

Gliederung und Thermolumineszenz-Chronologie der Würmlössen im Raum Regensburg

MANFRED W. BUCH & LUDWIG ZÖLLER *)

Upper Pleistocene, chronostratigraphy, Wurm, loess, soil profiles,
¹⁴C, thermoluminescence, absolute age

Bavaria, Alpenvorland, TK 6938, 6939, 6940, 7037, 7038, 7039, 7040, 7041, 7139

Kurzfassung: Die seit dem Jahre 1984 gesammelten Befunde zur Würm-Löß-Gliederung im Raum Regensburg werden mit dem vorliegenden Beitrag anhand ausgewählter Profile zusammenfassend dargestellt und mit den Gliederungen von BRUNNACKER (1982) und SCHELLMANN (1988) verglichen. Auf der Grundlage von 11 Thermolumineszenz-Datierungen und drei ¹⁴C-Datierungen wird eine Korrelation mit der Pedostratigraphie des Würms in Mittel- und Osteuropa diskutiert.

Der Bildungszeitraum der „Mosbacher Humuszonen“ während des Altwürms ist im Untersuchungsgebiet mit einem TL-Alter von $74 \pm 7,4$ ka vor heute im Bereich des humosen Abschnittes der „Basisfließerde“ im Sinne von BRUNNACKER (1982) erfasst. Der Übergang von solifluidaler Umlagerung zu verstärkter Lösssedimentation findet im Raum Regensburg im Verlauf des frühen Mittelwürms um 58 ± 5 ka vor heute statt. Als „Mittelwürm-Boden“ (MW-Boden) wird aus dem Untersuchungsraum ein kräftiger f Bv-Horizont beschrieben, der einer Bodenbildung während des Denekamp-Interstadials zwischen 28 und 30 ka vor heute entspricht, die möglicherweise aber auch noch ältere mittelwürmzeitlich-interstadiale Phasen der Pedogenese einschließt. Der Jungwürmlöß ist im Raum Regensburg durch drei initiale Verbraunungshorizonte (f Cv-Horizonte) und einen Naßboden („N“) gegliedert (Abb. 14). Die älteste TL-datierte jungwürmzeitliche Lößakkumulation erfolgte um $25,4 \pm 2,4$ ka. Ein bereits nach biostratigraphischen Befunden als spätglazial eingestuftes sogenanntes „Sumpflöß“ wurde mit einem TL-Alter von $16,2 \pm 1,5$ ka datiert.

[Classification and Thermoluminescence-Chronology of the Würmian Loesses around Regensburg]

Abstract: The present contribution offers a comprehensive report of data about the classification of Würmian loesses

*) Anschriften der Verfasser: Dr. M. W. BUCH, Institut für Geographie der Universität Regensburg, Universitätsstr. 31, D — 8400 Regensburg. Dr. L. ZÖLLER, Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg, D — 6900 Heidelberg.

around Regensburg gathered since 1984 as well as a selection of profiles. Eleven thermoluminescence-dates and three ¹⁴C-dates were recently carried out in order to obtain an absolute calibration of the elaborated pedostratigraphy. Summarizing the observations, the following findings are presented.

1. BRUNNACKER's latest classification of Würmian loesses in Bavaria from 1982 was in general confirmed for the period of Early and Middle Würm around Regensburg by our own observations. Around Regensburg autochthonous soil formations during Early Würm and early Middle Würm, as described in other loess regions of Middle and Eastern Europe, could not be identified beyond doubt by our own studies — as opposed to SCHELLMANN's results (1988). Consequently, the present contribution adheres to the term „Basisfließerde“ in BRUNNACKER's sense. In the working area the period of the formation of the „Mosbacher Humuszonen“ has been recorded within the humous section of the „Basisfließerde“ with a TL-age of $74 \pm 7,4$ ka. Around Regensburg transition from solifluction to increased sedimentation of loess took place during early Middle Würm about 58 ± 5 ka before present.

2. The „Middle Würm“-soil (MW-soil), described as pronounced f Bv-horizon in the working area, corresponds to BRUNNACKER's „Brauner Verwitterungshorizont“. As confirmed by TL-dates, it represents, also around Regensburg, a soil formation during the Denekamp-Interstadial 28 and 30 ka ago, which can obviously be correlated with the Lohne soil, the Stillfried B and equivalent soil formations. It possibly also includes older midwürmian interstadials.

3. Around Regensburg the classification of the Young Würm consists of three initial cambic horizons and one tundra-gley, and is thus better differentiated than suggested by BRUNNACKER's latest description (Abb. 14). The oldest dated loess accumulation of the Young Würm took place c. $25,4 \pm 2,4$ ka before present. As far as soil typology and, hence, palaeoclimatic conditions are concerned, the initial cambic horizons of the Young Würm loess in the „dry“ region of Regensburg occupy an interesting transitional position between tundra-gley on the one hand, described for the

other Middle and West European Young Würm series, and humic horizons in the Eastern European Young Würm loesses on the other hand.

4. In respect of pedostratigraphy a correlation of wet soil "N" around Regensburg with wet soil E3 in the Rhine-Main region is emerging, as suggested by TL-dates performed here and TL-dates of 21–22 ka of the Eltville tephra carried out by ZÖLLER, STREME & WAGNER (1988) (Abb. 14). Consequently, the 1st f Cv-horizon of the dry central region of the working area, respectively a wet soil in the profile of a brick yard at Hagelstadt, to present a humid variant, with a TL-age between c. 24 and 25 ka correspond to the strong, humous wet soil E2. The 2nd f Cv-horizon would then correlate with wet soil E4. The period of formation of the 3rd f Cv-horizon around Regensburg was delimited by TL-dating to between 20 and 16 ka ago. The formation of the humous horizon H1 of the Hungarian loesses took place in the same period according to TL — as well as ^{14}C -dates.

5. While in other loess regions of Middle and Western Europe sedimentation of loess assumedly continued until the beginning of the Bölling, findings around Regensburg suggest an end of loess sedimentation already in early Late Glacial in a broad sense c. 16.2 + / — 1.5 ka ago ("swamp-loess" near Rosenhof), which was replaced by the redeposition of eolian sands only in late Late Glacial in a broad sense. This points once more to an early beginning of soil formation during Late Glacial. Redeposition of eolian sands is continuing during Holocene.

1. Einleitung

Der heutige Kenntnisstand zur Lößstratigraphie in Bayern ist eng mit dem Namen von Prof. Dr. KARL BRUNNACKER verbunden. Seine Gliederung der Würmeiszeit ist bis heute in ihren Grundzügen aktuell (s. u. a. BRUNNACKER 1953, 1955, 1956, 1957, 1958, 1982). Der Raum Regensburg wurde bisher in der internationalen Lößforschung vor allem durch die (inzwischen zerstörte) vielgliedrige Quartärabfolge der Zgl.-Grube Strobel im Unteren Regental bekannt (BRUNNACKER 1964a, 1964b, BRUNNACKER et al. 1976).

Wenn dennoch das Problem der Würmlöß-Gliederung im Raum Regensburg erneut aufgegriffen werden soll, so ist dies in den günstigen Aufschlußverhältnissen und der Einsatzmöglichkeit der Thermolumineszenz (TL)-Altersdatierung begründet (s. u. a. JUVIGNÉ & WINTLE 1988, RÖGNER et al. 1988, STREME 1987, ZÖLLER et al. 1988). Mit dem vorliegenden Beitrag werden die seit dem Jahre 1984 gesammelten Befunde zur Würmlöß-Gliederung im Raum Regensburg zusammenfassend dargestellt. Die erarbeitete Pedostratigraphie konnte jüngst durch 11 Thermolumineszenz-Datierungen gestützt werden, die L. ZÖLLER anlässlich der Tagung des Arbeitskreises

„Paläoböden“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Regensburg im Juni 1988 an ausgewählten Profilen vorstellte.

2. Lage und Klima des Arbeitsgebietes

Der Raum Regensburg gehört dem vergleichsweise „trockenen“ sogenannten „Nördlichen Faziesbezirk“ der südbayerischen Löss im Sinne der regionalen Lößgliederung von BRUNNACKER (1957, Taf. 1) an, der sich entlang des Donaufales zwischen Neuburg und Regensburg erstreckt (Abb. 1). Der Bereich des Stadtgebietes von Regensburg, d. h. in der Nordwestecke der Talweitung des Dungaues (bzw. des „Straubinger Beckens“), hat eine Mittlere Jahressumme des Niederschlags von lediglich 646 mm; vergleichbare Jahresniederschläge von unter 650 mm sind auch für die Engtalstrecke der Donau zwischen Neustadt und Regensburg kennzeichnend. Sowohl mit der trichterförmigen Öffnung der Talweitung des Dungaues nach SE in Richtung Straubing als auch nach S zum „Donau-Isar-Hügelland“ hin nimmt jedoch die mittlere Jahressumme des Niederschlags rasch auf über 650 mm bis 700 mm zu. Bezeichnend für den relativ „kontinentalen“ Klimacharakter des Regensburger Raumes fallen die höchsten Monatsniederschläge im Juli mit 93 mm vor allem als konvektive Niederschläge (vgl. EIMERN 1975: 14–15). Der kontinentale Klimacharakter wird durch die große Jahresschwankung der Lufttemperatur von 20,4°C (Mitteltemperatur im Januar —2,5°C; Mitteltemperatur im Juli 17,9°C) bei einer Jahresmitteltemperatur von 8,0°C unterstrichen.

3. Untersuchungsmethoden

Die Grundlage der hier vorgestellten neuen Befunde zur Würmlöß-Gliederung im Raum Regensburg sind umfangreiche Aufschluß- und Bohrprofilaufnahmen, die seit dem Jahre 1984 durchgeführt wurden. Das Profil „Napoleonstein“ (NA 1100) wurde zusammen mit Herrn Dr. W. WEISSMÜLLER, Institut für Ur- und Frühgeschichte der Universität Erlangen-Nürnberg, bearbeitet.

Die Bohrungen wurden mit einem Kammer-Drehbohrgestänge der Firma Eijkelkamp, Giesebeek/Niederlande, durchgeführt. Die Profilsprache erfolgte nach feldbodenkundlichen Methoden gemäß der Kartieranleitung der ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE (1982). Die Profildarstellung lehnt sich zwar an das von der „Subkommission für Lößstratigraphie“ der Internationalen Quartärvereinigung (INQUA) ausgearbeitete Schema (vgl. u. a. FINK et al. 1976) an, ist jedoch aus Gründen einer möglichst

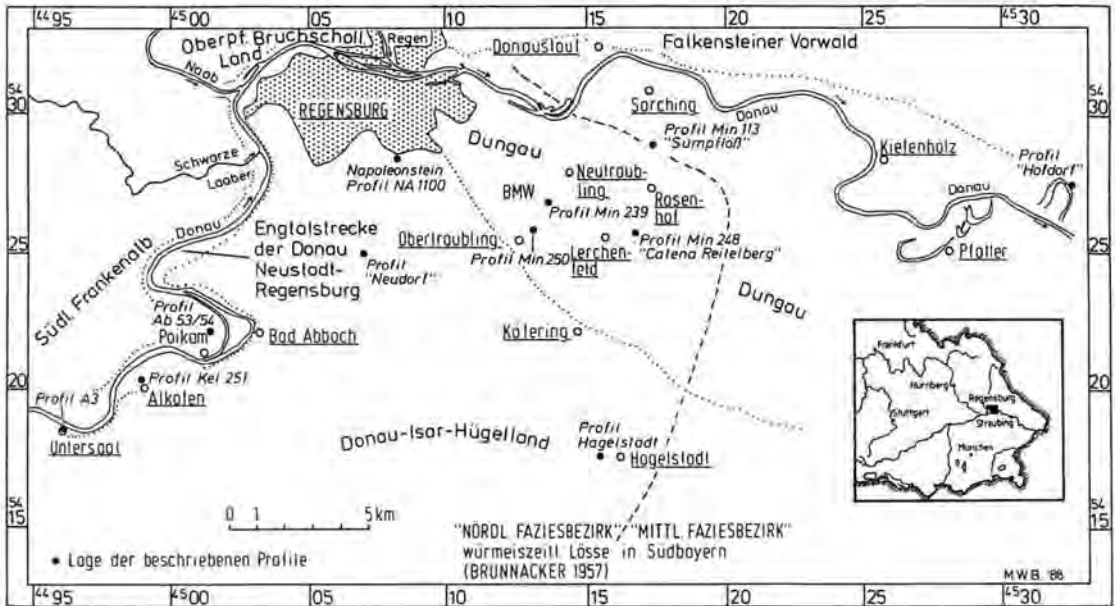


Abb. 1: Lage der beschriebenen Aufschlüsse und Bohrungen im Raum Regensburg.

genauen Dokumentation und unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten erweitert worden.

Die angewendeten sedimentologischen und bodenchemischen Labormethoden sind bei BUCH (1988: 20—22) beschrieben. Die Farbansprache erfolgte mit Hilfe der MUNSSELL-Farbtabelle bei feuchtem Zustand des Probenmaterials. Die ^{14}C -Datierung führte freundlicherweise Herr Prof. Dr. M. A. GEYH, Hannover, die mikromorphologischen Untersuchungen Herr Dr. S. STEPHAN, Institut für Bodenkunde der Universität Bonn und die Molluskenbestimmungen Herr Dr. J. KOVANDA, Geologisches Zentralinstitut der Tschechoslowakei, Prag, durch.

Meßtechnische Grundlagen und Durchführung der TL-Datierungen sind ausführlich bei ZÖLLER et al. (1988: 8—12) beschrieben. In Tab. 1 sind die Ergebnisse der hier durchgeführten TL-Datierungen zusammengestellt. Die Proben für die Datierungen wurden an frisch abgestochenen Aufschlußwänden in lichtundurchlässigen Zylindern entnommen; lediglich die Proben Le-1 und Le-2 wurden mit dem Eijkelkamp-Bohrgerät unter Lichtabschluß gewonnen.

4. Stratigraphische und fazielle Befunde zur Würmlöß-Gliederung im Raum Regensburg

4.1. Der Boden des Riß-Würm-Interglazials

Bezugspunkt für die weiteren Ausführungen zur Würmlöß-Gliederung ist die Bodenbildung des

letzten Interglazials, der Riß/Würm (R/W)-Warmzeit (Abb. 2—Abb. 4). Als R/W-Boden wird in den jungquartären Profilabfolgen des Untersuchungsgebietes der 1. fossile, kräftig entwickelte Boden vom Typ einer Parabraunerde im Liegenden der holozänen Parabraunerde bezeichnet. In allen hier untersuchten Profilen liegt die R/W-Bodenbildung lediglich als mehr oder weniger verkürzter Bt-Horizont vor.

Der R/W-Bt-Horizont aus Löß ist in einer Mächtigkeit von 1 m bis maximal 2 m erhalten und vor allem im Bereich edaphisch trockener Kuppenlagen durch eine kräftig braune bis rötlichbraune 7,5 YR Munsell-Farbe ausgezeichnet (7,5 YR 5/6—5/8 und 7,5 YR 4/4—4/6). Trotz Tongehalten um 40 % treten Staunässemerkmale lediglich in Form diffus verteilter, stecknadelkopfgroßer Eisen-/Mangan-Konkretionen auf; deutlichere Staunässeüberprägung im Top des Bt-Horizontes und damit Übergänge zu SdBt-Horizontmerkmalen sind jedoch die Ausnahme. Das Bodengefüge ist polyedrisch bis prismatisch ausgebildet; auf den Aggregatoberflächen sind dunkelbraune Toncutane auch makroskopisch deutlich erkennbar. Der Humusgehalt liegt bei minimal 0,5 %.

Im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt (Abb. 2) ist die Basis des R/W-Bodens im Bereich eines durch die hangende Bodenbildung bereits völlig entkalkten Lößlehms mit einem Thermolumineszenz-Alter von 138 ± 14 ka (Probe Hg-4) bzw. 141 ± 16 ka (Probe Hg-4B) datiert. Diese TL-Daten, die die Sedimentation des jüngeren Lösses der vorletzten Kaltzeit

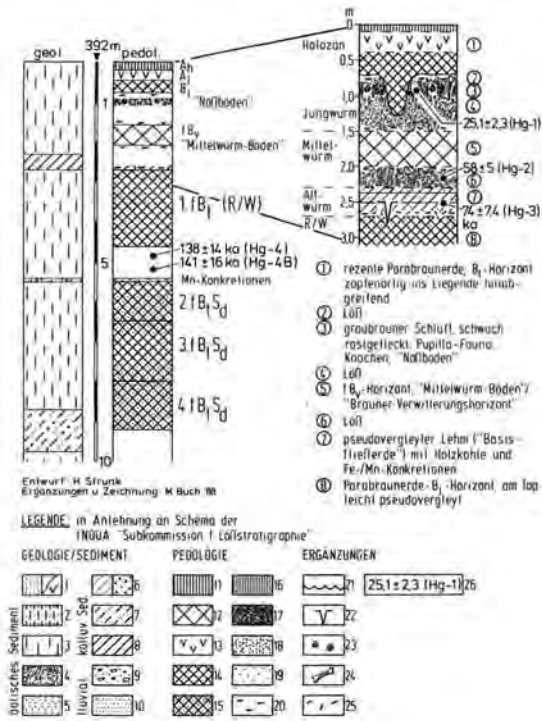


Abb. 2: Die Hangendfolge des Quartärprofils in der Ziegeleigrube Hagelstadt,

Nordwand (H 54.17750, R 45.15450; GOK 392 m ü. NN). Signaturlegende der geologisch/sedimentologischen und pedologischen Profile in Abb. 2, Abb. 13 u. Abb. 14 (in Anlehnung an das Schema der INQUA „Subkommission f. Lößstratigraphie“): äolische Sedimente: 1 = Flugsand/Mikrosanddünen im Löß; 2 = sandig-schluffig; 3 = schluffig; 4 = Löß; 5 = Sandlöß; kolluviale Sedimente: 6 = sandig/kiesig; 7 = schluffig-sandig; 8 = schluffig, schluffig tonig, lehmig; fluviale Sedimente: 9 = Kiese/Sande (Schotter); 10 = Sande; Pedologie: 11 = humoser Oberboden (Ah-Ap-Horizont); 12 = Bv-Horizont; 13 = Al-Horizont; 14 = Br-Horizont; 15 = BtSd-Horizont; 16 = initiale Verbraunung (f Cv-Horizont); 17 = Naßboden in typ. Löß; 18 = Naßboden in Sandlöß; 19 = Pseudovergleyung; 20 = Lößkindl; Ergänzungen: 21 = Kryoturbationen; 22 = Frostspalte; 23 = Mollusken; 24 = Knochen; 25 = Holzkohle; 26 = TL-Datierung mit Proben Nr.

angeben, stimmen gut mit den Befunden aus anderen Lößprofilen Mitteleuropas mit einem TL-Alter zwischen 130 und 150ka überein (ZÖLLER, STREMMER & WAGNER 1988: 159). Für die Eem-Bodenbildung gibt STREMMER (1987: 2) einen Zeitraum zwischen 128 und 110ka vor heute an.

Prä-R/W-zeitliche Br-Horizonte aus Löß sind sowohl nach Aufschlußbeobachtungen als auch nach Bohrungen auf Grund von Pseudogleymerkmalen deutlich

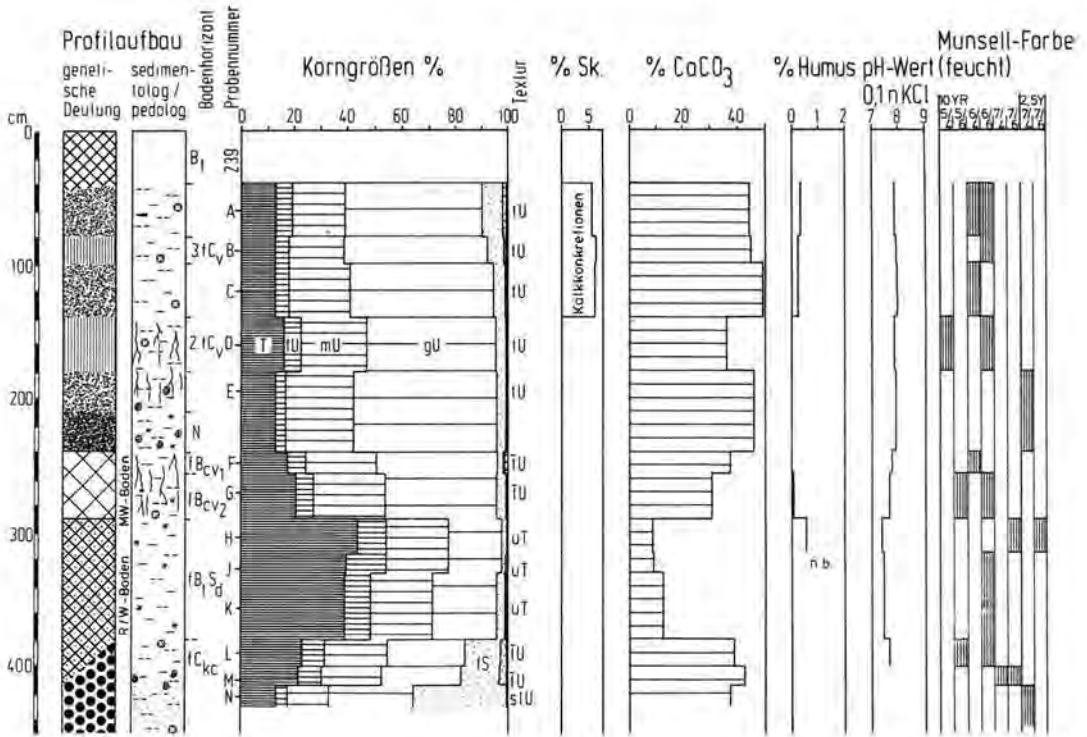
vom R/W-Bt-Horizont zu unterscheiden. Wie im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt dokumentiert (Abb. 2), ist bereits der ursprüngliche Bt-Horizont unmittelbar im Liegenden des R/W-Bodens durch intensive Pseudovergleyung überprägt (2. f BtSd-Horizont eines dreigliedrigen Bodenkomplexes). An der Oberkante des BtSd-Horizontes treten zudem erbsengroße, z. T. umgelagerte Eisen-/Mangan-Konkretionen auf.

R/W-zeitliche Bodenbildungen vom Typ eines Parabraunerde-Pseudogleys sind bisher lediglich bei BUCH (1988: 66–67) aus dem Raum Obertraubling-Harting (Abb. 3) sowie aus dem Raum südlich von Straubing von BRUNNACKER (1957: 15; Abb. 2) beschrieben worden. Es handelt sich dabei jeweils um Sonderfälle der Bodenbildung, die durch eine sandige und feinsandig-schluffige fluviale Fazies der rifeiszeitlichen Hochterrasse vorgeprägt sind. Aus karbonathaltigen Schottern der Hochterrasse entspricht dieser Bodenbildung als besser gedränte Variante eine kräftig braune bis rötlichbraune (7,5 YR 5/4–4/4), bereichsweise mangangefleckte Parabraunerde (Schotter-Bt-Horizont) mit lokal stark wechselndem Tongehalt bei Maximaltongehalten von bis zu 50% (Abb. 4). Die durchschnittliche Mächtigkeit dieser Schotter-Bt-Horizonte beträgt 1,6 m mit Verwitterungszapfen, die bis in eine Tiefe von 5 m reichen (vgl. auch HILGART 1987: 38–48).

4.2. Das Altwurm

Das Altwurm ist nach den bisher vorliegenden eigenen Befunden aus dem Untersuchungsgebiet stratigraphisch kaum gegliedert. In allen Profilen ist dieser Zeitabschnitt des Würms durch intensive Umlagerungsvorgänge (Solifluktion und Spülerosion) gekennzeichnet (Abb. 2, Abb. 3 u. Abb. 5).

Die korrelierten Sedimente der Umlagerungsvorgänge kommen, in Abhängigkeit von der Lithologie des liegenden Profilsabschnittes, in zwei Faziesausprägungen vor. Kiesig-sandige und sandige Spülsedimente sind typisch für Positionen im Bereich der rifeiszeitlichen Hochterrasse mit einer Parabraunerde, die tief in den Schotterkörper eingreift. Die Verhältnisse können mit Ausschnitten aus großräumigen Aufschlußaufnahmen in der Kiesgrube der Firma Rott nördlich von Poikam verdeutlicht werden (Abb. 5): eine Erosionsdiskordanz, die oft durch eine Feinkielesschnur nachgezeichnet wird, kappt einen noch über weite Teile der Aufschlußwand vorhandenen, aufgehellten, autochthonen bis par-autochthonen Schotter-Al-Horizont, der seinerseits in den liegenden rötlichbraunen Schotter-Bt-Horizont überleitet. Über der Kiesschnur folgt zunächst ein 20 bis 40 cm mächtiger, gelblicher, karbonatreier, kiesiger Mittel- bis Grobsand, von dem sich



ERWEITERTE LEGENDE zu den dargestellten Lotprofilen

GEOLOGIE / SEDIMENTOLOGIE			PEDOLOGIE		Ergänzungen	
1	6	11	15	21	26	31
2	7	12	16	22	27	32
3	8	13	17	23	28	
4	9	14	18	24	29	
5	10		19	25	30	
			20			

Abb. 3: Profil Min 239, Baugrube im Industriegebiet südl. von Neutraubling (Bl. 7039 Mintraching, H 54.26890; R 45.13420; GOK 338 m ü. NN), Hochterrasse: Über einem als BtSd-Horizont ausgebildeten Reiß/Würm-Interglazialboden aus einer sandigen Fazies der Hochterrasse setzt die Würmabfolge mit einer zweigliedrigen Basisfließerde (deutlicher Anteil von schwach rostgeflecktem Bt-Horizont-Material an der Basis und zunehmender Lößbeimischung zum Hangenden), ein, die von einem Mittelwürm-Boden (MW-Boden mit f Bv1- /f Bv2-Horizontierung) mit Kalkkonditionen an der Solumuntergrenze überprägt wird. Zur weiteren Profilabfolge s. Erläuterungen im Text.

Erweiterte Signaturlegende der geologisch/sedimentologischen und pedologischen Profile (Abb. 3 bis Abb. 12):
 Körnung: 1 = Grob-, Mittel-, Feinkies; 2 = Grob-, Mittel-, Feinsand; 3 = Lehm; 4 = Schluff; 5 = Ton; äolische Sedimente: 6 = Flugsande; 7 = Sandlöß/Mikrosanddünen im Löß; 8 = Löß/„Sumpflöß“; fluviale Sedimente: 9 = Niederterrassen-Sedimente unterschiedl. Fazies/spätglaziale — frühholozäne Hochflutsedimente der Donau; 10 = Hochterrasse-Sedimente unterschiedl. Fazies; kolluviale Sedimente: 11 = Kolluvium, lehmig bis tonig; 12 = Kolluvium, schluffig; 13 = Kolluvium, sandig; 14 = Kolluvium, schwach pseudovergletzt; Pedologie: 15 = humoser Oberboden (Ah-/Ap-Horizont); 16 = Bv-Horizont; 17 = Btv-Horizont; 18 = Al-Horizont; 19 = Bt-Horizont; 20 = BtSd-Horizont; 21 = initiale Verbräunung (f Cv-Horizont); 22 = Naßboden („N“) in typ. Löß; 23 = Naßboden („N“) in Sandlöß; 24 = Rostfleckung, Fe-/Mn-Konditionen; 25 = Kalkkonditionen; länglich/rund kompakt/rund, innen hohl/tuffartige Kalkausfällung in Wurzelröhren; 26 = Frostspalte/Trockenspalte; 27 = Kryoturbationen; 28 = Mollusken; 29 = Artefakt/Knochen; 30 = Holzkohle; 31 = TL-Datierung mit Proben-Nr.; 32 = ¹⁴C-Datierung mit Labor-Nr.

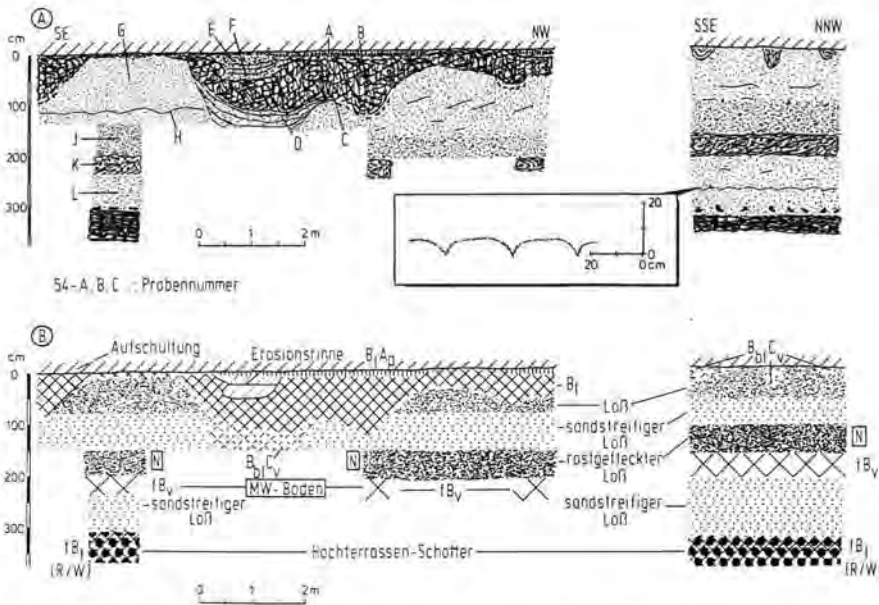


Abb. 4:
 Profil Ab 54,
 Kiesgrube Rott,
 Hochterrasse
 nördlich von
 Poikam/Donau
 (Bl. 7038
 Bad Abbach,
 H 54.22150;
 R 45.01200;
 GOK 354 m
 ü. NN);
 A = naturnahe
 Darstellung;
 B = genetische
 Deutung. Profil-
 erläuterungen im
 Text; Legende
 s. Abb. 3.

ein an der Basis noch feinkiesiger, ansonsten jedoch kiesfreier, karbonatfreier, dunkelgrauer und nach oben hin zunehmender aufgehellter Mittel- bis Grobsand deutlich abhebt. Die naheliegende Interpretation, es könne sich hier um eine der bekannten „Altwurm-Humuszonen“ handeln, läßt sich jedoch bei mikroskopischer Analyse der Sande nicht bestätigen; die graue Färbung wird vielmehr durch feinstverteilte und zerriebene Holzkohleflitter hervorgerufen. Stellenweise kommen auch größere Holzkohlestücke vor (s. Fig. 5: Profil Ab 53/6).

Bei R/W-zeitlichen Parabraunerden aus Löß im Liegenden der frühwürmzeitlichen Umlagerungszone sind schwach pseudovergleyte Kolluvien weitverbreitet, die an der Basis noch reichlich Bt-Horizont-Material, dementsprechend höhere Humusgehalte und nur geringe Karbonatgehalte aufweisen, und erst zum Hangenden hin offensichtlich stärker mit karbonathaltigem Löß vermischt sind. Im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt (Abb. 2) treten in diesem Horizont vereinzelt Frostspalten bis zu 60 cm Länge auf, die auch noch in die oberen 25 cm des liegenden R/W-Bt-Horizontes eingreifen und durch solifluidale Verlagerung fahnenartig in Hanggefällsrichtung ausgezogen sind (mündl. Mitt. Dr. H. STRUNK, Regensburg). Von dem jüngst aufgenommenen Lößprofil an der BAB A93 Regensburg-München nahe Neudorf ist eine schwache Frostplattigkeit aus dem Bereich des Umlagerungshorizontes bekannt. Unmittelbar am Kontakt dieser „humosen Basisfließerde“ im Sinne von BRUNNACKER (u. a. 1957) zum R/W-Boden kommen, wie aus anderen Lößprofilen Mitteleuropas oft beschrieben, zahlreiche Holzkohlestückchen vor.

Im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt (Abb. 2) wurde dieser Umlagerungshorizont aus einem Gemisch von fahnenartig verzogenem Bt-Horizontmaterial und primär karbonatreichem Löß mit einem TL-Alter von $74 \pm 7,4$ ka vor heute datiert; dies entspricht den Datierungen der aus den mitteleuropäischen Lößgebieten oft beschriebenen Altwurm-Humuszonen mit einem TL-Alter zwischen $63,5 \pm 6$ bis $75,6 \pm 7$ ka (ZÖLLER, STREMMER & WAGNER 1988). Mit dem genannten TL-Alter aus der Zgl. — Grube Hagelstadt wird zwar einerseits das R/W-zeitliche Alter des liegenden Bt-Horizontes weiter gestützt, andererseits weist es auf eine beträchtliche, erosionsbedingte zeitliche Lücke zwischen der R/W-Bodenbildung und diesem Abschnitt der Würmlößabfolge hin.

Zum Problem einer feinstratigraphischen Gliederung des Altwürms teilt jüngst SCHELLMANN (1988: 145—146 u. 158—160 mit Abb. 18) interessante neue Befunde mit. So beschreibt er eine bis 25 cm mächtige „schwarzerdeartige Humuszone“ mit Grabgängen und Krotowinen aus einem Profil südlich von Hofdorf am Steilufer seiner Hochterrasse 2 (HT 2) zur „Alten Donau“ der Gmünder Au (zur Lage des Profils s. Abb. 1). Durch eine Erosionsdiskordanz getrennt, folgt im Hangenden eine Fließerde-Spülschutt-Fließerdefolge mit abschließender Lößsedimentation, die von einem „kräftig entkalkten, rötlich-braunen Bv-Horizont“ überprägt wird. Nach Profilaufnahmen von SCHELLMANN im Bereich des BMW-Werkes bei Harting kann diese Braunerde-Bodenbildung auch zweigeteilt werden.

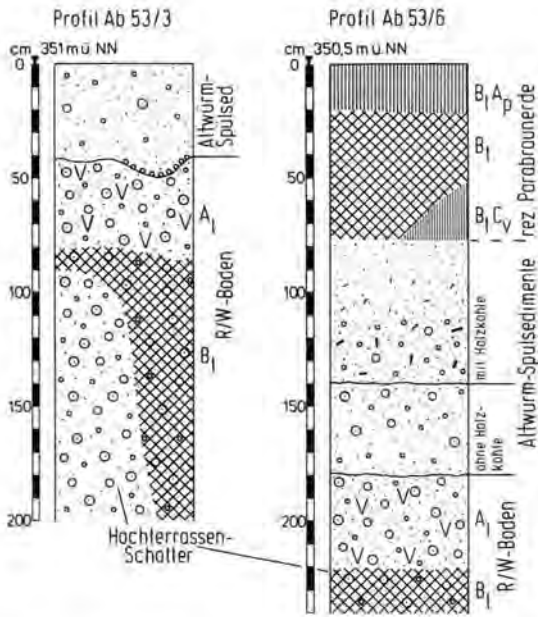


Abb. 5: Profile Ab 53/3 (Bl. 7038 Bad Abbach, H 54.22050, R 45.01400; GOK 351 m ü. NN) und Ab 53/6 (Bl. 7038 Bad Abbach, H 54.22050, R 45.01600; GOK 350,5 m ü. NN), Kiesgrube Rott nördlich von Poikam/Donau. Profilerläuterungen im Text; Legende s. Abb. 3.

4.3. Das Mittelwürm

Für das Mittelwürm im Untersuchungsgebiet ist kennzeichnend, daß die noch im Altwürm bedeutende Solifluktion und Spülerosion deutlich zugunsten einer äolischen Sedimentation von Sandlöß und Löß zurücktritt. Die Grenzen zwischen Altwürm und frühem Mittelwürm ist freilich in vielen Profilen dennoch nicht klar zu fassen. Dies ist darin begründet, daß — wie bereits beschrieben — die an der Basis humose „Basisfließerde“ zum Hangenden hin nur sukzessive stärker mit primär karbonatreichem Löß angereichert ist und nachträglich nochmals leicht umgelagert wurde.

Im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt wurde der Löß unmittelbar unterhalb der kräftigen Verbraunung, die das Mittelwürm abschließt und gleichzeitig als wichtiger Leithorizont in allen Lößprofilen des Untersuchungsraumes fungiert (s. u.), mit einem TL-Alter von 58 ± 5 ka datiert (Abb. 2). Dies entspricht einem frühen Mittelwürm-Alter.

Die von SCHELLMANN (1988: 146—148, 161, Abb. 19 u. 164—165) vom Gelände des BMW-Werkes bei Harting als Rhythmus II und III beschriebenen phasenhaften Folgen von vorherrschender Erosion,

Lößakkumulation und abschließender interstadialer Bodenbildung während des frühen und mittleren Mittelwürms können in keiner der selbst aufgenommenen Profilabfolgen bestätigt werden. Beide Rhythmen fehlen auch bei dem von SCHELLMANN (1988: 158—160) im Bereich der „Hochterrasse 2“ (HT 2) beschriebenen Profil südlich von Hofdorf. Der Rhythmus II setzt nach schwach ausgeprägter Umlagerungsphase mit einem grünlichgrauen bis grünlichbraunen Sandlöß ein, der von zahlreichen mm-großen Eisen-/Mangankonkretionen durchsetzt ist, und geht im Hangenden in einen Löß über. Der abschließende Boden wird als kryoklastisch stark verlehmt, ehemals kalkhaltiger und intensiv frostblättriger Naßboden beschrieben. Zu Beginn des Rhythmus III tritt schwache solifluidale Umlagerung auf. In geringmächtigen Basisschichten aus Fließerde und darüber folgendem Löß hat sich ein 1,2 m mächtiger erkalkter, stark verlehmt, frostblättriger, braungelber Lößlehm mit zahlreichen Rostbelägen auf den Frostblättern entwickelt (GB-Horizont), der von einem 60 cm mächtigen, kräftigen Naßboden (G-Horizont) überprägt wird. Daraus ergibt sich eine Gesamtmächtigkeit der Entkalkung und Verbraunung von bis zu rund 2 m (s. Abb. 13).

Der so von SCHELLMANN (1988) beschriebene mittelwürmzeitliche „braune Verwitterungshorizont“ mit abschließender „Naßbodenüberprägung“ (G-GB-Horizontierung) ähnelt stark der mit Profil Min 87 auf dem Baugelände des BMW-Werkes bei Harting aufgenommenen BtSd-Bt-Horizontfolge (vgl. BUCH 1988: 63—67 u. Abb. 19). Dieser wurde hier jedoch, nicht zuletzt auf Grund der großen Entkalkungstiefe und einem maximalen Tongehalt von 40 %, als R/W-zeitlicher Parabraunerde-Pseudogley angesprochen.

Bei den Lössen des Mittelwürms im Untersuchungsraum lassen sich faziell stark sandstreifige und typische Löss unterscheiden. Typische Löss des Mittelwürms sind vor allem in der Talweitung des Dungaues verbreitet (Abb. 6). Gegenüber den typischen Jungwürm-Lössen sind sie durch eine tendenziell bräunlichere 10 YR-Munsell-Farbe ausgezeichnet. Die Korngrößenzusammensetzung zeigt ein deutliches Maximum in der Grobschlufffraktion (45—53 %) bei Tongehalten zwischen 13 % und 20 %; der Sandgehalt ist bei einer Dominanz der Feinsandfraktion mit kaum 3 % äußerst gering. Mit 35—40 % werden Karbonatgehalte erreicht, die jenen der Jungwürmlössen vergleichbar sind. Sandstreifige Lössen wurden bisher vor allem in Lößprofilen innerhalb der Engtalstrecke der Donau zwischen Neustadt und Regensburg beobachtet, wie sie in der Deckschichtenfolge der Hochterrasse nördlich von Poikam im Bereich der Kiesgrube der Firma Rott (Profil Ab 54; Abb. 4) zwischen dem liegenden R/W-zeitlichen Schotter-Bt-Horizont und

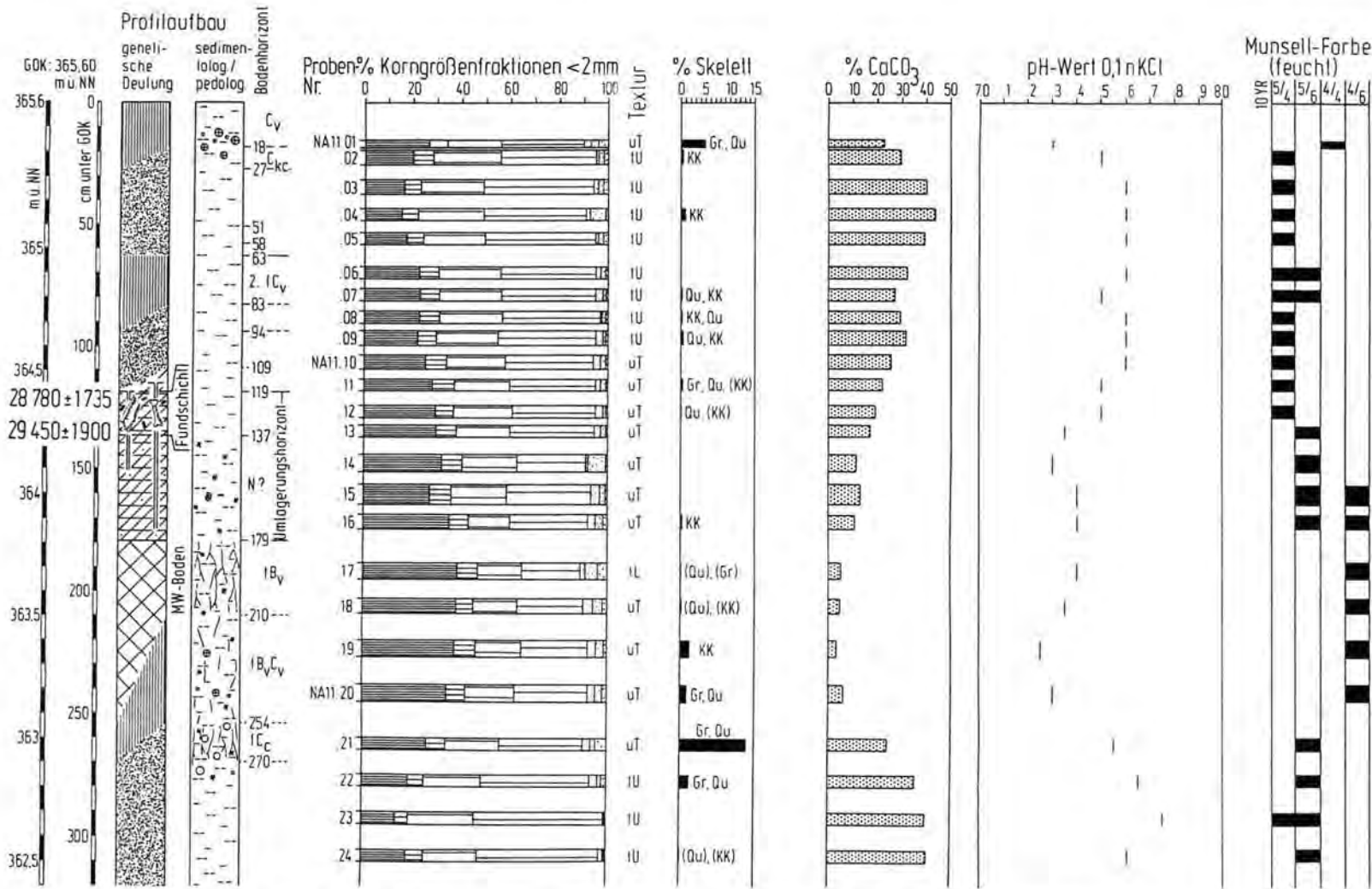


Abb. 6: Profile NA 1100, Grabungsaufschluß „Napoleonstein“, paläolithische Fundstelle Florian-Seidl-Str./Regensburg (Bl. 6938 Regensburg, H. 54.28300, R 45.08200; GOK 365,60 m ü. NN). Profilerläuterung im Text; Legende s. Abb. 3. Die Abkürzungen in der Spalte „% Skelett“ bedeuten: Gr = Grus (Gesteinsbruchstücke), Qu = Quarze, KK = Kalkkonkretionen, () = vereinzelt;

dem hangenden Mittelwürm-Bv-Horizont (s. u.) abgeschlossen waren (vgl. auch HILGART 1987: 46—47). Charakteristisch ist eine gelblichbraune bis dunkel gelblichbraune (10 YR 5—4/4) Farbe, der körnungsbedingt (rund 44 % Fein- und Mittelsand; 43 % Schluff und 13 % Ton) vergleichsweise geringe Karbonatgehalt (16 % CaCO_3) und eingeschaltete Feinsand-Mikrodünen.

In Profil Ab 54 (Abb. 4) ist der abschließende, etwa 60 cm mächtige, deutlich verbraunte Profilabschnitt bodentypologisch als Bv-Horizont einer weit entwickelten Braunerde anzusprechen. Für eine kräftige Bodenbildung sprechen der im Vergleich zum liegenden sandstreifigen Löß höhere Tongehalt (31 % Ton), die deutliche Entkalkung trotz sekundärer Aufkalkung und die Karbonatausfällungen in Form erbsengroßer Kalkkonkretionen an der Basis. Tongehalte um 30 % im Bereich des Bv-Horizontes und Kalkkonkretionen an der Basis sowie eine blaßbraune, gelegentlich auch kräftig braune Farbe sind typische Merkmale dieser Bodenbildung. Ausgeprägte Frostplattigkeit konnte bisher nicht beobachtet werden. Unmittelbar vor Einsetzen der Braunerde-Bodenbildung müssen flächenhafte Abspülvorgänge an den Hängen wirksam gewesen sein. Darauf deuten insbesondere die Beobachtungen im Bereich einer paläolithischen Fundstelle am Napoleonstein im Stadtgebiet von Regensburg (Abb. 6) hin: im Profil NA 1100 ist der obere Abschnitt des Mittelwürm-Lösses zwischen 180 und 280 cm unter GOK durch einen vergleichsweise hohen Skelettgehalt ausgezeichnet; Fein- und Mittelkiese, die aus den am Oberhang anstehenden mio-/pliozänen „Feldspatsanden“ ausgespült wurden, treten vor allem an der Basis des f Bv- und f BvCv-Horizontes auf. Bei einer derartigen Vermischung von primär karbonatreichem Löß und primär karbonatarmen bis karbonatfreien Spülsedimenten kommen im Bv-Horizont ausnahmsweise auch Tongehalte von über 30 % vor.

Die beschriebenen pedogenetischen Merkmale und die stratigraphische Position lassen die kräftige Braunerde als Ergebnis einer mittelwürminterstadialen Pedogenese interpretieren, die der trockenen Fazies des „Lohner Bodens“ bzw. des „Hainerberger Bodens“, äquivalent sein dürfte. Diese zeitliche Stellung wird durch eine TL-Datierung 60 cm über der Oberkante des Bv-Horizontes im Bereich eines molluskenführenden Naßbodens im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt gestützt, die ein Alter von $25,1 \pm 2,3$ ka lieferte (Abb. 2). Die Bildungszeit des „Lohner Bodens“ wird nach den bisher vorliegenden Daten von ZÖLLER, STREME & WAGNER (1988: 60) zwischen 28 und 30 ka vor heute datiert.

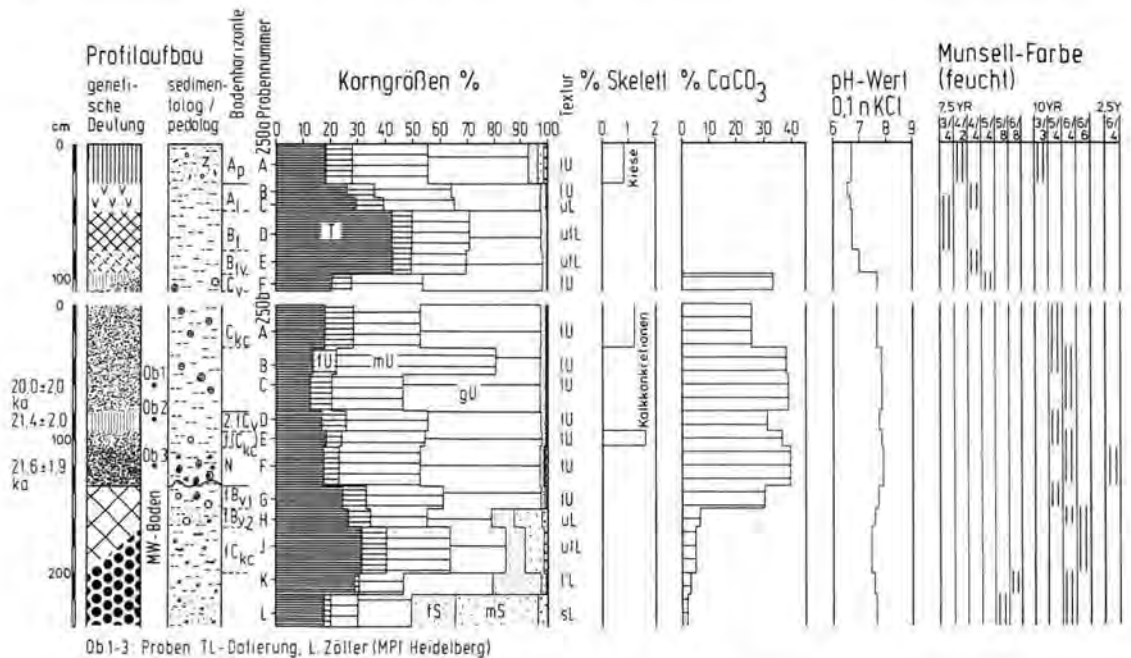
Die recht einheitliche Merkmalsausprägung, insbesondere auch seine auffallend blaßbraune bis kräftig-

braune Farbe lassen diese mittelwürminterstadiale Braunerde zu einem wichtigen Leithorizont für die Gliederung der Würmlößprofile im Regensburger Raum werden. Bemerkenswert ist, daß der Bv-Horizont, trotz nachfolgender solifluidaler Überprägung (s. u.) und offensichtlich unabhängig von der Hangposition eine relativ konstante Mächtigkeit von 40—60 cm aufweist.

4.4. Das Jungwürm

Das Jungwürm setzt mit einer Phase offensichtlich kräftiger solifluidaler Prozesse ein, die in vielen Profilen durch eine fahnenartig verzogene Oberkante des mittelwürmzeitlichen Bv-Horizontes angezeigt wird (Abb. 7). Im Profil NA 1100 (Abb. 6) überlagert ein Umlagerungshorizont den Mittelwürmboden. Er setzt sich aus Material der Mittelwürmbodenbildung vermischt mit Löß zusammen. Im oberen Abschnitt dieses Solifluktionshorizontes liegt die paläolithische Fundschicht (s. WEISSMÜLLER 1987). Zwei ^{14}C -Datierungen an Holzkohlestückchen aus dieser Fundschicht lieferten Alter von 28780 ± 1735 a. B.P. (Hv 15650) bzw. 29450 ± 1900 a. B.P. (Hv 15651). Der Solifluktionshorizont wird von einem Netz vertikaler Spalten durchzogen, deren Anlage offensichtlich auf eine Austrocknung des ehemals wassergesättigten Bodensedimentes zurückzuführen ist (WEISSMÜLLER 1987: 434 u. 433; Abb. 3).

Für die älteste jungwürmzeitliche Lößakkumulation, die auf die Mittelwürmbodenbildung folgte und von dieser durch eine Erosionsdiskordanz getrennt ist, liegen aus dem Untersuchungsraum TL-Datierungen von $25,4 \pm 2,4$ ka (Probe Le-2; Abb. 8) bzw. $25,1 \pm 2,3$ ka (Probe Hg-1; Abb. 2) vor. Wie für den Mittelwürm-Löß dargestellt, so lassen sich auch für den Jungwürm-Löß typische Löss- und Sandlöss unterscheiden (Abb. 10). Sandlöss finden sich im Bereich der Engtalstrecke der Donau zwischen Neustadt und Regensburg. Mit einem Medianwert der Körnungssummenkurven zwischen 3,5 und 4 Φ setzten sich diese jedoch auf Grund eines vergleichsweise hohen Feinsandgehaltes zwischen 37 % und 52 % deutlich von den Sandlössen des Deckniveaus der Niederterrasse (IA) östlich von Regensburg (BUCH 1988) mit Medianwerten der Körnungssummenkurven zwischen 4,25 und 5,6 Φ ab. Den typischerweise olivfarbenen fahlgelben (2,5 Y 7/4) bis olivfarbenen hell gelblichbraunen (2,5 Y 6/4) Sandlössen beider Räume ist ein Karbonatgehalt zwischen 30 % und 40 % gemeinsam. Die Sandlöss des Deckniveaus der Niederterrasse lehnen sich im Medianwert/Sortierungsdiagramm eng an das Cluster der typischen Löss des Jungwürms an mit einem tendenziell kleineren Medianwert der Korngrößensummenkurve



Ob1-3: Proben TL-Datierung, L. Zöllner (MPI Heidelberg)

Abb. 7: Profil Min 250a und b (Bl. 7039 Mintraching, H. 54.26000, R 45.13020; GOK 340 m ü. NN), Bauaufschluß Sportzentrum Obertraubling (Hochterrasse): der Mittelwürm-Boden greift direkt in eine sandige Fazies der Hochterrasse ein; sowohl der R/W-Boden, als auch die gesamte Alt- und Mittelwürm-Serie ist durch kräftige Dellenaktivität vollständig ausgeräumt. Legende s. Abb. 3.

(bis 6Φ) bei vergleichbarem Sortierungskoeffizienten ($QD\Phi 0,7-1,65$); die Löss- und Sandlöss- im Bereich der wallartig ausgebildeten Lößgrenze zwischen dem Deckniveau der Niederterrasse IA und dem vorgelegerten lößfreien Hauptniveau der Niederterrasse IB (Abb. 9; vgl. auch BUCH 1988: Karte 7a u. 8a) weisen dabei die beste Sortierung auf (Abb. 10). Die typischen Löss- der Talweitung des Dungaues sind von hell gelblichbrauner bis gelblichbrauner Farbe (10 YR 6-5/4), oft mit einem Stich zu entsprechenden 2,5 Y Munsell-Farben. Der Karbonatgehalt liegt zwischen 30 % und 40 % bei Maximalwerten auch über 40 %.

Der bis zu 2,5 m mächtige Jungwürm-Löß wird durch mindestens vier — nach SCHELLMANN (1988: 150-151; 161, Abb. 19; 165) bis zu fünf — schwache Bodenbildungen gegliedert. Es handelt sich dabei um drei 20 bis 40 cm mächtige initiale Verbraunungshorizonte (Cv-Horizonte 1-3 von älter nach jünger) und einen 20 bis 40 cm mächtigen Naßboden.

Die drei f Cv-Horizonte heben sich gegenüber dem olivstichig fahlgelblichen (2,5 Y 7/4) bis hell gelblichbraunen (2,5 Y 6/4) Sandlöß bzw. dem hell gelblichbraunen (10 YR 6/4) bis gelblichbraunen (10 YR 5/4) Löß durch eine leicht rötliche Tönung ab (Abb. 3, Abb. 7 und Abb. 8). Der Tongehalt in den f Cv-

Horizonten ist lediglich um bis 5 % höher als im unverwitterten Primärlöß. Diese geringe Zunahme des Tongehaltes bewirkt jedoch immerhin eine so große Verdichtung des Lösses, daß es innerhalb der Zone initialer Verbraunung zu einer deutlichen Karbonatausfällung in Form von Pseudomycelien aus dem hangenden Löß kommt. Dr. S. STEPHAN (Institut für Bodenkunde der Universität Bonn, schriftl. Mitt.) beschreibt einen Bodendünnschliff aus der unteren Verbraunungszone des Profils Min 239 (Abb. 3) folgendermaßen: Der locker-kohärente, feinkörnige Löß wird von einigen gebogenen Röhren und etwas Schwammgefüge durchsetzt. Der Löß ist reich an teils frischem, oft jedoch zerfallenem Kalkschluff, enthält etwas frische grüne Hornblende, mehr oder weniger frischen Muskovit, meist stark verbrauchte Biotitblättchen sowie wenige kleine, runde, weiche und gelbliche Toneinschlüsse. Entlang der Leitbahnen kommt Kalkkonzentration vor.

Auch die mikromorphologischen Befunde weisen demnach auf insgesamt schwache Verwitterungsprozesse hin, die sich auf kryoklastische Prozesse und eine initiale Glimmerverwitterung beschränken. Die gelblichen Toneinschlüsse resultieren dabei offensichtlich aus einer lokalen Entkalkung und Konzentration des Lösungsrückstandes. Darauf deuten auch

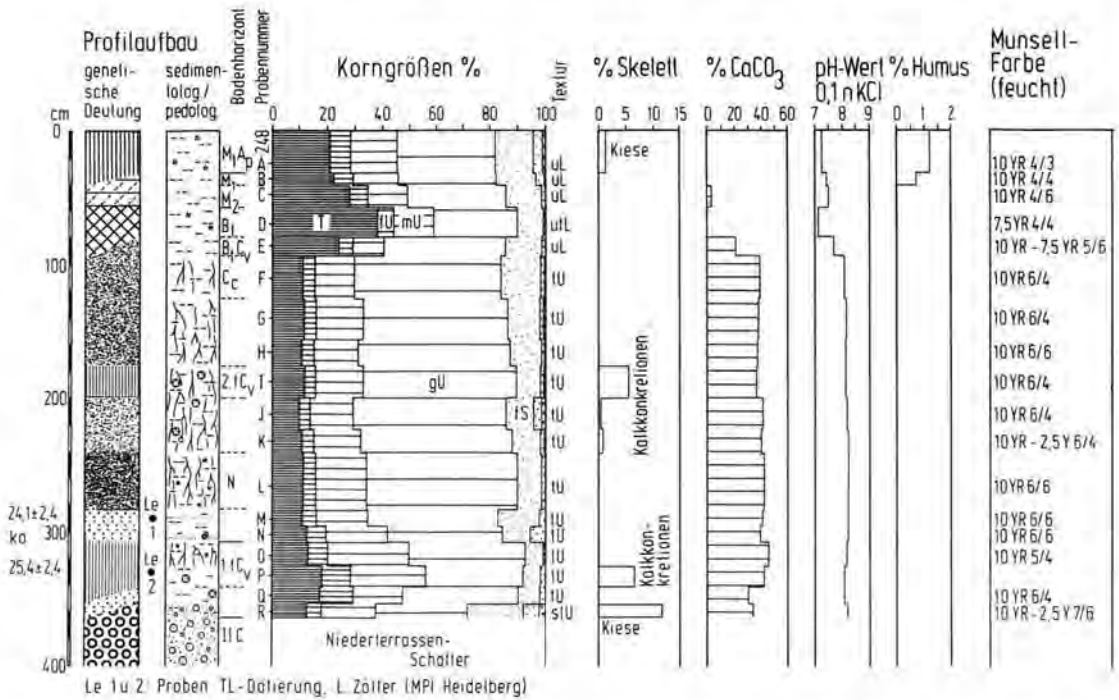


Abb. 8: Profil Min 248 (Bl. 7039 Mintraching, H 54.25580, R. 45.16570; GOK 335 m ü. NN), Bohrung Catena Reitelberg (Deckniveau der Niederterrasse IA). Profilerläuterung im Text; Legende s. Abb. 3; zur Lage des Profils s. Abb. 9.

vergleichende Korngrößenanalysen von Originalprobenmaterial und zuvor entkalktem Probenmaterial hin. Sie zeigen, daß entkalkte Proben einen 3 % bis 6 % höheren Tongehalt gegenüber der entsprechenden karbonathaltigen Probe aufweisen, wobei die Tongehaltszunahme umso höher ist, je höher der ursprüngliche Karbonatgehalt ist (Korrelationskoeffizient $r = 0.89$; Probenanzahl: $n = 16$).

Der als Naßboden ausgebildete initiale Bodenhorizont — in den Profilen mit „N“ bezeichnet — tritt in einer stratigraphischen Position zwischen dem ältesten, 1. f Cv-Horizont und dem 2. f Cv-Horizont auf (Abb. 8 u. Abb. 9). Er ist durch eine olivstichig, hell gelblich braune Farbe (10 YR — 2,5 Y 6—7/4, 6/6) und schwache Rostfleckung ausgezeichnet. Da der Sandlöß, insbesondere der des Deckniveaus der Niederterrasse IA (BUCH 1988; s. u.), meist einen vergleichbaren Grundfarbton aufweist, ist hier die Identifizierung des Naßbodens allein auf Grund der Farbe meist schwieriger. Besonders markant ist das Auftreten einer individuenreichen, aber artenarmen Pupilla-Molluskenfauna mit *Succinea oblonga elongata*, *Pupilla muscorum*, *Trichia hispida* und *Trichia hispida terrena* (CLESS.) (Abb. 3). Es handelt sich dabei um eine Molluskengesellschaft, die an ein kaltes hochglaziales Klima adaptiert ist. Mit den beschriebenen

Merkmale kommt dem Naßboden eine stratigraphische Leitfunktion innerhalb der Jungwürm-Löss im Kernraum des Untersuchungsraumes zu.

Von den stratigraphisch gut gegliederten Jungwürm-Lößabfolgen des Untersuchungsraumes liegen derzeit fünf TL-Datierungen vor (Abb. 7 u. Abb. 8). Im Profil Min 248 der Sandlöß/Lößabfolge des Deckniveaus der Niederterrasse (IA) bei Lerchenfeld (Abb. 8 und Abb. 9) ist der nahe der Basis zwischen 305 und 340 cm unter GOK entwickelte f Cv-Horizont mit einem TL-Alter von $25,4 \pm 2,4$ ka vor heute datiert (Probe Le-2; durch R- β -Methode bestätigt). 20 cm über der Oberkante des f Cv-Horizontes wurde ein Sedimentationsalter des Sandlösses von $24,1 \pm 2,4$ ka ermittelt (Probe Le-1). Im hangenden Löß tritt zwischen 240 und 280 cm unter GOK ein Naßboden auf und darüber zwischen 175 und 200 cm unter GOK ein weiterer f Cv-Horizont. Im Profil Min 250a und b (Abb. 7) wurde der Löß, in dem der Naßboden ausgebildet ist, mit einem TL-Alter von $21,6 \pm 1,9$ ka vor heute datiert (Probe Ob-3). Eine Datierung im Bereich des hangenden f Cv-Horizontes zwischen 80 und 100 cm unter GOK ergab ein TL-Alter von $21,4 \pm 2,0$ ka (Probe Ob-2). 20 cm über der Oberkante dieser schwachen Verbraunungszone wurde der Löß mittels der R- β -Methode mit

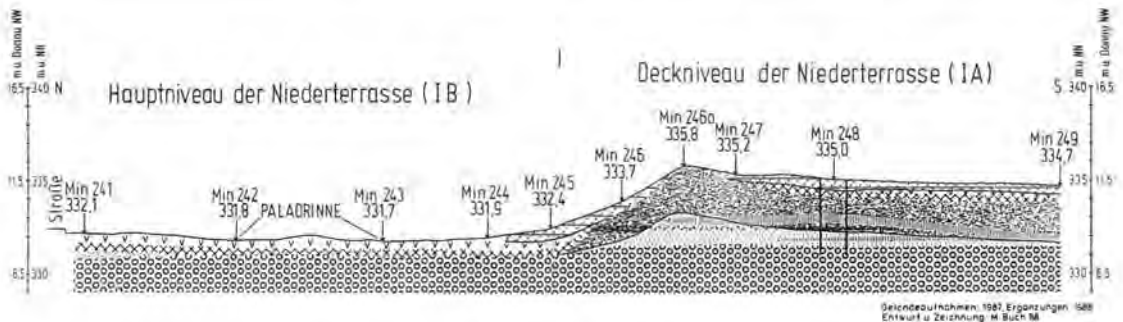


Abb. 9: Stratigraphische Gliederung der Löß- und Sandlöß-Deckschichten des Deckniveaus der Niederterrasse (IA) und Übergang zum lößfreien Hauptniveau der Niederterrasse (IB) der Donau östlich von Regensburg; „Catena Reitelberg“ bei Lerchenfeld. Legende s. Abb. 3.

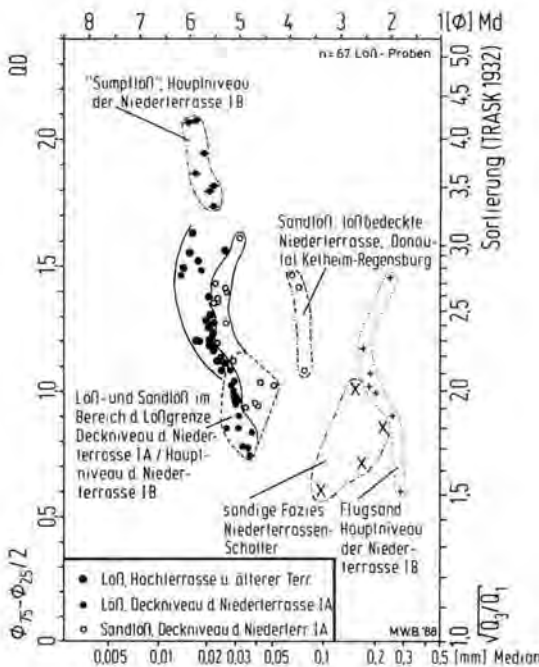


Abb. 10: Medianwert/Sortierungs-Diagramm (in mm- und phi-Skala) der Löss im Raum Regensburg. Zum Vergleich sind Proben des „Sumpflösses“ von Rosenhof, von Flugsanden des Hauptniveaus der Niederterrasse IB sowie einer sandigen fluvialen Fazies des Niederterrassen-Schotter aufgetragen.

einem TL-Alter von $20,0 \pm 2,0$ ka vor heute datiert (Probe Ob-1).

In dem am Nordrand des Bayerischen Tertiärhügellandes gelegenen Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt zeichnet sich nach den vorliegenden TL-Datierungen ein interessanter Fazieswechsel der initialen Bodenhorizonte innerhalb der Jungwürmserie des Untersuchungsraumes ab (Abb. 2). Während im Profil

Min 248 bei Lerchenfeld im Bereich des mit $25,4 \pm 2,4$ ka (Lc-2) datierten Lösses ein initialer Verbraunungshorizont (1. f Cv-Horizont) ausgebildet ist (s. o.), tritt im Profil Hagelstadt bei einem auch in den Fehlergrenzen vergleichbaren Sedimentationsalter des Lösses ($25,1 \pm 2,3$ ka; Hg-1) ein Naßboden auf. Die fazielle Ausprägung des Jungwürms im Profil Hagelstadt steht damit dem feuchten „Mittleren Faziesbezirk der würmeiszeitlichen Lösses in Südbayern“ i. S. BRUNNACKER (1957) näher als dem trockenen „Nördlichen Faziesbezirk“ (s. Abb. 1).

Mit dem Profil Min 239 südlich von Neutraubling (Abb. 3) kann die stratigraphische Gliederung des Jungwürm-Lösses des Untersuchungsraumes zusammenfassend nahezu vollständig dargestellt werden: über einer Erosionsdiskordanz, die den Mittelwürmboden (f Bv 1/f Bv 2) kappt, fehlt lediglich der ältere schwache Verbraunungshorizont. Dadurch liegt der Naßboden (N) mit einer individuenreichen Pupilla-Molluskenfauna direkt dem Mittelwürmboden auf. Im Hangenden folgen zwei schwache Verbraunungshorizonte, wobei der jüngere f Cv-Horizont geringmächtiger ist und selbst im Anschluß weniger deutlich in Erscheinung tritt.

4.5. Die jüngsten Würmlösses

Der jüngste Löß, der bisher aus dem Untersuchungsraum bekannt geworden ist, ist ein isoliertes „Sumpflöß“-Vorkommen im Bereich des ansonsten lößfreien Hauptniveaus der Niederterrasse (IB) nahe der Autobahnausfahrt der A3 Rosenhof östlich von Regensburg (Abb. 11). Unter „Sumpflöß“ wird dabei in Anlehnung an LOŽEK (1982) ein Löß verstanden, der in flache wassergefüllte Geländedepressionen — im vorliegenden Fall in eine Paläorinne eines verzweigten Gerinnebettmusters — eingeweht wurde und durch eine charakteristische Molluskenfauna ausgezeichnet

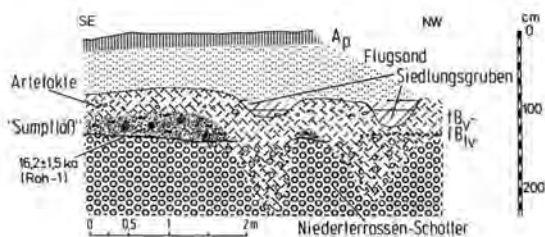


Abb. 11: Ausschnitt aus Profil Min 103 (Bl. 7039 Mintraching, H 54.28790, R 45.17180; GOK 330 m ü. NN): aufgeschlossener „Sumpflöß“ nördlich von Rosenhof (Hauptniveau der Niederterrasse IB). Profilerläuterungen im Text; Legende s. Abb. 3.

ist. Im Profil Min 103 ist der Sumpflöß als gelblich-brauner (10 YR 5/6), karbonatreicher, dichter und kohärenter, i. a. sehr schwach kiesiger, schluffiger Lehm ausgebildet, der von zahlreichen Mollusken durchsetzt ist. Eine kräftige Bodenbildung (f Bv-f Bv-Horizont), die zapfenartig auch noch in den liegenden Niederterrassen-Schotter reicht, überprägt den Sumpflöß in den oberen Dezimetern. Der Sumpflöß wird von mindestens 1 m mächtigen, karbonatfreien Flugsanden überdeckt.

Der Bildungszeitraum dieses Sumpflösses wurde bei BUCH (1988: 75—88) bereits ohne Absolutdatierungen diskutiert. Entsprechend der Bestimmung der Molluskenfauna durch Herrn Dr. KOVANDA, Geological Survey of Czechoslovakia/Prag, mit den terrestrischen Arten *Succinea oblonga* (DRAP.), *Succinea oblonga elongata* (SANDB.), *Pupilla muscorum* (L.), *Pupilla loessica* (LZK.), *Pupilla cf. sterri* (VOITH) und *Pupilla* sp. juv. et frgm. sowie den aquatischen Arten *Lymnaea trunculata* (MÜLL.), *Anisus leucostomus* (MILLET) und *Pisidium* sp. kommt zunächst ein Zeitraum zwischen 17000 und 10000 Jahre vor heute (Spätglazial i. w. S.) in Frage, da es sich um die übliche Molluskengesellschaft von Sumpflössen des „ausklingenden Vollglazials“ (im Sinne von LOŽEK 1982) handelt; auf eine Bildung während des frühen Spätglazials i. w. S. könnte dabei bereits das Auftreten der vollkaltzeitlichen Leitart *Pupilla loessica* (vgl. LOŽEK 1982: 19) hinweisen. Für dieses Alter sprechen auch die Befunde zum Beginn der Flugsandüberdeckung im Donautal östlich von Regensburg. Nach vor- und frühgeschichtlichen Funden aus dem Späten Magdalénien an der Basis der Flugsande durch REISCH (1974) wurde der Beginn der Flugsandüberdeckung bei BUCH (1988: 78—79) in die Ältere Dryaszeit datiert. Zur Absicherung dieser Datierung wurden die transparenten Schwerminerale aus drei Proben der Flugsande untersucht. Nur im A_p-Horizont wurden einzelne Körner typischer Minerale des Laacher-See-Bimstufes (vulkanische Hornblende, Augit, Titanit) bei insge-

samt dominierendem Granatanteil bestimmt; dieses „Laacher-See-Spektrum“ fehlt im liegenden Flugsand. Damit deutet sich für den Regensburger Raum erstmals an, mit Hilfe schwermineralogischer Untersuchungen eine Unterscheidung zwischen prä- und postallerödzeitlichen Flugsanden vornehmen zu können. Eine Umlagerung von Flugsanden setzte sich auch während des Holozäns fort (BUCH 1988: 78).

Die jetzt durchgeführte TL-Datierung des Sumpflöß-Vorkommens von Rosenhof ergab ein TL-Alter von $16,2 \pm 1,5$ ka vor heute (Probe Roh-1), womit der zuvor postulierte Bildungszeitraum — „im frühen Spätglazial i. w. S.“ — bestätigt wird. Beide angewandte Methoden — die Regenerierungsmethode und die R- β -Methode — lieferten übereinstimmende TL-Alter.

4.6. Spätglaziale Bodenbildung

Die Frage einer im Spätglazial der Würmeiszeit bedeutenden Bodenbildung wird bis heute kontrovers diskutiert (vgl. u. a. BRUNNACKER 1957, 1982; DIEZ 1968; JERZ 1982; KRAUS 1922; ROHDENBURG 1978; aus dem Untersuchungsraum: SCHELLMANN 1988; BUCH 1987, 1988).

Eine inzwischen ¹⁴C-datierte spätglaziale Bodenbildung aus der Engtalstrecke der Donau zwischen Neustadt und Regensburg beschreibt HILGART (1987: 71—73 u. Abb. 4) vom Übergang der Niederterrasse zur Talau bei Untersaal (Abb. 12). Es handelt sich dabei um eine etwa 15 cm mächtige, braune bis dunkelbraune („zimtarbene“) (10 YR 4-3/3), fein-

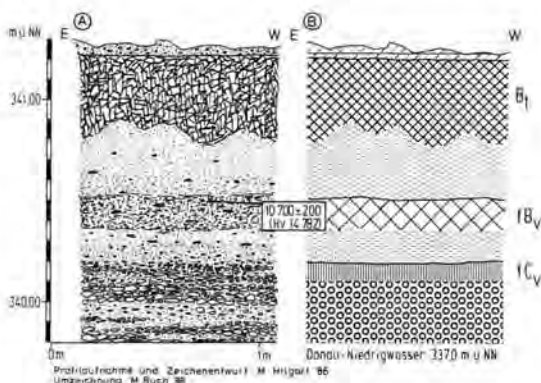


Abb. 12: Aufschluß A3 Untersaal, 5 km östlich von Kelheim (Bl. 7037 Kelheim, H 54.18770, R 44.95650; GOK 341,30 m ü. NN); spätglaziale Bodenbildung aus extrem karbonatreichen Hochflutsedimenten der Donau und im Niederterrassen-Schotter (nach HILGART 1987: 121, Abb. 4). A = naturnahe Darstellung; B = genetische Deutung. Legende s. Abb. 3.

sandig-lehmig-schluffige Kalkbraunerde aus extrem karbonatreichen (ca. 60 % CaCO₃) Hochflusssedimenten der Donau. Im Vergleich zum liegenden Sediment weist der Bv-Horizont einen deutlich höheren Tongehalt auf (8 % gegenüber 15 % Ton). Eine Entkalkung im Zuge der Pedogenese wird durch Kalkkonkretionen an der Basis der Bodenbildung angezeigt. Im Bodensolum finden sich feinverteilte Holzkohleflitter und größere Holzstückchen. Die Absolute-Datierung dieser Holzkohlestückchen lieferte ein konventionelles ¹⁴C-Alter von 10 700 ± 1 — 200 a B. P. (Hv 14 782), was einem Alter am Beginn der jüngeren Dryaszeit/Dryas III entspricht. Die Bodenbildung umfaßt damit mindestens den Zeitraum des Alleröds, möglicherweise auch noch den des Böllings. Eine weitere schwache Verbraunung (f Cv-Horizont) in einer Mächtigkeit von 10—15 cm findet sich an der Oberkante des liegenden Niederterrassen-Schotterkörpers, der diskordant von den extrem karbonatreichen Hochflusssedimenten überdeckt wird. Ob es sich hier möglicherweise um eine der „Nagelbeek-Oszillation“ zwischen 14000 und 15000 a B. P. (JUVIGNÉ & WINTLE 1988: 102) entsprechende Bodenbildung handelt, kann derzeit noch nicht entschieden werden.

Die kräftige Bodenbildung, die den „Sumpflöß“ in Profil Min 103 bei Rosenhof überprägt und örtlich zapfenartig in den liegenden Niederterrassen-Schotter eingreift (Abb. 11), wurde bereits bei BUCH (1987) als Indiz für eine spätglaziale Bodenbildung im Untersuchungsraum angeführt. Die jetzt vorliegende TL-Datierung des „Sumpflösses“ mit 16,2 ± 1,5 ka einerseits und die Datierung des Beginns der Flugsandumlagerung nach vor- und frühgeschichtlichen Funden von REISCH (1974) in die Ältere Dryaszeit/Dryas II bzw. prä-allerödzeitlich auf Grund der schwermineralischen Befunde (s. o.) andererseits läßt den Beginn der Bodenbildung von Rosenhof in einen Zeitraum zwischen 16 und 12 ka vor heute eingrenzen; eine erste bedeutende Pedogenese ist dabei während des Böllings anzunehmen. Weitere archäologische Befunde stützen diese Vorstellung. Von der Lokalität Rosenhof haben SCHÖNWEISS & WERNER (1974) mesolithische (frühes bis älteres Mesolithikum) und epipaläolithische Funde in den Dünsanden bekannt gemacht. Aus dem Niveau des Siedlungshorizontes in den Dünsanden wurde durch Grabungen versucht, den Verbraunungshorizont im Liegenden zu erreichen. Insbesondere der Befund bei der Anlage 5

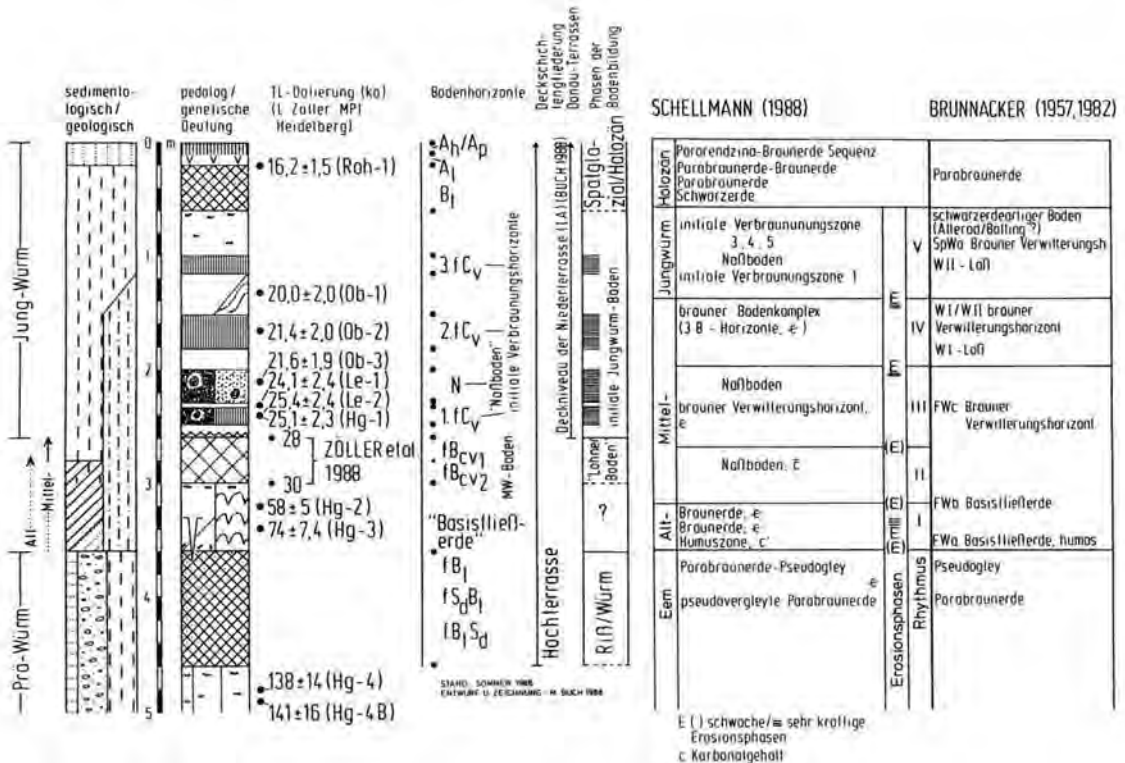


Abb. 13: Sammelprofil der Würmflöß-Gliederung im Raum Regensburg/Donau im Vergleich zum Gliederungsschema von BRUNACKER (1957, 1982) und SCHELLMANN (1988). Legende s. Abb. 2.

(vgl. SCHÖNWEISS & WERNER 1974, S. 17–26, Abb. 12, S. 18), wo neben einer Grabungsstelle ein Lehmblock (Sitz- oder Werkbank) künstlich errichtet wurde, belegt, daß der Verbraunungshorizont im Liegenden der Dünenande bereits zur Zeit der Besiedlung während des älteren (entwickelten) Mesolithikums ausgebildet war. Dies schließt einen späteren Durchgriff der Bodenbildung im Verlauf des weiteren Holozäns (s. SCHELLMANN 1988: 194) nicht aus.

5. Diskussion der Untersuchungsergebnisse aus dem Raum Regensburg im überregionalen Vergleich

Nach den hier vorgelegten Befunden und TL-Datierungen zeichnet sich das in Abb. 13 zusammengestellte Schema der Würmlöß-Gliederung im Raum Regensburg ab. Für den Untersuchungsraum bietet sich ein Vergleich mit der von BRUNNACKER (1957; zuletzt 1982: 21, Abb. 5) und SCHELLMANN (1988: 161, Abb. 19) vorgelegten Würmlöß-Gliederung an.

Markanter Bezugshorizont für die weitere Würmlöß-Gliederung ist in allen drei Schemata der als rötlich-brauner Bt-Horizont einer Parabraunerde ausgebildete Riß/Würm-Interglazialboden. Aus einer reliefbedingt unterschiedlich starken Pseudogleyüberprägung des Bt-Horizontes resultiert eine typische Bodencatena mit Parabraunerden (Oberhang), pseudovergleyten Parabraunerden (untere Mittel- und Unterhänge) und sekundären Pseudogleyen (Unterhänge und Flachpositionen), die bereits BRUNNACKER (1957: 50, Abb. 8) beschrieben hat. Letztgenannter Pseudogley (bzw. Parabraunerde-Pseudogley) wurde hier mit Profil Min 239 (Abb. 3) beschrieben. Auch unter Berücksichtigung nachfolgender Profilverkürzungen scheint der R/W-Bt-Horizont im Regensburger Raum verglichen mit anderen Lößgebieten (s. Zusammenstellung bei RICKEN 1983: 129, Abb. 11) insgesamt schwächer pseudovergleyt zu sein.

Über einer z. T. flächenhaften Erosionsdiskordanz, die den R/W-Boden mehr oder weniger kappt, setzt die Würmabfolge im Untersuchungsraum nach BRUNNACKER mit einer an der Basis humosen und zum Hangenden hin braunen Basisfließerde ein. Dies entspricht den hier vorgelegten Beobachtungen und muß als typisch für den Untersuchungsraum gelten. Im Unterschied zu SCHELLMANN (1988; s. o.) konnte eine ausgeprägte, schwarzerdeartige Humuszone, die in das Frühglazial (FWa) BRUNNACKER's zu stellen ist, bei den bisher bearbeiteten Profilen nicht zweifelsfrei als autochthone Bodenbildung identifiziert werden. Die gleiche Feststellung gilt für die von SCHELLMANN (1988: 146) aus dem Altwürm beschriebenen zwei Bv-Horizonte.

Das Frühglazial BRUNNACKER's wird im Regensburger Raum von einem „Braunen Verwitterungshorizont“ (FWc) abgeschlossen, der hier an die Stelle einer Naßbodenbildung aus den feuchteren Lößfaziesbezirken Südbayerns tritt. Nach SCHELLMANN (1988) handelt es sich dagegen auch im Regensburger Raum um eine kräftige Naßbodenbildung, die er auf Grund der Korrelation mit dem „Kirchberger Boden“ von ROHDENBURG & MEYER (1979) aus dem südniedersächsischen und nordhessischen Raum ins Mittelwürm stellt. Auf die stratigraphisch unsichere Position dieser nach SCHELLMANN (1988) 2 m mächtigen Naßbodenbildung (G-Horizont über GB-Horizont) wurde bereits hingewiesen.

Faßt man die Befunde zusammen, so kann das Altwürm bis frühe Mittelwürm im Regensburger Raum als ein Zeitabschnitt aufgefaßt werden, der durch polygenetische Bildungen mit einem mehrfachen Wechsel von phasenhafter Bodenbildung, geringmächtiger äolischer Akkumulation sowie Denudation gekennzeichnet ist. Wenn damit aber keine stratigraphisch zweifelsfrei verwertbaren Leit-horizonte im Sinne autochthoner Bodenbildungen vorliegen, dann darf am Begriff der „Basisfließerde“ im Sinne von BRUNNACKER festgehalten werden. In Zukunft wird es daher vor allem mikromorphologischen Untersuchungen vorbehalten bleiben müssen, vermeintlich autochthone Bodenbildungen eindeutiger identifizieren zu können. Die „Basisfließerde“ umfaßt den Rhythmus I, II und III bei SCHELLMANN (1988).

Das jüngere Mittelwürm ist nach BRUNNACKER durch die Anwehung des „Unteren Lösses“ (WI) gekennzeichnet, wobei die Lößmächtigkeit im Regensburger Raum mit 1–1,5 m eine mittlere Stellung zwischen dem feuchteren Südbayern (0,5 m) und dem trockenen Mainfranken (2,0 m) einnehmen soll. Dies entspricht auch den hier vorgelegten Befunden, wenngleich in vielen Profilen die Mittelwürm-Lößmächtigkeit so weit reduziert ist, daß der abschließende Mittelwürmboden der „Basisfließerde“ direkt aufliegt (Profil Min 239, Abb. 3) oder sogar in eine fluviale sandige Fazies der Hochterrasse eingreift (Profil Min 250a/b, Abb. 7). Die damit angezeigte Aktivierung der solifluidalen Abtragung bzw. Spülerosion unmittelbar vor der abschließenden Bodenbildung des Mittelwürms — auch SCHELLMANN (1988: 149) berichtet von kräftiger dellenartiger Ausräumung — findet ihre Entsprechung in anderen Lößgebieten Mitteleuropas (RICKEN 1983: 119; SEMMEL 1968: 56). Im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt wurde die erstmals verstärkte Lößsedimentation während des Mittelwürms mit einem TL-Alter von $58 \text{ ka} + / - 5 \text{ ka}$ datiert; dies entspricht noch einem frühen Mittelwürm. Selbst in der Fazies des Sandlösses ist der Karbonatgehalt des

Mittelwürmlösses des Untersuchungsraumes deutlich höher als in anderen mitteleuropäischen Lößprovinzen (vgl. u. a. RICKEN 1983: 119).

Die hier als „Mittelwürmboden“ beschriebene Bodenbildung entspricht dem „Braunen Verwitterungshorizont“ (W1/WII) BRUNNACKER's. Gemäß seiner stratigraphischen Position und gestützt durch die vorgelegten TL-Datierungen ist davon auszugehen, daß es sich um einen Bodenhorizont handelt, der zeitlich korreliert mit dem Stillfried B — Horizont Niederösterreichs, dem Hainerberger Boden im Rhein-Main-Gebiet, dem Lohner Boden Nordhessens/Südniedersachsens, dem Hattorfer Boden des südwestlichen Harzvorlandes und der Köseiner Verlehungszone des südöstlichen Harzvorlandes.

Die Bildungszeit des „Lohner Bodens“ und äquivalenter Bodenbildungen wird nach den bisher vorliegenden TL-Daten von ZÖLLER, STREMMER & WAGNER (1988: 19) zwischen 28 und 30 ka datiert. JUVIGNÉ & WINTLE (1988: 101) fassen die Absolutdatierungen von der Typlokalität des „Stillfried B-Horizontes“ in Niederösterreich nach ^{14}C -Datierungen an Holzkohlefunden aus dem Oberboden mit 28200 \pm 290 a B. P. (GrN-2523), 28340 \pm 220 a B. P. (GrN-2533) und 28900 \pm 1400 a B. P. (GrN-11188) zusammen, die durch eine TL-Datierung mit 29,8 \pm 2,5 ka vor heute (QTL83C) ergänzt wird.

In vielen Profilen wird diese ausgeprägte mittelwürmzeitlich-interstadiale Bodenbildung als mindestens zweigeteilter Bodenkomplex beschrieben (vgl. u. a. ROHDENBURG 1971: 300; dreigeteilter Bodenkomplex bei SCHELLMANN 1988: 165). Im „Oberen Mende-Bodenkomplex“ in Ungarn ist der untere kräftig entwickelte Waldsteppen-Boden (MF2) nach Holzkohlefunden auf ein ^{14}C -Alter von rund 32000 Jahre B. P. datiert (PECSI 1985: 36). Das ^{14}C -Alter des hangenden, schwach entwickelten tchernosem-ähnlichen Bodens liegt zwischen 27000 und 29000 Jahre B. P. WINTLE & PACKMAN (1988) datieren den MF2-Boden in Paks, Mende und Tapiosüly (Ungarn) allerdings auf über 70 ka, was mit Daten von SINGHVI et al. (1989) übereinstimmt.

Für das Jungwürm läßt sich nach den hier vorgelegten Befunden im Raum Regensburg eine differenziertere stratigraphische Gliederung vornehmen als dies bei BRUNNACKER (1957, 1982) beschrieben ist (vgl. Abb. 13 und Abb. 14). Die älteste jungwürmzeitliche Lößakkumulation ist im Untersuchungsraum mit einem TL-Alter von etwa 25 ka vor heute datiert.

Aus der Datierung der Basis der Sandlöß/Lößserie in Profil Min 248 (Deckniveau der Niederterrasse nach BUCH 1988) mit einem TL-Alter von 25,4 \pm 2,4 ka vor heute folgt insbesondere, daß die fluviale Formung

der vertikal aufgeschotterten Niederterrasse im Raum östlich von Regensburg zwar möglicherweise noch über das Mittelwürm-Interstadial hinaus andauert, jedoch spätestens früh im Jungwürm abgeschlossen wurde. Damit ist die allein auf pedo-stratigraphischen Befunden, ohne Absolutdatierungen, basierende Interpretation von BUCH (1988: 69—70) bestätigt.

Für die mindestens drei f Cv-Horizonte und den Naßboden „N“ im Jungwürm-Löß des Regensburger Raumes stellt sich zunächst die Frage, ob diese überhaupt überregional korreliert werden können (vgl. Abb. 13 und Abb. 14). Grundsätzlich könnten die schwachen Verbraunungen, die in der Bodendynamik und Soliumsmächtigkeit noch am ehesten mit den „Arktischen Braunerden“ rezenter Periglazialgebiete vergleichbar sein dürften, zu allen Zeiten während des hoch- und spätglazialen Jungwürms gebildet worden sein, soweit die Bodenbildung mit der Lößsedimentation zumindest zeitweise Schritt halten konnte. Die Lößsedimentation hängt aber vor allem von den lokalen Auswehungs- und Anwehungsverhältnissen im Donautal ab (BUCH 1988: 69). Auf der Grundlage der vorliegenden Absolutdatierungen soll nachfolgend eine Korrelation der Jungwürm-Böden diskutiert werden.

Der erste im Regensburger Raum im Jungwürm-Löß auftretende initiale Verbraunungshorizont (1. f Cv) läßt sich nach der Datierung der Sedimentationsalter der Lössen auf einen Bildungszeitraum von jünger als 25,4 \pm 2,4 ka (Datierung im Bereich der Verbraunungszone) und älter als 24,1 \pm 2,4 ka (Datierung im hangenden Löß) Jahre vor heute eingrenzen. Diesem 1. f Cv-Horizont im vergleichsweise trockenen Kernraum des Untersuchungsgebietes entspricht im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt in der Übergangszone zum Mittleren Faziesbezirk der Würmlössen in Südbayern ein Naßboden als einer feuchteren Variante. Stratigraphisch bietet sich zunächst eine Parallelisierung mit dem E1- oder E2-Naßboden im Rhein-Main-Gebiet an, soweit man der Datierung des Eltviller Tuffs bei ZÖLLER, STREMMER & WAGNER (1988) (s. u.) folgt. Da aus dem Untersuchungsgebiet, im Unterschied zu anderen mittel- und westeuropäischen Lößgebieten, keine Tuffe in den Jungwürm-Lößserien bekannt sind, ist die sichere Identifizierung des 1. f Cv-Horizontes nur auf Grund seiner stratigraphischen Position zwischen dem liegenden, kräftigen f Bv-Horizont des Mittelwürms und dem hangenden Naßboden („N“) möglich. Auf Grund der solifluidalen Überprägung des Mittelwürm-Bodens ist diese erste initiale Verbraunung im Jungwürmlöß freilich oft nicht mehr erhalten.

Die bisher vorliegenden TL-Daten zum Sedimentationsalter des Lösses im Bereich des Naßbodens „N“,

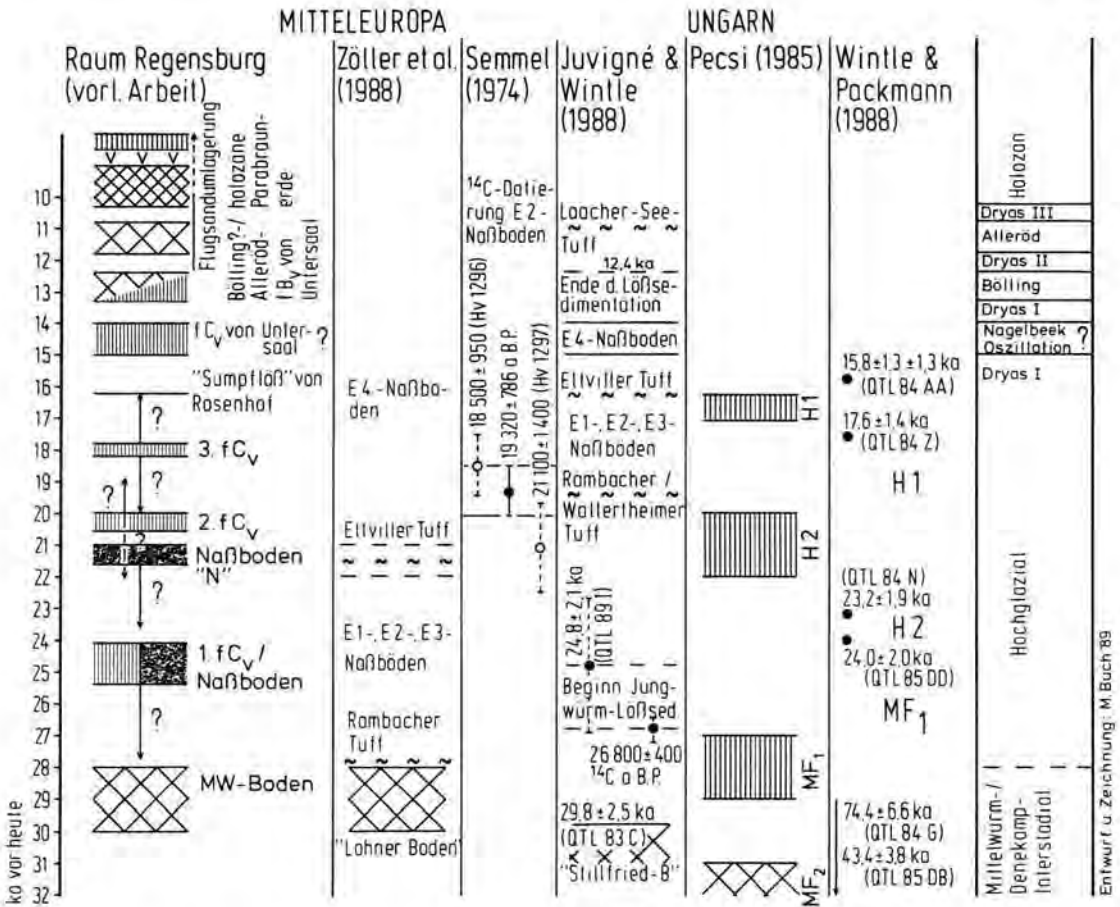


Abb. 14: Pedo-Chronostratigraphie des Jungwürms nach Absolutdatierungen aus Mitteleuropa (ZÖLLER, STREMMER & WAGNER 1988; SEMMEL 1974; JUVIGNÉ & WINTLE 1988) und Osteuropa (PÉCSI 1985; WINTLE & PACKMAN 1988), sowie im Vergleich zum Raum Regensburg. Die Pfeile bei den TL-Daten aus dem Regensburger Raum geben die Tendenz einer möglichen zeitlichen Verschiebung innerhalb der 1-σ-Fehlergrenzen und in Bezug auf die Datierung des Eltviller Tuffs bei ZÖLLER, STREMMER & WAGNER (1988) an. Legende s. Abb. 2.

dem unmittelbar darüber folgenden 2. f Cv-Horizont sowie dem hangenden Löß in Profil Min 250a/b (Abb. 7) sind zeitlich sehr gedrängt und umfassen unter Berücksichtigung der 1-σ-Fehlergrenzen einen Zeitraum von maximal 23,5 bis 18ka vor heute. In den ungarischen Lößprofilen ist aus diesem Zeitintervall ein Humushorizont (H2) bekannt, der auf ein ¹⁴C-Alter zwischen 20000 und 22000a B.P. datiert ist (PÉCSI 1985: 35). Für eine Korrelation mit initialen Bodenbildungen aus west- und mitteleuropäischen Lößgebieten (BIBUS & SEMMEL 1977) ist die zeitliche Stellung des Eltviller Tuffs (SEMMEL 1967) von Bedeutung, der in den hessischen Lößprofilen zwischen die Naßböden E3 und E4 eingeschaltet ist (Abb. 14). Legt man das von ZÖLLER, STREMMER & WAGNER (1988: 60) mitgeteilte Alter des Eltviller Tuffs von 21—22ka vor heute zugrunde, das durch TL-Datierungen am

Profil Gräselberg mit 20,6 + / 1,7 ka unmittelbar über dem Eltviller Tuff bzw. 24,8 + / —2,2 ka im Löß zwischen dem E2- und E3-Naßboden bestätigt wird (vgl. ZÖLLER 1989), so bietet sich eine Korrelation des Naßbodens „N“ im Regensburger Raum mit dem E3-Naßboden des Rhein-Main-Gebietes an. Der 1. f Cv-Horizont kann dann dem kräftigeren und humusreicheren Naßboden E2 bzw. N4 in den Profilen Nussloch und Rothenberg (BENTE & LÖSCHER 1987), der 2. f Cv-Horizont dem Naßboden E4 bzw. N6 entsprechen.

Diese Korrelationen können unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen der vorliegenden TL-Datierung freilich nur vorläufig sein. Immerhin zeichnet sich zwischen dem Naßboden „N“ und den darüber folgenden initialen Verbraunungszonen im Regens-

burger Raum ein interessanter Wandel zu vergleichsweise trockeneren Standortverhältnissen ab. Bemerkenswert ist darüber hinaus, daß im Raum Regensburg im Jungwürmlöß f Cv-Horizonte anstelle von Naßböden in Hessen und im Kraichgau (BENTE & LÖSCHER 1987) auftreten.

JUVIGNÉ & WINTLE (1988: 101) geben für den Eltviller Tuff ein mittleres Alter von 16,2 ka und für den Rambacher/Wallertheimer Tuff ein mittleres Alter von 19,4 ka an (vgl. Abb. 14). Demgegenüber datierte ZÖLLER (1989) einen verschwemmten Löß 20 cm über dem Rambacher Tuff im Profil Wiesbaden-Rambach mit $28,0 \pm 2,5$ ka. Die von ZÖLLER, STREMMER & WAGNER (1988), ZÖLLER (1989) sowie in dieser Arbeit vorgelegten Daten berücksichtigen neueste Erkenntnisse über partielle thermische Stabilität der Thermolumineszenz sowie eine mögliche Überschätzung der Dosisleistung von Uran und Thorium durch Alphazählung (ZÖLLER & PERNICKA 1989).

Für den 3. f Cv-Horizont im Untersuchungsraum (Profil Min 239, Abb. 3) liegen derzeit noch keine direkten Absolutdatierungen vor. Nach den bisherigen TL-Datierungen (s. Abb. 14) muß er jedoch jünger als 20 ka vor heute sein. Aus den ungarischen Jungwürm-Lössen ist ein weiterer Humushorizont (H1) bekannt, der auf 16730 ± 400 a B.P. ^{14}C -datiert ist (s. a. WINTLE & PACKMAN 1988). Da einerseits die jüngste bekannte Lösssedimentation im Untersuchungsraum („Sumpflöß“ von Rosenheim) mit $16,2 \pm 1,5$ ka datiert ist, andererseits über dem 3. f Cv-Horizont im Profil Min 239 noch mindestens 80 cm Löß folgen, dürfte der 3. f Cv-Horizont jünger als 20 ka und älter als 16 ka vor heute sein. Allgemein geht man heute allerdings davon aus, daß die Lösssedimentation in Mitteleuropa noch bis kurz vor das Bölling-Interstadial andauerte (ROHDENBURG & MEYER 1968: 135), wobei der Beginn des Böllings nach JUVIGNÉ & WINTLE (1988: 102) mit 12,4 ka angesetzt werden sollte.

Das Problem einer im weitesten Sinne spätglazialen Bodenbildung im Zeitraum zwischen 17000 und 10000 a B.P. im Raum Regensburg wurde bereits bei BRUNNACKER (1957: 56–68), BUCH (1987; 1988: 74–80) diskutiert. Anhand der Profile von Rosenhof (Abb. 11) und Untersaal (Abb. 12) zeigt sich, daß es eine spätglaziale Bodenbildung unter besonders günstigen Umständen auch außerhalb der inzwischen „klassischen“ Lokalitäten, wie z. B. im Laacher-See-Gebiet (s. u. a. ROHDENBURG & MEYER 1968), gibt. Berücksichtigt man einerseits den extrem hohen Karbonatgehalt des Ausgangssubstrates der Kalkbraunerde und andererseits den Befund, daß das Solum offensichtlich nicht mehr in seiner ursprünglichen Mächtigkeit vorliegt, so muß die Bodenbildung bereits als vergleichsweise kräftiger als die Verbraunungs-

horizonte im Jungwürm-Löß (s. o.) angesehen werden. Wenn damit von einer spätglazialen Bodenbildung im Raum Regensburg ausgegangen werden kann, dann ist die Intensität der Pedogenese letztlich vor allem substratgesteuert (Körnung, Dichte, Kohlenstoffgehalt; vgl. BUCH 1988: 77). Aus den edaphisch trockenen, lockeren Niederterrassen-Schottern im Donautal mit vergleichsweise niedrigen Karbonatgehalten des Feinsedimentes < 2 mm (CaCO_3 -Gehalt unter 10 %) ist aus dieser Sicht im Spätglazial bereits eine deutliche Entkalkung und kräftige Verbraunung zu erwarten; selbst eine Lessivierung kann dann bei günstigen kolloidchemischen Voraussetzungen in einem relativ kurzen Zeitraum abgelaufen sein (STEPHAN 1980). Unter diesem Gesichtspunkt ist auch die Ausbildung eines f Bv-/f Btv-Horizontes im Profil Min 103 bei Rosenhof (Abb. 11) zu interpretieren (vgl. dazu weitere Geländebefunde aus dem Regensburger Raum bei BUCH 1988: 74–77). Die hier vertretene Auffassung sollte nicht im Gegensatz zu den bisherigen Befunden zur spätglazialen Bodenbildung aus anderen Gebieten und insbesondere aus Löß gesehen werden, sondern vor allem als substratbedingte Abwandlung (vgl. dazu auch MÜLLER et al. 1983: 85).

6. Zusammenfassung

Faßt man die Beobachtungen zusammen, so lassen sich folgende Befunde herausstellen:

1. Die von BRUNNACKER zuletzt 1982 vorgelegte Würmlöß-Gliederung Bayerns stimmt für das Alt- und Mittelwürm im Raum Regensburg weitgehend mit den eigenen Beobachtungen überein. Autochthone Bodenbildungen während des Altwürms und frühen Mittelwürms, wie sie aus anderen Lößgebieten Mittel- und Osteuropas beschrieben sind, lassen sich nach den eigenen Studien im Raum Regensburg — im Unterschied zu SCHELLMANN (1988) — nicht zweifelsfrei identifizieren, so daß auch im vorliegenden Beitrag am Begriff der „Basisfließerde“ im Sinne von BRUNNACKER festgehalten wird. Der Bildungszeitraum der „Mosbacher Humuszonen“ ist im Untersuchungsraum mit einem TL-Alter von $74 \pm 7,4$ ka vor heute im Bereich des humosen Abschnittes der Basisfließerde erfaßt. Der Übergang von solifluidaler Umlagerung zu verstärkter Lösssedimentation findet im Raum Regensburg im Verlauf des frühen Mittelwürms um 58 ± 5 ka vor heute statt.

2. Der aus dem Untersuchungsraum als kräftiger f Bv-Horizont beschriebene „Mittelwürm-Boden“ (MW-Boden) entspricht dem „Braunen Verwitterungshorizont“ BRUNNACKER's. Wie die TL-Datierungen bestätigen, handelt es sich dabei auch im Regensburger Raum um eine Bodenbildung während des

Tab. 1: Thermolumineszenz-Datierungen, analytische Ergebnisse und Alter

Tab. 1: Thermoluminescence datings, analytical results and ages

Probe ED (Gy) ¹	a-Wert	α -Zählrate ² (min ⁻¹)	K (%)	Δ ³	DL ⁴ (Gy·ka ⁻¹)	Plateau (°C)	TL-Alter (ka) ⁵	Bemerkungen		
Sample ED	a-value	α -count-rate	K (%)	Δ	DL	Plateau	TL-age	remarks		
LE-1	77.9 ± 5.6	0,095	0.522	1.18	1.14	3.275	280—380	24.1 ± 2.4	S: < 1.1	F: ?
LE-2	82.5 ± 3.7	0.087	0.546	1.21	1.17	3.208	300—360	25.4 ± 2.4	S: ≤ 1.1	—
OB-1 (R-β)	65.6 ± 3.6	0.092	0.571	1.15	1.18	3.283	300—340	20.0 ± 2.0	—	—
OB-2	80.8 ± 5.1	0.097	0.626	1.53	1.15	3.821	280—360	21.4 ± 2.0	—	—
OB-3	74.2 ± 4.1	0.098	0.561	1.31	1.18	3.418	280—360	21.6 ± 1.9	—	F: < 10 %
ROH-1	59.9 ± 3.6	0.085	0.637	1.69	1.08	3.688	300—400	16.2 ± 1.5	S: 1.12	—
HG-1	92.1 ± 4.9	0.090	0.630	1.35	1.18	3.667	280—420	25.1 ± 2.3	—	—
HG-2	230 ± 8	0.085	0.700	1.40	1.16	4.069	280—400	58 ± 5.0	—	—
HG-3	330 ⁺²⁸ / ₋₂₇	0.100	0.747	1.43	1.14	4.533	280—400	75 ± 7.4	—	F: < 5 %
HG-4	494 ⁺³⁶ / ₋₃₅	0.085	0.720	1.32	1.19	3.841	260—400	138 ± 14	—	—
HG-4B	587 ⁺⁵⁰ / ₋₄₈	0.096	0.771	1.18	1.18	4.089	280—380	141 ± 16	—	F: < 5 %

¹Äquivalenzdosis ²für eine Fläche von 13.85 cm²; zur Umrechnung auf ks⁻¹cm⁻² mit 1.203 zu multiplizieren. ³ Δ = Feuchtgewicht (geländefeucht)/Trockengewicht ⁴Dosisleistung ionisierender Strahlen (effektiv) ⁵durchschnittliches Plateaualter ⁶S = Steigung additiv/Steigung regeneriert, F = anomales Ausheilen nach 1 Woche bei 75°C.

¹equivalent dose ²for an area of 13.85 cm²; to normalize for ks⁻¹cm⁻² multiply by 1.203 ³ = moist weight/dry weight ⁴dose-rate of ionizing radiation (effective) ⁵mean plateau age ⁶S = additive slope/regenerated slope, F = anomalous fading after storage of 1 week at 75°C.

Denekamp-Interstadials zwischen 28 und 30ka vor heute, die offensichtlich mit dem Lohner Boden, dem Stillfried B und äquivalenten Bodenbildungen korreliert werden kann. Sie schließt möglicherweise auch ältere Mittelwürm-Interstadiale ein.

3. Die Gliederung des Jungwürms stellt sich im Raum Regensburg mit drei initialen Verbraunungshorizonten und einem Naßboden differenzierter dar, als zuletzt von BRUNNACKER beschrieben (Abb. 14). Die älteste datierte jungwürmzeitliche Lössakkumulation erfolgte um $25,4 \pm 2,4$ ka vor heute. Die initialen Verbraunungshorizonte im Jungwürmlöß des „trockenen“ Regensburger Raumes nehmen bodentypologisch und, daraus folgend, paläoklimatisch eine interessante Übergangsstellung zwischen den aus den übrigen mittel- und westeuropäischen Jungwürmserien beschriebenen Naßböden einerseits und den Humushorizonten in osteuropäischen Jungwürm-Lössen andererseits ein.

4. Pedostratigraphisch, auf Grund der hier durchgeführten TL-Datierungen und unter Berücksichtigung der TL-Datierung des Eltviller Tuffs mit 21–22 ka bei ZÖLLER, STREMMER & WAGNER (1988) zeichnet sich eine Korrelation des Naßbodens „N“ im Regensburger Raum mit dem E3-Naßboden des Rhein-Main-Gebietes ab (Abb. 14). Dem 1. f Cv-Horizont des trockenen Kernraumes des Untersuchungsgebietes bzw. einem Naßboden als feuchter Variante im Profil der Zgl.-Grube Hagelstadt mit einem TL-Alter zwischen rund 24 und 25 ka vor heute entspricht demnach der kräftigere und humusreichere Naßboden E2. Der 2. f Cv-Horizont wäre dann mit dem Naßboden E4 zu korrelieren. Die Bildungszeit des 3. f Cv-Horizontes im Raum Regensburg läßt sich nach den bisherigen TL-Datierungen zwischen 20 und 16 ka vor heute eingrenzen. In diesen Zeitraum fällt in den ungarischen Lössen sowohl nach TL- wie nach ^{14}C -Datierungen die Bildung des Humushorizontes H1.

5. Während eine Lösssedimentation in anderen Lößgebieten Mittel- und Westeuropas bis zum Beginn des Böllings angenommen wird, weisen die Befunde aus dem Raum Regensburg auf ein Ende der Lösssedimentation bereits im frühen Spätglazial i. w. S. um $16,2 \pm 1,5$ ka („Sumpflöß“ von Rosenhof) hin, die erst im späteren Spätglazial i. w. S. von Flugsandumlagerungen abgelöst wird. Daraus ergeben sich andererseits aber weitere Hinweise auf eine im Regensburger Raum bereits früh im Spätglazial einsetzende Bodenbildung. Eine Umlagerung von Flugsanden setzte sich auch während des Holozäns fort.

7. Dank

Die Autoren danken Herrn Prof. Dr. K. HEINE, Herrn Dr. H. STRUNK, Herrn Dr. P. HAVLÍČEK, Prag, Herrn

Dipl.-Geogr. M. HILGART und den Teilnehmern der Exkursionstagung des Arbeitskreises „Paläoböden“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft im Juni 1988 für hilfreiche Anregungen und kritische Diskussionsbeiträge. Herr Dr. H. STRUNK und Herr Dipl.-Geogr. M. HILGART waren bei der Geländearbeit behilflich und stellten darüber hinaus eigene Profilaufnahmen zur Verfügung. Unser Dank gilt Herrn Prof. Dr. M. A. GEYH, Hannover, für ^{14}C -Datierungen, Herrn Dr. S. STEPHAN, Bonn, für mikromorphologische Untersuchungen, Herrn Dr. J. KOVANDA, Prag, für Molluskenbestimmungen sowie Frau Dipl.-Ing. (FH) A. BERIE für umfangreiche Laboranalysen. Herr Prof. Dr. H. E. STREMMER und die Max-Planck-Gesellschaft ermöglichten die TL-Datierungen. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft gebührt unser Dank für die Förderung der Untersuchungen im Rahmen zweier Forschungsprojekte. Nicht zuletzt sei der Studentischen Arbeitsgruppe im Rahmen des DFG-Projektes in Regensburg mit den Herren H. BEUGLER, CHR. TRIPPNER und B. SENFT für ihre tatkräftige Unterstützung bei den Bohrungen und Aufschlußaufnahmen sowie Herrn R. BISCHOF, Heidelberg, für Laborarbeiten zur TL-Datierung gedankt.

8. Schriftenverzeichnis

- ARBEITSGEMEINSCHAFT BODENKUNDE (1982 3): Bodenkundliche Kartieranleitung. — 331 S.; Hannover.
- BENTE, B. & LÖSCHER, M. (1987): Sedimentologische, pedologische und stratigraphische Untersuchungen an Lössen südlich Heidelberg. — Göttinger Geograph. Abh., 84: 9–17; Göttingen.
- BIBUS, E. & SEMMEL, A. (1977): Stratigraphische Leithorizonte im Würmlöß des Mittelgebirgsgebietes. — Geol. Jahrb. Hessen, 105: 141–147; Wiesbaden.
- BRUNNACKER, K. (1953): Der würmezeitliche Löß in Südbayern. — Geologica Bavarica, 19: 258–265; München.
- (1955): Würmezeitlicher Löß und fossile Böden in Mainfranken. — Geologica Bavarica, 25: 27–43; München.
- (1956): Regionale Bodendifferenzierung während der Würmezeit. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 7: 43–48; Öhringen.
- (1957): Die Geschichte der Böden im jüngeren Pleistozän in Bayern. — Geologica Bavarica, 34: 95 S.; München.
- (1958): Zur Parallelisierung des Jungpleistozäns in den Periglazialgebieten Bayerns und seiner östlichen Nachbarländer. — Geol. Jb., 76: 129–150; Hannover.
- (1964a): Böden des älteren Pleistozäns bei Regensburg. — Geologica Bavarica, 53: 148–160; München.
- (1964b): Über Ablauf und Altersstellung altquartärer Verschüttungen im Maintal und nächst dem Donautal bei Regensburg. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 15: 72–80; Öhringen.

- BRÜNNACKER, K. (1982): Äolische Deckschichten und deren fossile Böden im Periglazialbereich Bayerns. — *Geol. Jb.*, **F 14**: 15—25; Hannover.
- , BOENIGK, W., KOCI, A. & TILLMANN, W. (1976): Die Matuyama/Brunhes-Grenze am Rhein und an der Donau. — *N. Jb. Geol. Paläont., Abh.*, **151**: 358—378; Stuttgart.
- BUCH, M. W. (1987): Zur Datierung und Entwicklungsgeschichte der Bodenbildung des Hauptniveaus der Niederterrasse an der Donau — Diskussion von Befunden aus dem Raum Regensburg. — *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.*, **55/II**: 723—728; Göttingen.
- (1988): Spätpleistozäne und holozäne fluviale Geomorphodynamik im Donautal zwischen Regensburg und Straubing. — *Regensburger Geograph. Schr.*, **21/1**: 197 S. u. Kartenband **21/II**; Regensburg.
- DIEZ, TH. (1968): Die würm- und postglazialen Terrassen des Lechs und ihre Bodenbildungen. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **19**: 102—128; Öhringen.
- EIMERN, J. VAN (1975): Klima. — In: WITTMANN, O.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern 1: 25 000, Bl. Nr. 6938 Regensburg, S. 12—17; München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- FINK, J., FISCHER, H., KLAUS, W., KOCI, A., KOHL, H., KUKLA, J., LOŽEK, V., PIFEL, L. & RABEDER, G. (1976): Exkursion durch den österreichischen Teil des Nördlichen Alpenvorlandes und den Donauraum zwischen Krems und Wiener Pforte. = Heft 1 d. Mitt. d. Komm. f. Quartärforsch. der ÖAW, 31 S.; Wien.
- HILGART, M. (1987): Die Entwicklung des Donautalraumes zwischen Kelheim und Sinzing seit dem Mittelpleistozän — Eine quartärmorphologische Studie. — *Dipl.-Arbeit Univ. Regensburg*: 116 S. u. Anhang; Regensburg. — [Unveröff.].
- JERZ, H. (1982): Paläoböden in Südbayern. — *Geol. Jb.*, **F 14**: 27—43; Hannover.
- JUVIGNÉ, E. H. & WINTLE, A. G. (1988): A New Chronostratigraphy of the Late Weichselian Loess Units in Middle Europe based on Thermoluminescence Dating. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **38**: 94—105; Hannover.
- KRAUS, E. C. (1922): Der Blutehm auf der süddeutschen Niederterrasse als Rest des postglazialen Klimaoptimums. — *Geogn. Jh.*, **34**: 169—222; München.
- LOŽEK, V. (1982): Faunengeschichtliche Grundlinien zur spät- und nacheiszeitlichen Entwicklung der Molluskenbestände Mitteleuropas. — *Rozpravy Československé Akademie Ved, Rada Matematických A Přírodních Ved* **92 (4)**: 106 S.; Praha.
- MÜLLER, M. J., SCHRÖDER, D., URBAN, B. & ZÖLLER, L. (1983): Zur weichselzeitlichen Entwicklungsgeschichte der unteren Saar (Rheinisches Schiefergebirge). — *Eiszeitalter u. Gegenwart*, **33**: 79—94; Hannover.
- PÉCSI, M. (1985): Chronostratigraphy of Hungarian Loesses and the underlying Subaerial Formation. — In: PÉCSI, M. (Ed.): *Loess and the Quaternary*: 33—49; Budapest.
- REISCH, L. (1974): Eine spätjungpaläolithische Freilandstation im Donautal bei Barbing, Ldkr. Regensburg. — *Quartär*, **25**: 53—71; Bonn.
- RICKEN, W. (1983): Mittel- und Jungpleistozäne Lößdecken im südwestlichen Harzvorland. Stratigraphie, Paläopedologie, fazielle Differenzierung und Konnektierung in Flußterrassen. — *Catena Suppl.*, **9**: 95—138; Cremlingen.
- RÖGNER, K., LÖSCHER, M. & ZÖLLER, L. (1988): Stratigraphie, Paläogeographie und erste Thermolumineszenzdatierungen in der westlichen Iller-Lech-Platte (Nördliches Alpenvorland, Deutschland). — *Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd.*, **70**: 51—73; Berlin, Stuttgart.
- ROHDENBURG, H. (1971): Einführung in die Klimagenetische Geomorphologie. — 350 S.; Giessen (Lenz).
- (1978): Zur Problematik der spätglazialen und holozänen Bodenbildung in Mitteleuropa. — In: NAGL, H. (Hrsg.): *Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschung (Fink-Festschrift)*, 467—471; Wien.
- & MEYER, B. (1968): Zur Deutung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän? — *Göttinger bodenkdl. Ber.*, **6**: 127—212; Göttingen.
- & — (1979): Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. — Nachdruck von 1966 in: *Landschaftsgenese und Landschaftsökologie*, **3**: 1—89; Braunschweig.
- SEMMEI, A. (1967): Neue Fundstellen von vulkanischem Material in hessischen Löben. — *Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, **95**: 104—108; Wiesbaden.
- (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — *Frankfurter Geogr. Hefte*, **45**: 133 S.; Frankfurt.
- (1974): Der Stand der Eiszeitforschung im Rhein-Main-Gebiet. — *Rhein-Main. Forsch.*, **78**: 9—56; Frankfurt a. M.
- SHELLMANN, G. (1988): Jungquartäre Talgeschichte an der unteren Isar und der Donau unterhalb von Regensburg. — *Inaugural-Diss. Math.-Naturw. Fak. Univ. Düsseldorf*: 332 S. u. Beil.; Düsseldorf.
- SCHÖNWEISS, W. & WERNER, H. J. (1974): Mesolithische Wohnanlagen von Sarching, Ldkr. Regensburg. — *Bayerische Vorgeschichtsblätter*, **39**: 1—29; München.
- SINGHVI, A. K., BRONGER, A., SAUER, W. & PANT, R. K. (1989): Thermoluminescence dating of loess-paleosol sequences in the Carpathian Basin (East-Central Europe) — A suggestion for a revised chronology. — *Chemical Geology, Isot. Geosc. Section*, **73**: 307—317.
- STEPHAN, S. (1980): Zur Mikromorphologie der Tonverlagerung im Alluvium des Niederrheins. — *Sonderveröff. Geograph. Inst. Univ. Köln*, **41**: 243—247; Köln.

- STREMMER, H. E. (1987): TL Dating for the Pedostratigraphy of Central Europe. — Vortragsmanuskript, INQUA-Tagung, Ottawa 1987: 15 S. — [Unveröff.]
- STRUNK, H. (1990): Das Quartärprofil von Hagelstadt im Bayerischen Tertiärhügelland. — *Eiszeitalter u. Gegenwart*: 40: 85—96; Hannover.
- WEISSMÜLLER, W. (1987): Vorbericht über die Ausgrabung an der neuentdeckten paläolithischen Fundstelle von Regensburg, Florian-Seidl-Straße. — *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 17: 429—436; Mainz.
- WINTLE, A. G. & PACKMAN, S. C. (1988): Thermoluminescence ages for three sections in Hungary. — *Quaternary Science Reviews*, 7: 315—320; Oxford.
- ZÖLLER, L. (1989): Geologische und geomorphologische Interpretation von Thermolumineszenz-Datierungen. — *Bayreuther Geowissenschaftliche Arbeiten*, 14: 103—112; Bayreuth.
- & PERNICKA, E. (1989): A note on overcounting in alphacounters and its elimination. — *Ancient TL* 7/1: 11—14.
- , STREMMER, H. E. & WAGNER, G. A. (1988): Thermolumineszenz-Datierung an Löss-Paläoboden-Sequenzen von Nieder-, Mittel- und Oberthein. — *Chemical Geology, Isot. Geosc. Section*, 73: 39—62; Amsterdam.

Manuskript eingegangen am 20. 3. 1989,
Nachträge Oktober 1989.