verwitterungsintensität dürfte auf Grund der gänzlichen Karbonatfreiheit und der geringeren Gehalte an empfindlichen Mineralen eventuell geringfügig höher als im Interstadial sein.

Schwaches Interglazial (Abb. 2, C)

GMA: Muskowit, Quarz, wenig Feldspäte, Goethit.

TMA: Viel Smektit, viel Vermikulit/Chlorit/Illit Mixed Layer, Illit, Kaolinit

In diesem Boden sind neben den fehlenden Karbonatmineralen auch Hornblende und Chlorit nicht mehr vorhanden. In der Tonfraktion tritt neu gebildeter Smektit mit hohen Anteilen in den Vordergrund. Auffällig ist weiterhin ein Vermikulit/Chlorit/Illit Mixed Layer, der besonders nach dem Tempern bei 550°C gut zu sehen ist. Insgesamt zeigt dieser Boden eine deutlich höhere Verwitterungsintensität an als die vorhergehenden Beispiele.

Stärkeres Interglazial (Abb. 2, B)

GMA: sehr viel Quarz, wenig Feldspäte, sehr wenig Muskowit, Goethit.

TMA: Vermikulit, Vermikulit/Chlorit/Illit Mixed Layer, Illit, Kaolinit.

Die stärkste Verwitterungsintensität erkennt man bei diesem Boden deutlich an der starken Anreicherung von Quarz in der Gesamtprobe, den geringen Anteilen an Muskowit und Feldspäten sowie dem Fehlen von Hornblende, sowohl in der Gesamtprobe als auch in der Feinfraktion. In der Tonfraktion ist wie im darüber liegenden Interglazialboden Chlorit nicht mehr vorhanden. Smektit ist überraschenderweise ebenfalls nicht vorhanden, Vermikulit dominiert. Wegen der Dominanz von Vermikulit scheint der tonmineralogische Befund eine deutlich niedrigere Verwitterungsintensität vorzutäuschen als in der Probe darüber. Bei der Interpretation muss man in diesem Fall jedoch bedenken, dass aus der Grobfraktion der stark verwitterten Kiese permanent Vermikulit in die Tonfraktion nachgeliefert wird (vgl. FERRARO et al. 2002). Somit gelangt bei diesen kiesigen Horizonten laufend weniger verwittertes Material in die Tonfraktion. Sie wird deshalb „verjüngt“ und scheint eine geringere Verwitterungsintensität aufzuweisen.

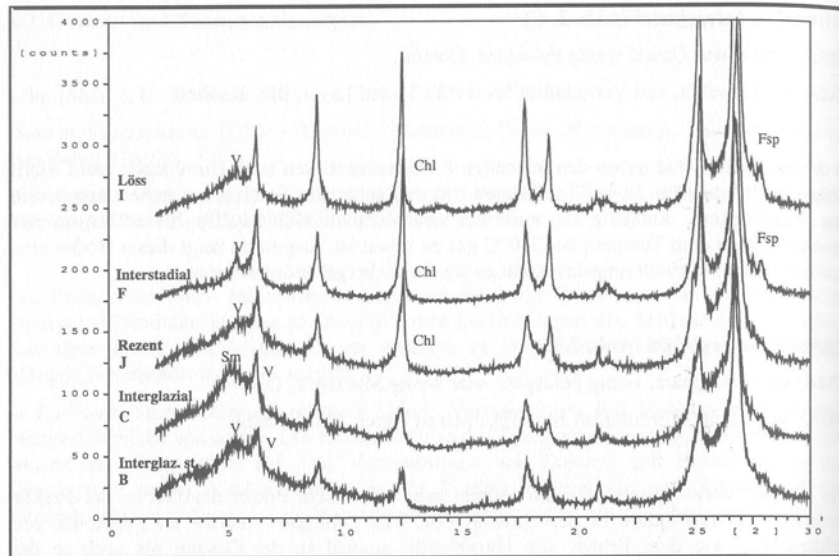


Abbildung 3: Diffraktogramm der Tonfraktionen der fünf Horizonte. Die Proben sind Mg-belegt und glykolisiert; Kupfer K α Strahlung. Chl = primärer Chlorit, Sm = Smektit, V = Vermikulit, Fsp = Feldspat.

5. Diskussion

Die mineralogische Zusammensetzung und die Verwitterungsintensität des Ausgangssubstrates Löss, des Interstadialbodens sowie des rezenten Bodens (Abb. 2 und 3) sind im Gesamtmineralbestand sehr deutlich durch den Entkarbonatisierungsprozess gekennzeichnet.

Die tonmineralogischen Ergebnisse in diesen Horizonten zeigen nur sehr geringe Differenzen in ihrer Zusammensetzung.

Dagegen weisen die beiden Interglazialböden (Abb. 2 und 3) sowohl in der gesamt- wie auch in der tonmineralogischen Zusammensetzung deutliche Unterschiede untereinander und auch gegenüber den übrigen Horizonten auf. Während einerseits empfindliche Minerale wie z.B. Hornblende und Chlorit in der Tonfraktion nicht mehr nachweisbar sind, treten Umwandlungsprodukte und Neubildungen wie Smektit und Mixed Layer Minerale in den Vordergrund.

Die pedogenen Oxide und das Fe_0/Fe_d Verhältniss korrelieren gut mit den Daten der Mineralanalysen.

Es ergibt sich somit eine deutliche Abstufung der Verwitterungsintensität der beprobten Horizonte der Lösssequenzen. Der Löss ist naturgemäß nur geringfügig verwittert, während die Interstadialböden, insbesondere durch die Erhöhung des Gehaltes an pedogenem Eisen gekennzeichnet sind. Wichtig ist hier, dass auf der tonmineralogischen Ebene noch keine Unterschiede zu verzeichnen sind. Der rezente Boden des Untersuchungsgebietes ist interessanterweise weniger verwittert als die beiden Interglazialböden. Ob dieses Phänomen

auf paläoklimatische Unterschiede oder auf eine längere Bildungsdauer der Interglazialböden zurückzuführen ist, lässt sich momentan noch nicht klären. Am intensivsten ist die Verwitterungsintensität zweifelsfrei in beiden Interglazialböden, wobei sie sich jedoch deutlich voneinander unterscheiden. Auch hier muss die Frage nach dem paläoklimatischen oder einem eventuellen zeitlichen Einfluss offen bleiben. Als Fazit der Untersuchungen zeigt sich, dass anhand der durchgeführten Analysen die Geländebefunde unterstützt und die Aussagekraft der Horizonte verstärkt werden konnte. Die mineralogischen Ergebnisse liefern insbesondere wichtige und detaillierte Hinweise auf die Frage, ob ein Paläoboden von interglazialer oder interstadialer Herkunft ist.

6. Literatur

- AKTAS, A. & FRECHEN, M. (1991): Mittel- und Jungpleistozäne Sedimente der Hochterrassen in der nördlichen Iller-Lech-Platte.- Geologisches Institut der Universität zu Köln, Sonderveröffentlichungen, 82: 19-41, Köln.
- BIBUS, E. (Hrsg.) (1989): Paläoböden im mittleren Neckarbecken unter besonderer Berücksichtigung von Lössstratigraphie und Paläoböden.- Exkursionsführer, 8. Tagung des Arbeitskreises „Paläoböden“ der Deutschen Bodenkundl. Gesellschaft, Heilbronn, 31 S.
- BIBUS, E. (1995): INQUA-Congress 1995 Berlin, Exkursionsführer Exkursion C8, Weser-Bodensee-Traversal, Bereich Süddeutschland.- In: SCHIRMER, W.: Quaternary field trips in Central Europe, 1, 459-470, München.
- BIBUS, E. (1996): Äolische Deckschichten, Paläoböden und Mindestalter der Terrassen in der Iller-Lech-Platte.- *Geologica Bavarica*, 99, 135-164.
- BIBUS, E. & KÖSEL, M. (1997): Rezente und fossile Böden als Gliederungsmöglichkeit der Rheingletscherablagerungen am Höchsten (Oberschwaben).- *Jahreshefte Geologisches Landesamt Baden-Württemberg*, 20 S., Freiburg.
- BILLARD, A. (1985): Quaternary paleosols as indicators of the changing landscape on the northern and southern piedmonts of the Alps. In: J. Boardman (ed.), *Soils and Quaternary Landscape Evolution*. Wiley & Sons Ltd., Chichester, 373-388.
- BOENIGK, W. & FRECHEN, M. (1999): Klimaschwankungen im Frühweichsel.- *Eiszeitalter und Gegenwart*, 49: 124-131.
- BOENIGK, W. & FRECHEN, M. (2001): The loess record at sections Koblenz-Metternich and Tönchesberg in the Middle Rhine area.- *Quaternary International*, 76/77: 201-209.
- BRINDLEY, G.W. & BROWN, G., 1980: *Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification*. - Mineralogical Society, 495 S., London.
- BRONGER, A. (1966): Löss, ihre Verbraunungszonen und fossilen Böden – ein Beitrag zur Gliederung des oberen Pleistozäns von Südbaden. *Schriften d. Geograph. Instituts der Universität Kiel* 25/2, 1-113.
- BRONGER, A. (1969): Zur Mikromorphologie und zum Tonmineralbestand von Böden in Südbaden. *Geoderma* 3, 281-320.

- BRONGER, A. (1970): Zur Mikromorphologie und zum Tonmineralbestand von Böden ungarischer Lössprofile und ihrer paläoklimatischen Auswertung. *Eiszeitalter und Gegenwart* 21, 122-144.
- BRONGER, A., WINTER, R. & SEDOV, S. (1998): Weathering and clay mineral formation in two Holocene soils and in buried paleosols in Tadjikistan: Towards a Quaternary paleoclimatic record in Central Asia. – *Catena* 34, 19-34
- BRUNNACKER, K. (1958): Zur Parallelisierung des Jungpleistozäns in den Periglazialgebieten Bayerns und seiner östlichen Nachbarländer. – *Geologisches Jahrbuch*, 76: 129-150, Hannover.
- BRUNNACKER, K. (1982): Äolische Deckschichten und deren fossilen Böden im Periglazialbereich Bayerns. – *Geologisches Jahrbuch*, F14: 15-25, Hannover.
- CHAMLEY, H. (1989): *Clay Sedimentology*. – Springer Verlag, XX+620 S., Berlin.
- FERRARO, F., TERHORST, B., OTTNER, F. & CREMASCHI, M., 2002: An Upper Pleistocene loess-paleosol sequence in North Eastern Italy. *Geofísica Internacional*, Mexico City, in print.
- FINK, J. (1954): Die fossilen Böden im österreichischen Löss. – *Quartär*, 6: 85-108, Bonn.
- FINK, J. (1956): Zur Korrelation der Terrassen und Löss in Österreich. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, 7: 49-77, Öhringen.
- FINK, J., FISCHER, H., KLAUS, W., KOCI, A., KOHL, H., KUKLA, J., LOZEK, V., PIFFL, L. & RABEDER, G. (1976): Exkursion durch den österreichischen Teil des Nördlichen Alpenvorlandes und den Donaauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. – *Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie für Wissenschaften*, 1: 113 S., Wien.
- FRECHEN, M. (1999): Upper Pleistocene loess stratigraphy in Southern Germany. – *Quaternary Geochronology*, 18: 243-269.
- KOHL, H. (1976): Überblick über das salzburgisch-oberösterreichische Alpenvorland. – In: *Erweiterter Führer zur Exkursion aus Anlaß der 2. Tagung der IGCP-Projektgruppe "Quaternary Glaciations in The Northern Hemisphere"*, Exkursion durch den österreichischen Teil des nördlichen Alpenvorlandes und den Donaauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. – *Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie für Wissenschaften*, 1: 9-48, Wien.
- KOHL, H. (1999a): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Teil III – Das eiszeitliche Geschehen in den nicht vergletscherten Gebieten Oberösterreichs und die Entwicklung im Holozän. – *Jahrbuch Oberösterreichischer Museal-Verein*, 144/1: 250 – 429, Linz.
- KINTER, E. B. & DIAMOND, S., 1956: A new method for preparation and treatment of orientied - aggregate specimens of soil clays for X-ray diffraction analysis. *Soil Sci.* 81, 111-120.
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. 1960: Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Miner.* 7, 317-327.
- MIARA, S. (1995): Gliederung der rißzeitlichen Schotter und ihrer Deckschichten beiderseits der unteren Iller nördlich der Würmendoränen. – *Münchner Geographische Abhandlungen*, B, 22: 185 S., München.
- MOORE, D.M. & REYNOLDS, R. C., Jr., 1997: *X – ray Diffraction and the identification and analysis of clay minerals*. – Oxford Univ. Press, 378 S, New York.
- SCHÖNHALS, E., ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur WürmLöss-Gliederung in Hessen. – *Eiszeitalter und Gegenwart*, 15: 199-206.
- SEMMEL, A. (1967): Neue Fundstellen von vulkanischen Material in Lössen. – *Notizblatt Hessisches Landesamt für Bodenforschung*, 95: 104-108.
- SEMMEL, A. (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. – *Frankfurter geographische Hefte*, 45: 1-133.
- SEMMEL, A. (Ed.) (1996): Pleistozäne und holozäne Böden aus Lösssubstraten am Nordrand der Oberrheinischen Tiefebene. – *Frankfurter geowissenschaftliche Arbeiten, Serie D*, 20: 1-144.
- SEMMEL, A. (1999): Loess section of Mainz-Weisenau. In: WEIDENFELLER, M. & ZÖLLER, L. (Eds.). *Loess in the Middle and Upper Rhine area. Field Guide Loessfest '99*, 57-69.
- SCHLICHTING, E., BLUME, H.-P. & STAHR, K. 1995. *Bodenkundliches Praktikum*. – 295S., Blackwell, Wien.
- TERHORST, B. & OTTNER, F., 2002: Polycyclic Luvisols in Northern Italy: Palaeopedological and clay mineralogical characteristics. *Quaternary International*, Pergamon, (in print).
- TERHORST, B., FRECHEN, M. & REITNER, J. (2002): Chronostratigraphische Ergebnisse aus Lössprofilen der Inn- und Traun-Hochterrassen in Oberösterreich. – *Z. Geomorph.*, (im Druck).
- TERHORST, B. & FRECHEN, M. (2002): Neue Untersuchungen zu Löss-/Paläoboden-Sequenzen in Oberösterreich. – *Terra Nostra*, 6: 358-362, Berlin.
- TRIBUTH, H., 1991: Notwendigkeit und Vorteil der Aufbereitung von Boden- und Lagerstättentonen. – In: Tributh, H. & Lagaly, G. [Hrsg.] : *Identifizierung und Charakterisierung von Tonmineralen*, *Berichte der DTTG*, 1, 29-33, Giessen.
- WEINBERGER (1955): Exkursion durch das österreichische Salzachgletschergebiet und die Moränengürtel der Irrsee- und Attersee-Zweige des Traungletscher. – *Exkursionen zwischen Salzach und March, Beiträge zur Pleistozänforschung in Österreich*, D: 7-34, Wien.
- WHITTIG, L.D., 1965: X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical identification. In: Black, C.A. [editor.] : *Methods of Soil Analysis*, 671-698. 1. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin.