

Reliefgenerationen, Bodenarten und Pflanzengesellschaften an einer pleistozänen Bruchstufe („Swistsprung“) bei Bonn

Von Gerhard Hard und Klaus Heine, Bonn

Mit 1 Tabelle, 7 Abbildungen im Text und 3 Tafeln

(Eingegangen am 5. 6. 1970)

Kurzfassung

An einer pleistozänen Bruchstufe westlich Bonn sind zwei fossile Mikroreliefs aufgeschlossen: sie zeigen eine Folge von würmzeitlichen und holozänen Denudations- und Sedimentationsphasen. Die Autoren diskutieren auch die eigentümlichen Kleinformen des Aufschlusses; ähnliche fossile Mikroreliefs und Kleinformen finden sich gelegentlich im kaltzeitlichen „geschichteten Schutt“ („éboulis ordonnés“, „grèzes litées“) Ostfrankreichs.

Im zweiten Teil der Arbeit wird gezeigt, daß die geologische und pedologische Sequenz an der Bruchstufe auch an der Oberfläche verfolgt werden kann, wenn man die Ackerunkrautgesellschaften als Indikatoren benutzt.

Abstract

Two fossil microreliefs on a slope west of Bonn show a sequence of different denudation and sedimentation processes during the Würm glacial period and the Holocene. The authors try to explain the special forms of the fossil reliefs. Similar fossil microreliefs are found occasionally also in stratified solifluxion debris („éboulis ordonnés“, „grèzes litées“) in eastern France.

In the second part of the study it is shown that the geological and pedological sequence on the slope can also easily be found at the surface by using the plant communities of the arable land as indicators.

1. Aufschlußbeschreibung

Das Profil in Abb. 1 entstammt einer Kiesgrube bei Flerzheim ¹⁾. Dargestellt ist die isohypsenparallele Wand des Aufschlusses; ab Meter 160 verläuft das Profil senkrecht zum Hang. Der Hang selbst, der maximal 10° Neigung aufweist, ist nach SW gerichtet und der morphologische Ausdruck einer Verwerfungslinie zwischen dem höher gelegenen Ville-Horst und der Swistebene; er überbrückt einen Höhenunterschied von ca. 10 m. Zwischen Meter 40 und 80 wird der Hang durch eine asymmetrische Delle gegliedert, deren steilere Seite nach N zeigt.

Im Aufschlußgebiet stehen die Schotter der jüngeren Hauptterrasse (jHT) an. Die Ablagerungen sind durch Eiskeil- und Kryoturbationshorizonte sowie durch Diskordanzen in der Schichtung mehrfach gegliedert. Die Ablagerungen sind z. T. stark ver-

¹⁾ Lage 1 km nördlich Flerzheim, Meßtischblatt 5307 Rheinbach (R. 251700, H. 561315), ca. 12 km südwestlich von Bonn am westlichen Abfall des Kottenforstes zur Erftniederung, Höhe 155—160 m NN.

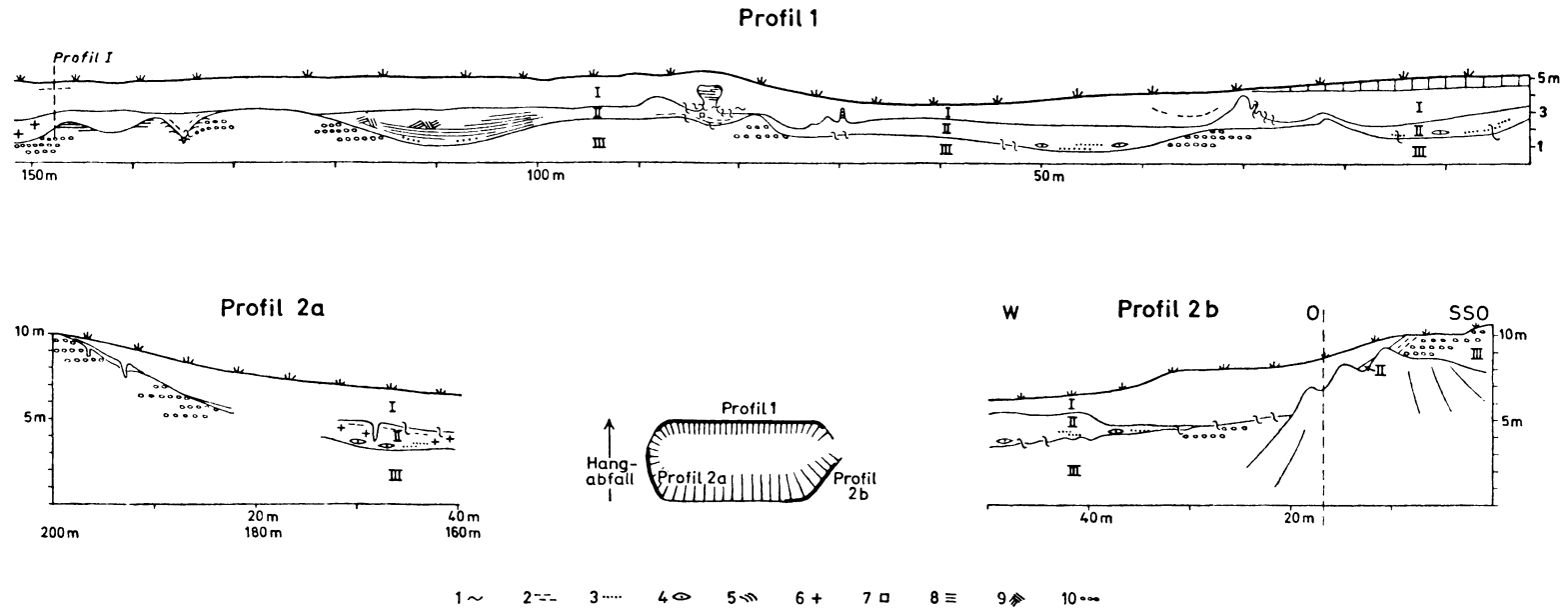


Abbildung 1. Profil 1, 2a und 2b.

1 = Kryoturbation, 2 = Kiesbänder (Material der jHT), 3 = Sandbändchen, mit geschichtetem Schwemmlöß wechsellagernd (Material der jHT), 4 = Sandlinsen, oft solifluidal bewegt, 5 = abgescherte Schichten, 6 = CaCO₃-Konkretionen, 7 = Einschluß von Terrassenschottern in ungestörter Schichtung, 8 = Schichtung, meist ± horizontal, 9 = Kreuzschichtung, 10 = Schotter der jHT.
 I = Bodensediment, II = Schwemmlöß, III = Terrassenschotter.

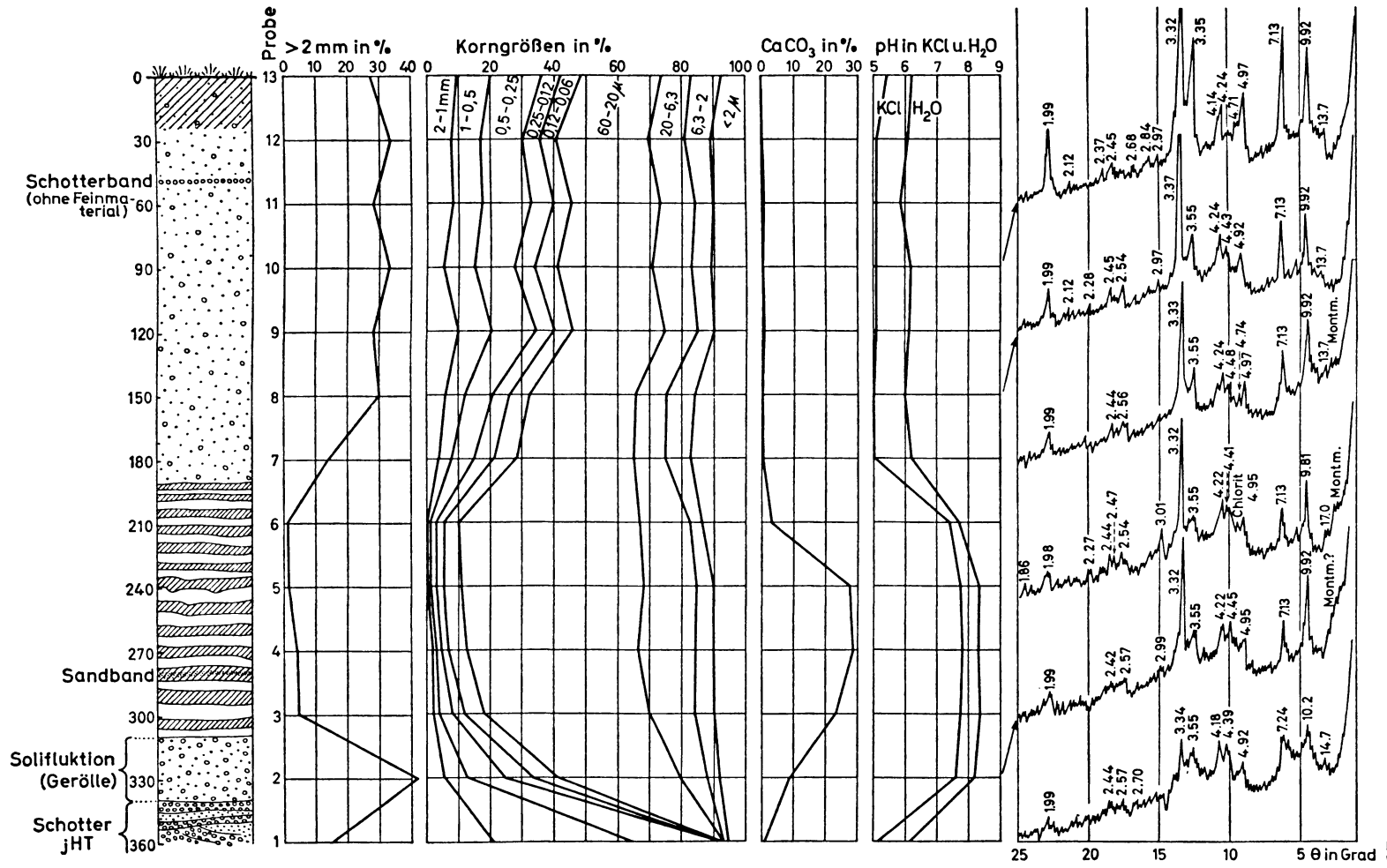


Abbildung 2. Laborergebnisse der Proben 1—13 bei Meter 148 in Profil 1 von Abb. 1.

Reliefgenerationen an einer pleistozänen Bruchstufe

wittert; sie zeigen eine rotbraune bis rotgelbe Farbe. Die Schotter der jHT werden am Hang und am Hangfuß von jüngeren Sedimenten überlagert; letztgenannte lassen aufgrund ihrer sedimentpetrographischen Eigenschaften und ihres Aufbaues eine deutliche Zweiteilung erkennen.

Über dem jHT-Schotter kam ein schluffiges Material zur Ablagerung. Es handelt sich um einen durch Abspülvorgänge umgelagerten Löß. Dieser Schwemmlöß hat ein Relief, das am Hang auf den Schottern der jHT ausgebildet war, völlig bedeckt. In dem Profil kommt die durch kleine Dellen und Runsen gestaltete frühere Oberfläche des Hanges vor der Ablagerung des Schwemmlöses deutlich zum Ausdruck. Die Grenze jHT-Schotter/Schwemmlöß ist nicht allein durch die Dellen und Runsen charakterisiert, sondern darüber hinaus durch eine Vielzahl periglazialer Formen. So ist mitunter ein geringmächtiger Solifluktionshorizont aus Schotter und Lößmaterial im Liegenden des Schwemmlöses ausgebildet (Abb. 2). Bei Meter 135 und 196 dringen mit Schwemmlöß gefüllte Eiskeile und eiskeilartige Gebilde in den jHT-Schotterkörper ein. Häufig konnten kryoturbate Störungen im Grenzbereich zwischen Schottern und Schwemmlöß beobachtet werden. Die Schwemmlößablagerungen keilen am oberen Hang aus (Meter 198; vgl. Abb. 1).

Das Schwemmlößmaterial zeigt im Aufschluß viele interessante Einzelheiten. Auffällig ist die überwiegend horizontale Schichtung, die sich nur gelegentlich dem Relief, das vor der Schwemmlößakkumulation bestand, etwas anpaßt, wie z. B. bei der Dellenfüllung bei Meter 100 bis 120. Besonders in den liegenden Teilen des Schwemmlöses ist oft eine Wechsellagerung mit Bändern aus feinem roten Sand, Grobschluff oder feinkörnigem jHT-Material vorhanden. Ebenfalls in den tieferen Partien des Schwemmlöses befinden sich wiederholt kleine Sandlinsen; bei Meter 83 wurde sogar geschichtetes Material der jHT im Schwemmlöß angetroffen, das vermutlich im gefrorenen Zustand als kleine Scholle verlagert worden ist.

Während in den unteren Teilen des Schwemmlöses häufig Sandlinsen und -bändchen angetroffen werden, die zudem noch oft die Einwirkung von Kryoturbationsvorgängen erkennen lassen, nimmt zu den hangenden Partien die ungestörte horizontale Schichtung zu, die — wie bei Meter 112 und 117 — durch eine Kreuzschichtung ersetzt werden kann.

Nur im südlichen Teil des Aufschlusses sind im Schwemmlöß CaCO_3 -Konkretionen eingelagert, die eine deutliche Einregelung ihrer Längsachse hangabwärts zeigen und in unterschiedlicher Tiefe aufgefunden wurden.

Im Hangenden des Schwemmlöses befindet sich ein Bodensediment, das aus verwittertem jHT-Material und Löß besteht. Das Material des Bodensediments hat ein zweites fossiles Relief konserviert, das sich auf dem Schwemmlöß gebildet hatte. Die Ablagerungen des Bodensediments setzen am oberen Hang ein; sie bedecken alle kleinen Reliefunterschiede im Bereich des Hanges; am Hangfuß schließlich keilt das Bodensediment unterhalb des Aufschlusses aus, wie Bohrungen ergeben haben (Abb. 3). Hier tritt der unterlagernde Schwemmlöß an die Oberfläche. Die Ablagerungen des Bodensediments sind in sich nur wenig gegliedert; an einigen Stellen konnten dünne, \pm horizontal gelagerte Schotterbändchen festgestellt werden. Im südlichen Teil des Aufschlusses (ab Meter 140) enthält das Bodensediment kleine Ziegelscherben bis in eine Tiefe von maximal 130 cm. Die rezente Verwitterung führte zur Ausbildung eines Braunerde-Rankers auf dem Bodensediment.

Die Grenze des Bodensediments zum Liegenden ist stark gegliedert. Bei Meter 168 und 193 sind zwei kleine Eiskeile zu erkennen; ihre Füllung besteht aus dem

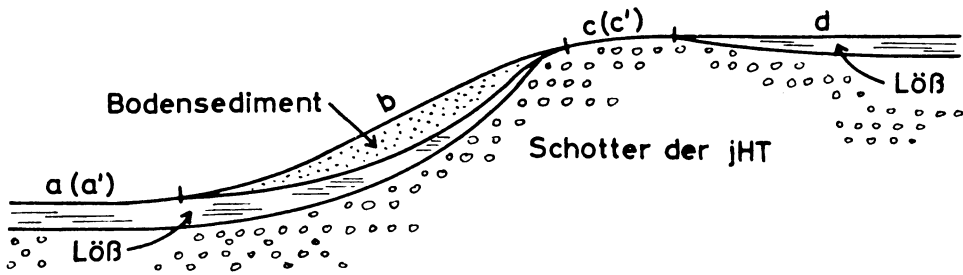


Abbildung 3. Schematisches Profil der Bruchstufe. Die Buchstaben a bis d bezeichnen die Lokalisierung der pflanzensoziologischen Aufnahmegruppen; vgl. im Text S. 243ff. und Tab. 1.

Material des Bodensediments. Der Eiskeil bei Meter 193 beginnt im Bodensediment und durchstößt die hier geringmächtige Lage des Schwemmlößes, um in den Schottern der jHT zu enden. An vielen anderen Stellen ist die Grenze Bodensediment/Schwemmlöß durch Kryoturbationen gestört. Besonders auffällig aber sind die weit in das Bodensediment emporragenden Mauern aus Schwemmlöß. Sie können in Form von Buckeln und Rinnen dicht nebeneinander ausgebildet sein, wie bei Meter 30 und 70, oder pilzförmig, wie bei Meter 83 (Abb. 4 und Taf. I).

2. Deutung des Profils

Die Schwierigkeit bei der Erklärung und zeitlichen Einordnung der aufeinander folgenden Abtragungs- und Sedimentationsvorgänge liegt vor allem darin begründet, daß trotz zahlreicher Aufschlüsse in den Schottern der jHT kein weiterer Aufschluß im Längs- oder Querprofil durch die Hangsedimente am Abfall des Kottenforstes nach Westen gleiche oder ähnliche Formen zeigt, wie sie hier beschrieben werden. Dennoch soll eine vorsichtige Interpretation der im Aufschluß sichtbaren Reliefgenerationen erfolgen, weil einige dieser Formen uns aus der einschlägigen morphologischen Literatur nicht bekannt sind.

Die erste Reliefgeneration bildete sich auf den Kiesen und Sanden der jHT aus. Es ist anzunehmen, daß die flachen Mulden und Rücken durch Abspülvorgänge entstanden. Eine Abtragung durch Solifluktion kommt nicht in Frage, da die jHT-Schotter bis an ihre obere Grenze eine völlig ungestörte fluviatile Schichtung aufweisen. Die Abspülung, und damit die Ausbildung dieses Mikro-Hangreliefs, fand unter kaltzeitlichen Bedingungen statt; die wenig oder nur durch kleine Kryoturbationen gestörte Schichtlagerung der Schotter, die fehlenden Anzeichen einer jungpleistozänen Bodenbildung und die auffallende „Frische“ der Formen sprechen dafür. Gleichzeitig sind sie aber auch Beweise für eine schnell nachfolgende Sedimentation des Schwemmlößes. Seine Ablagerung erfolgte ebenfalls während einer Kaltzeit. Die deutliche Schichtung des Schwemmlößes darf wiederum als ein Zeichen für vorwiegende Abspülvorgänge gewertet werden, die zur Um- und Ablagerung des schluffigen Materials führten. Nur vereinzelt finden sich Beweise für eine Phase solifluidaler Prozesse (Kryoturbationen an der Basis und schichtweise Einregelung von Kalkkonkretionen; vgl. Abb. 1).

Die Ablagerung des Schwemmlößes führte zuerst zu einer Plombierung der kleinen Dellen und Mulden, doch muß die Sedimentation — wie die in das Bodensediment hineinragenden Lößmauern beweisen — mehrere Meter Mächtigkeit betragen

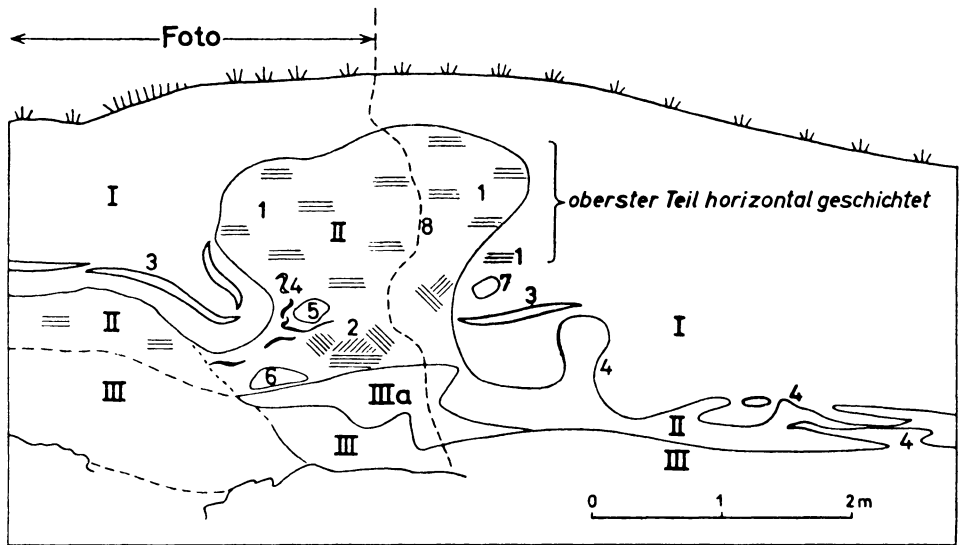


Abbildung 4. Skizze zu Tafel I: Im Bodensediment begrabene „Lößmauer“. Auf dem Foto ist nur der Teil links der durchbrochenen Linie sichtbar, der nicht sichtbare Teil der „Lößmauer“ ist in die gleiche Ebene geklappt.

I = Bodensediment, II = Schwemmlöß, z. T. mit Sand- und Kiesbändchen, IIIa = Terrassenschotter, solifluidal umgelagert, III = Terrassenschotter in situ.

1 = Schichtung, 2 = Kreuzschichtung, 3 = Solifluktionsbänder, z. T. verwürgt.

4 = Kryoturbationen, 5 = Einschluß von braunem Lehm im Schwemmlöß, Material wie I; 6 = Einschluß von Terrassenschottern in ungestörter Schichtung, 7 = im Bodensediment eingeschlossener Lößbrocken.

haben; auch ist der Schwemmlöß nicht nur am Hang selbst, sondern darüber hinaus auf den tektonisch abgesenkten Schottern der jHT im W weit verbreitet.

Das Material des Schwemmlöses ist stets kalkhaltig; der CaCO_3 -Gehalt schwankt zwischen 3,5 % (Probe 6) und 28,7 % (Probe 4). Dabei zeigt sich, daß die obersten Horizonte des Schwemmlöses infolge der Sickerwässer bereits stärker entkalkt sind; andererseits hat eine — wenn auch äußerst geringe — Aufkalkung der unterlagernden jHT-Sedimente stattgefunden.

Es besteht kein Zweifel darüber, daß der Schwemmlöß vor seiner Umlagerung die höher gelegene Fläche der jHT und die obersten Hangpartien bedeckte. Hier müssen auch bereits die Kalkkonkretionen gebildet worden sein, die dann später, als der Löß umgelagert wurde, ebenfalls hangabwärts bewegt wurden; an einigen Stellen sind sie als eingeregelte, gröbere Komponenten im Schwemmlößpaket anzutreffen. Für Umlagerungsprozesse infolge Abspülung sprechen auch die Korngrößenanalysen. Die liegenden Partien des Schwemmlöses haben noch einen größeren Anteil an sandigen Bestandteilen; hier sind auch oft Sandlinsen und Sandbänder eingelagert. Es ist wahrscheinlich, daß zu Beginn der Schwemmlößsedimentation sandiges Material der jHT-Schotter aufgenommen und in Wechsellagerung mit dem Schwemmlöß sedimentiert wurde; in höheren Partien werden sandige Einschaltungen immer seltener. Anzeichen für eine völlige Abtragung der Lößbedeckung der jHT als Folge der Umlagerungsprozesse gibt es nicht. Welche Gesamtmächtigkeit die Schwemmlößakkumulation am Hang erreichte, läßt sich nicht mehr feststellen, da später ein großer Teil des

Schwemmlöbes Abtragungsprozessen zum Opfer fiel. Wird angenommen, daß die Schwemmlöbe den gesamten Hang einheitlich bedeckten, so muß aufgrund der Aufschlußverhältnisse mit einer Mächtigkeit derselben von stellenweise über 4 m gerechnet werden.

Auf dem Schwemmlöß bildete sich eine zweite Hangreliefgeneration aus. Dieses Relief wurde durch die Ablagerung der Bodensedimente fossilisiert. Die Erklärung der Formen dieses Schwemmlößreliefs bereitet große Schwierigkeiten, denn die Schwemmlößmauern bei Meter 30 und 70 und das 2 m hohe pilzförmige Schwemmlößgebilde bei Meter 83, die in das Bodensediment hineinragen, weisen weithin eine sehr deutliche, ungestörte und in keiner Weise kryoturbat verwürgte, horizontale Schichtung auf. Damit ist von vornherein eine Entstehung dieser Formen durch Kryoturbationsprozesse ausgeschlossen. Andererseits fällt auf, daß die Grenze Schwemmlöß/Bodensediment wiederholt durch Verwürgungen gestört ist, ein Beweis für eine kaltzeitliche Bildung des Schwemmlößreliefs und für den Beginn der Ablagerung der hangenden Bodensedimente ebenfalls in der Kaltzeit. Gleichzeitig zeigen die Formen durch ihre Schichtung, die fast überall einheitlich bis an die scharf ausgebildete Grenze gegen das Bodensediment zu verfolgen ist, daß solifluidale Abtragungsvorgänge bei der Ausbildung dieser Formen nicht wesentlich beteiligt waren. Eine Solifluktion hätte die Entstehung der pilzförmigen Schwemmlößmauer in dieser markanten Form (bei Meter 83) verhindert, wirken doch solifluidale Vorgänge immer Relief-ausgleichend.

Da ein Herauspräparieren der Lößmauern durch äolische Einflüsse ebenfalls kaum wahrscheinlich ist, lassen sich die Formen nur durch Abspülvorgänge erklären. Da die Entstehung des Schwemmlößreliefs unter einem periglazialen Klima vor sich ging, muß die Abspülung und damit die Herausarbeitung der Schluffmauern zeitlich stark begrenzt gewesen sein, denn andernfalls hätten kryoturbate und solifluidale Prozesse die Formen zerstört. Auch muß die darauf folgende Bedeckung des Schwemmlößreliefs durch das Bodensediment rasch erfolgt sein. Dagegen sprechen allerdings die Beobachtungen der durch Verwürgungen und Eiskeile charakterisierten Untergrenze des Bodensediments und die Ziegelscherben in den hangenden Teilen desselben. Die Akkumulation des Bodensediments scheint über längere Zeit erfolgt zu sein und hat, wenn sie auch kaltzeitlich begann, selbst in historischer Zeit noch beachtliche Beträge erreicht. Auch eine Interpretation der Laborbefunde läßt erkennen, daß das Bodensediment in sich nicht homogen ist; wahrscheinlich gab es zwei Phasen der verstärkten Ablagerung. Die erste fällt noch in das ausgehende Pleistozän. Die Sedimente aus dieser Zeit werden durch einen höheren Tongehalt (vgl. Probe 7, 8), eine stärkere Lößbeimengung und einen geringfügig abweichenden quantitativen und qualitativen Tonmineralgehalt der Fraktion kleiner 1 Mikron charakterisiert. Die zweite Phase der Sedimentation kann anhand der Ziegelscherben, die ein römisches Alter haben, post-römerzeitlich datiert werden ²⁾.

Diese Beobachtungen vermögen jedoch nicht die Konservierung der leicht erodierbaren Schluffmauern durch das überlagernde Bodensediment zu erklären, denn das Bodensediment verhüllt zwar das Schwemmlößrelief am Hang, doch reicht die Akkumulation des Bodensediments nur bis zum Hangfuß; dieses plötzliche Auskeilen am

²⁾ Nach freundlicher Auskunft von Herrn Dr. JANSSEN (Rheinisches Landesmuseum Bonn) handelt es sich um den Bewurf von Hauswänden und kleinere Ziegelreste, die einer römerzeitlichen Siedlung entstammen, die weiter oberhalb des Aufschlusses durch verschiedene Funde nachgewiesen ist, jedoch nicht mehr datierbar war.

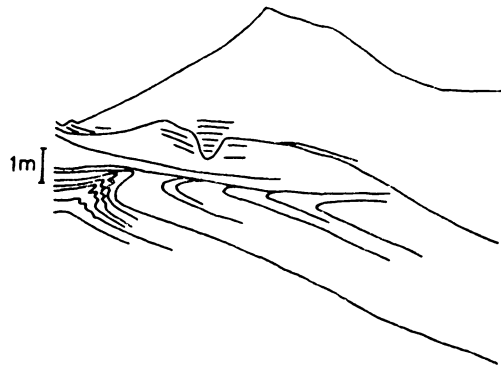


Abbildung 5. Skizze zu Tafel II

unteren Hang schließt eine Ablagerung des Bodensediments infolge bloßer Abspülung aus. Für die erste Phase der Akkumulation im ausklingenden Pleistozän haben solifluidale Vorgänge noch eine gewisse Bedeutung beim Transport gehabt (vgl. Abb. 1 bei Meter 28 und 85, Taf. I und Abb. 4), doch während der zweiten Phase in historischer Zeit hat sicherlich eine Versatzdenudation Material der oberen Hangpartien hangabwärts bewegt.

Es ist schwer einzusehen, warum bei der Akkumulation des Bodensediments die leicht zerstörbaren Schluffmauern nicht beseitigt wurden. Man könnte daran denken, daß diese hochverletzlichen Gebilde vielleicht während der Eiszeit noch fest gefroren waren, wenn das Bodensediment bereits getaut war und solifluidalen Bewegungen und Abspülvorgängen unterlag, obwohl eine so große Differenzierung in der Frostempfindlichkeit schwer einleuchtet. Gegen Ende des Sommers mußten schließlich auch die Schluffmauern tauen, was ein Auseinanderfließen derselben bedeutet hätte.

Schluffmauern ähnlicher Art am Hang beschreibt BÜDEL (1960, 66 ff.); eine analoge Entstehung in unserem Falle ist aber aufgrund der sedimentpetrographischen Beobachtungen schwer denkbar.

Als dritte Reliefgeneration ist die rezente zu nennen, die sich am Hang auf dem Bodensediment ausbildete. Die einzige morphologische Form ist — abgesehen von einer allgemeinen Hangverflachung infolge der Ablagerung der Bodensedimente — eine nahezu E-W-verlaufende seichte Delle im Bereich des Hanges. Sie wird im Aufschluß zwischen Meter 30 und 85 sichtbar. Eigenartiger Weise reicht die markante Schwemmlößmauer dort bis dicht an die rezente Oberfläche, wo sich heute im Gelände am Hang die höchste Stelle befindet; daran schließt sich der nach N exponierte, steilere Hang der Delle an.

Der untere Teil des Bodensediments kann nur letztkaltzeitlich abgelagert worden sein. Zwischen dem Schwemmlöß und dem Bodensediment sind nirgends Spuren eines Verwitterungshorizontes zu erkennen. Auch am Fuß des Hanges wurden keinerlei umgelagerte Reste erbohrt. Hieraus und in Analogie zu einigen jüngeren Untersuchungen (vgl. FRÄNZLE 1969, ROHDENBURG 1965, SEMMEL 1968) folgt, daß die gesamte Abfolge würmzeitlich und jünger ist.

Ähnliche steil- und scharfgeschnittene fossile Mikroreliefs in kaltzeitlichen Sedimenten sind offenbar häufiger, als eine Literaturdurchsicht vermuten läßt. Im folgenden seien einige vergleichbare Kleinformen aus dem Gebiet der Rauracien-Kalke (Weißjura) unmittelbar sö. Verdun (an der RN 3 Verdun-Metz) angeführt.

Hier sind bis 20 Meter geschichteter Periglazialschutt von fahlbrauner bis fahlgelber Farbe aufgeschlossen (feucht 10 YR 7/6, trocken 10 YR 8/4–8/6). Es handelt sich um die „grèzes litées“ oder „éboulis ordonnés“ der französischen Literatur. Die grusig-feinsteinigen Kalksteinfragmente sind in eine durchweg staubsandig-schluffige Matrix eingelagert, deren Anteil stark schwankt. 2–20 mm lange, weniger breite und nur bis wenige mm dicke Gesteinsfragmente überwiegen; Grus- und Feinsteinteile dominieren wechselnd. Größere Gesteinsfragmente sind selten. Die Schichten sind i. a. 3–20 cm mächtig. Der Aufschluß zeigt einige Kryoturbationen, zapfenförmige Gebilde, Schrägschichtungen, Erosionsdiskordanzen usw. (Taf. II, vgl. Verdeutlichung und Interpretation durch Abb. 5) und schließlich auch die uns interessierenden Mikroreliefs (Abb. 6 und Taf. III).

Die starke Einebnung der gesamten Umgebung durch kaltzeitliche Abtragung ist daran erkennbar, daß (1.) die Schichten im Aufschluß stärker einfallen als die heutige Oberfläche (8–12° mittleres wirkliches Einfallen gegen 5–6° Hangneigung), daß (2.) das heutige Relief nur noch sehr sanft etwa 15 m über die Oberkante des Aufschlusses ansteigt und daß (3.) etwa 40 m entfernt in gleicher Höhe mit der Aufschluß-Oberkante der kompakte Rauracien-Fels die Oberfläche bildet.

Die unmittelbare Verknüpfung mit einer Terrasse der Maas war nicht möglich. Nach der relativen Höhenlage über der Maas kann das Material würem- oder rißzeitlich sein. (Vgl. dazu J. TRICART, La partie orientale du Bassin de Paris. Etude morphologique. t. 2, Paris 1952.)

Abb. 6 zeigt eine in diesem Aufschluß enthaltene Erosionsdiskordanz mit einem scharf geschnittenen Mikrorelief (vgl. auch den Ausschnitt auf Taf. III). Über der Diskordanz ist nur die Ausfüllung der fossilen Rinnen schlecht geschichtet; darüber befindet sich wiederum das gleiche Material und die gleiche Feinschichtung wie unter der Diskordanz. Nur stellenweise ist das Material über der fossilen Oberfläche lehmiger und etwas rötlicher (trocken 7,5 YR 8/4–8/6, angefeuchtet 7/6).

Man findet hier also ähnliche Formen wie in dem Aufschluß, der aus der Umgebung Bonns beschrieben wurde; auch das Material des Aufschlusses an der Maas ist durch seinen teilweise hohen Schluffanteil immerhin vergleichbar. Die steilen, scharf geschnittenen Formen sind in dem französischen Beispiel insofern besser verständlich, als dieses Material beim Austrocknen an der Luft breckzienartig verhärtet und deshalb sehr standfest ist.

3. Pflanzensoziologische Indizes

Die beschriebene geologisch-pedologische Sequenz an der Verwerfung ist selten aufgeschlossen, läßt sich aber an der Oberfläche unschwer über weite Strecken hin verfolgen: mit Hilfe der Ackerunkrautgesellschaften als pflanzensoziologischen Indikatoren.

Die der Bodensequenz entsprechende phytosoziologische Abfolge kann natürlich am besten in denjenigen Parzellen und während derjenigen Zeitabschnitte beobachtet, abgegrenzt und kartiert werden, in denen die Unkrautgesellschaften ökologisch am ausdrucksvollsten sind: also im Juni/Juli im Wintergetreide.

Es wurden fast ausschließlich Unkrautbestände in Weizenäckern aufgenommen, und zwar aus mehreren Gründen: Erstens ist Weizen die in der Umgebung des Aufschlusses häufigste Winterfrucht; zweitens querten die Weizenschläge häufig die pedologischen Grenzen und manchmal sogar alle Bodenzonen an der Bruch(linien)-

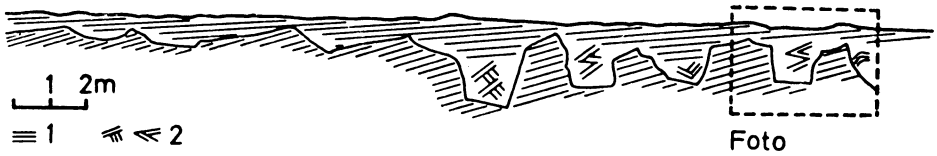


Abbildung 6. Skizze eines fossilen Mikroreliefs in (z. T.) schluffreichem, grusig-feinsteinigem Solifluktionsschutt (Weißjura, SE Verdun). 1 = Parallelschichtung, 2 = Schräg- und Kreuzschichtung.

stufe, und drittens ist in den Weizenbeständen vor allem kurz vor der Ernte das Spektrum der ökologisch interpretierbaren Arten meist größer als unter Roggen als Deckfrucht³⁾. Auf jeder Hangzone wurden 5 Bestände (je 2 ar) aufgenommen: Aufnahmeserie a und d auf Lößlehm vor und hinter der Verwerfung, b auf dem stark geröllführenden Bodensediment am Unterhang, c auf den Kiesen und Sanden der jüngeren Hauptterrasse am Oberhang und an der Stufenkante (vgl. Abb. 3). An Hand der Aufnahmetabelle (Tab. 1) wurden die Arten ermittelt, die ausschließlich oder vorwiegend nur auf einer oder auf zwei der Hangzonen vorkommen. Die so gewonnenen Trennartengruppen wurden mit Hilfe der Literatur ökologisch interpretiert. Diesen Gruppen wurden dann auch die weniger konstanten Arten zugeordnet, von denen bekannt ist, daß sie sich ökologisch ähnlich verhalten. In der Tabelle (s. d.) und in Abb. 7 erscheinen schließlich die einzelnen Aufnahmen bzw. Bestände als Kombinationen von ad hoc aufgestellten und groben „ökologischen Gruppen“. Die ökologischen Gruppen können etwa wie folgt charakterisiert werden:

- I Arten, die Bodenverdichtung, zeitweilige Staunässe und mangelnde Bodendurchlüftung vertragen; dazu einige „Krumenfeuchtigkeitszeiger“;
- II Arten tiefgründiger, nährstoffreicher, frischer bis feuchter Lehm Böden (z. T. noch zeitweise Vernässung ertragend);
- III Kalkmangel-, Bodensäure- und Magerkeitszeiger meist sandiger Böden;
- IV „Stickstoffzeiger“;
- V „mesophile“ Gruppe, die in allen aufgenommenen Beständen erscheint (meist Arten basenarmer, schwach saurer Lehm- und Sandlehmäcker);
- VI mehr oder weniger indifferente Arten.

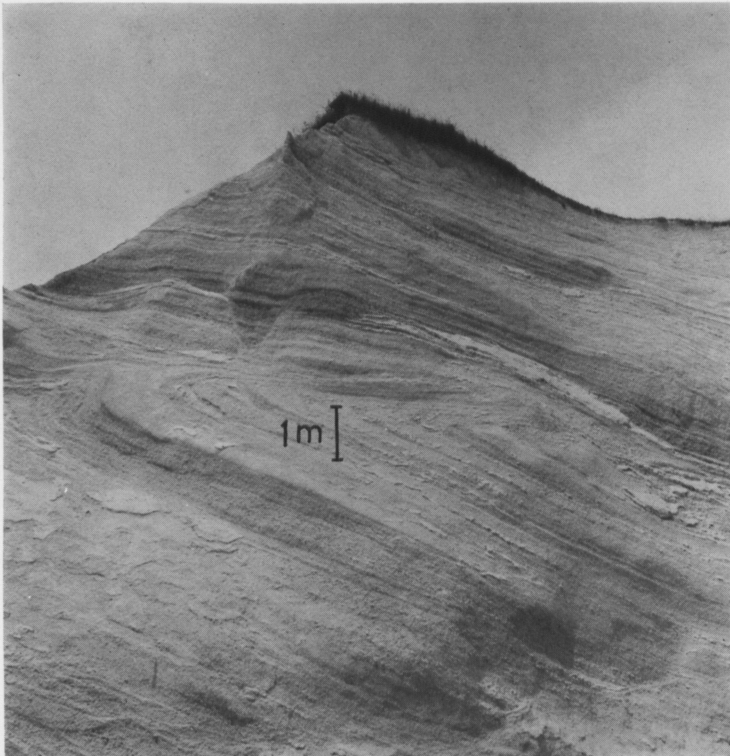
Die Äcker auf mäßig oder kaum geröllführendem Lößlehm sind durch die Gruppe I (daneben auch durch die Gruppe II), die Äcker auf den Terrassenschottern durch die Gruppe III gekennzeichnet⁴⁾; die Äcker auf dem stark geröllführenden Bodensediment sind negativ charakterisiert durch das Fehlen oder doch starke Zurücktreten dieser Trennartengruppen. Das Diagramm (Abb. 7) faßt den diesbezüglichen Inhalt der Tabelle graphisch zusammen. Man kann einfachheitshalber von folgenden „Typen“ sprechen: von einem *Ranunculus repens*—, *Mentha arvensis*—, *Equisetum arvense*— Typ (evtl. mit Krumenfeuchtigkeitszeigern wie *Juncus bufonius*; Aufnahme 1–5 und

³⁾ Dieses größere Spektrum ist natürlich vor allem eine Folge der geringeren Lichtabsorption durch Weizen. Neben den für das Wintergetreide typischen Winterannuellen haben hier die Sommerannuellen bessere Entwicklungsmöglichkeiten als im hochwüchsigeren Roggenbestand.

⁴⁾ Die Gruppe III wird im Frühjahr verstärkt durch eine Reihe von Frühjahrsephemeren, die in der Tabelle nicht mehr erscheinen: vor allem *Veronica triphyllos*, *Erophila verna* und *Arabidopsis thaliana*.



Tafel I. Foto der im Bodensediment begrabenen „Lößmauer“.



Tafel II. Aufschluß in geschichtetem Periglazialschutt („grèzes litées“) sö. Verdun. Der angegebene Maßstab gilt exakt nur für den mittleren Teil des Aufschlusses.



Tafel III. Ausschnitt aus einem fossilen Mikrorelief (vgl. Abb. 2) im gleichen Aufschluß. Zollstock: 1 m.

Tabelle 1. Bestände von Ackerunkrautgesellschaften auf kleinräumig wechselndem Substrat an einer pleistozänen Verwerfung (Flerzheim sw. Bonn).

ökol. Arten- gruppe	Aufnahmeserie Nr. der Aufnahme	a					b					c					d					a'		c'			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
I	<i>Agrostis alba (prorepens)</i>	2	2	+	1	+			1	+	+			1	+		1	1	2	+	2	1	1			1	
	<i>Equisetum arvense</i>	1	+	2		1	1				+						1		1	1	1	3	3				
	<i>Poa trivialis</i>	2	2	+	1	2	1	1	1		+	+					1	1	2	2	2			+			
	<i>Rumex crispus</i>	1	+		1													+	+		1						
	<i>Ranunculus repens</i>		+	1		+				+								1	1	1		2					
	<i>Mentha arvensis</i>	+		+														+	+								
	<i>Polygonum amphibium</i>		+	1																	+						
	<i>Plantago intermedia</i>																		2			+	1				
	<i>Juncus bufonius</i>																	1	+								
	<i>Gnaphalium uliginosum</i>	+	+														+										
	<i>Sagina procumbens</i>																	+	+								
	<i>Agrostis alba (gigantea)</i>	1																			+	+					
	<i>Polygonum lapathifolium</i>		+		+															+		2	1			+	
	<i>Stachys palustris var. segetum</i>	+	+																								
	<i>Veronica serpyllifolia</i>		+															+									
<i>Spergularia rubra</i>				+																							
II	<i>Alopecurus myosuroides</i>	+	1	2	1	+	1		+	+	1						1	+	2	2							
	<i>Cirsium arvense</i>	2	1	+	1		1		+								1		+	1	1	2	2			1	
	<i>Convolvulus arvensis</i>	2	1	1	2	2	1	+	1		1				+			1	1	+	1	3	4				
	<i>Sonchus arvensis</i>	2		2	+	1			1	+	+									1	+		2			1	
	<i>Sinapis arvensis</i>	1			1	+											+	+		1	+						
	<i>Agropyron repens</i>	+		+	1												1	+		+		2	1			1	
	<i>Sonchus asper</i>				+												+			+	+		1				
	<i>Veronica persica</i>	+	+	+																							
	<i>Knautia arvensis</i>				+						+									+		+	+				
	<i>Galium tricornue</i>			+															+	+							
	<i>Ranunculus arvensis</i>																+	+									
	III	<i>Scleranthus annuus</i>											2	+	+	1	+										1
<i>Myosotis micrantha</i>												+	1	1	1	+											
<i>Trifolium campestre</i>														1	1												
<i>Anthemis arvensis</i>												1	+													+	
<i>Rumex acetosella</i>															+	1										2	
<i>Spergula arvensis</i>														+												1	
<i>Raphanus raphanistrum</i>												+	+													+	
<i>Stellaria graminea</i>															+	1											
<i>Geranium molle</i>																+										1	
<i>Filago minima</i>																										+	
IV	<i>Stellaria media</i>	2	1	1	2	1		1	1	1	+	1	+	1	1	1	+	1	2	1		1	3	2	4		
	<i>Chenopodium album</i>	+		+	+						+				+							2	2	4	4		
	<i>Senecio vulgaris</i>					+																+	1	1	1		
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+																		+	+	+	1			+	
	<i>Galium aparine</i>					+										+											
	<i>Mercurialis annua</i>				+						+															1	
	<i>Sonchus oleraceus</i>										+									+		+	+			1	
	<i>Sisymbrium officinale</i>																					+	+			1	
	<i>Polygonum persicaria</i>	+																				1					
	<i>Chenopodium polyspermum</i>																					+	+			+	
	<i>Aethusa cynapium</i>				+	+																	+			+	
	<i>Euphorbia helioscopia</i>																						+			+	
	<i>Solanum nigrum</i>																						+			+	
<i>Urtica urens</i>																									+		
V	<i>Apera spica-venti</i>	2	3	1	1	1	4	3	3	1	2	3	3	2	3	1	2	1	1	1	1	+				1	
	<i>Vicia tetrasperma</i>	2	1		2		1	+		1				2	3	3	1										
	<i>Alchemilla arvensis</i>					+			1	1	+	1	+	1	+	1	1			+	+			+			
	<i>Matricaria chamomilla</i>	+	+		+				+	1	1			1	1	+										+	
	<i>Matricaria maritima</i>	1	+		+		+	+		+		2										1	2			+	
	<i>Poa annua</i>	+	+	1		+	+	+						+	+					+	+	1	1	2	2		
	<i>Papaver dubium</i>						1	1			1																
	<i>Veronica hederifolia</i>									+																	
VI	<i>Polygonum convolvulus</i>	2	1		+	1	1	+	1	1	+	+	+	1		1			1	+		2	2	1	1		
	<i>Polygonum aviculare</i>		+	+		1		+	1	+		+	+	+	1	+	+	1	1	+						+	
	<i>Centaurea cyanus</i>	+		1	+			+	+			+	1	1		+					+						
	<i>Vicia sativa</i>	+	2	+		+						2	+	+	2				1	1							
	<i>Viola tricolor ssp. arvensis</i>						1			2	1	1	1	+		1				+		1				+	
	<i>Vicia hirsuta</i>		1									1		1	3					1	2						
	<i>Vicia angustifolia ssp. segetum</i>	+	1									1		+							1						
	<i>Lolium arvensis</i>		+	+		+	+		+			+										1					
	<i>Myosotis arvensis</i>						+		+				+							+	+						
	<i>Anagallis arvensis</i>	+									+			+					+	1	+	+					
	<i>Thlaspi arvense</i>	+		+	+														+	+	+						
	<i>Veronica arvensis</i>									1		1				2											
	<i>Erodium cicutarium</i>											1										+	+			+	
	<i>Galinsoga ciliata</i>										+	+	+									1				+	
	<i>Cerastium caespitosum</i>		+									+	+	+							+						
	<i>Sedum telephium</i>										+			+	+												
	<i>Rumex acetosa</i>					+																					
	<i>Geranium dissectum</i>																										
	<i>Taraxacum officinale</i>																							1		+	
	<i>Daucus carota</i>																					1	+				
	<i>Crepis capillaris</i>																									+	
<i>Dactylis glomerata</i>																					1				+		
<i>Arrhenatherum elatius</i>																					1						

Aufnahmeserie		a					b					c					d				a'	c'				
Nr. der Aufnahme		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
I	Staunässe bzw. Krümmenfeuchtigkeit	█	█	█	□	□	X	X	∇	∇	∇			∇			□	□	█	█	█	█	█		X	
II	frische Lehmböden	█	□	█	□	□	X	X		∇							□	□	█	█	█	█	█	X	X	
III	saure bzw. magere Böden						∇	∇	∇	∇	∇		□	□	X	X	□							█	□	
IV	Stickstoff	X	X	X	X	X			∇	X	∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇	∇	X	X	∇	∇	□	█	█	█
V-VI	übrige Arten (s. Text)	█	█	□	□	□	█	█	█	□	□	█	█	█	█	█	□	□	X	□	□	□	█	□	□	□

█ stark - □ mäßig - X wenig - ∇ kaum vertreten

Abbildung 7. Auftreten von ökologischen Artengruppen in den Einzelaufnahmen.

16–20), einem *Scleranthus annuus-Myosotis stricta*-Typ auf Terrassenschotter (Aufn. 11–15) und einen „mittleren“ Typ, der im wesentlichen nur die allen drei Typen gemeinsamen Arten enthält (Aufn. 6–10). Schon mit Hilfe der genannten wenigen Trennarten kann man die einzelnen Bodenzonen im Verlauf der Verwerfung ausgezeichnet kartieren, zuverlässiger natürlich mit Hilfe der gesamten Artengarnitur der ökologischen Gruppen I–III. Vor allem die Grenze c/d ist sehr scharf, weniger die Grenze b/c und am wenigsten die Grenze a/b. Auf 1–2 Dekameter genau lassen sich die Grenzen aber fast in jedem Falle angeben.

Die aufgenommenen Bestände bzw. beschriebenen „Typen“ gehören pflanzensoziologisch-systematisch zum *Aphanion arvensis* (J. et R. TÜXEN 1960; Ordnung: *Aperetalia spica venti*). Eine eindeutige Zuordnung des geringen Aufnahmematerials zu niedrigeren systematischen Einheiten ist kaum möglich. Nach R. TÜXEN (1950) und E. OBERDORFER (1957, vgl. 1967) würde es sich bei Aufn. 1–25 wohl um drei Subassoziationen des *Aphano-Matricarietum chamomillae* (R. TÜXEN 1937 em. PASSARGE 1957) handeln („Lehm- und Sandlehmmäcker der planaren und kollinen Stufe“) ⁵⁾, nach K. MEISEL (1967) eher um zwei verschiedene Gesellschaften: erstens das *Aphano-Matricarietum scleranthetosum* auf den Schottern der Hauptterrasse (c) und zweitens das *Alopecuro-Matricarietum typicum* (a, b, d) mit der *Mentha*-Variante (a, d) auf Lößlehm ⁶⁾.

Der Vergleich mit den Einheiten des pflanzensoziologischen Systems scheint zu bestätigen, daß es sinnvoll ist, bei der Ausnutzung des bodenkundlichen oder sedimentologischen Zeigerwertes von Pflanzenbeständen zunächst ranglose „Typen“ aufzustellen, die man schon aus einem wenig umfangreichen Aufnahmematerial entwickeln kann und die man am besten als wechselnde Kombination von ökologisch ähnlich reagierenden Artengruppen interpretiert.

Bei Aufnahme 21–24 von Tab. 1 handelt es sich um z. T. stark verunkrautete Hackfruchtparzellen unter Halbstammobst, und zwar bei Aufn. 21–22 auf Lößlehm (Substrat wie bei Aufn. 1–5 und 16–20), bei Aufn. 23–24 auf Terrassenschottern (Substrat wie bei Aufn. 11–15). Auf diesen Parzellen haben Beschattung und stärkere Düngung (vgl. Gruppe IV!) Wasserhaushalt und Gare des Bodens so sehr be-

⁵⁾ Aufnahmeserie c entspräche bei E. Oberdorfer etwa der Subass. von *Scleranthus annuus*, a und d etwa der Subass. von *Alopecurus myosuroides*, Variante mit Staunässe- und Krümmenfeuchtigkeitszeigern, und schließlich die Aufnahmeserie b der typischen Subass.

⁶⁾ K. MEISEL beschreibt allerdings (1967, S. 130) „auf der Rheinhauptterrasse im Bereich der Meßtschblätter Erp, Euskirchen, Vettweiß, Rheinbach und Sechtem“ eine „Untergesellschaft“ seines *Alopecuro-Matricarietum*, die der Aufnahmeserie c der Tab. sehr ähnlich ist.

einflußt, daß die edaphischen Gegensätze in den betreffenden Aufnahmen sehr viel weniger deutlich zum Ausdruck kommen als auf den Weizenäckern.

Man kann im übrigen leicht die natürlichen oder naturnahen Waldtypen rekonstruieren, zu deren Ersatzgesellschaften die beschriebenen Unkrautbestände gehören. Weil entsprechende Waldstandorte im Verlauf der beschriebenen Verwerfung fehlen, orientiert man sich am besten an vergleichbaren edaphischen Abfolgen am erosionsbedingten östlichen Abfall der Hauptterrasse zum Rheintal (bzw. zu den „Talwegterrassen“) hin (vgl. KÜMMEL 1952, HARD 1965).

Auf den Terrassenschottern darf man als „potentielle natürliche Vegetation“ nach einem Eichen-Birkenwaldstadium einen bodensauren Eichen-Buchenwald auf Podsol-Braunerde erwarten (mit *Deschampsia flexuosa*, *Luzula albida*, *Luzula pilosa*, *Galium hercynicum*, *Teucrium scorodonia* und *Holcus mollis* in der Feldschicht), auf dem Lößlehm hingegen den subatlantischen Parabraunerde-Perlgras-Buchenwald (*Melico-Fagetum*) mit der „*Anemone nemorosa*-Gruppe“ (H. ELLENBERG 1963, S. 86), aber auch einer Reihe anspruchsvollerer Arten (wie *Pulmonaria officinalis*, *Sanicula europaea*, *Polygonatum multiflorum*, *Brachypodium silvaticum*, *Carex silvatica*, *Campanula trachelium*, *Paris* usw.) und Feuchtigkeitszeigern (wie *Ajuga reptans*, *Deschampsia caespitosa*, *Scrophularia nodosa*, *Athyrium filix-femina* usw.).

Auf dem geröllreichen Bodensediment würde sich eine ökologisch zwischen den genannten stehende Waldgesellschaft einfinden: ein *Fago-Quercetum* Tx. 1955 mit gleichzeitigem Auftreten der „*Deschampsia flexuosa*-Gruppe“ und der „*Anemone nemorosa*-Gruppe“ (vor allem *Poa nemoralis*) in der Feldschicht.

Die Verfasser danken Herrn Dr. HEINZ BECKMANN, Bodenkundliches Institut der Universität Bonn, für die Durchführung der röntgenographischen Arbeiten, Herrn Dr. HANS BÖHM, Geographisches Institut, für Auskünfte und Hinweise.

LITERATUR

- Brun-Hol, J. (1966): Ackerunkraut-Fragmentgesellschaften. In: R. Tüxen (Hg.): Anthropogene Vegetation. Den Haag. 38–50.
- Büdel, J. (1960): Die Frostschutt-Zone Südost-Spitzbergens. — Coll. Geogr. (Bonn) 6, Bonn.
- Ellenberg, H. (1950): Unkrautgemeinschaften als Zeiger für Klima und Boden. Landwirtschaftliche Pflanzensoziologie I, Stuttgart 1950.
- (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. — Stuttgart.
- Fränze, O. (1969): Geomorphologie der Umgebung von Bonn. — Arb. Rhein. Landeskd. (Bonn) 29.
- Hard, G. (1967): Lößschleier, Waldrandstufe und Delle. — Decheniana 118, 181–197.
- Kümmel, K. (1952): Die pflanzensoziologische Struktur des Stadtkreises Bonn. — Bonn.
- Meisel, K. (1967): Über die Artenverbindung des *Aphanion arvensis* J. et R. Tx. 1960 im west- und norddeutschen Flachland. — Schriftenreihe f. Vegetationskunde (Bad Godesberg), H. 2, 123–133.
- Müller, Th. (1962): Flora und Vegetation des Kreises Euskirchen. — Decheniana 115, 1–109.
- Oberdorfer, E. (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. — Pflanzensoziologie 10, Jena (G. Fischer).
- (1962): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete. 2. Aufl. — Stuttgart (E. Ulmer).
- (1967): Systematische Übersicht der westdeutschen Phanerogamen- und Gefäßkryptogamen-Gesellschaften. Ein Diskussionsentwurf. — Schriftenreihe f. Vegetationskunde (Bad Godesberg), H. 2, 7–62.
- Passarge, H. (1957): Zur geographischen Gliederung der *Agrostidion spica-venti*-Gesellschaften im nordostdeutschen Flachland. — Phytol 7, 22–31.

- Patzke, E. und Stierwald, K. (1960): Die Flora des Meßtischblattes Bonn. — *Decheniana* **113**, 113—142.
- Rohdenburg, H. (1965): Untersuchungen zur pleistozänen Formung am Beispiel der Westabdachung des Göttinger Waldes. — *Gießener Geogr. Schr. (Gießen)* **7**.
- Sammel, A. (1968): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen. — *Frankfurter Geogr. Hefte (Frankfurt)* **45**.
- Tüxen, J. (1966): Kurze Übersicht über die derzeitige systematische Gliederung der Acker- und Ruderalgesellschaften Europas. In: R. Tüxen (Hg.): *Anthropogene Vegetation*. — Den Haag, 75—82.
- Tüxen, R. (1937): Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. — *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. Niedersachsen, Hannover* **3**.
- (1950): Grundriß einer Systematik der nitrophilen Unkrautgesellschaften in der eurosibirischen Region Europas. — *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. Niedersachsen, Hannover, N. F.* **2**, 94—175.
- (1955): Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. — *Mitt. flor.-soz. Arbeitsgem. Niedersachsen, Hannover, N. F.* **5**, 155—176.

*Ausdriften der Verfasser: Prof. Dr. Gerhard Hard, D-5300 Bonn-Röttgen 2, Auf den Steinen 9;
Dr. Klaus Heine, Geographisches Institut, D-5300 Bonn 1, Franziskanerstraße 2.*