

# **Paläoböden im Löß als Indikatoren geomorphologischer Prozesse dargestellt an Beispielen aus Unter- und Oberfranken**

von

ULRIKE RÖSNER

mit 6 Abbildungen

## **1 Einführung**

Gebiete mit mehr oder weniger geschlossener Lößdecke sind in Mitteleuropa weit verbreitet (vgl. GRAHMANN 1932, Tafel II) und zählen zu den fruchtbarsten Landschaften. Im Postglazial entwickelten sich hier Böden, die heute mit den höchsten Ertragsmeßzahlen (70-100) zu bewerten sind.

Die Bedeutung der Lössе liegt jedoch nicht nur in ihrem agrarwirtschaftlichen Nutzen. Lössen und ihren fossilen Böden kommt auch eine entscheidende Funktion als Paläoklimaindikatoren zu und damit als Grundlage einer Pleistozänstratigraphie im terrestrischen Bereich. Darüber hinaus können Lößpaläoböden dazu benutzt werden, frühere geomorphologische Prozesse zu erkennen und genetisch zu interpretieren; denn Böden zeichnen prinzipiell die jeweils rezente Landoberfläche nach. Kommt es durch Erosions- und/oder Akkumulationsprozesse zu Reliefveränderungen, so sind diese einerseits in den verlagerten Böden selbst dokumentiert, andererseits in den folgenden Bodenbildungen, die sich den neuen Hangformen angepaßt haben.

Fossile Böden im Löß wurden bisher weitaus seltener als Hilfsmittel zur Rekonstruktion der Reliefentwicklung herangezogen (z. B. SEMMEL & STÄBLEIN 1971; BORK 1983, 1985; SEMMEL 1989), während sie als stratigraphische Marken in der Lößforschung schon immer breite Beachtung fanden (BRUNNACKER 1954; SCHÖNHALS et al. 1964; BIBUS & SEMMEL 1977; ROHDENBURG & MEYER 1979 u. v. a.). Im folgenden soll deshalb einmal an Beispielen aus den unter- und oberfränkischen Lößgebieten ihre Relevanz für die Interpretation geomorphologischer Prozesse aufgezeigt werden.

Eine relativ gut abgesicherte Lößstratigraphie ist die Voraussetzung dafür, daß reliefprägende Erosions- und Akkumulationsphasen überhaupt zeitlich faßbar sind. Ihre grundlegenden Charakteristika sollen deshalb erst kurz skizziert werden.

## 2 Die Bedeutung der Lößstratigraphie für die Rekonstruktion der Reliefentwicklung in Lößgebieten

Lösse sind schluffreiche äolische Sedimente, die während der trockensten Phasen der pleistozänen Kaltzeiten entstanden. Sie besitzen Eigenschaften, die die Pedogenese besonders fördern: feine Textur, günstige mineralische Zusammensetzung, Kalkgehalt, hohes Porenvolumen. Dadurch können Lösse auf Klimaänderungen feinfühlicher als andere Sedimente mit entsprechenden Bodenbildungen reagieren und so eine detaillierte stratigraphische Gliederung ermöglichen.

Die Bedeutung der fossilen Böden im Löß als Paläoklimaindikatoren erkannte man schon Anfang dieses Jahrhunderts (z.B. SOERGEL 1919). Eine intensive lößstratigraphische Forschung setzte jedoch erst ab den 50er Jahren ein (FREISING 1951; BRUNNACKER 1954; FINK 1962; SCHÖNHALS et al. 1964; ROHDENBURG & MEYER 1979). Abbildung 1 gibt eine Zusammenfassung der bisherigen, für das zentrale Mitteleuropa gültigen Ergebnisse.

Der Stratigraphie liegen dabei folgende, von der INQUA-Lößkommission erarbeitete Prämissen zugrunde (FINK 1961): In den Interglazialen entwickelte sich eine Parabraunerde als typischer Waldboden auf Löß. Die kürzere und schwächere Erwärmung in den Interstadialen, in denen es nicht zur vollständigen Wiederbewaldung kam, brachte allenfalls mäßig entwickelte braune Verwitterungshorizonte hervor (z.B. den Lohner Boden des Mittelwürm), oder Steppenböden vom Tschernosem-Typ (z.B. die Altwürm-Humuszonen). Schwach pseudovergleyte Horizonte (z.B. die Näßböden des Jungwürm) müssen dagegen nicht unbedingt bestimmte klimatische Verhältnisse anzeigen.

Zur absoluten Altersbestimmung der einzelnen Zonen wurden Paläomagnetik-, Radiocarbon- und in jüngster Zeit zunehmend Thermolumineszenzdatierungen vorgenommen.

Profile mit einer kompletten Löß-Boden-Abfolge sind sowohl in präwürmzeitlichen als auch würmzeitlichen Profilen äußerst selten. Denn stets muß in dem leicht erodierbaren Substrat mit Materialumlagerungen oder gar mit Hiaten gerechnet werden. Immer wieder wurde daher die Frage diskutiert, ob jeder fossile Parabraunerderest (Bt-Horizont) eine eigene Warmzeit repräsentiert oder nicht (SEMMELE 1974). Solange es sich um einen gut entwickelten, autochthonen Boden handelt und kein Bodensediment – was im Einzelfall zu prüfen wäre – kann man wohl nach den bisherigen Kenntnissen von einer Interglazialbildung ausgehen.

SUBDIVISION PROFILE STRATIGRAPHIC INDEX HORIZONS

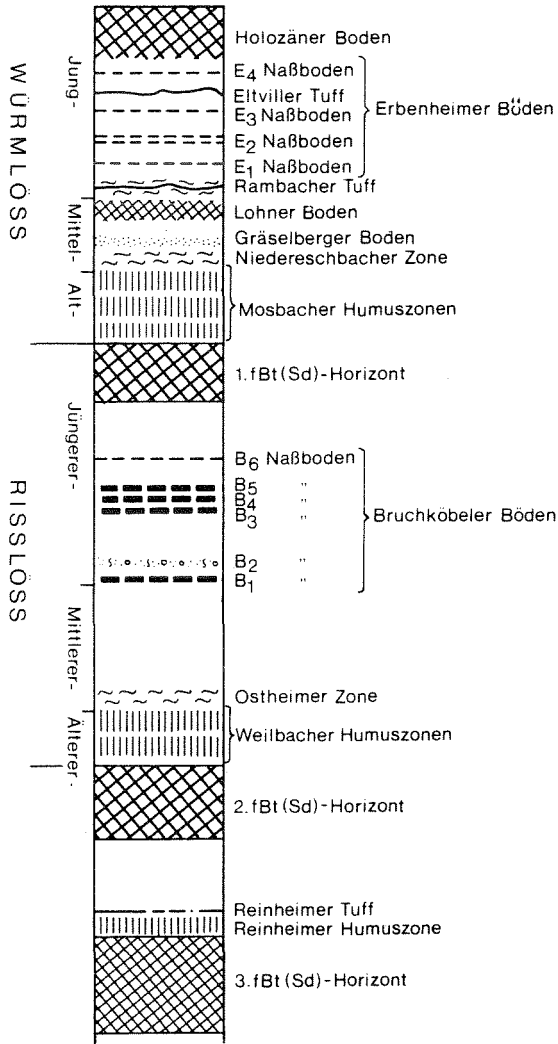
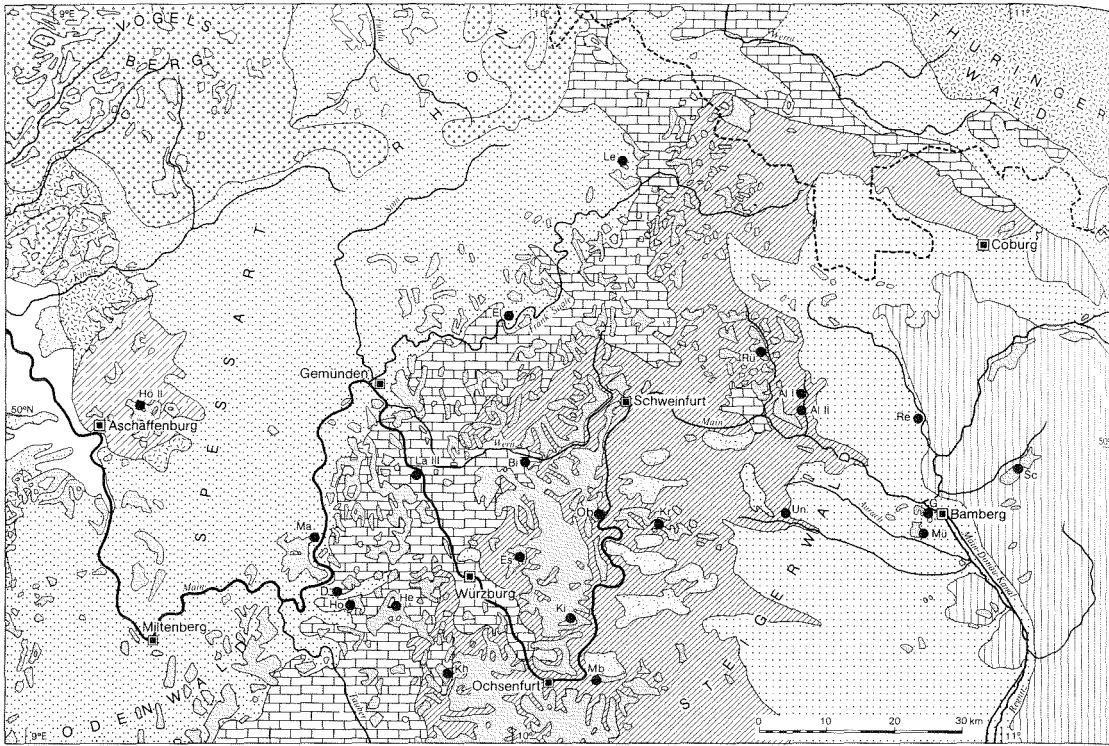


Abb. 1: Stratigraphische Gliederung mittel- und spätpleistozäner Lössen in Hessen (SEMMELE 1989)



Profilabkürzungen:

Al I = Altershausen I	Es = Estenfeld	Ki = Kitzingen	Ma = Marktheidenfeld	Rü = Rügheim
Al II = Altershausen II	G = Gaustadt	Kh = Kirchheim	Mb = Marktbreit	Sc = Scheßlitz
Bi = Binsbach	He = Helmstadt	Kr = Krautheim	Mü = Mühlendorf	Un = Untersteinbach
D = Dertingen I/II	Hö = Hösbach	La III = Laudenschalk III	Ob = Oberreisenheim	
Ef = Eifershausen	Ho = Holzkirchen I/II	Le = Lebnhan	Re = Reckendorf	

Paläozoikum	Muschelkalk	Mittlerer Keuper (vorwiegend Sandsteinkeuper)	Flugsand
Metamorphe des Paläozoikums	Unterer Keuper (Lettenkeuper) und Mittlerer Keuper (Gipskeuper)	Jura und Oberer Keuper	Löß und Lößlehm
Buntsandstein			Vulkanite des Tertiär

Abb. 2: Geologische Übersichtskarte von Unter- und Oberfranken sowie Lage der bearbeiteten Profile (RÖSNER 1990)

### 3 Paläoböden im Löß als Indikatoren der Reliefentwicklung dargestellt an Beispielen aus Unter- und Oberfranken

Unter- und Oberfranken weisen ausgedehnte Lößvorkommen auf, wie aus Abbildung 2 hervorgeht. Weiterhin sind in der Abbildung 2 die in Unter- und Oberfranken bearbeiteten Lößprofile verzeichnet (RÖSNER 1982, 1990).

### **3.1 Profil Lebenhan, Südrhön**

Die Löß-Paläoboden-Abfolge in der Ziegeleigrube Lebenhan (Abb. 3) repräsentiert die morphologische und pedologische Entwicklung am Nordrand der fränkischen Lößverbreitung. Das Relief besitzt hier in Anlehnung an die liegenden Röttonsteine des Oberen Buntsandsteins einen flächenhaften Charakter. Die Grube selbst ist auf einem breiten, abgeflachten Riedel angelegt, der sanft nach E einfällt.

Auf einer Länge von etwa 160 m sind an der westexponierten Aufschlußwand drei fossile Parabraunerde-Bt-Horizonte (Nr. 18, 14, 9 in Abb. 3) aufgeschlossen, die jeweils von einem markanten Bleichhorizont<sup>1</sup> (Nr. 17, 12, 8) überlagert werden. Die äolische Sedimentation erfolgte anfangs in einer SW-NE orientierten Delle, die in die anstehenden Röttone eingeschnitten ist. Im Verlauf der Lößakkumulation, die durch mehrere Bodenbildungsphasen unterbrochen war, wurde sie immer mehr aufgefüllt und ausgeglichen. Dadurch entstand eine schwach nach NE geneigte Landoberfläche, wie der gerade, beinahe horizontale Verlauf der fossilen Böden zeigt.

Die ursprüngliche Existenz dieser Vorform ist heute nur noch an einem flachen Dellenquerschnitt im Südwestteil der Grube sowie an Horizonteindellungen im Nordostteil erkennbar. Aus den drei fossilen Bt-Horizonten kann man auf eine Dellenanlage vor der viertletzten Kaltzeit schließen.

Entsprechend läßt sich der wärmzeitliche Verlauf der lokalen Reliefentwicklung anhand der Paläoböden nachvollziehen: In einem Detailprofil an der südexponierten Wand keilt der Bt-Horizont der letzten Warmzeit (Eemboden) stellenweise stark aus bzw. fehlt ganz. Die Existenz des altwärmzeitlichen Bleichhorizontes im Hangenden besagt nun, daß der letztinterglaziale Boden nur einer kräftigen Abtragung zu Beginn der letzten Kaltzeit, also im Altwürm, zum Opfer gefallen sein kann.

Im Südteil der westexponierten Aufschlußwand (Abb. 3) erkennt man, daß der Lohner Boden (5) und teilweise auch noch die Niedereschbacher Umlagerungszone (6) im ausgehenden Mittelwürm bzw. zu Beginn des Jungwürm gekappt wurden. Die fast horizontal verlaufende Erosionsdiskordanz läßt vermuten, daß die Hangabtragung auf ein noch kaum eingetieftes Bachbett im S eingestellt war.

Anders dagegen die holozäne Bodenerosion: Sie hat sämtliche Horizonte einschließlich der holozänen Parabraunerde (2, 3) im S diskordant geschnitten. Die entstandene Neigung der Geländeoberfläche ist nur erklärbar, wenn sich der Bach im S so stark eingetieft hat, daß ein entsprechender Impuls für die Hangabtragung gegeben war. Die Erosion kann demzufolge nur nach der holozänen Parabraunerdebildung während des späteren Holozäns erfolgt sein.

Lokal läßt sich also auf der Basis der fossilen Böden folgende Reliefgenese belegen: Auffüllung einer Dellenvorform bis hin zu einer geschlossenen Lößdeckschicht mit flächenhaftem Charakter bis ins Holozän; Herauspräparierung des rezenten Riedels im späteren Holozän.

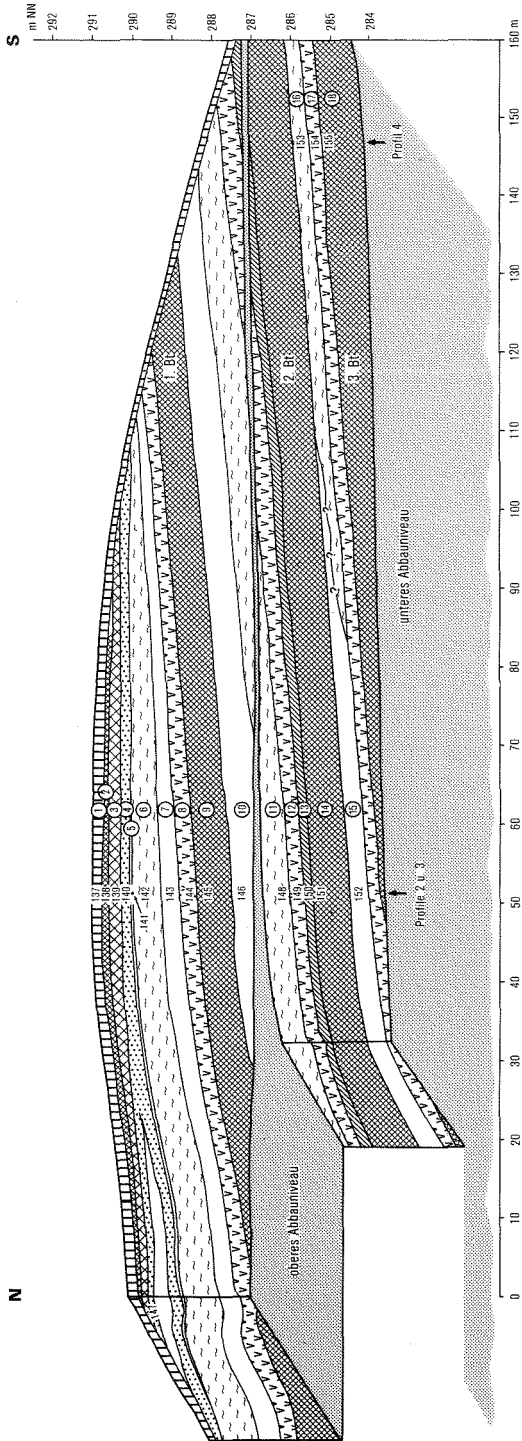


Abb. 3: Profil Lebenthan, Südhöhe (RÖSNER 1990)

1-3 = Holozäner Parabraunerderrest mit rezentem Pflughorizont; 4 =  $E_2$ -Naßboden (Jungwürm); 5 = „Lohner Boden“ (Mittelwürm); 6 = Niedererschbacher Umlagerungszone (Mittelwürm); 7 = Lößlehm; 8 = Bleichhorizont (Altwürm); 9 = 1. fossiler Bt-Horizont (letzte Warmzeit); 10-12 = Lößlehm, Umlagerungszone und Bleichhorizont (vorletzte Kaltzeit); 13-14 = 2. fossiler Bt-Horizont (vorletzte Warmzeit); 15 = Lößlehm; 16-17 = Umlagerungszone und Bleichhorizont (drittletzte Kaltzeit); 18 = 3. fossiler Bt-Horizont (drittletzte Warmzeit)

### 3.2 Profil Dertingen II, Marktheidenfelder Platte

Ein komplizierteres Bild als das des Profils Lebenhan zeigt der kleinere Aufschluß Dertingen II (Abb. 4 und 5) auf der Marktheidenfelder Platte. Er liegt im Lee von Neuenberg (287 m) und Mandelberg (270 m) am steileren, ostexponierten Hang eines N-S-gerichteten asymmetrischen Tales.

Die stratigraphische Deutung von drei fossilen tonangereicherten Horizonten (Bt-Horizont-Resten) gestaltet sich hier schwieriger. Betrachtet man nämlich nur die nordwestexponierte Aufschlußwand (Abb. 4), dann scheint es, als könnte jeder der drei tondurchschlammten Horizonte eine eigene Warmzeit repräsentieren. Verfolgt man diese Böden aber auf die ostexponierte Seite des Profils, dann wird klar, daß weder der oberste noch der mittlere Horizont autochthone Bildungen sein können. Dazu zeigen die Bt-Horizonte selbst zu starke Umlagerungsspuren und auch das Sediment dazwischen weist mit seinen Kalksteinscherben und seiner laminaren Struktur auf Solifluktion und Verspülung hin.

Demgegenüber ist der unterste Bt-Horizont aufgrund seiner gut ausgeprägten Toncutane, seines im unteren Teil ungestörten prismatischen Gefüges und einer Lößkindellage an der Basis als autochthon anzusehen.

Eine Thermolumineszenzdatierung<sup>2</sup> des Ausgangslösses ergab ein Alter von  $150\ 000 \pm 15\ 000$  a BP. D.h., der älteste Löß von Dertingen II ist rißzeitlich und der unterste Bt-Horizont entspricht dem letztinterglazialen Boden, dem Eemboden.

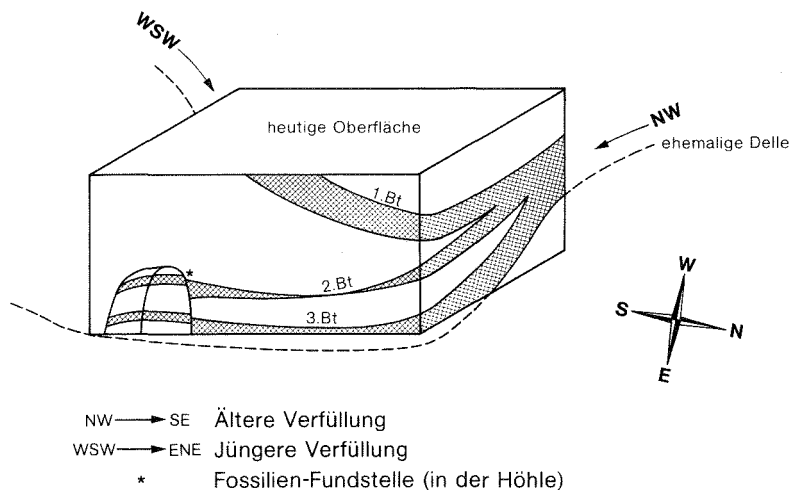


Abb. 4: Schematisches Blockbild des Profils Dertingen II, Marktheidenfelder Platte (RÖSNER 1990)

Wie läßt sich aber erklären, daß über dem Boden der letzten Warmzeit noch zwei weitere Straten liegen, die wie Warmzeitrelikte aussehen?

Die Genese kann man sich folgendermaßen vorstellen: Geomorphologische Ausgangsform für die Lößakkumulation an dieser Stelle ist eine Delle mit etwa W-E-verlaufender Längsachse im anstehenden Kalkstein des Unteren Muschelkalkes (Abb. 4). Darin kam es zunächst zur Lößablagerung im Riß und anschließend zur Parabraunerdebildung im letzten Interglazial (Abb. 5a). Der lessivierte A-Horizont wurde dann in höherer Hangposition abgetragen. Die Abtragung und die Verfrachtung des Materials in die Delle gingen einher mit gleichzeitiger Lößeinwehung, wie granulometrische und mineralogische Untersuchungen zeigen (RÖSNER 1990: 91 ff.; Abb. 5b). In zwei verschiedenen Phasen schob sich dann offenbar jeweils der oberste

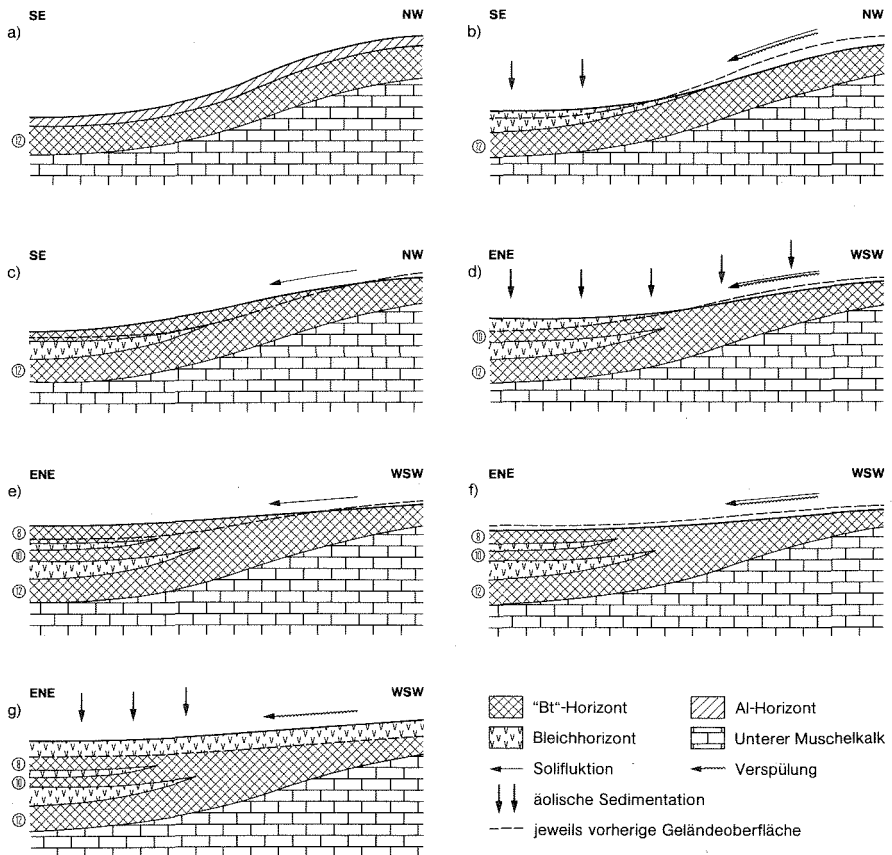


Abb. 5: Schematische Darstellung der Entwicklung des Profils Dertingen II bis zum Ende des Altwürms (RÖSNER 1990)



Teil des Eembodens (12) aus höherer Hangposition ein kurzes Stück en bloc über die liegenden Sedimente (Abb. 5c und 5e). Der im proximalen Hangabschnitt gute Erhaltungszustand der Bt-Horizonte weist darauf hin, daß dieser Prozeß nur bei noch mäßiger Wasserdurchtränkung über hochstehendem Dauerfrostboden abgelaufen sein kann, so daß es zu keiner vollständigen Strukturzerstörung kam. Vermutlich handelte es sich um eine Verlagerung in gefrorenem oder halb gefrorenem Zustand. Dazwischen wurde der weiter hangaufwärts noch erhaltene lockere Al-Horizont sowohl erodiert als auch in die Delle verfrachtet; gleichzeitig kam es zur äolischen Lößakkumulation (Abb. 5d). In einer intensiven Abtragungsphase wurde die „Bt-Decke“ (8), die aus dem Eemboden hervorgegangen ist, gekappt. Die Erosion erfolgte wahrscheinlich durch kräftige Spülung, worauf kleine gerundete Steinchen an der Basis sowie ein höherer Mittel- und Grobsandanteil hinweisen. Die Neigung der Erosionsdiskordanz zeigt jetzt die nivellierten Reliefverhältnisse an (Abb. 5f).

Die hangenden Sedimente über der Erosionsdiskordanz und dem obersten Tonanreicherungshorizont (8) repräsentieren stratigraphisch die Würmabfolge ab dem Altwürm. Als Zeitraum, in dem die beschriebenen morphologischen Prozesse abgelaufen sein können, bleibt daher nur das Altwürm übrig.

Das Auffächern der Böden, d.h. die nach oben abnehmende Neigung der Bodenoberlinien, zeigt, daß hier im Laufe des Altwürms ein zuvor stark eingetieftes Tal allmählich verfüllt wurde. Der Einfallswinkel des untersten Bodens, des autochthonen Eembodenrestes, ist etwa auf die heutige Tiefenlinie des östlich gelegenen, N-S-gerichteten Bachtals eingestellt. Dieses Tal, das heute einen relativen Höhenunterschied von 50–60 m zu den umgebenden Höhen aufweist, muß also mindestens vor der rißzeitlichen Lößakkumulation bereits auf das heutige Niveau eingetieft gewesen sein. Die erneute Ausräumung des Tales kann dann nur im Holozän stattgefunden haben.

### **3.3 Profil Gaustadt II, fränkisches Keuperland**

Dertingen ist jedoch kein Einzelfall. Auch in anderen Aufschlüssen verbirgt sich unter den Lößdeckschichten ein bewegtes Relief. In einer Ziegeleigrube westlich von Bamberg (Ortsteil Gaustadt), die in den leeseitigen Lößlehmablagerungen eines nach NNE gerichteten Spornes der Regnitzrandhöhen angelegt war, konnte z.B. folgendes Profil aufgenommen werden (RÖSNER 1982; 1990)<sup>3</sup> (Abb. 6):

In der westlichen Hälfte des Profils war der Burgsandstein des Mittleren Keupers aufgeschlossen. Sowohl dieser sichtbare Anschnitt als auch die Auswertung von Bohrprofilen der Fa. AGROB aus der näheren Umgebung des Profils (vgl. RÖSNER 1982) ließen erkennen, daß die gesamten Lößdeckschichten in diesem Bereich zwei Muldenformen im Sandstein auskleiden: Im westlichen Profilverteil war eine kleine Mulde quer angeschnitten. Östlich davon schließt sich – nach den Bohrergebnissen zu urteilen – eine großzügige, nach E offene Hohlform an, die komplett mit Löß und

E

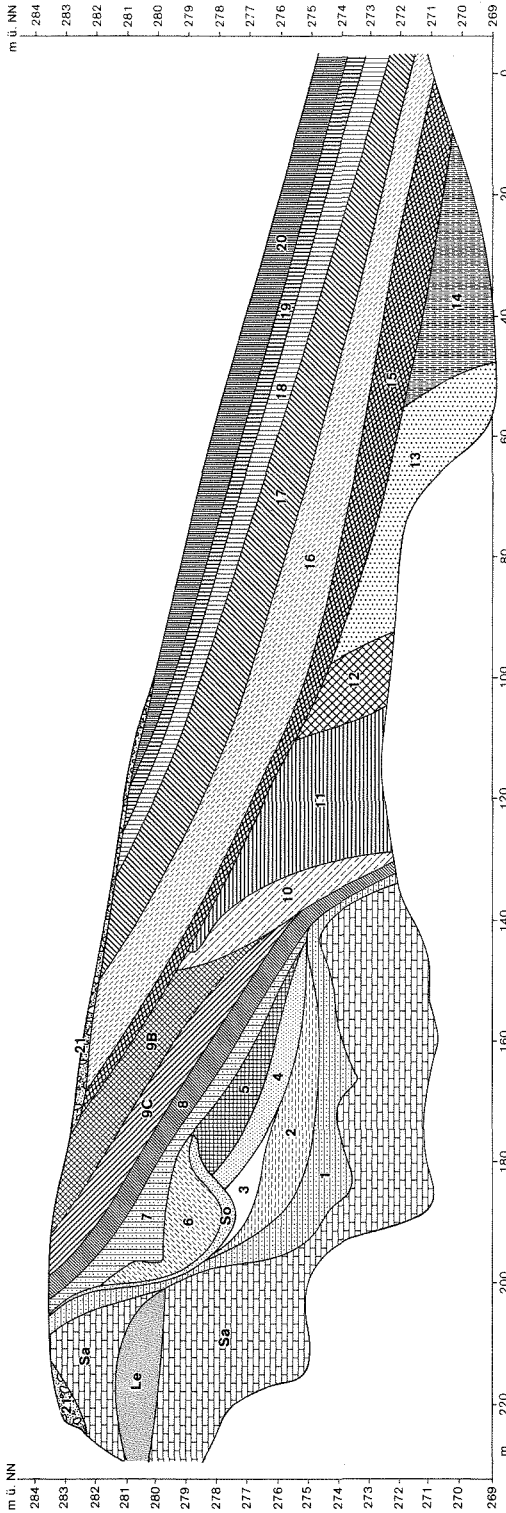


Abb. 6: Profil Gaustadt II, fränkisches Keuperland, nach der Profilaufnahme von 1979 (nach RÖSNER 1982) Entw.: U. Rösner 1979

1 = Basis-solifluktionsschicht; [2] = Braunlehm-Pseudogley; 3 = schluffig-tonige Fließerde; [4] = Parabraunerdest mit basaler Bleichzone; 5 = schluffig-toniger Schwemmlöß; - Dellenbildung -; So = Solifluktionsschicht aus dichtgepackten Angulatussandsteinen; 6 = Schwemmlöß in der Delle; 7 = toniger, umgelagerter Lößlehm; [8] = dunkelbrauner, allochthoner Bt-Horizont; [9] = Parabraunerdest; 10 = Fließerde; [11] = dunkelbrauner, allochthoner Bt-Horizont; 12 = Fließlöß; 13 = gelblichrotes Fein-/Mittelsand-Sediment; [14] = basal geschichteter, toniger Lehm; 15 = Fließerde mit Flugsandbeimengung; 16 = Sandlöß; [17] = autochthoner Bt-Horizont; 18 = Bleichhorizont; 19 = Lößlehm mit hydromorphen Merkmalen; 20 = Niedererschbacher Zone mit Rest des holozänen Bt-Horizontes; 21 = Schuttschicht; Sa = Burgsandstein; Le = Letten. Die vermutlich warmzeitlichen Bodenreste sind mit [ ] gekennzeichnet.

W

Lößlehm aufgefüllt ist. Die Profilentwicklung läßt sich zusammenfassend als rhythmischer Wechsel von Erosions-, Akkumulations- und Bodenbildungsphasen beschreiben. Dabei unterlagen die älteren Sedimente in der „kleinen“ Mulde wegen des noch steileren Einfallswinkels häufiger und stärker der Umlagerung bzw. Abtragung als die der „großen“ Mulde. Es kam also zu einer sukzessiven Auffüllung beider Hohlformen in nordöstlicher Richtung. Darin spiegelt sich gleichzeitig der zunehmende Reliefausgleich ab dem Altpleistozän wider. Denn die Stratigraphie der verschiedenen Paläoböden bzw. Paläobodensedimente (2, 4, 8, 9, 11, 14, 17) lassen auf einen Beginn der Verfüllung vor der siebtletzten Warmzeit schließen. Auch hier handelt es sich wieder um die Überdeckung und Verschleierung eines stark bewegten Prälößreliefs.

#### **4 Zusammenfassung**

Faßt man die paläopedologisch-geomorphologischen Untersuchungsergebnisse für die Lößgebiete Unter- und Oberfrankens zusammen, dann zeigt sich, daß im Verlauf des Pleistozäns ein bereits stark in Dellen und Täler gegliedertes Relief allmählich verfüllt wurde. Diesen langdauernden Prozeß kann man relativ leicht an den abnehmenden Neigungswinkeln erkennen, den die jeweils jüngeren Paläoböden aufweisen. Die Auffüllung ging so weit, daß offenbar in einigen Regionen noch im frühen Holozän ein beinahe flächenartiger Reliefcharakter vorherrschte.

Selbst die ältesten Lößdeckschichten überziehen also nicht ebene pliozäne Rumpfflächen, wie sie BÜDEL (1957) als Ausgangsformen für die Stufenbildung in Franken postuliert hat und die erst im Quartär zertalt und aufgelöst worden sein sollen (ebd.: 41). Stufenanlage und Talbildung im anstehenden Gestein müssen in den meisten Fällen schon älter sein. Das belegt auch eine Reihe weiterer Löß-Paläoboden-Abfolgen in Franken mit einer größeren Zahl fossiler Interglazialböden (Profile Hösbach, Marktheidenfeld, Helmstadt, Kirchheim, Untersteinbach, Elfershausen; vgl. RÖSNER 1990: 192 ff.), die hier nicht im Detail diskutiert wurden.

Der Reliefausgleich verlief nun nicht als stereotype Abfolge von Lößakkumulation, Bodenbildung und wieder Lößakkumulation, sondern war immer wieder von Erosions- und Umlagerungsphasen unterbrochen. Insbesondere im Altwürm herrschte eine ausgeprägte Verlagerungstendenz.

Auch das spätere Holozän war eine Zeit verstärkter flächenhafter und linearer Bodenerosion. Die Lößflächen wurden zerschnitten, die verfüllten Vorformen teilweise wieder ausgeräumt und die holozäne Parabraunerde weitgehend gekappt oder ganz erodiert. Die hauptsächliche Bodenerosion dürfte – in Anlehnung an die eingehenden Studien BORKS (1985) in Südniedersachsen – im Zusammenhang mit den mittelalterlichen und neuzeitlichen Rodungsphasen stehen.

## Anmerkungen

- 1) Die „Bleichhorizonte“ im fränkischen Lößgebiet sind Mischhorizonte, die sowohl aufgearbeitetes Material des lessivierten A-Horizontes der liegenden interglazialen Parabraunerde als auch frisches Lößmaterial enthalten. Die mehr oder weniger starke Bleichung sowie die häufig vorkommenden Eisen- und Manganoxidkonkretionen sind auf den Staunässeffekt über dem dichteren Tonanreicherungshorizont zurückzuführen (vgl. RÖSNER 1990: 196 ff.).
- 2) Die Thermolumineszenzdatierung nahm freundlicherweise Herr Dr. L. Zöller vom Institut für Archäometrie des Max Planck Instituts für Kernphysik, Heidelberg, vor.
- 3) Die Grube ist heute ausgeziegelt und teilweise schon wieder verfüllt.

## Literatur

- BIBUS, E.; SEMMEL, A. 1977: Stratigraphische Leithorizonte im Würmlöß des Mittelrheingebietes. In: Geologisches Jahrbuch Hessen 105: S. 141-147. Wiesbaden.
- BORK, H.-R. 1983: Die holozäne Relief- und Bodenentwicklung in Lößgebieten. Beispiele aus dem südöstlichen Niedersachsen. In: Catena Supplement 3: S. 1-93. Cremlingen.
- BORK, H.-R. 1985: Mittelalterliche und neuzeitliche lineare Bodenerosion in Südniedersachsen. In: Hercynia N. F. 22: S. 259-279.
- BRUNNACKER, K. 1954: Löß und diluviale Bodenbildungen in Südbayern. In: Eiszeitalter und Gegenwart 4/5: S. 83-86.
- BÜDEL, J. 1957: Grundzüge der klimamorphologischen Entwicklung Frankens. In: Würzburger Geographische Arbeiten 4/5: S. 5-46. Würzburg.
- FINK, J. 1961: Die Gliederung des Jungpleistozäns in Österreich. In: Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 54: S. 1-25. Wien.
- FINK, J. 1962: Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Österreich. II. Wetzleinsdorf und Stillfried. In: Archaeologica Austria 31: S. 1-18. Wien.
- FREISING, H. 1951: Neue Ergebnisse der Lößforschung im nördlichen Württemberg. In: Jahreshefte der geologischen Abteilung des württembergischen statistischen Landesamtes 1: S. 54-59. Stuttgart.
- GRAHMANN, R. 1932: Der Löß in Europa. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Erdkunde 51: S. 5-24. Leipzig.
- RÖSNER, U. 1982: Das Profil Gaustadt II. Eine Schichtfolge mit Lössen und Lößderivaten aus dem Randgebiet der kaltzeitlichen Lößakkumulation in Oberfranken. In: Mitteilungen der Fränkischen Geographischen Gesellschaft 27/28: S. 287-350. Erlangen.
- RÖSNER, U. 1990: Die Mainfränkische Lößprovinz. Sedimentologische, pedologische und morphodynamische Prozesse der Lößbildung während des Pleistozäns in Mainfranken. Erlangen (= Erlanger Geographische Arbeiten 51).
- ROHDENBURG, H.; MEYER, B. 1979: Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. In: Landschaftsgenese und Landschaftsökologie 3: S. 1-89. Braunschweig. [Erstmals in: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 5: S. 1-135. Göttingen 1966]

- SABELBERG, U.; ROHDENBURG, H.; HAVELBERG, G. 1974: Bodenstratigraphische und geomorphologische Untersuchungen an den Lößprofilen Ostheim (Kreis Hanau) und Dreihausen (Kreis Marburg) und ihre Bedeutung für die Gliederung des Quartärs in Mitteleuropa. In: SEMMEL, A. (Hg.): Das Eiszeitalter im Rhein-Main-Gebiet. Rhein-Mainische Forschungen 78: S. 101-120. Frankfurt/M.
- SCHÖNHALS, E.; ROHDENBURG, H.; SEMMEL, A. 1964: Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlöß-Gliederung in Hessen. In: Eiszeitalter und Gegenwart 15: S. 199-206.
- SEMMEL, A. 1974: Der Stand der Eiszeitforschung im Rhein-Main-Gebiet. In: SEMMEL, A. (Hg.): Das Eiszeitalter im Rhein-Main-Gebiet. Rhein-Mainische Forschungen 78: S. 9-56. Frankfurt/M.
- SEMMEL, A. 1989: The importance of loess in the interpretation of geomorphological processes and for dating in the Federal Republic of Germany. In: Catena Supplement 15: S. 179-188. Cremlingen.
- SEMMEL, A.; STÄBLEIN, G. 1971: Zur Entwicklung quartärer Hohlformen in Franken. In: Eiszeitalter und Gegenwart 22: S. 23-34.
- SOERGEL, W. 1919: Löße, Eiszeiten und paläolithische Kulturen. Eine Gliederung und Altersbestimmung der Löße. Jena.

