

Spätglaziale bis frühholozäne Steppenbodenbildung und Klimaentwicklung im südlichen Rheinhessischen Tafel- und Hügelland

Von HARTMUT LESER, Basel & NEEK MAQSUD, Mainz

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung. Unter den reliktschen Steppenböden der postglazialen Wärmezeiten kann in Südrheinessen ein fossiler Boden beobachtet werden. Er ist bis zu 100 cm mächtig und stellt einen Steppenboden-A-Horizont dar. Dessen Bildung erfolgte vermutlich im Alleröd. Ein Tuffbändchen, das diese Datierung erhärten könnte, wurde nicht gefunden. Gleichzeitig wird vorausgesetzt, daß während der Jüngeren Dryaszeit eine Lößaufwehung erfolgte. Auf diesem Löß entwickelte sich später der postglaziale Steppenboden.

Summary. In Southern Rheinhessen a fossil soil is to be found beneath the relictic steppe-soil of the postglacial warm periods. It is of up to 100 cm in thickness and is an A-horizon of a steppe-soil, the formation of which probably took place in the Alleröd-period. A layer of tuffs which could substantiate this date was not found. It is also supposed that during the Younger Dryas-period accumulation of loess took place. At a later time the postglacial steppe-soil developed on it.

1. Einleitung

Rheinhessen ist eines der wärmsten und trockensten Gebiete Deutschlands und gleichzeitig eines der Hauptverbreitungsgebiete von Steppenböden. Diese nehmen als Reliktböden große Flächen der zumeist lößbedeckten Plateaus und Riedel der Landschaft ein. Entsprechend den allgemeinen Erkenntnissen der Bodengeographie datiert man diese Böden in die postglazialen Steppenzeiten, wie sie aufgrund zahlreicher Boden- und Vegetationsuntersuchungen, auch durch historische und geomorphologische Befunde belegt, für Mitteleuropa nachgewiesen werden konnten.

Die rheinhessischen Steppenböden wurden grundlegend von ZAKOSEK (1962) untersucht, der auch die Literatur aufarbeitete, so daß darauf verwiesen werden kann. Die damit in Verbindung stehende geomorphologische Problematik wurde für Rheinhessen von LESER (1967) angegangen. Im Zuge dieser Untersuchungen konnten Profilgliederungen beobachtet werden, die von ZAKOSEK (1962) nicht beschrieben wurden, die aber mit gewissen Beobachtungen von SCHÖNHALS (1960) und Arbeiten aus anderen Räumen, in denen Steppenböden auftreten (z. B. KOPP 1965; RAU 1965; SCHARPENSEEL & PIETIG 1969), in Einklang stehen.

2. Untersuchungsgebiet und Problem

Zwischen dem Donnersberg (Pfalz) und der Rheinebene bei Worms ist eine klare morphographische und morphogenetische Gliederung der Landschaft (Abb. 1) zu beobachten, die — nach geographischen Untersuchungen — auch Auswirkungen auf Klima- und Bodendifferenzierungen hat: An die in 300—270 m NN liegenden Rotliegend-Flächen um Kirchheimbolanden, aus denen sich der Donnersberg (667 m NN) erhebt, schließen sich nach Osten die etwas niedrigeren rheinhessischen Kalkplateaus an, die auf den Hochflächen mehrere Meter mächtige Lößdecken tragen. Mit

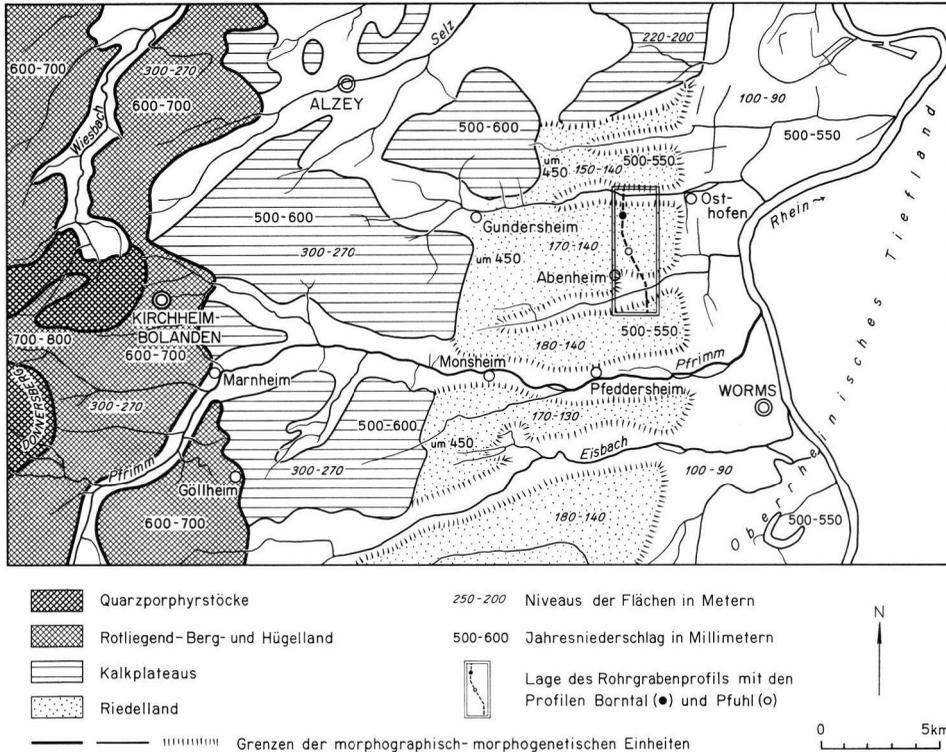


Abb. 1. Südliches Rheinhessisches Tafel- und Hügelland mit Lage des Untersuchungsgebiets: Im Westen befindet sich das Saar-Nahe-Bergland, daran schließen sich die Kalkplateaus des Südwestlichen Rheinhessens an, von denen sich die Riedel Südostrheinhessens morphogenetisch, hydrologisch und klimatisch deutlich absetzen.

einer auch morphologisch sichtbaren Bruchstufe fallen sie im Raume Nieder-Flörsheim nach Osten zu einem rund einhundert Meter niedriger in ca. 150 m NN liegenden Riedelland ab. Die Riedel sind mit ihrer Längsachse West—Ost orientiert und dachen sich gegen den Rhein hin ab. Sie werden von kleinen, z. T. kaum wasserführenden Bächen, die ebenfalls alle nach Osten — zum Oberrheinischen Tiefland hin — gerichtet sind, zerschnitten. Einer dieser Riedel wurde im Rahmen vorliegender Studie genauer untersucht, nachdem bereits eine Profilsérie (LESER 1967, Karte 1, S. 423; Karte 2, S. 424) veröffentlicht worden war, welche die entscheidenden Profile mit enthielt.

Ohne hier auf die morphogenetische und morphographische Entwicklung des Gesamt-raums und des engeren Untersuchungsgebiets genauer einzugehen, wäre zu erwähnen, daß die seinerzeit (LESER 1967) erforschte Reliefentwicklung besonders am Übergang vom Spätglazial zum Holozän recht cursorisch behandelt werden mußte, obwohl durch Untersuchungen zu den rezent-klimatischen Bedingungen schon bekannt war, daß es sich in Südrheinhessens um ein besonders trockenes Gebiet handelte, das auch in der Vorzeit eine andere Klima- und Bodenentwicklung durchlaufen haben dürfte als die übrigen Teile Rheinhessens (KLUG 1961; SCHWEIGMANN 1967; ZIEHEN 1970). Allerdings konnten über die vorzeitlichen Klima- und Bodenverhältnisse noch keine genauen Angaben gemacht werden. Hinweise erbringen jedoch fossile und reliktsche Böden: In großen Teilen der Riedelbereiche, das zeigte sich sowohl bei den Geländearbeiten 1963 und 1964 als auch bei

jenen in den Jahren 1973 und 1974, kommen an vielen Stellen u n t e r den Steppenböden oder ihren Derivaten B_t -Horizonte großer Mächtigkeit vor, die pedogenetisch nicht in das von ZAKOSEK (1962: 32) gegebene Schema der Steppenbodenentwicklung im Oberrheinischen Tiefland einzupassen sind. Dieses Schema berücksichtigt lediglich die an der Erdoberfläche liegenden (reliktischen) Steppenböden, deren Genese — auch in Übereinstimmung mit den für andere mitteleuropäische Landschaften gegebenen Deutungen — von den vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden konnte. Die bei ZAKOSEK (1962: 33) mitgeteilte Beobachtung, daß die Steppenböden von mächtigen Kolluvien überlagert sein können, wurde bei den noch folgenden Profilsprachen mitberücksichtigt.

Als Beobachtungstatsache liegt demnach folgender Befund vor: Unter dem reliktischen Steppenboden der postglazialen Wärmezeiten befindet sich in zahlreichen Positionen — und zwar nicht nur in Muldenlage — ein mächtiger A/B_v - oder B_t -Horizont, der *in situ* auf Löß gebildet worden sein muß und der in keinem direkten genetischen Zusammenhang mit dem hangenden Steppenbodenprofil steht, dessen Mächtigkeiten mit den von ZAKOSEK angegebenen Werten grundsätzlich übereinstimmen. Das gilt auch für Angaben in anderen Arbeiten in vergleichbaren Gebieten (ANDRES 1967; LESER 1970; SCHÖNHALS 1954). Dieser B_t -Horizont konnte im Sommer 1974 über hunderte von Metern außerhalb des in LESER (1967: 424) angegebenen und östlich von A b e n h e i m verlaufenden „Rohrgrabenprofils“ nordöstlich von G u n d h e i m auf einer um wenige Grade geneigten Riedelflanke beobachtet werden, wo keine besonders konservierende oder pedogenetisch intensivierende Muldenlage auftritt. Entsprechend dem zeitlichen Schema der Bodenentwicklung des Spätglazials und Holozäns muß der flächenhaft vorkommende, weitausgedehnte fossile Boden vor dem heute an der Erdoberfläche befindlichen postglazialen Steppenboden entstanden sein, was aber andere, und zwar wesentlich differenziertere Klimaverhältnisse voraussetzt, als die bisher für Rheinhessen angenommenen.

3. Beobachtungsbefunde und genetische Deutung

Zunächst soll anhand von vier ausgewählten und kurz kommentierten Profilen (Abb. 2) eine Bestandsaufnahme vorgenommen werden, die aus Platzgründen auf die Vorlage der Analysendaten, Profilskizzen und einige Bemerkungen beschränkt bleiben muß. Anschließend wird die lokale Genese der Böden entwickelt, wie sie sich aus den Befunden des „Rohrgrabenprofils“ (LESER 1967) und der Gesamtsituation — ergibt. In Kapitel 4 werden Be-

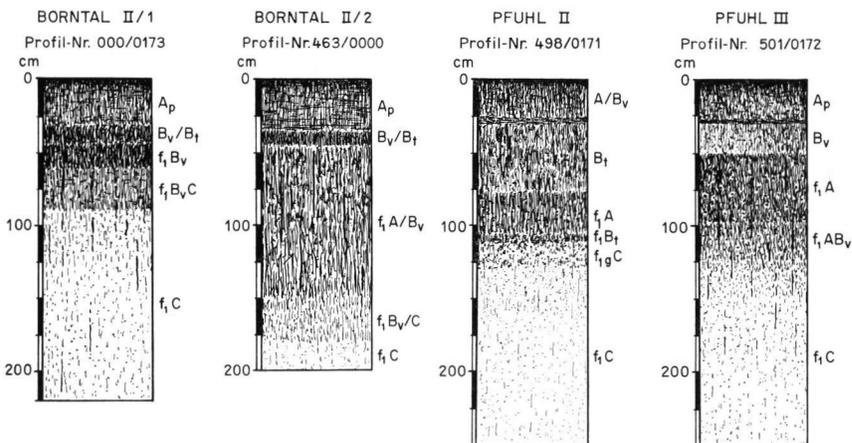


Abb. 2. Aufbau der ausgewählten Beispielprofile Borntal und Pfuhl.

ziehungen zu den überregionalen Boden- und Klimaphasen hergestellt, jedoch unter Beschränkung der Aussage auf das Südliche Rhein Hessische Tafel- und Hügelland.

3.1. Die Profile Pfuhl II und III und Borntal II/1 und II/2: Bestandsaufnahme

Die Aufnahme erfolgte 1963 und erneut (zusammen mit MAQSUD) 1973 nördlich der Gemeinde Abenheim in den Flurteilen Pfuhl und Borntal. Die Profile wurden bis 200 bzw. 250 cm gegraben (Abb. 2 u. 3). Der Aufbau der Profile zeigt grundsätzlich die gleichen Horizonte und Mächtigkeiten, wenn von kleinen — hier nicht näher erläuterten — Differenzierungen abgesehen wird, die meist mit der unterschiedlichen topographischen Position zusammenhängen, die sedimentologische, pedogenetische und bodenfeuchtehaltliche Folgen zeitigte. Alle Profile sind zweigliedrig und stehen damit im Gegensatz zu den Angaben von ZAKOSEK (1962) bzw. den Beispielen von SCHÖNHALS (1954). Im Oberteil erscheint ein Steppenboden, der farblich, physiognomisch und analytisch als solcher angesprochen werden kann. Er tendiert zu einer Steppenboden-Braunerde oder -Parabraunerde, wie die B_v - bzw. gelegentlichen B_t -Merkmale zeigen. Im Profil Pfuhl II ist die Differenzierung sogar noch weitergegangen: der A/ B_v wird von einem recht markanten B_t unterlagert. Beide sind durch einen geringmächtigen Verdichtungshorizont voneinander getrennt, der die Pflugsohle markiert. Unter diesem insgesamt als reliktschen Steppenbodenrest anzusprechenden Profiloberteil folgt im Liegenden ein deutlich abgegrenzter fA-Horizont beträchtlicher Mächtigkeit, der auch B_v - oder B_t -Merkmale aufweisen kann. Dieser geht dann mit einigen B_v - und B/C-Übergangshorizonten, die sich einmal stärker und ein andermal schwächer ausgebildet finden, in den liegenden C-Löß über. Dessen besonders im Profil Pfuhl III differenziert erfolgte Untersuchung erbrachte keine wesentlichen pedogenetischen oder sedimentologischen Aussagen.

Für die Zweigliedrigkeit sprechen auch die Analysendaten der Profile, die hier nur kurz kommentiert werden können (Abb. 3). Der Karbonatgehalt ist beispielsweise im Oberteil des Profils, wo sich der reliktsche Steppenboden befindet, deutlich geringer als im liegenden Profileil mit dem fossilen Boden. An den Horizontgrenzen von f_1A zeigen selbst die sonst nicht so aussagekräftigen T-Werte einen Substratsprung an. Das gilt auch für die pedogene Eisenbildung, die im Unter- und Oberteil der Profile jeweils unterschiedlich ist. Die Korngrößenverteilung ist ohne bedeutende Aussage, wenn einmal davon abgesehen wird, daß im Profil Pfuhl III der Hangendlöß etwas sandreicher ist als der liegende Löß. Markanter sind die Farbunterschiede und die Gefügedifferenzierungen, die auch auf die zweigliedrige Genesis hinweisen. Dem Profilaufbau und den Analysendaten zufolge muß — über die differenzierte Bodenbildung hinaus — auch auf ein unterschiedliches Ausgangssubstrat geschlossen werden.

3.2. Die Pedogenese der Steppenbodenprofile auf den Riedeln des Südlichen Rhein Hessischen Tafel- und Hügellandes

Begonnen werden soll mit dem komplizierteren Oberteil des Profils Pfuhl II, weil er eine differenziertere Pedogenese auch aus den Analysendaten belegen läßt: Der reliktsche Steppenboden mit dem Charakter einer Braunerde-Parabraunerde (A/ B_v — B_t) muß als Bodenrest angesprochen werden, dessen C-Horizont nicht mehr nachweisbar ist. Die Bodenbildung weist sich durch einen hohen Humusanteil und hohe Raten des pedogenen Eisens und des Gesamteisens aus. Während der hohe Humusgehalt auf kontinentale Entstehungsbedingungen schließen läßt, zeigen der niedrige $CaCO_3$ -Gehalt und die Durchschlämmung zusammen mit den Eisengehalten humide Bedingungen an, die nach der Steppenbodenbildung eintraten und den Braunerde-Parabraunerdecharakter des Steppen-

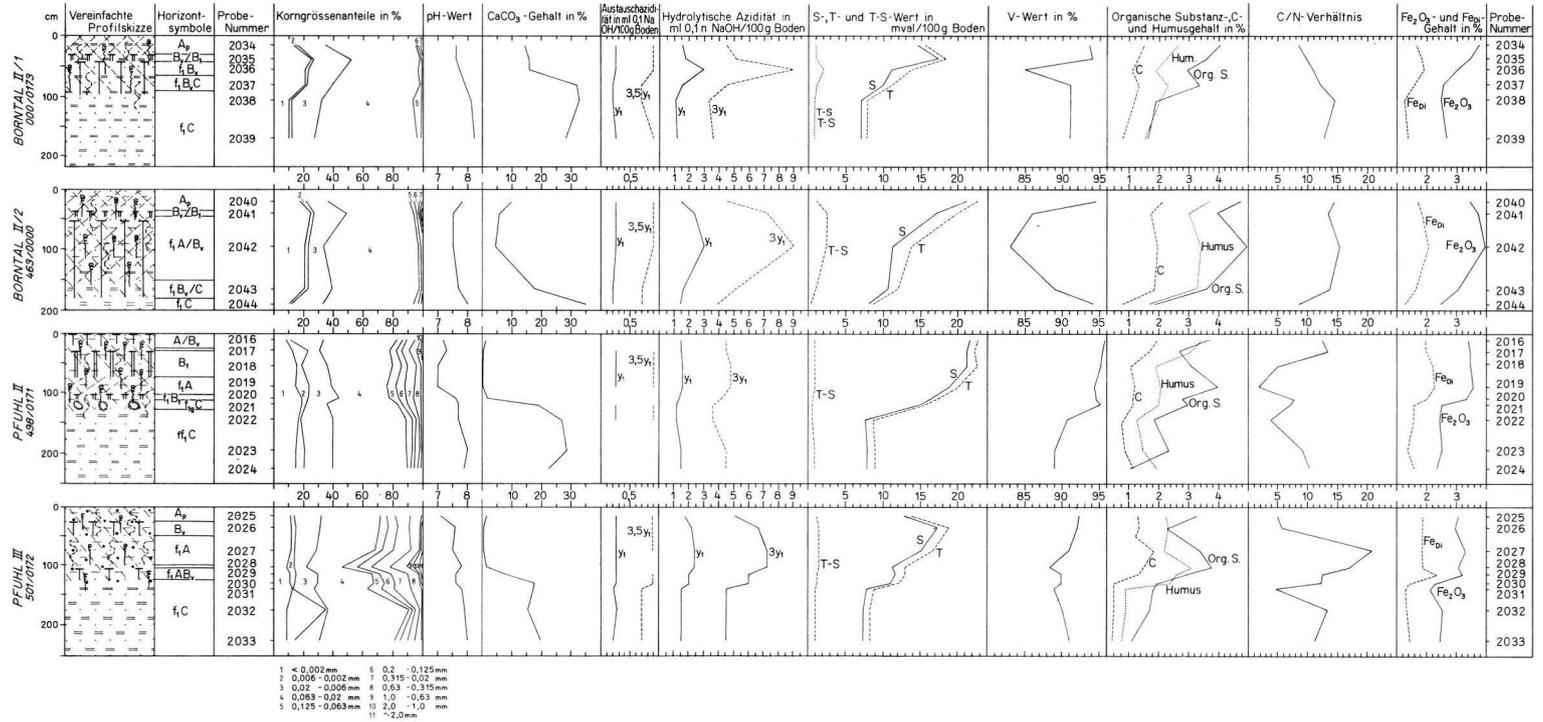


Abb. 3. Darstellung der Analysendaten der Beispielprofile Borntal und Pfuhl.

bodens bewirkten. Die Intensität der Bodenbildung deutet sich auch im neutralen pH-Wert an (relativ stärkere chemische Verwitterung) und in den höheren T-Werten. Der B_v -Horizont zeichnet sich durch sichtbare Tondurchschlämmungsmerkmale aus. Besonders markant ist deswegen auch das Polyedergefüge, das auch im B_v/B_t -Horizont des Profils *Born-tal II/2* zu sehen ist. — Die unter diesem Profiltail folgende Grenze ist teilweise analytisch nachzuweisen (siehe dazu auch 3.1.), ganz sicher ist sie jedoch durch Feldbeobachtung belegbar. Der analytische Nachweis ist vor allem bei Profil *Pfuhl II* zu führen. Der Farbwechsel um ungefähr zwei Stufen ist das wesentliche äußerliche Merkmal der Zweigliederung der Profile. Der Unterteil steht immer noch mit dem C-Horizont in Verbindung, die Profile sind meist vollständig, d. h. auch mit einem f_A -Horizont ausgestattet ($f_1A - f_1A/B_v - f_1AC - f_1C$ oder $f_1A - f_1A/B_v - f_1B_t - f_1B_t/C - f_1C$ oder $f_1A - f_1B_t - f_1C$ oder weitere Varianten). Innerhalb dieses Profil-Unterteils sind die analytischen Unterschiede beträchtlich, besonders zwischen den f_1A - und den f_1C -Horizonten. Der gesamte von der fossilen Bodenbildung erfaßte Profilunterteil zeichnet sich gegenüber den liegenden C-Horizonten, die in sich nur gewisse Farb- und Sedimentationsunterschiede aufweisen, durch allgemein starke Tonzunahmen, durch höhere Eisenanteile sowie höhere T-Werte aus. Die Hinweise auf die unterschiedlichen Intensitäten in der Pedogenese der Horizonte sind beträchtlich: Im Profil *Pfuhl III* zeigt der f_1AB_v -Horizont eine stärkere pedogene und Gesamteisenbildung, einen höheren Humusgehalt und höhere Tonanteile als der f_1A -Horizont. Zwischen beiden besteht auch eine $CaCO_3$ -Differenz mit deutlicher Zunahme des Kalkgehaltes im AB_v -Horizont nach unten zu. — Am besten sind die Steppenbodenmerkmale in dem relativ einfachen Profil *Born-tal II/2* ausgebildet, wo auch der höchste Humusgehalt auftritt. Der f_1A/B_v -Horizont dieses Profils ist übrigens auch gegen den hangenden reliktschen Steppenboden gut abgesetzt, weil seine Verwitterungsmerkmale ausgeprägter sind, was sich z. B. in der hohen Eisenrate ausdrückt. Im gleichen Profil dokumentiert sich auch der enge pedogenetische Zusammenhang zwischen Hangend- und Liegendteil in der großen Intensität der Bodenbildung im unteren Profil, das sicher von der (oberen) postglazialen Steppenbodenbildung an der Erdoberfläche überprägt worden ist, wie es grundsätzlich auch *SCHARPENSEEL & PIETIG (1969)* für möglich halten. Die Röntgenanalyse der Proben 2041 (B_v/B_t), 2042 (f_1A/B_v) (beide aus Profil *Born-tal II/2*) und 2038 (f_1C = aus dem Profil *Born-tal II/1*, das sich nur 10 m von *II/2* entfernt befindet) erbrachte, daß der B_v -Horizont des reliktschen Steppenbodens gegenüber dem f_1C -Horizont des fossilen Steppenbodens relativ stark verwittert ist, daß jedoch seine Verwitterungsintensität noch deutlich unter der des f_1A/B_v -Horizontes liegt. — Zu den C-Horizonten wäre noch zu bemerken, daß sich zwischen diesen — auch innerhalb eines Profils — relativ wenige Unterschiede ergeben, die zudem pedogenetisch kaum ins Gewicht fallen. Teilweise handelt es sich um primären fossilen Löß (Probe 2044), der kalk-

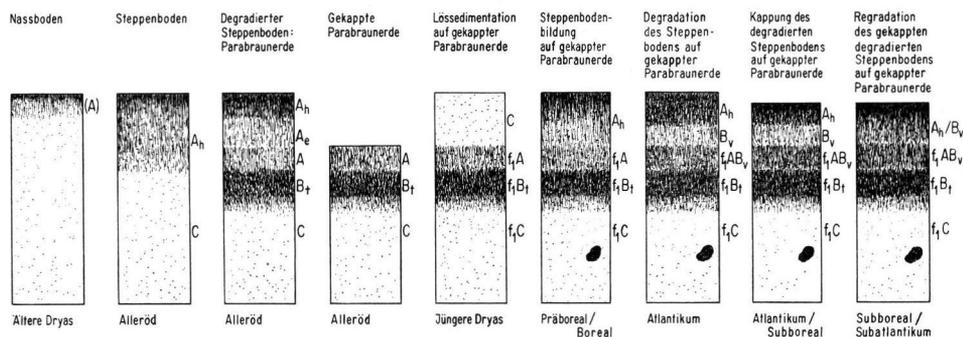


Abb. 4. Vermutliche Pedogenese der Steppenbodenprofile des Südlichen Rheinhesischen Tafel- und Hügellandes von der Älteren Dryaszeit bis zum Subatlantikum.

reich ist und kaum oder nur geringe Anteile pedogenen Eisens enthält. Röntgenanalytisch waren in den Tonmineralgarnituren innerhalb der C-Horizonte keine Unterschiede feststellbar. Demgegenüber zeichneten sich die fossilen B-Horizonte neben den Chlorit(-Montmorillonit)-Mineralen durch einen etwas ausgeprägteren Illit-Kaolinit-Anteil aus, der auf eine spürbare chemische Verwitterung weist, die den liegenden f_1C -Löß nur schwach erfaßte.

Entsprechend den paläopedologisch-pedogenetisch-geomorphologischen Regeln kann aufgrund der Feldbefunde folgende Entwicklung für die hier beschriebenen und andere, den Überlegungen zugrunde liegenden Profile des Südlichen Rheinhessen angenommen werden, die im Detail gleich noch ausgeführt werden soll:

1. Lößsedimentation (f_1C)
2. Steppenbodenbildung (f_1A/B_v etc.)
3. Bodendegradation, teilweise mit nachfolgender Kappung von f_1 -Profilteilen
4. Lößsedimentation (Ausgangsmaterial für den reliktsichen Steppenboden)
5. Steppenbodenbildung (A/B_v rel.)
6. Degradation
7. Regradation.

Damit ergibt sich für das südliche Rheinhessen die Konsequenz, daß die bisher angenommene und bei ZAKOSEK (1962) auch unter Berufung auf andere Autoren dargestellte Klimaentwicklung für den Übergang vom Spätglazial zum Holozän verfeinert werden muß. Als Entwicklungsreihe wären jene Bodentypen denkbar, die in Abb. 4 wiedergegeben sind. Genetisch ist diese Sequenz so erklärbar: Die Lößsedimentation für den f_1C -Horizont und den darauf entwickelten fossilen Boden reichte mindestens bis ca. 75 cm unter die rezente Landoberfläche. Sie erfolgte in der ausgehenden Würm-Kaltzeit, möglicherweise in der Älteren Dryaszeit. Der darauf entwickelte Boden (= f_1A/B_v etc.) ist dem Typ nach ein Steppenboden mit Braunerde-Parabraunerdedynamik: er kann nur in einem Klimaabschnitt gebildet worden sein, in welchem Möglichkeiten zur Steppenbodenbildung sowie anschließender Degradation — ausgedrückt in der Verbraunung — bestanden. Da der reliktsiche Steppenboden, der heute an der Erdoberfläche liegt, nach ZAKOSEK (1962) und anderen Autoren einwandfrei in die postglazialen Steppenzeiten gehört, bleibt — nach den gegenwärtigen Erkenntnissen — als Bildungsabschnitt nur die Alleröd-Zeit (= Mittlere Subarktische Zeit; Zeiteinteilungen in Text und Abbildungen immer nach STRAKA 1970) übrig. (Zur Diskussion der Ergebnisse siehe auch Kap. 4.) Damit wäre eine chronologische und genetische Deutung für den unteren Profilteil gegeben, die nun noch ausgeführt werden muß. — Aus der Horizontsequenz und den Analysendaten konnte zum hangenden Profilteil mit dem reliktsichen Steppenboden ein deutlicher Materialunterschied festgestellt werden, der gewiß nicht nur pedogenetisch, sondern auch sedimentologisch bedingt ist. Es darf also eine Lößüberwehung vermutet werden, die das Substrat erbrachte, auf welchem sich der reliktsiche Steppenboden entwickelte. Diese Sedimentation reichte von ca. 75 cm bis mindestens zur heutigen Landoberfläche. Wie aus anderen Teilen Rheinhessens und auch der näheren Umgebung des Profils bekannt ist, spielen im leicht abtragbaren Löß Denudations- und Erosionsprozesse eine große Rolle. Daher läßt sich eine teilweise Verringerung der ursprünglichen Substratmenge durch Abtragung erwarten: Der geringmächtige A-Horizont in fast allen rheinhessischen Steppenbodenprofilen weist darauf hin. Die Lößsedimentation erfolgt vermutlich in der Jüngeren Dryas-Zeit (= Jüngere Subarktische Zeit), weil während dieser die Bedingungen für Lößbildung noch am ehesten gegeben waren, wengleich man heute davon ausgehen kann, daß auch in anderen Zeitabschnitten — z. B. im (postglazialen) Präboreal — mit Lößbildung gerechnet werden muß, d. h. zu einem Zeitpunkt, als keine glazialen und periglazialen Bedingungen mehr

geherrscht haben. Für die Jüngere Dryas-Zeit spricht indirekt auch die Weiterentwicklung des fossilen Steppenbodens: dabei ist weniger an seine Degradation gedacht als an die Kappung des Profiloberteils. Möglicherweise war der ca. 50 cm mächtige f_1A/B_v - bzw. der f_1B_v -Horizont (wenn er allein auftritt) ursprünglich mächtiger, wie die gelegentlich fehlenden A-Horizonte der fossilen Parabraunerdeprofile vermuten lassen. Vor allem deutet die markante Obergrenze zum hangenden reliktschen Steppenboden darauf hin, daß Abtragungsprozesse erfolgt sind. Für diese käme das ausgehende Alleröd oder die beginnende Jüngere Dryas-Zeit in Frage. — Nach dem gleichen Schema vollzog sich auch die Entwicklung des oberen Profilverteils: nach der vermutlich jungdryatischen Lösssedimentation kam es in den postglazialen Steppenzeiten, d. h. beginnend im Präboreal und endend im Boreal, zur Bildung des heute an der Erdoberfläche befindlichen Steppenbodens, für dessen Alterseinstufung von ZAKOSEK (1962) zahlreiche eindeutige Kriterien beigebracht wurden. Die Analysendaten lassen vermuten, daß die Steppenbodenbildungsdynamik dieses oberen, reliktschen Steppenbodens wesentlich intensiver gewesen sein muß als die des fossilen. Der rezent an der Erdoberfläche befindliche reliktsche Steppenboden hat in der Regel mächtigere A-Horizonte, sofern beim liegenden fossilen Steppenboden zum Vergleich ein fossiler A-Horizont ausgeschieden werden konnte. Diese fossilen Steppenböden dürften übrigens von der Dynamik des reliktschen Steppenbodens beeinflusst gewesen sein, d. h. der f_1A/B_v - bzw. f_1A/B_t -Horizont wurde weiterentwickelt, weil im durchlässigen Löß nicht damit zu rechnen ist, daß die pedogenetischen Prozesse ca. 75 cm unter der Erdoberfläche zum Stillstand kommen¹⁾. Auch die für den reliktschen Steppenboden nachweisbare Degradation wird auf die Parabraunerdedynamik im fossilen Steppenboden Einfluß gehabt haben, wie die starke f_1B_t -Bildung im Profilunterteil vermuten läßt. Hinweise auf Auslaugung, Durchschlammung oder Degradation nach unten hin geben wenigstens z. T. die Tonwerte, die Dithioniteisenwerte und möglicherweise auch die Humusverteilung. Nach ZAKOSEK (1962) muß die Hauptdegradationsphase in das Atlantikum, die Hauptregradationsphase in das Subatlantikum gelegt werden. — Die Re grad a t i o n läßt sich hier an den hier beschriebenen Profilen wie folgt nachweisen: Bei allen Profiloberteilen, so beispielsweise bei den Profilen B o r n t a l II/1 und II/2, ist eine im Zuge der Regradation aufgetretene sekundäre Aufkalkung zu verzeichnen. Dadurch und infolge der Steppenbodenbildung, also durch starke Humusanreicherung, liegen die A-Horizonte heute als einheitliche und relativ mächtige Gebilde vor, die ursprünglich deutlich in A_p - A_h - A_b (oder ähnlich) gegliedert gewesen sein dürften. Die Zunahme der Mächtigkeit ist sicher auch auf Kosten der unterlagernden, bei der Degradation entstandenen B_v -Horizonte erfolgt. Da zwischen A_p - bzw. A_h - und B_v -Horizonten heute selten eine scharfe Grenze feststellbar ist, heißt dies, daß inzwischen die beiden A-TeilhORIZONTE und der B_v -Horizont miteinander zu verfließen beginnen, so daß gegenwärtig mehr von einem A_p/B_v - oder A_h/B_v -Horizont — als Steppenbodenoberteil — zu sprechen ist. Wenn danach gefragt wird, welche rezent sichtbaren Horizontmerkmale der reliktschen B_v -Horizonte von der Regradation geprägt sind, wären folgende Kriterien anzuführen: (1) der fließende Übergang zu den oberen Profilverteilen des reliktschen Steppenbodens, also den A_h - bzw. A_p -Horizonten, (2) Gefügemerkmale, wie der lockere, schwammartige oder erdige Charakter der reliktschen B_v -Horizonte, (3) die gegenwärtig vorhandene geringe Mächtigkeit der B_v -Horizonte der reliktschen Steppenböden sowie (4) die geringe und nur blasse Restverbraunung. — Das bedeutet, daß die Regradation die B_v -Horizonte der reliktschen Steppenböden Rheinhessens nicht auf-

1) Aufgrund intensiver und langandauernder hydrologischer Untersuchungen im Lößgebiet des Ostkaiserstuhls konnten erhebliche tiefreichende Bodenfeuchtebewegungen festgestellt werden (freundl. mündl. Mitteilung durch G. MORGENSCHWEIS 1973 und 1974). Daraus wäre zwanglos zu schließen, daß die im Löß wasserhaushaltlich gesteuerte Pedogenese nicht nur auf die obersten Dezimeter des Solums beschränkt bleiben dürfte.

gehoben hat, sondern ihre Merkmale in Richtung auf die des A-Horizontes verschob, so daß die obersten Horizonte der heute vorhandenen reliktsichen Steppenböden des Südlichen Rhein Hessischen Tafel- und Hügellandes oben durch einen A_p - bzw. A_h - oder durch einen A_h/B_v -Horizont ausgewiesen sind. Dabei können die A-Horizonte, von denen in einem Profil auch mehrere übereinander auftreten, wegen der B_v -Aufzehrung sehr mächtig werden.

4. Diskussion und Ergebnisse

Wie für andere Klimaabschnitte der Würm-Kaltzeit in Rheinhessen nachgewiesen werden konnte, muß mit recht differenzierten vorzeitlichen Klimaverhältnissen gerechnet werden (LESER 1970). Das ausgehende Würm, so zeigte das Beispiel des Profils Wal l e r t h e i m, weicht grundsätzlich nicht von den Verhältnissen in anderen Bereichen des Rhein-Main-Gebiets ab. Die für die übrigen mitteleuropäischen Lößlandschaften vermuteten oder auch nachgewiesenen beträchtlichen Klimaschwankungen am Übergang von der Würm-Kaltzeit zum Holozän können aufgrund der in Rheinhessen relativ großflächig beobachteten f o s s i l e n S t e p p e n b ö d e n im jüngsten Löß bestätigt werden. Während ZAKOSEK (1962) auf diese Steppenböden n i c h t eingeht, obwohl seine Karte auch zahlreiche Vorkommen von Oberflächenböden aus dem engeren Untersuchungsraum enthält, beschreiben verschiedene Autoren ähnliche Verhältnisse aus weiter entfernten Gebieten. Das zu diskutierende Problem besteht darin, mit welcher Wahrscheinlichkeit solche intensiven spätglazialen Bodenbildungen, die die beschriebenen fossilen Steppenböden repräsentieren, auftreten können und inwieweit die Annahme von Lößbildung in der Jüngeren Dryas-Zeit gerechtfertigt ist, während die klassische Auffassung diese dem Hochglazial zuschreibt, das knapp 2 000 Jahre vor Beginn der Jüngeren Dryas-Zeit endete.

Sowohl die Frage der Bodenbildung als auch die der Lößsedimentation steht im Zusammenhang mit der spät- und postglazialen Klima- und Vegetationsentwicklung. Hierbei muß auf die Arbeiten verschiedener älterer Autoren zurückgegriffen werden, die für die Subarktische Zeit des Spätglazials bereits steppenzeitliche Bedingungen vermuten (POSER 1948, 1951; WILHELMY 1950). Vor allem pollenanalytische Untersuchungen, die n a c h den grundlegenden Arbeiten von FIRBAS (1949, 1952) durchgeführt wurden, weisen ausgesprochene Steppenvegetation nach. Die referierende Arbeit von ZIEHEN (1970) kann für Rheinhessen zumindest teilweise den entsprechenden Nachweis führen. Im weiteren süddeutschen Raum läßt sich für die Ältere Dryas-Zeit „Klima mit einer stark kontinentalen Tendenz“ (TEUNISSEN & SCHOONEN (1973) nachweisen, das für Rheinhessen als sicher vermutet werden kann, weil die Landschaft wegen ihrer Leelage zum Saar-Nahe-Bergland und bestimmten lokalen Klimateffekten (KLUG 1961; LESER 1969; SCHWEIGMANN 1967) erst recht kontinentalen Charakter aufweisen mußte. Da die Reliefformen Rheinhessens sich am Ende der Würm-Kaltzeit nicht mehr in mesoklimatisch entscheidenden Dimensionen veränderten und weil gleichzeitig für höhere und damit feuchtere Grabenrandgebirge Steppenklimate- und Steppenvegetationsbedingungen bewiesen werden, gilt die Annahme von steppenzeitlichen Verhältnissen auch für die oberrheinische Randlandschaft des Rhein Hessischen Tafel- und Hügellandes. Es kommt noch hinzu, daß auch gegenwärtig für das Aufnahmegebiet der hier beschriebenen Steppenböden besonders trocken-kontinentale Bedingungen festgestellt wurden (KLUG 1961; SCHWEIGMANN 1967), die aus den o. a. Gründen auch für das ausgehende Würm vermutet werden müssen. Für andere Gebiete wird die gleiche Problematik von KOPP (1965) ausführlich diskutiert: diese Bedingungen müssen zumindest auch in der als klimatisch günstiger beurteilten Alleröd-Zeit bestanden haben, weil für jene mit einem beträchtlichen Hinaufrücken der Vegetationsgrenzen in den oberrheinischen Randgebirgen (TEUNISSEN & SCHOONEN 1973) zu rechnen ist. Für die trockene Lößlandschaft Rheinhessens bedeutete das ganz sicherlich eine Verstärkung der

steppenhaften Bedingungen. Dies führte auch zur Entstehung der fossilen Steppenböden, die als mäßig intensive Bodenbildungen bezeichnet werden können. Die in solch einem Zusammenhang sofort auftauchende Frage nach den lokalen Feuchteverhältnissen, die u. a. SCHEFFER, FÖLSTER & MEYER (1960) oder auch ROHDENBURG & MEYER (1968) in den Mittelpunkt der Diskussion rücken, stellt sich in Rheinhessen aufgrund der makro- und mesoklimatischen Situation und den heutigen hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnissen nicht (siehe dazu LESER 1969). Zum anderen konnte, wie bereits erwähnt, die Verbreitung derartiger fossiler f_{1A/B_V} - etc. Horizonte auch außerhalb von topohydrologisch günstigen Arealen festgestellt werden, d. h. auf leicht geneigten flachen Riedelflanken, die in der Lößlandschaft einwandfrei als trocken zu bezeichnen sind und die wegen der dort relativ günstigen Abtragsverhältnisse sogar schwache Erosionslagen darstellen. Damit soll gezeigt werden, daß vom Bodenfeuchtehaushalt her keine besonderen Gunst-situationen für sämtliche Bodenbildungen des Untersuchungsraums gegeben waren und daß auch die orographischen und damit die morphodynamischen Verhältnisse einer Boden-erhaltung entgegenlaufen.

Wie KOPP (1965) ausführt, bedarf die Erscheinung von Steppenböden unter spätglazialen Bedingungen einer besonderen Erklärung. Er weist darauf hin, daß in den Lößlandschaften Mitteleuropas die Steppenbodenbildungsbedingungen und die -dauer gebietsweise sehr unterschiedlich gewesen sind, was mit den reliefbedingten Klima- und Wasserhaushaltsdifferenzierungen erklärt werden kann. Bemerkenswert erscheint vor allem der Satz „Die spätglazialen Bodenbildungsprozesse können nicht als eine überall gleichgerichtete Erscheinung (Tundrenböden) aufgefaßt werden“ (S. 106). Davon war u. a. auch noch LESER (1967), z. T. mangels geeigneter Aufschlußverhältnisse, für gewisse Profile Südrheinhessens ausgegangen. Sicher lassen sich, wie vor allem die Großprofile M o n s h e i m oder W a l l e r t h e i m zeigten, hoch- bzw. spätglaziale Naßböden nachweisen. Ihre genaue Altersbestimmung mußte aber offen bleiben, wenn davon abgesehen wird, daß ein Teil der Böden unter und ein Teil der Böden über dem allerödzeitlichen Tuffband auftritt: diese Skala der in Rheinhessen auftretenden jungwürmzeitlichen Bodenbildung kann also um echte Steppenbodenbildungen, d. h. den hier beschriebenen f_{1A/B_V} -Typ und seine Varietäten, bereichert werden. Bei Durchsicht der Literatur zeigt sich auch, daß die einhellige Meinung zu herrschen scheint, daß tiefhumose, intensive Bodenbildungen — bis hin zum Parabraunerdetyp — also nicht nur Steppenböden — möglich sind. Dies beweisen frühe Untersuchungen von SCHÖNHALS (1960), der Parabraunerden aus Löß unter allerödzeitlichen Bimstoffen fand. Auch die Untersuchungen von BECKER (1967 a, 1967 b) lassen vermuten, daß parabraunerdeartige Steppenböden während des Alleröd entstehen konnten. Gleichfalls von Parabraunerdebildung im Jungwürm und im beginnenden Holozän sprechen BRUNNACKER (1954, 1959) und PLASS (1966). Auch SCHARPENSEEL & PIETIG (1969) korrigieren ihre frühere Auffassung (SCHARPENSEEL, TAMERS & PIETIG 1968) dahingehend, daß die aus methodischen Gründen zunächst ins Atlantikum und ins Boreal gestellten heutigen Schwarzerden „bereits ins Jungwürm (Dryas, Alleröd, vielleicht sogar schon Bölling)“ gehören (1969: 150). Die Autoren schneiden auch die zweite hier interessierende Frage nach der spätglazialen Lössanwehung an. Sie gelangen zu der Auffassung, daß diese im Jungwürm noch lange angehalten hat. Solche Sedimentbewegungen im Ober-rheinischen Tiefland hält auch BECKER (1967 a) für wahrscheinlich. Die eindeutigen periglazialen Verhältnisse, die FRECHEN & ROSAUER (1959) für das Neuwieder Becken registrierten, konnten in den vorliegenden Profilen mit letzter Sicherheit nicht nachgewiesen werden: verschiedene sedimentologische Merkmale sprechen jedoch für eine solifluidale Umlagerung des Lösses, der in der Jüngeren Dryaszeit sedimentiert worden ist. Dies braucht jedoch in keinem Gegensatz zu steppenzeitlichen Verhältnissen zu stehen, wenn an den Zeitraum gedacht wird, der für postallerödzeitliche Lössaufwehung und präboreale bis boreale Steppenbodenbildung zur Verfügung stand. Dabei darf nicht übersehen

werden, daß Lössauswehung in Steppengebieten auch ohne periglaziale Klimabedingungen erfolgen kann und daß trotz Lössaufwehung eine Weiterentwicklung der Steppenböden möglich ist. SCHARPENSEEL & PIETIG (1969) sprechen von einem langsamen „Hindurchwachsen“ der Schwarzerden durch einen sich allmählich aufhöhenden Lössschleier. Die ausgeprägte Grenze zwischen dem liegenden fossilen Steppenboden und dem aus dem jungtundrenzeitlichen Löß gebildeten reliktsichen Steppenboden, über dessen Entstehungszeit seit ZAKOSEK (1962) nicht mehr diskutiert zu werden braucht, geht unter anderem darauf zurück, daß die sich aus dem fossilen Steppenboden entwickelnde Braunerde-Parabraunerde infolge der bisweilen beträchtlichen Tongehalte eine relativ stabile Erscheinung darstellt. Darauf deutet auch die fast vollständige Erhaltung dieser fossilen Böden auf großen Flächen hin, obwohl eine nachträgliche Kappung die ursprüngliche Mächtigkeit verringert hat.

Als genetische Deutung der fossilen Steppenböden des Südlichen Rhein Hessischen Tafel- und Hügellandes kann also ausgesprochen werden, daß die Böden — entsprechend den Datierungen in anderen westdeutschen und süddeutschen Lößlandschaften — während der Alleröd-Zeit gebildet worden sind, weil die reliktsichen Steppenböden aus den postglazialen Wärmezeiten stammen, die bisher allein für Steppenbodenbildung in Frage kamen. Die klimatischen Verhältnisse des ausgehenden Würm, speziell diejenigen ab der Ältesten Subarktischen Zeit (= Älteste Dryas-Zeit), müssen als äußerst schwankend angenommen werden, so daß die aus diesen Zeiten stammenden Bodenbildungen auch makroklimatisch repräsentativ sind. Im Falle Rhein Hessen kommt hinzu, daß vom Mesoklima her und von den Wasserhaushaltsverhältnissen der Landschaft sich eo ipso steppenartige Verhältnisse vermuten lassen, die die Annahme wahrscheinlich machen, daß noch weitere Steppenböden aus dem Übergang vom Würm zum Holozän gefunden werden können, die nicht aus den postglazialen Steppenzeiten stammen.

Auch bei den rheinhessischen Steppenböden wäre zu beachten, und darauf soll abschließend nur kurz hingewiesen werden, daß auch während der Vorzeit verschiedene Bodenlandschaften existierten, die auf die Entwicklung der subrezent und fossilen Böden Einfluß hatten. Darauf wiesen u. a. ZAKOSEK (1962, Abb. 1) und ZIEHEN (1970) hin. Unter Berücksichtigung dieser Arbeiten und eigener Untersuchungen zwischen 1963 und 1974 kann festgehalten werden, daß je nach Klimateillandschaft und je nach topohydrologischer Situation von den Steppenböden verschiedener Entwicklungsreihen durchlaufen wurden, die zu den heutigen an der Erdoberfläche befindlichen Böden führten, die sich auf dem rheinhessischen Löß zwischen der Steppenboden-Sequenz und der Parabraunerde-Steppenboden-Sequenz anordnen (Tab. 1). Dabei kann zumindest für große Teile des Südlichen Rhein Hessischen Tafel- und Hügellandes postuliert werden, daß diese Entwicklungsreihen

1. mindestens auf dem postglazialen Steppenboden aufbauen,
2. nur teilweise die Regradationsphase durchliefen und
3. teilweise von fossilen Steppenböden unterlagert werden, deren Dynamik sie mitbeeinflußten.

Das hat zur Konsequenz, daß unter den postglazialen Steppenbodenvorkommen gelegentlich auf großen Arealen fossile Böden verbreitet sind, die

1. grundsätzlich immer Steppenböden gewesen sein müssen, wie ihr Profilaufbau zeigt und die
2. fast dem gleichen Geneseprinzip unterlegen haben, wie die jüngeren und auf sie — nach einer Lösssedimentation — folgenden postglazialen Steppenböden des Präboreals und Boreals, indem sie eine Degradationsphase durchmachten, die zur Über-

Zeiteinteilung nach H. STRAKA, '70		Steppenboden- Reihe	Braunerde- Steppenboden- Reihe	Parabraun-/ Braunerde- Steppenboden- Reihe	Parabraunerde- Steppenboden- Reihe
+ 1000 0	S'Atl	Reliktischer Steppenboden	Braunerde	Parabraunerde	Parabraunerde
- 1000 - 2000	S' Bor	Regradierter Steppenboden	Braunerde	Braunerde	Parabraunerde
- 3000 - 4000 - 5000	Atlan	Degradierter Steppenboden	Braunerde Degradierter Steppenboden	Braunerde Degradierter Steppenboden	Degradierter Steppenboden
- 6000 - 7000	Boreal	Steppenboden	Steppenboden	Steppenboden	Steppenboden
- 8000	Prä Bor	Steppenboden	Steppenboden	Steppenboden	Steppenboden
- 9000	Jü Dryas				
-10 000	Alleröd	Steppenboden	Steppenboden	Steppenboden	Steppenboden
-11 000	Äl Dryas				
-12 000	Hoch Glaz	Nassböden	Nassböden	Nassböden	Nassböden

Tabelle 1

Mögliche Entwicklungen der Steppenböden Rheinhessens vom ausgehenden Würm bis zur Gegenwart. Die angegebenen Sequenzen sind typisch für Catenen bestimmter rheinhessischer Lößlandschaften.

prägung in Richtung auf Braunerde bzw. Parabraunerde (oder Varietäten) führte, wobei

3. sich die Degradationsmerkmale infolge der Degradation des hangenden und heute reliktsichen Steppenbodens verstärkten, während sich
4. die Regradationsphase der postglazialen Steppenböden auf den Profilaufbau der liegenden fossilen Steppenböden anscheinend nicht auswirkte, soweit Analysendaten und profilmorphologische Merkmale erkennen lassen.

Schriftenverzeichnis

- ANDRES, W.: Beobachtungen zur Gliederung eines Würmlößprofils und zur spätwürmzeitlichen und holozänen Hangüberformung bei Marienborn (Rheinhessen). — Mainzer Naturwiss. Arch. 7, 131—140, Mainz 1968.
- BECKER, E.: Zur stratigraphischen Gliederung der jungpleistozänen Sedimente im nördlichen Oberrheintalgraben. — Eiszeitalter u. Gegenwart 18, 5—50, Öhringen 1967 (1967 a).
- : Zur Stratigraphie der Flugsande im nördlichen Oberrheintalgraben. — Z. deutsch. geol. Ges. 116, 983—984, Stuttgart 1967 (1967 b).

- BRUNNACKER, K.: Löß und diluviale Bodenbildungen in Südbayern. — *Eiszeitalter u. Gegenwart* **4/5**, 83—86, Öhringen 1954.
- : Bemerkungen zur Parabraunerde (Ergebnisse der Bodenkartierung in Bayern). — *Geol. Jb.* **76**, 129—150, Hannover 1959.
- FIRBAS, F.: Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. — 1. Bd. Allgemeine Waldgeschichte, 480 S., Jena 1949.
- : Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 2. Bd. Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. 256 S., Jena 1952.
- FRECHEN, J. & ROSAUER, E. H.: Aufbau und Gliederung des Würm-Löß-Profiles von Kärlich im Neuwieder Becken. — *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.* **4**, 267—282, Krefeld 1959.
- KLUG, H.: Das Klima Rheinhessens in seiner kleinräumigen Gliederung. — *Mitt. Bl. rheinhess. Landeskd.* **10**, 321—327, Mainz 1961.
- KOPP, E.: Über Vorkommen „degraderter Steppenböden“ in den Lößgebieten des Niederrheins und Westfalens und ihre Bedeutung für die Paläobodenkunde und Bodengenese. — *Eiszeitalter u. Gegenwart* **16**, 97—112, Öhringen 1965.
- LESER, H.: Beobachtungen und Studien zur quartären Landschaftsentwicklung des Pfrimmgebietes (Südrheinessen). — *Arb. rhein. Landeskd.*, H. 24, 442 S., Bonn 1967.
- : Landeskundlicher Führer durch Rheinessen. Rheinnessisches Tafel- und Hügelland. — *Samml. geogr. Führer* **5**, 253 S., Berlin-Stuttgart 1969.
- : Die fossilen Böden im Lößprofil Wallertheim (Rheinnessisches Tafel- und Hügelland). — *Eiszeitalter u. Gegenwart* **21**, 108—121, Öhringen 1970.
- PLASS, W.: Braunerden und Parabraunerden in Nordhessen. — *Z. Pflanzenern. Bodenkde.* **114**, 12—26, Weinheim 1966.
- POSER, H.: Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. — *Naturwiss.* **35**, 307—312, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1948.
- : Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. — *Eiszeitalter u. Gegenwart* **1**, 27—55, Öhringen 1951.
- RAU, D.: Untersuchungen zur Morphologie und Genese der Lößböden im Thüringer Becken. — *Abh. Zentr. Geol. Inst.*, H. 4, 71 S., Berlin 1965.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B.: Zur Datierung und Bodengeschichte mitteleuropäischer Oberflächenböden (Schwarzerde, Parabraunerde, Kalksteinbraunlehm): Spätglazial oder Holozän? — *Gött. Bodenkdl. Ber.* **6**, 127—212, Göttingen 1968.
- SCHARPENSEEL, H., W. TAMERS & PRETIG, F.: Altersbestimmung von Böden durch die Radiokohlenstoffdatierungsmethode. I. Methode und vorhandene ¹⁴C-Daten. — *Z. Pflanzenern., Düng., Bodenkde.* **119**, 34—44, Weinheim 1968.
- SCHARPENSEEL, H. W. & PRETIG, F.: Altersbestimmung von Böden durch die Radiokohlenstoffdatierungsmethode. III. Böden mit B_t-Horizonten und fossile Schwarzerden. — *Z. Pflanzenern., Bodenkde.* **122**, 145—151, Weinheim 1969.
- SCHAEFFER, F., FÖLSTER, H. & MEYER, B.: Zur Entstehung von Schwarzerden und schwarzerdeartigen Böden. I. Mitt.: Der indische Regur als Beispiel für tropische Schwarzerdebildung. — *Chemie der Erde* **20**, 302—330, Jena 1960.
- SCHÖNHALS, E.: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte 1 : 300 000. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, H. 2, 288 S., Wiesbaden 1954.
- : Spätglaziale äolische Ablagerungen in einigen Mittelgebirgen Hessens. — *Eiszeitalter u. Gegenwart* **8**, 5—18, Öhringen 1957.
- : Spät- und nacheiszeitliche Entwicklungsstadien von Böden aus äolischen Sedimenten in Westdeutschland. — *Proc. 7th Int. Congr. Soil Sci. Madison USA*, 1960, 283—290.
- SCHWEIGMANN, F.: Die Niederschlagsverhältnisse im Raume Worms, aufgezeigt an Meßergebnissen neueren Datums. — *Mitt. Bl. rheinhess. Landeskd.* **16**, 327—334, Mainz 1967.
- STRAKA, H.: Arealkunde — Floristisch-historische Geobotanik. Einführung in die Phytologie, Bd. III, Teil 2, 478 S., Stuttgart 1970.
- TEUNISSEN, D. & SCHOONEN, J. M. C. P.: Vegetations- und sedimentationsgeschichtliche Untersuchungen am Grand Étang bei Gérardmer (Vogesen). — *Eiszeitalter u. Gegenwart* **23/24**, 63—75, Öhringen 1973.
- WILHELMY, H.: Das Alter der Schwarzerde und der Steppen Mittel- und Osteuropas. — *Erdkde.* **IV**, 5—34, Bonn 1950.
- ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. — *Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch.*, H. 37, 46 S., Wiesbaden 1962.
- ZIEHEN, W.: Wald und Steppe in Rheinessen. Ein Beitrag zur Geschichte der Naturlandschaft. — *FDL* **196**, 154 S., Bad Godesberg 1970.

Manuskript eingeg. 25. 11. 1974.

Anschrift der Verf.: Prof. Dr. H. Leser, Geographisches Institut der Universität, CH-4056 Basel (Schweiz), Klingelbergstraße 16 und Dr. N. Maqsud, Geographisches Institut Universität Mainz, D-6500 Mainz, Saarstraße 21.