

Echte und falsche Dauerfrostböden auf der Oberrheinischen Niederterrasse zwischen Karlsruhe und Mannheim

Von L. G. Hirsch, Karlsruhe

(Aus den Landessammlungen für Naturkunde)

1. Einführung

Seit es mir im Frühjahr 1940 (Hirsch 1949) erstmalig für den Rheinaltgraben gelungen war, eiszeitliche Dauerfrostböden auf der Niederterrasse bei Karlsruhe zu erkennen, schenkte ich dieser Erscheinung und ihrer Verbreitung im oberrheinischen Raum stets wache Aufmerksamkeit. Deshalb konnte ich immer neue Beobachtungen sog. Würge- und Taschenböden sammeln, die ganz meinem ersten, 1949 ausführlich beschriebenen und abgebildeten entsprechen.

Die Gleichartigkeit der Ausbildung ist an den zahlreichen Beobachtungsstellen — mehr oder weniger ausgeprägt finden sich diese Bildungen fast in jeder auf der Niederterrasse angelegten Sand- und Kiesgrube — so weitgehend, daß sich die Registrierung eigentlich nur auf die räumliche Verbreitung beschränken kann.¹⁾ Sachlich scheint kaum irgendwo Neues feststellbar zu sein. Dennoch konnte ich in letzter Zeit einige Vorkommen fossiler Böden untersuchen, die unser Wissen um diese Bildungen wesentlich erweitern.

2. Frostböden bei Neureut bei Karlsruhe

Zum Verständnis der neuen Erkenntnisse sei nochmals von der Normalform des Würgebodens ausgegangen. Beim Bau der neuen Siedlung bei Neureut (nördlich Karlsruhe) waren im Herbst 1949 in zahlreichen Baugruben großartige Aufschlüsse vorhanden. Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einer solchen mit folgendem Profil:

1. ca. 20 cm dunkle humose Schicht (heutiger Boden).
2. „ 70 „ junger, heller Flugsand.
3. „ 30—40 „ dunkelrotbraune ungeschichtete, teilweise gebänderte Lehmlage, die nach oben scharf und deutlich begrenzt ist, deren Untergrenze ganz unregelmäßig, taschenförmig ins Liegende hineingreift („Taschenboden“). Stellenweise (so links im Schatten und an der Ecke unter der Tafel auf Abb. 1) wird sie von wenigen Zentimetern „Rheinweiß“ unterlagert.
4. „ 20—50 „ geschichtete, feine Sande, die teils (besonders im tieferen Teil) fluviatil angeschwemmt, teils durch Wind angeweht

¹⁾ Dazu erscheint mir bemerkenswert, daß das Vorkommen von Frostböden in meinem Arbeitsgebiet ausschließlich auf die rechtsrheinische Niederterrasse und die entsprechende linksrheinische Fläche beschränkt ist. Linksrheinisch fand ich Würgeböden in einer Baugrube am südlichen Ortsausgang von Rülzheim und Herrn Dr. Kaiser vom Historischen Museum der Pfalz in Speyer danke ich die Mitteilung, daß er solche bei Speyer und Schifferstadt beobachtete. — In der Vorbergzone wurden mir bis jetzt mit einer Ausnahme — am Eingang in die Schlucht, die von Durlach-Aue nach Hohenwettersbach führt — noch keine Vorkommen bekannt. Wahrscheinlich hängt dies mit dem dort zu tief liegenden Grundwasserspiegel zusammen.

sein könnten. Vor allem der oberste Teil macht stellenweise lössandartigen Eindruck.

5. Sandige Kiese des Rheins, deren oberste 40—60 cm eine eigenartige wirbelige Struktur aufweisen und wie durchgeknetet erscheinen. (Abb. 2 und 3).

Die Bildung dieser Schichtfolge ist vermutlich so zu erklären:

1. Anschwemmung der Kiese durch die Schmelzwässer einer ausklingenden Kälteperiode.

2. Ablagerung der geschichteten Feinsande in einer Mächtigkeit von 50—100 cm.

3. Unter feucht-warmem Klima (wie es heute teilweise im Mittelmeergebiet herrscht) bildete sich der obere Teil dieser Ablagerung zu dunkelrot-braunem Lehm (Schicht 3) um. Er stellt also eine fossile Verwitterungsrinde, besser gesagt, eine fossile Bodenbildung dar.

4. Unter dem Einfluß einer neuen Klimaverschlechterung gefror die ganze bisher entstandene Schichtfolge mehrere Meter tief. In den feinkörnigen Deckschichten bildeten sich Frostrisse, die sich teils von oben her durch gelegentlich auftretende Schmelzwässer, teils durch kapillare Saugkräfte aus dem in geringer Tiefe liegendem Grundwasserspiegel mit Wasser füllten. Bei nur mäßigem Tauwetter schmolzen die so in den Spalten entstandenen Eiskeile. Auch die obersten Dezimeter des Bodens erweichten und flossen zwischen den noch gefrorenen Wänden in die Spalten ein.

Selbst in Fällen extremer Erwärmung taute das mehrere Meter mächtige Bodeneis nur zum Teil, vielleicht bis zu einer Höchsttiefe von 1,0—1,5 m auf. Über dem noch gefrorenen und daher undurchlässigen Untergrund stauten sich dabei große Mengen von Schmelzwasser und verwandelten alle höheren Erdmassen in einen plastischen Brei. Beim Wiedergefrieren strebte dieser infolge der Übersättigung mit Wasser starke Volumvermehrung an. Dieser wirkte aber die schon durch Frost verfestigte Deckschicht entgegen. Das führte schließlich zu Hebungen, Verbiegungen und Zerreißen der obersten Dezimeter, die dabei trotzdem ihre ursprüngliche Schichtung kaum veränderten und zu Verknütnungen und Verquetschungen der Zwischenschicht (Abb. 2), wobei flache Gerölle nicht selten auf ihre schmale Seite zu stehen kamen (Abb. 3).²⁾

5. Die Aufwehung des jungen Flugsands und selbstverständlich erst recht die Herausbildung des heutigen Bodens über demselben sind jünger als die Dauerfroststrukturen. Denn sonst müßten auch sie mit durchgeknetet sein.

Mit meiner Auffassung der Wirbel und Verknütnungen der Grenzzone der Kiese als Dauerfroststrukturen stimmen fast alle überein, mit denen ich diese Erscheinung diskutieren durfte.³⁾ Nur von Beckmann⁴⁾ und

²⁾ Diese unter Eispresung entstandenen Strukturen werden auch als „kryoturbat“ bezeichnet. Der in Fachkreisen längst bekannte Mechanismus ihrer Entstehung wurde hier deshalb nochmals ausführlich erörtert, um die Vorstellung der zugehörigen Klimabedingungen als Grundlage ihrer zeitlichen Einstufung zu verlebendigen. — Oberdorfer gab zu bedenken, ob diese Verdrückungen nicht durch die Pressungen hervorgerufen würden, die infolge des Dickenwachstums von Pfahlwurzeln auftreten müssen. Eine solche Folgewirkung erscheint mir aber aus zwei Gründen völlig ausgeschlossen. Einmal geht ja das Dickenwachstum außerordentlich langsam vor sich. Andererseits fehlt in diesem Fall der Gegen- druck, wie ihn eine gefrorene und dadurch verfestigte Erdoberfläche ausübt. Vielmehr wird jeder Seitendruck durch Ausweichen der Bodenteile nach oben aufgefangen werden, so daß wohl leichte Störungen der ursprünglichen Schichtung auftreten können, nie aber echte Verknütnungen der hier beobachteten Art.

³⁾ Die Aufschlüsse in Neureut, Forst, Karlsdorf, Seckenheim und Forchheim durfte ich zum Teil mit den Herren Dr. Oberdorfer, Dr. Dauber und Hormuth an Ort und Stelle diskutieren. Die Aufschlüsse bei Seckenheim besuchten auf

Oberdorfer erfuhr ich lebhaften Widerspruch. Nach deren Auffassung bildet die ganze Schichtfolge über den Kiesen eine einzige jüngere Ablagerung, die in ihrer Gesamtheit durch nachfolgende bodenbildende Vorgänge in ein dreigliedriges Bodenprofil umgewandelt wurde. Dabei handle es sich um einen Waldboden, bei dem Sch. 1 der humose Oberboden sei, zu dem Sch. 2 als Auslaugungs- und Sch. 3 als Anreicherungshorizont gehöre.

Letzterer sei nach Oberdorfer's Meinung an einen alten Grundwasserstand gebunden, was daraus hervorgeht, daß er sowohl in den Feinsanden, als auch in den Kiesen (besser an ihrer Oberfläche) auftrete. Besonders charakteristisch seien dafür die Taschen, die als Wurzelsäcke angesehen werden, d. h. die Pfahlwurzeln ehemals hier stockender Eichen hätten in ihrem Bereich die Sickerwasser-Bewegung und damit die Stoffwanderung (sowohl chemisch gelöst, wie mechanisch in Form feinsten Partikel) besonders begünstigt.

So stehen sich also hier zwei Deutungen gegenüber, von denen sich jede auf Erfahrungen stützt, die anderen Orts gewonnen und hierher übertragen wurden. Eine zwingende Beweisführung für die eine oder andere ist durch unmittelbare Beobachtung an Ort und Stelle nicht möglich. Da kann nur eine theoretische Durcharbeitung des Befunds weiter helfen, die von zwei Grundfragen auszugehen hat:

1. Liegen hier kryoturbate Strukturen vor oder nicht?

2. Ist der rotbraune Lehm nun älter oder jünger als die Frostbodenbildung — sofern sich überhaupt solche erweisen läßt?

Die Lösung dieser Frage interessiert jedoch nicht nur den Bodenkundler, denn es ergeben sich daraus gar vielfältige Folgerungen für die Beurteilung der Klimatologie und Geographie der Vorzeit, für die Gliederung des Eiszeitalters und — wie unten gezeigt werden wird — sogar für die Vorgeschichte.

Tatsächlich muß nun Frage 1 bejaht werden. Die Beweisführung möge allerdings zurückgestellt bleiben bis zur Besprechung der Beobachtungen bei Forst und Seckenheim, die jede andere Deutung der Verhältnisse in Neureut ausschließen.

Gehen wir nun zur Beantwortung der Frage 2 von der Annahme aus, die Bodenbildungen über den Kiesen seien alle jünger als der Dauerfrost, so erhebt sich die Frage, ob Würgestruktur und Anschwemmung der Kiese nicht gleichaltrig sein können, ist doch die Entstehung beider an kalte Zeiten gebunden. Schon eine kurze Betrachtung widerlegt aber eine solche Vermutung. Denn Ersteres setzt eine viele Meter tiefe Gefromnis langer Dauer voraus, Letzteres aber große Wassermassen. Beides schließt sich jedoch gegenseitig aus. Zudem erfordert die Würgestruktur eine stark wasserdurchtränkte Schicht zwischen noch gefrorenem Untergrund und schon wieder gefrorener Oberfläche. Also müssen die Kiese zur Zeit des Dauerfrostes schon eine Deckschicht getragen haben.

Diese Deckschicht kann aber unmöglich schon die ganze heute vorhandene Mächtigkeit besessen haben. Sonst wäre nicht nur der tiefste Horizont, sondern auch höhere Teile mit verknetet. Da diese infolge ihres geringen Porenvolumens doch viel stärkere kapillare Saugkräfte entwickelt hätten als der Kies, also erst recht wasserreich gewesen wären.

Macht diese Überlegung auch wahrscheinlich, daß Sch. 3 allein noch vor der Dauerfrostperiode abgelagert worden war, so braucht sie damals noch nicht ihre heutige Beschaffenheit gehabt zu haben. Mit anderen Worten,

meine Anregung die Herren Professoren Beckmann, Büdel und Panzer, woran sich brieflicher Gedankenaustausch knüpfte. Für die vielfältigen Anregungen, die mir daraus erwachsen, danke ich all diesen Herren herzlich.

*) Beckmann hat zwar diesen Aufschluß nicht gesehen, doch glaube ich seine Auffassung so gut zu kennen, daß er auch ihn kaum anders gedeutet hätte, wie den von Seckenheim.

dies schließt nicht aus, daß die Herausbildung eines dreigliedrigen Bodenprofils, in dem Sch. 3 eben zu dem dunklen Anreicherungshorizont wurde, doch erst in postglazialer Zeit erfolgt sein könnte.

Dagegen ist einzuwenden, daß Sch. 2 viel zu geringmächtig, Sch. 3 viel zu stark ist, als daß beide durch mechanische Ausspülung und chemische Lösung und Wiederfällung auseinander hervorgegangen sein könnten. Zudem ist das Übergreifen des braunen Horizonts auf Feinsande und Kiese kein Beweis gegen eine Entstehung als Verwitterungsrinde einer alten Landoberfläche. Materialbedingt ist sie im Feinsand lehmiger und dunkler, im Kies mehr rostfarbig. Eine echte Eisenfällung im Schwankungsbereich des Grundwassers hat ganz anderes Aussehen.

Somit bleibt gar nichts anderes übrig, als Sch. 3 als einen selbständigen fossilen Boden anzusehen, der nachträglich von jüngeren Bildungen überlagert wurde. Nur ist noch nicht geklärt, ob die Bodenbildung auf Sch. 3 jünger oder älter ist als der Dauerfrost. Gegen spätere Entstehung spricht aber, daß gar nicht einzusehen ist, warum jüngere Verwitterungsvorgänge immer scharf an der älteren Grenze gegen die Froststruktur haltgemacht hätten. Im Gegenteil erscheint die Verlehmung durch ihren höheren Gehalt an feinsten Korngrößen erst als Voraussetzung für die Bildung der Frostrisse und der Fließerde, welche die Eiskeile ersetzte. (Weitere Gründe für die Datierung der Verlehmung vor dem Dauerfrost konnten aus den Beobachtungen in Seckenheim abgeleitet werden. — Siehe unten.)

3. Wurzelboden von Forst

Da Oberdorfer diesen Einwänden gegenüber gelten läßt, daß meine Erklärungen in den speziellen, von mir aufgezeigten Fällen zutreffen mögen, grundsätzlich Taschenböden als Bildungen unter Wald anzusehen seien, lag es für mich nahe, Kennzeichen zu suchen, die es ermöglichen, echte und Schein-Taschenböden, also Dauerfrostböden und Wurzelsäcke zu unterscheiden.

Der Suche im Gelände stellte ich dazu folgende theoretischen Erwägungen voraus: Frosttaschen sind aus Spalten hervorgegangen. Sie lassen sich also linear verfolgen, stehen untereinander in Verbindung und bilden im Horizontalschnitt ganze Netze. (Vergl. Hirsch, 1949, Fig. 2, S. 65 u. Abb. 4 T. 2.) Die Taschen des Waldbodens sind dagegen selbständig. Punktförmig angeordnet gleichen sie auf die Spitze gestellten Kegeln, entsprechend ihrer Entstehung durch das von einer Pfahlwurzel ausgehende Wurzelwerk, in dem dieses den Tagewässern das Absinken und somit den Transport der in der Bleichungszone gelösten und ausgeschlammten Stoffe erleichterten. Die Ausfällung am Rande des Wurzelballens macht die Tasche erst richtig deutlich.

Somit besteht eine Wurzeltasche — besser spricht man eigentlich wegen der größeren Ausmaße von Säcken — aus demselben Material wie ihre Umgebung, was sich auch darin zeigt, daß im tiefsten Teil die ursprüngliche Schichtung noch erhalten sein kann, wie dies in der Mitte der Abb. 4 und 5 erkennbar ist. Allerdings ist das Ausgangsmaterial in dem Sack um gewisse Bestandteile verarmt, in der Grenzzone um dieselben anreichert. Diese Anreicherung schließt ihn aber nicht nach oben ab. Vielmehr ist das Material innerhalb und über dem Sack, ganz allgemein, über dem dunklen Horizont, einheitlich.

Im Gegensatz dazu ist die Frosttasche völlig von dem eingeflossenen Hangendmaterial erfüllt. Ihre äußere Begrenzung ist scharf. Eine echte primäre Schichtung kann nie durch eine Frosttasche hindurchsetzen. Weil der helle Horizont über den Frosttaschen eine jüngere geologische Bildung ist, die durch einen Hiatus, nämlich eine Warmzeit, die zur Rotbraunverwitterung der alten Landoberfläche führte, und der Kaltzeit, die den Frost-

boden schuf, von ihrem Liegenden getrennt ist, und weil die Taschen Spaltenfüllungen darstellen, ist die Begrenzung des dunklen Horizonts nach oben und unten wesentlich schärfer als bei einem Anreicherungs-horizont.⁹⁾

Mit diesen Erkenntnissen ausgestattet, gelang es mir schließlich, im Sommer 1949 echte Waldböden dieser Art auf der Oberrheinischen Niederterrasse aufzufinden. Sie sind im Raume von Forst bei Bruchsal verbreitet und lassen sich bestimmt auch noch an vielen anderen Orten feststellen. Allerdings ist es für einen nicht genügend mit der Materie vertrauten oder nicht ganz exakt untersuchenden Beobachter nicht immer leicht, echte und falsche Frosttaschenböden zu unterscheiden.

Meine Abb. 4 und 5 stammen aus einer Sandgrube beim Sportplatz Forst. Gleichzeitig konnte ich die Erscheinung in den Baugruben der Siedlung Wiesental (am westl. Ortsrand gegen den Bahnhof) studieren. Ziemlich übereinstimmend war in allen Fällen folgende Schichtlagerung zu erkennen (vergl. Abb. 4 und 5):

1. Unter einem mehr oder weniger humosen Horizont liegt,
2. eine wesentlich mächtigere aschgraue Zone, darunter
3. ein rostbraunes nach oben und unten unscharf begrenztes Band von 20—30 cm. das sowohl wellig nach oben steigt, wie Säcke nach unten bildet. Die Säcke sind wesentlich breiter und tiefer als die Frosttaschen im gleichen Raum. Während letztere kaum Ausmaße von einem Meter erreichen, nehmen diese Säcke nicht selten nach Breite und Tiefe Ausdehnungen von mehr als einem Meter an.

Das wesentliche Unterscheidungsmerkmal dieser Bodenbildung gegen die vorher besprochene sehe ich neben der zonaren Verteilung der Anreicherung in der Füllung der Taschen. Das dunkle Material beschränkt sich nur auf die Ränder, fehlt aber im Innern der Taschen, in deren tiefsten Teil örtlich noch die ursprüngliche Schichtung unverändert erhalten ist. Im übrigen zeigt die Füllung gleiche Färbung wie der Auslaugungshorizont. Dieser selbst ist — umgekehrt wie im ersten Fall — wesentlich mächtiger als der dunkle Horizont.

Hier kann also tatsächlich nicht von einem Frostboden geredet werden. Dagegen fehlen all die genannten Kennzeichen für Taschenbildung unter Wald bei den 1949 von mir beschriebenen Aufschlüssen, wie auch in Neureut, sodaß es schwierig sein dürfte, die hiefür von mir gegebenen Erklärungen zu widerlegen. Somit muß in diesen Fällen der dunkle Horizont älter als der Dauerfrost, sein Hangendes jünger sein.

Umgekehrt spiegeln alle von Laatsch gegebenen Abbildungen (T 2, Abb. 4, T 3, Abb. 1) von Böden mit Auslaugungs- und Anreicherungs-horizont die von mir theoretisch abgeleiteten Verhältnisse wider.

4. Frostkeile bei Forchheim

Nun könnte der Einwand erhoben werden, daß es sich bei Neureut und Forst doch um ein und dieselbe Bildung handle. Das verschiedene Erscheinungsbild sei nur auf Unterschiede im Material zurückzuführen. Als Gegenbeweis seien Abb. 6 und 7, zwei Bilder aus einer Baugrube am Ost-rand von Forchheim gezeigt. In geschichteten Feinsanden, ähnlich denen von Forst, sind dort großartige Frostkeile ausgebildet, denen alle Kennzeichen des Wurzelbodens von Forst fehlen.

Die eigenartige Bänderung innerhalb der Keile ist keine Schichtung. Sie ist mir in vielen Aufschlüssen u. a. in Neureut und Forst

⁹⁾ Mechanische Auflockerung der Grenze, wie sie durch die Tätigkeit der Wurzeln und Bodentiere erzeugt wird (vergl. Abb. 2 linke Wand, Grenze zwischen Schicht 2 und 3), darf nicht mit den chemischen Übergängen, von denen allein hier die Rede ist, verwechselt werden.

aufgefallen und auch aus Norddeutschland bekannt, ohne daß ich bis jetzt eine befriedigende Erklärung geben könnte. Vielleicht handelt es sich um Ausfällungshorizonte, die durch ursprüngliche Materialeigenschaften begünstigt sind. Ihre Verbiegungen dürften nichts mit Eisdruck zu tun haben.

5. Frostböden bei Mannheim-Seckenheim

Ein Profil mit ganz besonderer Problematik war im Sommer 1949 beim Bau eines Brunnenschachtes für das Haus Waldaustraße 11 in Mannheim-Seckenheim aufgeschlossen: ⁶⁾

1. 15 cm schwarzer Dünensand.
2. 25 „ gelber Dünensand.
3. 25 „ grauer lehmiger Sand.
4. 60 „ rot- bis kakaobrauner sandiger Lehm, nach unten allmählich übergehend in geschichteten lehmigen Sand, ca. 40 cm tiefgreifende Taschen bildend.
5. 55 „ scharfer gelbbrauner fluviatiler Sand.
6. 5 „ Rheinweiß.
7. 60 „ scharfer gelbbrauner fluviatiler Sand mit verdrückten, d. h. leicht gewellten lehmigen Bändern.
8. 20 „ Lehmiger Sand, leicht kiesig, gewellt.
9. 50 „ scharfer gelbbrauner fluviatiler Sand.
10. ca. 350 „ Neckarkies mit eckigen Buntsandsteinplatten.

In einem benachbarten Schacht lag Sch. 3 : 45 cm. Sch. 8 : 2,5 m. die Kiesoberkante 3 m unter Gelände. Sch. 8 zeigte deutliche Verknetungen. In einer weiteren Grube griff eine lehmig-kiesige Sandschicht in Taschen von etwa 20 cm Tiefe. Breite und Abstand in den liegenden Kies. Dabei waren an einer Stelle die einzelnen Gerölle tangential zu den Verbiegungen gerichtet.

Diese Schichtfolge zeigt weitgehende Übereinstimmung mit jener von Neureut. Deshalb wurden auch hier von verschiedenen Seiten Deutungen versucht, wie ich sie für jene widerlegen konnte. So sieht z. B. Becksmann (briefl. Mitt. vom 13. 9. 49) — und er stützt sich dabei auf Aufschlüsse, die bei Ketsch vorübergehend vorhanden waren, und die zu besuchen mir aber leider nicht möglich war — in Sch. 3—6 einen „ausgereiften braunen Waldboden“, der „eine nacheiszeitliche und dazu verhältnismäßig junge Sache darstelle.“⁷⁾ Daß darunter echte kryoturbate Strukturen auftreten, lehnt er ausdrücklich ab. Er faßt diese vielmehr auf als — wahrscheinlich postglaziale — Stauchungen durch Eisstau aus einer Zeit, als der Neckar noch hier vorüberfloß und wie er sie auch heute noch erzeugen soll.

Büdel und Panzer, die den Aufschluß gemeinsam besuchten, sahen dagegen (briefl. Mitt. Panzer's vom 13. 9. 49) in den Sanden und Kiesen unter meiner Sch. 4 „drei deutliche Lagen mit ausgesprochen kryoturbater Struktur“. Auch die Struktur der Sch. 3 fassen sie als „sicher kryoturbat“ auf.

Bezüglich der Entstehung des dunkelbraunen Lehmes liegt auch für Panzer und Büdel die Deutung als postglazial nahe. Sie meinen, daß die ganze Deckschichtenfolge wohl vor der Frostperiode abgelagert und nachher zu einem Waldboden mit Wurzelsäcken umgewandelt sein könne. Dennoch geben beide zu, „als Möglichkeit könne die Deutung als fossiler Interstadialboden daneben ja durchaus noch erwogen werden.“

⁶⁾ Den Hinweis auf diesen Aufschluß verdanke ich Herrn Dr. Dauber vom Landesamt für Ur- und Frühgeschichte.

⁷⁾ Auf die Begründung dieser Datierung komme ich noch zurück.

In Anlehnung an meine Beobachtungen im Raum von Karlsruhe (Hirsch 1949 und oben Neureut) möchte ich meine von der Auffassung der genannten Forscher teilweise abweichende Deutung des Profils von Seckenheim folgendermaßen formulieren und begründen:

1. Sehr junger schwarzerdeartiger rezenter Boden, hervorgegangen aus

2. gelber Dünensand. — Der primär weiße, erstmals wohl in der Würmzeit abgelagerte Dünensand ist — ob in der postglazialen oder einer interstadialen Wärmezeit, bleibe hier offen — gelb verwittert und später mehrmals, zuletzt noch in historischer Zeit umgeweht worden. (Belegende Aufschlüsse: Sandhausen - St. Ilgen, Oftersheim u. a.)

3. Fossiler, schwarzerdeartiger Boden. — Laut mündlicher Mitteilung Dr. Dauber's durch swebische Kulturreste datiert um die Zeit um Christi Geburt (Subatlantikum). Ob er aus einer vorhergegangenen Anwehung von Dünensand oder unmittelbar aus dem dunklen Lehm im Liegenden entstanden ist, muß offen bleiben. Ich neige zu letzterer Auffassung.

4. Zwischen dem dunkelbraunen Lehm und seinem Liegenden, einer Serie feiner Kiese und fluviatiler, im oberen Teil vielleicht teilweise äolischer Sande, besteht keine primäre Diskordanz. Braunfärbung und Verlehmung sind vielmehr Verwitterungserscheinungen auf einer alten Landoberfläche. Dafür sprechen auch die unscharfen Übergänge ins Liegende zwischen den scharf begrenzten Taschen (Abb. 8 und 9), die keineswegs als echte Schichtgrenze angesehen werden können.

Sch. 1, 2 und 4 entsprechen völlig den Sch. 1—3 in Neureut. In der hier in Seckenheim zwischen 2) und 3) eingeschalteten swebischen Kulturschicht sehe ich den letzten zwingenden Beweis, daß Sch. 1 und 2 von Neureut nichts mit der dortigen Sch. 3 gemein haben. Doch nicht nur die Zusammenfassung von Neureut 1)–3) zu einem genetisch einheitlichen Bodenprofil widerlegt diese swebische Schicht, sondern auch die von Büdel und Panzer in Erwägung gezogene einheitliche Ablagerung der ganzen Schichtserie über den Kiesen von Seckenheim.

3. Die Verknetungen im tieferen Teil des Aufschlusses dürfen wohl unbedenklich als echte krypturbate Strukturen angesehen werden, wogegen sich ja nur allein Becksmann ausgesprochen hat. Bei der großen Übereinstimmung mit verbreiteten gleichartigen Erscheinungen, die unmöglich als junge Eisstauungen gedeutet werden können, vor allem aber wegen der übereinstimmenden Stellung tief unten in jung-quartären Profilen müssen wohl für gleiche Erscheinungen gleiche Ursachen angenommen werden, wollen wir das ganze Bild nicht ohne zwingenden Grund komplizieren.

Nun bleibt auch hier die Frage zu klären, ob die Bodenbildung in Sch. 4 älter oder jünger ist als der Dauerfrost. Büdel's erster Gedanke postglaziales Alter für diese Bildung anzunehmen, stützt sich auf den fehlenden Kalkgehalt. Nach seiner Erfahrung haben nämlich vom Frost durchbewegte Verwitterungsböden durch beigemengten Frischlöß wieder etwas Kalk erhalten. Im vorliegenden Falle trat — wenigstens was den Braunlehm betrifft — mehr ein Einfließen in die Frostspalten, als eigentliches Durcharbeiten ein. Von oben konnte kein kalkhaltiges Material hineingeraten, da eben zur Zeit des Dauerfrostes keine Überlagerung vorhanden war. Der fehlende Kalkgehalt kann also in diesem Fall nicht zur Altersbestimmung herangezogen werden.

Gegen eine Zusammenfassung von 3) und 4) zu einem Waldboden spricht, wie in Neureut und an andern Orten, daß 3) mit ca. 25 cm gar nicht mächtig genug ist, um als Auslaugungshorizont das Material für einen im Mittel doch mindestens 60 cm starken Anreicherungs-horizont zu liefern. Höchstens könnte die leichte von Panzer und Büdel beobachtete Rosa-färbung im Umkreis der Taschen auf jüngeren Stofftransport — etwa im

Zusammenhang mit der Umwandlung der obersten Dezimeter zu Sch. 3 — zurückzuführen sein. Also muß die Verwitterung der Sch. 4 älter sein als die swebische Kulturschicht.

Von noch größerer Bedeutung für die Festlegung ihres Mindestalters ist aber die Beobachtung, daß nicht nur Dauerfrostböden, sondern auch dunkelbraune Lehme von der Art der Sch. Neureut 3 und Seckenheim 4 in der Rheinniederung fehlen (Hirsch, 1949). Sie fehlen dort ganz einfach deshalb, weil sie älter sind als die Ausräumung bis zur Niederung. Und diese Ausräumung muß weit früher eingesetzt haben, als die Verlandung der alten Rinnen, die von Oberdorfer (1934) in einem alten Neckarlauf bei Schwetzingen frühestens als präboreal bestimmt wurde.

Zwischen dem Präboreal und der vorausgehenden Kälteperiode, die spätestens den Dauerfrost erzeugt haben kann, herrschten aber niemals klimatische Verhältnisse, wie sie eine Verlehmung der vorliegenden Art zu ihrer Entwicklung benötigt. Nach der allgemein verbreiteten Vorstellung — und auch Panzer bestätigte sie in seiner brieflichen Mitteilung vom 13. 9. 49 — erfordert solche Verwitterung nämlich ein Klima, das wärmer (und feuchter?) war als unser heutiges, und das etwa den heute in Südfrankreich herrschenden Verhältnissen entspricht. So kann der Kakaolehme also nur älter sein als die Temperaturerniedrigung, die den Dauerfrostboden erzeugte. Diese Beweisführung gilt auch für Neureut.

Damit fügen sich die Befunde von Seckenheim schön in meine früheren Ergebnisse ein und dürfte auch die absolute Datierung keine Schwierigkeiten bereiten. Der Dauerfrost vertritt das Würm II, die Rotbraunverwitterung erfolgte im Würm I/II — Interstadial.

Dagegen erhebt nun — und darin liegt die große Bedeutung dieses Aufschlusses — die Frühgeschichte Einspruch. Unmittelbar unter dem rotbraunen Horizont, zwischen zwei Frosttaschen wurden neolithische Reste, und zwar der Rössener Kultur (etwa 2500 v. Chr.) gefunden. Weil sich nun nicht die leiseste Spur einer Verletzung der Deckschicht feststellen läßt, fassen es die Frühgeschichtler als unbestreitbar auf, daß die Braunverwitterung jünger sein muß. Deshalb auch Becksmann's Überzeugung, daß es sich nur um einen postglazialen Waldboden handeln könne.

Da aber die Braunverwitterung älter ist als der Dauerfrost, müßten beide Ereignisse, sollen sie jünger sein als die Rössener Kultur, in die letzten 4500 Jahre unserer Zeitrechnung fallen — oder aber die Kulturreste müßten ganz wesentlich älter sein. Diese letztere Annahme ist einfach undiskutabel, da unsere Frühgeschichte denn doch schon über eine weitgehend gesicherte Zeitskala verfügt.

Die geologische Umdatierung des Dauerfrosts ins Postglazial ist aber genau so unmöglich. Aus der im Raum von Seckenheim beobachteten Mächtigkeit der kryoturbarnten Strukturen von bis zu $2\frac{1}{2}$ m darf wohl ohne Übertreibung angenommen werden, daß der Dauerfrost einst bis mindestens in $3\frac{1}{2}$ —4 m Tiefe gereicht hatte. Solche Frostwirkung setzt nach Soergel's Vergleichen (1942) mit den Verhältnissen heutiger Dauerfrostlandschaften (Sibirien!) ein Winterhalbjahresmittel von $-15,3^{\circ}$ voraus.^{*)} Derartig niedrige Temperaturen können nur unter eigentlich eiszeitlichem Klima erreicht worden sein. Schon in den 3 spätglazialen Stadien Bühl, Gschnitz und Daun trat eine solche Temperaturerniedrigung nicht mehr auf. Noch viel weniger kann es nach der Zeit der Rössener Kultur zur Dauerfrostbildung gekommen sein — oder aber unsere gesamten Vorstellungen von dem Phänomen sind falsch, eine Annahme, die jeder zurückweisen wird, der sich eingehender mit dem Studium dieser Erscheinungen befaßt.

*) Zur Zeit ist der entsprechende Wert für Karlsruhe $+4,3^{\circ}$.

So bleibt also doch nur noch die Annahme, daß die Rössener Kulturreste jünger sind als der Lehm. Und ganz ähnliche Überlegungen waren es wohl auch, die Panzer zu der Auffassung brachten (briefl. Mitt. v. 27. 2. 50): „Die Rössener Kulturen im Kakaolehme können nicht synchron mit seiner Ablagerung sein, sondern sind sicher jünger. Auf keinen Fall kann der Lehm nach den Funden datiert werden.“

Das Fehlen jeglicher Spuren einer Ausschachtung, auf deren Grund die Rössener Kulturreste sich ansammelten — zwar den Vorgeschiedlern der gewichtigste Gegengrund gegen meine Deutung — ist ganz zwanglos zu erklären. Da sich die Rössener Leute auf der Oberfläche des rotbraunen Lehms bewegten, braucht die Grube also nur etwa 60 cm tief gewesen zu sein und kann die Form einer flachen Mulde besessen haben. Bei der großen Plastizität des Materials genügt nun schon eine längere Regenperiode, daß die Wände in die Grube eingeflossen sind, ohne mehr Spuren als eine kleine Einmuldung der neuen Oberfläche zu hinterlassen. Tatsächlich war im Aufschluß auch eine kleine Einsenkung der Lehmoberfläche über den Kulturresten zu erkennen.

Um keinen Weg zu einer Klärung der Altersbeziehungen unbeschritten zu lassen, legte ich Proben der Kulturschicht und des sie bedeckenden Kakaolehms der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Augustenberg mit der Bitte um chemische Analysen vor⁹⁾, deren Ergebnisse in der Tabelle zusammengefaßt sind.

	Kakaolehm	Kulturschicht
pH-Wert im KCl-Auszug	6,7	7,2
Kohlensaurer Kalk	0	0
laktatlösl. mg Phosphorsäure in 100 g Boden	17,0	440
laktatlösl. mg Kali in 100 g Boden	29	28
Humus	0,28 %	1,57 %
Fe ₂ O ₃	2,60 %	4,10 %
Al ₂ O ₃	1,80 %	0,50 %

Diese Zahlen lassen auf den ersten Blick keine Schlußfolgerung zu, welche der beiden Bildungen die ältere ist. Vergleicht man aber den Phosphorsäuregehalt des rotbraunen Lehms mit den Durchschnittswerten normaler Böden, so gibt er einen wertvollen Fingerzeig. Er ist nach freundlicher Angabe von Herrn Direktor Riehm nämlich etwa 3 mal so hoch, wie in normalen Ackerböden (5—7 mg) und sogar etwa 10 mal so hoch wie in Wald- oder Steppenböden (1—2 mg). Dagegen sind nach seinen Untersuchungen in Südschweden hohe Phosphorbefunde charakteristisch für alte Siedlungsflächen.

So möchte ich in dem Analysenergebnis eine Bestätigung der geologisch abgeleiteten Erkenntnisse sehen und diese nochmals dahingehend zusammenfassen:

1. Der Kakaolehm ist eine bodenkundlich selbständige Erscheinung auf einer alten Landoberfläche und die ihn überlagernden Bildungen sind jünger und geologisch wie bodenkundlich davon unabhängig.
2. Auf diesem Lehm wohnten die Rössener Leute und von hier aus gelangten ihre Spuren unter den Boden.

6. Frostspalten bei Malsch

Dauerfrostbodenerscheinungen ganz abweichender Ausbildung konnte ich nördlich des Bahnhofs Rot-Malsch in der NO-Ecke der Tongrube der Tonwerke Malsch untersuchen.¹⁰⁾ Es handelt sich um kleine Trichter im

⁹⁾ Herrn Direktor Dr. Riehm und dem analysierenden Chemiker Herrn Hofmann möchte ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichen Dank aussprechen für ihre Bereitwilligkeit, meine Untersuchungen zu fördern.

¹⁰⁾ Herrn Dr. Wirth danke ich den Hinweis auf dieses Vorkommen.

tertiären Ton von etwa 25—30 cm, höchstens 50 cm Breite und Tiefe, an die sich eine Spalte von 1—2 cm Breite, aber bis zu 1,5—2,0 m Tiefe anschließt. Spalten und Trichter sind mit einem feinen rötlich-braunen Sand erfüllt, der sich in geringmächtiger Lage über den Ton ausbreitet und seinerseits von Löß bedeckt ist.

Man könnte hier zwar an Trockenrisse denken, in die bei einer Überflutung der Sand eingespült wurde. Es war aber unwahrscheinlich, daß sich nur in Abständen von der Größenordnung von ein bis mehreren Metern Trockenrisse solcher Tiefe gebildet hätten, ohne daß gleichzeitig die ganze Oberfläche nicht auch noch von einem Netz kleinerer Trockenrisse überzogen worden wäre, die unter dem Sand ebenfalls noch erhalten sein müßten. Viel näherliegend ist, hier an echte Frostböden zu denken.

Es ist zwar wahrscheinlich, im Augenblick aber noch nicht erweisbar, daß sie nicht höheres, sondern gleiches Alter wie die übrigen beschriebenen Dauerfrostbildungen besitzen.

7. Zusammenfassung.

Auf der Oberrheinischen Niederterrasse treten fossile Bodenbildungen auf, die im Erscheinungsbild weitgehend übereinstimmen, aber grundsätzlich verschiedener Entstehung sind:

1. Frosttaschen, die einem eiszeitlichen Dauerfrost ihre Entstehung verdanken.

2. Wurzelsäcke, Folgen postglazialer Bewaldung.

Die Unterschiede zwischen beiden sind im 3. Abschnitt ausführlich dargestellt.

Vor dem Dauerfrost kam es zur Entstehung eines warmzeitlichen, rot-braunen Verwitterungslehms, der gerne irrtümlich als Anreicherungshorizont eines rezenten bis subrezentem podsolartigen Bodenprofils aufgefaßt wird.

An den Kulturresten, die dem Profil von Seckenheim eingeschaltet sind, kann erkannt werden, daß äußerste Vorsicht am Platz ist, wenn Kulturschichten zur Datierung erdgeschichtlicher Vorgänge herangezogen werden sollen.

8. Literatur

- Hirsch, L. Eiszeitliche Frostböden in der Oberrheinebene bei Karlsruhe. Beitr. naturkundl. Forsch. in Südwestdeutschland 8, 1943/49, Karlsruhe 1949.
- Laatsch, W. Dynamik der Deutschen Acker- und Waldböden. — 2. Aufl. Dresden und Leipzig 1944.
- Oberdorfer, E. Zur Geschichte der Sümpfe und Wälder zwischen Mannheim und Karlsruhe. — Festschr. Ver. Natk. Mannh. 1934.
- Soergel, W. Die eiszeitliche Temperaturerniedrigung in Mitteleuropa. — Iber. u. Mitt. Oberrh. Geol. Ver. 31, 1942.
- Spitz, E. Eine bronzezeitliche Kulturschicht und das Alter der Dünen in der Oberrheinischen Tiefebene. — Ebenda 1910.
- Strigel, A. Zur Landschaftsgeschichte bei Mannheim. Junge Flugsandbewegungen in der nördlichen Rheinebene. — Mannheimer Geschichtsblätter 36, 1935.

9. Nachtrag

Die wenigen Monate zwischen Fertigstellung und Drucklegung dieses Manuskripts brachten noch eine Reihe wesentlicher Beiträge zu dem behandelten Fragenkreis, über die kurz berichtet sei.

Der von mir oben gegebenen Datierung der verschiedenen Vorgänge, bzw. Bildungen liegen die 1948 erstmalig von mir entwickelte und 1949 ausführlicher dargestellte Auffassung zugrunde, daß die Entstehung der Dauer-

frosterscheinungen ein zweiphasiger Vorgang sei: Dauerfrost mit Frostspalten in der Kaltzeit (WII); Auftauen des Oberbodens mit Einfließen in die Spalten in der folgenden Zeit mäßiger Erwärmung (WII/III). So kam ich zu drei kalten Phasen der Wärmeeiszeit.

Durch exakte Untersuchungen hat Freising inzwischen angedeutet, daß Dauerfrost und Löß stets innerhalb einer Kaltzeit unmittelbar aufeinanderfolgen. Meine Phasen WII—WII/III—WIII sind demnach zu einer Kaltzeit (WII) zusammenzufassen. Büdel möchte neuerdings gar nur eine Kälteperiode der Wärmeeiszeit annehmen, die allerdings bei recht langer Dauer in eine feuchtkalte und eine darauf folgende trockenkalte Phase zerfalle.

Wenn Pfannenstiel (Vortrag im naturw. Ver. Karlsruhe am 26. X. 50) dem gegenüber glaubhaft machen konnte, daß die Würmeiszeit drei ausgeprägte Kaltzeiten umfaßt, so entsteht dadurch nur scheinbar ein unentwirrbares Durcheinander. Wir müssen uns nämlich einmal klar werden, daß einer absoluten Chronologie, die alle Ereignisse richtig datiert, noch gar große Schwierigkeiten entgegenstehen. Dabei ist diese Aufgabe auch gar nicht wichtig. Wesentlich ist vielmehr, daß alle Klimaabschnitte erkannt und eine lückenlose Reihe der Ereignisse aufgestellt wird bzw. daß Lücken in der geologischen Überlieferung als solche und nach ihrer Dauer erkannt werden, und daß ferner zeitlich Zusammengehöriges nicht getrennt wird. Alles andere wird sich eines Tages von selbst ergeben.

Im Einzelfall steht und fällt die Aufstellung einer absoluten Reihenfolge auch mit der richtigen Ansprache eines Bodens als fossil oder rezent, wozu ja vorliegende Arbeit einen Beitrag liefern will. Deshalb muß erwähnt werden, daß Fri. Prell in einer im geologischen Institut Heidelberg im Gang befindlichen Arbeit nachzuweisen sucht, daß meine ganze Auffassung des Profils im Durlacher Wald falsch sei. Ihre mir schriftlich geäußerten Einwendungen stützen sich jedoch auf unzulängliche Beobachtungen, deren scheinbare Ergebnisse durch meine ständige Überwachung der Grube, die jetzt einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren umfaßt, widerlegt wird. Im übrigen stellen ihre Deutungen des Profils, für die sie keinerlei Beweise beibrachte, nur Behauptungen dar und weichen in nichts von den im Hauptteil widerlegten Einwendungen ab. Dreimalige Einladung zu gemeinsamen Besuch des Aufschlusses und unmittelbarer Klärung der Widersprüche lehnte sie zu meinem Bedauern ab. So muß ich fürchten, daß alte Irrtümer neuerdings in die Literatur eingingen, hätte ich hier auf eine Stellungnahme verzichtet.

Daß der dunkelbraune Lehm nicht mit den Hangendschichten zu einem „Braunen Waldboden“ zusammengefaßt werden darf, wie Prell will, bestätigen mir Weidenbach und Dücker bei Besuchen am 21., bzw. 22. September 1950. Letzterer, der heute als einer der besten deutschen Kenner der Bodenfrosterscheinungen gilt, gab auch zu, daß die Verzahnung des Lehms mit seinem Liegenden auf Dauerfrost zurückgeführt werden müßte — wenn er auch ohne eingehende Beschäftigung mit dem Aufschluß keine Erklärung des mechanischen Vorgangs geben wollte.

Letzteres versuchte Wittmann, der mich (briefl. Mitt. v. 7. 8. 50) auf zwei während des Krieges erschienene Arbeiten aufmerksam machte. Zwar waren mir diese noch nicht zugänglich, doch soll aus ihnen hervorgehen, daß es sich in meinem Falle nicht um echte Frostkeile, sondern um mittelbare Dauerfrostwirkungen, nämlich um Gleitungen in schmelzwasserdurchsättigtem Oberboden handle.

Alle diese dankenswerten Mitteilungen ergänzen, bzw. berichtigen bis zu einem gewissen Grade meine erste Auffassung, bestätigen aber meine eigentliche Erkenntnis, auf deren Herausstellung es mir vor allem

ankam: Eine Zeit so gewaltiger Temperaturerniedrigung, daß es im Rheintal zu Dauerfrost kam.

Herrn Dücker danke ich auch für die Freundlichkeit, daß er mit mir die Sandgrube Karlsdorf, etwa 1,5 km westl. Bruchsal, nördl. der Straße Bruchsal—Karlsdorf, besuchte. Auch die Verformung des dort in Dünen- sände eingeschalteten Lehmabands führte er auf Dauerfrostwirkung zurück. Somit trifft für dieses Profil nicht nur die gleiche Deutung zu wie für die Mehrzahl der anderen, es erhält vielmehr dadurch noch besondere Bedeutung, daß es eine Erkenntnis bestätigt, die sich mir längst aufgedrängt hatte, die ich mangels Beweisen aber noch nicht auszusprechen wagte: Die erste Ablagerung unserer Dünen- sände fällt ins Würm I.

Eine interessante Bestätigung meiner Deutung des Profils Seckenheim erbrachten die im Juli/September 1950 unter Leitung von Herrn Dr. Dauber durchgeführten Ausgrabungen auf dem Michaelsberg bei Untergrombach. Sie ergaben unzweifelhaft, daß zur Zeit der Besiedelung dieser Kuppe durch die Begründer der sog. „Michaelsberger Kultur“ hier Reste eines älteren Bodens vorhanden waren, der als speckig-fettiger rotbrauner Lehm den gleichen Charakter besitzt wie der in Seckenheim. Wenn nun die Rössener und die Michaelsberger Kultur angenähert gleichaltrig sind, ist es doch wahrlich naheliegend, die beiden mit ihnen verbundenen fossilen Böden von so gleichartigem Erscheinungsbild ebenfalls als gleichaltrig anzusehen. Damit wird auch von dieser Seite her die Annahme einer Präexistenz des Seckenheimer Lehmes gestützt. Jede andere Annahme würde neue größere Schwierigkeiten auslösen für den Versuch, alle Erscheinungen zu einem geschlossenen paläographischen und paläoklimatologischen Bild zusammenzufügen.

Büdel, J. Die Klimaphasen der Würmeiszeit. — Naturwissenschaften 37 1950, S. 438—449.

Freising, H. Löss, Fließerden und Wanderschutt im nördlichen Württemberg. — Ungedr. Diss. Stuttgart 1949.

Hirsch, L. Neue Beobachtungen zur Stratigraphie und Tektonik des Oberrhein. Diluviums. — Mittbl. Bad. Geol. L. A. Freiburg 1948.

Pfannenstiel, M. Die Quartärgeschichte des Donaudeltas. — Bonner geogr. Abh. 1950.

Tafel I

(Hirsch, Dauerfrostböden)

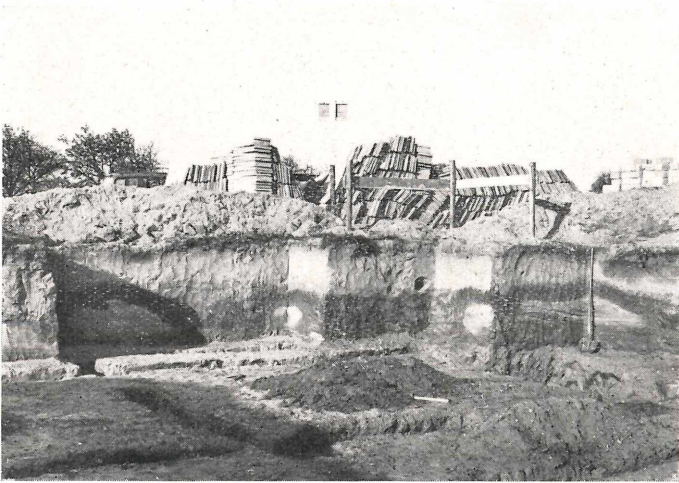


Abb. 1 Baugrube bei Neureut mit Würgestrukturen (eiszeitlicher Dauerfrostboden) in dem dunklen Horizont und unterhalb der Schaufel. (Foto: Staatl. Landesbildstelle, Karlsruhe.)



Abb. 2 Ausschnitt aus Abbildung 1 bei der Schaufel. (Foto: Staatl. Landesbildstelle, Karlsruhe.)

Tafel II

(Hirsch, Dauerfrostböden)

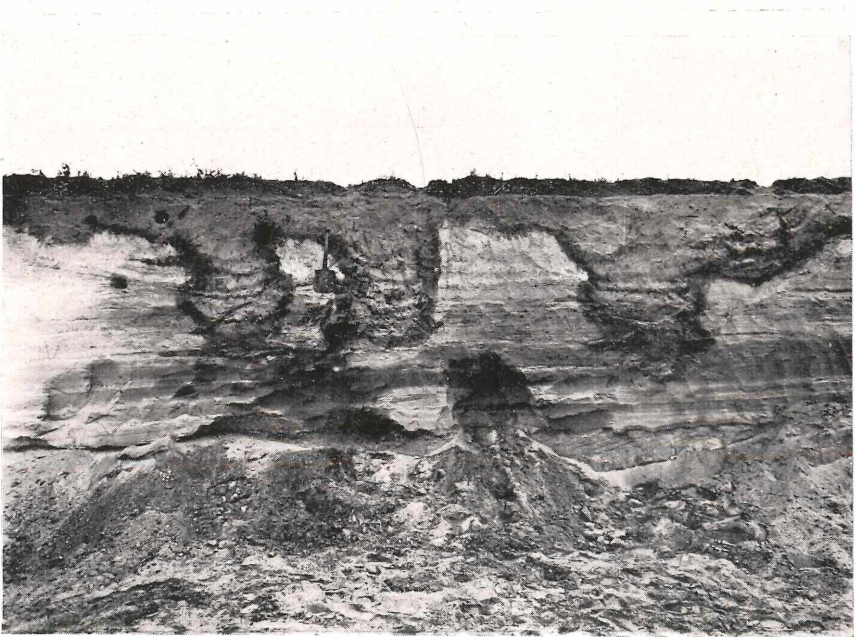
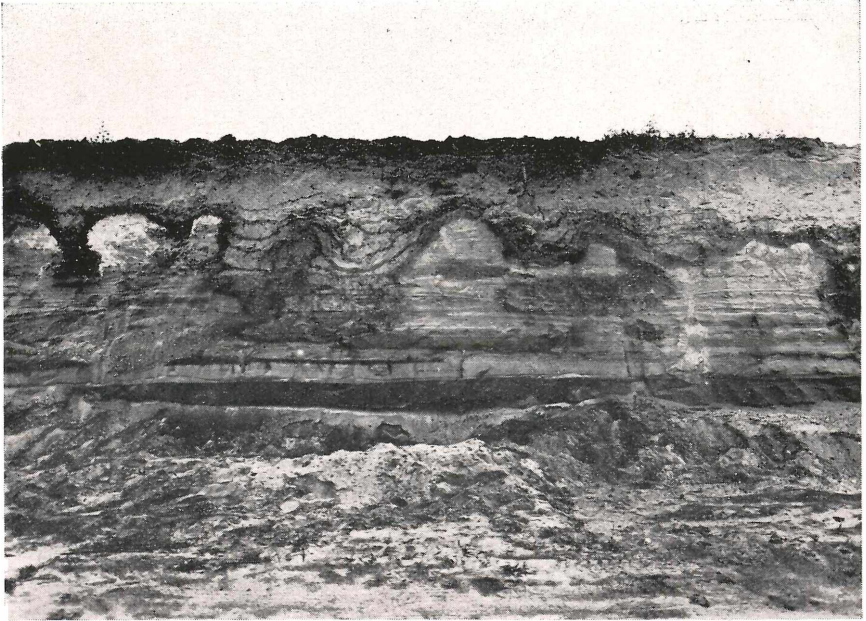


Abb. 4 u. 5 Sandgrube westlich Forst beim Sportplatz. Junger Waldboden mit Wurzelsäcken. In der Bildmitte ungestörte Schichtung im Innern des Sackes. Der Anreicherungshorizont bezeichnet die Grenzen der Säcke. — Der Handspaten ist ca. $\frac{1}{2}$ m lang. (Foto: Dr. Dauber, Landesamt für Ur- und Frühgeschichte.)



Tafel III

(Hirsch, Dauerfrostböden)

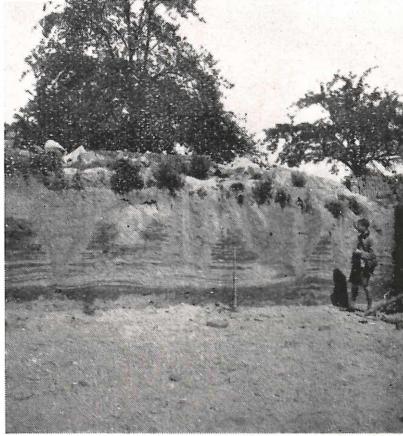


Abb. 6 u. 7 Frostkeile in Feinsanden in einer Baugrube am Ostrand von Forchheim.
Phot. Oberdorfer 1950

Tafel IV

(Hirsch, Dauerfrostböden)



Abb. 8 Brunnausschachtung in Seckenheim. Beim Spaten Fundstelle der Rössener Kultur. Darüber und beiderseits Taschen bildend brauner Lehm. (Foto: Dr. Dauber.)

Tafel IVa

(Hirsch, Dauerfrostböden)

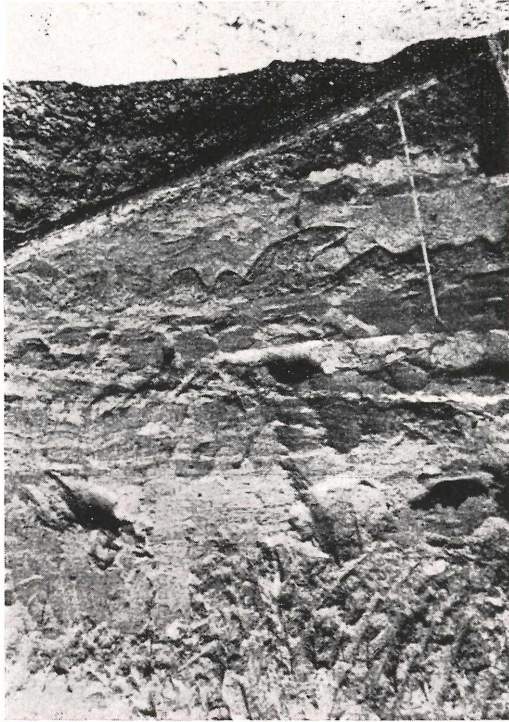


Abb. 9 Die in Abbildung 8 im Schatten liegende rechte Ecke. Oben brauner Lehm, links und rechts in Taschen herabgreifend, in der Mitte (durch Kerbe hervorgehoben) Frostverklüftungen lehmiger Feinsandlagen. — Der senkrechte Strich links: 1 m - Maßstab. (Fotc: Bohrmann.)

Tafel IVa

(Hirsch, Dauerfrostböden)



Abb. 9 Die in Abbildung 8 im Schatten liegende rechte Ecke. Oben brauner Lehm, links und rechts in Taschen herabgreifend, in der Mitte (durch Kerbe hervorgehoben) Frostverknütfungen lehmiger Feinsandlagen. — Der senkrechte Strich links: 1 m - Maßstab. (Fotc: Bohrmann.)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur naturkundlichen Forschung in Südwestdeutschland](#)

Jahr/Year: 1950

Band/Volume: [9_2](#)

Autor(en)/Author(s): Hirsch Ludwig

Artikel/Article: [Echte und falsche Dauerfrostböden auf der Oberrheinischen Niederterasse zwischen Karlsruhe und Mannheim 3-14](#)