

LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE STUDIEN IM SÜDNIEDERSÄCHSISCHEN BERGLAND¹⁾

Mit 7 Abbildungen, 2 Bildern, 1 Luftbild und 1 Kartenbeilage

HANS-JÜRGEN KLINK

Dieser Aufsatz ist teilweise aus Überlegungen hervorgegangen, die ich in einer größeren Arbeit dargelegt habe, ohne daß es sich jedoch um einen bloßen Auszug daraus handelt. Die erwähnte Arbeit wurde von meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. CZAJKA, angeregt, dem ich auch an dieser Stelle noch einmal herzlich dafür danken möchte. — Herr Professor Dr. CZAJKA hat sich in mehreren Aufsätzen vor allem mit der landschaftsökologischen Methodik auseinandergesetzt. Mit F. VERVOORST erarbeitete er außerdem „Die naturräumliche Gliederung Nordwest-Argentiniens“ (Pet. Geogr. Mitt. 100, 1956, S. 89—102 und S. 196—208), die die landschaftsökologische Bearbeitung eines größeren Gebietes darstellt.

Summary: Regional ecological studies of the hill country of southern Lower Saxony.

The paper deals with the ecological micro-structure of some small regional units (morphographical units) of the hill country of southern Lower Saxony. The following examples of this scarp-crest and cuesta region respectively are dealt with:

- 1st Remnant mountains of the Plän limestone scarps (kro 1 and 2) in the centre of the "Vale of Hills",
- 2nd Separated mountains of the fairly regularly dissected Flammen marl (kru 2 γ) scarp, also within this vale,
- 3rd Badly drained shallow depressions on the Muschelkalk (shelly limestone) plateau (mo₂) of the Göttinger Wald.

The ecological micro-structure of the vegetation within each of these morphographic units depends in turn on different factors of organisation. They are for the remnant hills of the Plän limestone scarp (central witness mountains) of the vale of Hills: the relief in mutual relationship with differing degrees of erosional force depending on slope aspect and the topo-climates which also depend greatly on aspect. At the separated mountains of the dissected scarp of the Flammen marl the detailed plant-ecological structure is mainly the result of relief conditions in conjunction with the different parent materials of soils. Superimposed on these two factors of organisation are the topo-climates which largely depend on slope aspect. The ecological conditions within the consequent valleys are, however, the result of the distance of the ground water table from the surface — which in turn determines the water regime of the soil — and of the kind of ground water movement. An additional modifying factor is here also the topo-climate which changes according to the strike of the dissected scarp. In the badly drained ecotops of the Ceratitenkalk plateau of the Göttinger Wald the distribution pattern of the different soil types and plant associations is conditioned by the degree of water logging which in turn depends on micro-relief and base rocks.

Thus the ecological variation within the morphographic units according to relief depends in the first place on these factors, though further geo-factors also play their role.

Die Landschaftsökologie ist ein relativ junger und noch stark in der Entwicklung begriffener Forschungsweig innerhalb der physischen Geo-

graphie. Es sollen daher zunächst bestimmte Begriffsinhalte dargelegt und einige grundsätzliche Fragen aufgeworfen werden.

1.1 Die Landschaftsökologie ist eine vollständige Haushaltsanalyse der naturbedingten Faktoren eines Erdraumes in einem gewählten Maßstab. Der von TROLL (1939, S. 297) geschaffene Begriff „Landschaftsökologie“ bedeutet eine umfassende Erforschung und Darstellung der Wechselwirkungen zwischen den naturbedingten „Landschaftsbildnern“ (n. PASSARGE) des abiotischen und des biotischen Bereiches. Auf den Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Landschaftsbildnern beruhen die verschiedenen Gliederungsmuster mit ihren jeweiligen raumfunktionalen Korrelationen in der „geographischen Global-sphäre“ (n. CZAJKA 1956 a, S. 426), worunter der dreidimensionale landschaftliche Bereich mit all seinen belebten und unbelebten Bestandteilen verstanden wird. Die Landschaftsökologie hat sowohl die im biologischen Kreislauf gebundenen als auch die nicht darin gebundenen Erdfaktoren zu berücksichtigen. Insofern ist sie substantiell umfassender als die Bioökologie.

1.2 Die kleinsten Darstellungseinheiten der induktiv vorgehenden naturräumlichen Gliederung sind die Physiotope bzw. Ökotope. Der Ökotoptop²⁾ ist die kleinste naturräumliche Einheit mit vollständiger Aussage über die abiotischen und biotischen Gegebenheiten innerhalb dieses kleinen Landschaftsraumes. Mit anderen Worten, die Ökotope sind die kleinsten Darstellungseinheiten einer ganzheitlichen ökologischen Landschaftsbetrachtung. Bleibt die Darstellung lediglich auf die anorganischen (abiotischen) Landschaftsbildner beschränkt, so wird dieser (Ökotoptop) nur als Physiotoptop behandelt.

Mit Ausnahme der nahezu vegetationslosen Wüstenregionen, der Hochgebirge und der arktischen Gebiete ist mit den Physiotoptopen nur eine unvollständige Aussage über die dingliche Erfüllung und die ökologischen Verhältnisse eines Landschaftsraumes möglich. In allen Gebieten, in denen Bio-coenosen einen wesentlichen Bestandteil der Landschaft bilden, ist der Physiotoptop ein konstruierter Raumbegriff; denn in einem mit Leben erfüllten Naturraum ist mit Ausnahme des Gesteins und — bereits in abgeschwächerem Maße — des Reliefs jeder Geofaktor durch die Lebewesen beeinflusst:

²⁾ Der Begriff „Ökotoptop“ wurde zunächst von TROLL gebraucht. Nach SCHMITHÜSEN (1948) wurde er von CZAJKA mündlich vorgeschlagen. Als „ecotope“ hat ihn wohl erstmals TANSLEY (1939) geprägt.

¹⁾ Vortrag, gehalten auf dem Festkolloquium zum 65. Geburtstag von Herrn Professor Dr. WILLI CZAJKA, Göttingen.

so der Wasserhaushalt, das Geländeklima und ganz besonders der Boden. In Gebieten mit stark veränderter Naturvegetation, wie es alte Kulturlandschaften in der Regel sind, läßt sich das landschaftsökologische Gefüge von geographischer Seite jedoch häufig nicht weiter analysieren als bis zum abiotischen Bedingungskomplex der natürlichen Landschaft. Die Ermittlung der zugehörigen „potentiellen natürlichen Vegetation“ (n. TÜXEN 1957), die Ausdruck der heutigen ökologischen Bedingungen der verschiedenen Landschaftsräume ist, erfordert sehr spezielle pflanzenökologische und -soziologische Kenntnisse.

Jeder Ökotope läßt sich nach einer doppelten Betrachtungsweise bestimmen: Mit der vertikalen wird sein landschaftsökologischer Aufbau ermittelt; sie ist die landschaftsökologische Analyse im engeren Sinne. Mit der quasi horizontalen Betrachtungsweise werden die jeweilige Extension der Ökotope sowie die zwischen den verschiedenen kleinen Räumen im Raumzu-

sammenhang bestehenden „Nachbarschaftswirkungen“³⁾ erfaßt.

Eine erste vereinfachte Darstellung vom landschaftsökologischen Aufbau eines Ökotope hat TROLL (1950, Fig. 3) gegeben. In Abb. 1 dieser Arbeit, die den landschaftsökologischen Aufbau verschiedener Ökotope darstellt, ist in stärkerem Maße der orographisch-edaphische Bedingungskomplex berücksichtigt. Auf ihm beruht vor allem das feinere naturräumliche Ordnungsgefüge innerhalb der großräumigen, hauptsächlich durch das Makroklima bestimmten Pflanzenformationen (LAUER 1952, 1959; TROLL 1959). Durch die Darstellung des Übergangsbereiches zwischen zwei verschiedenartigen „topographisch-ökologischen Komplexen“, wie PAFFEN (1953) die Ökotope auch definiert hat, wird zugleich das Problem ihrer Extension und damit ihrer Begrenzung berührt.

³⁾ Den Begriff „Nachbarschaftswirkungen“ verwendet CZAJKA mündlich für qualitative Lagebeziehungen im physisch-geographischen Bereich.

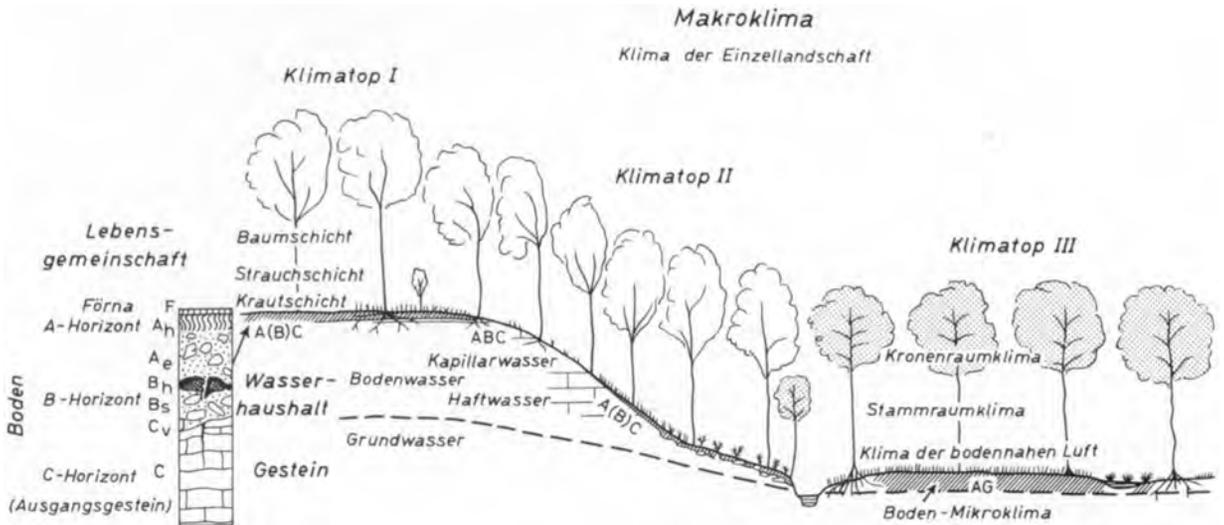


Abb. 1: Der landschaftsökologische Aufbau verschiedener Ökotope

(Jeder Ökotope ist durch eine Bodengesellschaft und einen räumlich geordneten Vegetationskomplex bestimmt)

Bezeichnung der Bodenhorizonte (n. SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL 1960)

A	humoser an der Oberfläche gebildeter Horizont (Oberboden)	B _t	(t von Ton) B-Horizont mit undifferenzierter Tonilluviation und Fließstruktur (typisch für Parabraunerden)
L	(litter bzw. litière) Laub- und Nadelstreuschicht, noch nicht zersetzt	B _h	Subhorizont des B-Horizontes, alleinige oder gegenüber den Sesquioxiden vorwiegende Illuviation von Huminstoffen
F	(von fermentation layer bzw. förmulting skiktet) Moder oder Rohhumus	B _s	... mit vorwiegender Anreicherung von Sesquioxiden gegenüber Huminstoffen
A _h	humoser Mineralbodenhorizont	C	Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstand
A _e	gebleichter, meist hellgrauer Eluvialhorizont der Podsole	C _v	durch physikalische Verwitterung gelockertes Gestein
A _l	(l von lessivé = ausgewaschen) Subhorizont des A-Horizontes, an Ton verarmter Horizont der Parabraunerden	C _n	(n von novus) unverwittertes Gestein
B	allgemein ein verwitterter (verbraunter oder illuvierter) Horizont unter dem A-Horizont	G	durch Grundwasser beeinflusster Horizont
B _v	(v von verwittert) durch Mineralverwitterung verbraunter Horizont, Tonsubstanz koaguliert, keine Fließstruktur, ohne Illuviation (typisch für Braunerde), auch als (B) bezeichnet	G _o	Oxidationszone
		G _r	Reduktionszone } der Gley-Böden
		S	durch Stauwasser beeinflusster Horizont (auch g) der Pseudogleye

Nach welchen landschaftsökologischen Kriterien lassen sich die Ökotope ermitteln? — Der vollkommenste Ausdruck der physischen Bedingungen eines Landschaftsraumes sind die darin wachsenden Pflanzengemeinschaften vorausgesetzt, daß diese sich noch in einem einigermaßen naturnahen Zustand befinden. Die naturräumliche Gliederung deckt sich daher in vielen Gebieten mit dem Verbreitungs mosaik der ökologisch verschiedenartigen Pflanzengemeinschaften. In Erdräumen, deren Pflanzenkleid noch angenähert die natürlichen standortsökologischen Bedingungen wiedergibt, lassen sich die Ökotope deshalb nach den durch räumliche Gegebenheiten geordneten Gesellschaftskomplexen der Pflanzenwelt bestimmen.

Ein weiteres umfassendes Kriterium für die ökologischen Bedingungen eines Landschaftsraumes ist der Boden, speziell der Bodentyp. Der Bodentyp steht in Beziehung zu den orographischen, petrischen, hydrischen und klimatischen Gegebenheiten am Ort seiner Entstehung sowie den Biocoenosen im umfassenden Sinne, unter deren Mitwirkung er gebildet worden ist. In den verschiedenen Bodentypen kommt die räumliche Änderung dieser bodenbildenden Faktoren zum Ausdruck. Wichtiger noch als die einzelnen Bodentypen sind für die naturräumliche Gliederung großen Maßstabs die Bodengesellschaften⁴⁾. Mit diesen werden die Assoziationskomplexe bestimmter Bodentypen erfaßt, die durch landschaftliche Gegebenheiten (Klima, Gestein, Relief) im Raume angeordnet sind. Diese landschaftlichen Gegebenheiten sind: das Ausgangsgestein für die Bodenbildung, das Relief (Mesorelief), die hydrischen Verhältnisse (Grund- und Bodenwasserregime), das Geländeklima⁵⁾ und die sich jeweils zuordnenden Lebensgemeinschaften. Durch die Catena-Methode oder sonstige Ordnungsprinzipien, die gesetzmäßige Zusammenhänge zwischen der Lage der einzelnen Bodentypen innerhalb Bodengesellschaften und bestimmten räumlichen Ursachenkomplexen zum Ausdruck bringen, lassen sich die verschiedenen Bodengesellschaften — und damit zumeist bereits das gesamte landschaftsökologische Feingefüge der Räume, in denen sie auftreten — näher kennzeichnen (TROLL 1937).

Abschließend hierzu stellt sich die Frage nach der Bedeutung des Reliefs für die innere

Ordnung und die räumliche Verteilung der landschaftsökologischen Gefüge.

Im südniedersächsischen Bergland — wie in Gebirgslandschaften generell — beruht die naturräumliche Kleingliederung hauptsächlich auf dem Relief und den an seinem Bau beteiligten Gesteinen. Mit den Oberflächenformen des Landes differenzieren sich die edaphischen, hydrischen und topoklimatischen Bedingungen, von denen wiederum die räumliche Anordnung der Pflanzengemeinschaften und gewisser Tiere (= Lebensgemeinschaften) abhängig ist. Geomorphologischen Untersuchungen kommt deshalb auch im Rahmen der Landschaftsökologie große Bedeutung zu, vor allem dann, wenn es sich um Landschaftsräume mit stark bewegten Reliefs handelt. Die Oberflächenformen haben eine wichtige Funktion bei der inneren Ordnung der Ökotope des südniedersächsischen Berglandes. Die Beschreibung des Formenschatzes steht daher stets am Anfang der Darstellung. Wollte man jedoch nur in der Kombination von Relief und Klima bereits die Grundlagen der naturräumlichen Gliederung sehen, so würde eine ganze Reihe weiterer modifizierend wirkender Faktoren unberücksichtigt bleiben.

Die landschaftsökologischen Gefüge der verschiedenen Ökotope und Kleinlandschaften sind jeweils durch andersartige Faktorenkombinationen bestimmt. Die kleinsten landschaftlichen Gliederungseinheiten sind deshalb in jedem Fall in ihrem landschaftsökologischen Aufbau zu analysieren, im Hinblick auf bestehende „Nachbarschaftswirkungen“ zu untersuchen und von ihrer gesamten dinglichen Erfüllung her zu begründen. Die Grenzlinien sind bloße Darstellungsmittel; immanent gegeben sind stets die verschiedenartigen landschaftsökologischen Wirkungsgefüge.

Es ist ein Anliegen dieser Arbeit die Wirkungsweise verschiedener Faktorenkombinationen aufzuzeigen. Sie kommen in einer jeweils andersartigen landschaftsökologischen Ordnung innerhalb der kleinen Räume zum Ausdruck.

2. Ökotope des südniedersächsischen Berglandes

Es werden nun einige ausgewählte Ökotope des Hils-Berglandes und des Göttinger Waldes im Hinblick auf ihr landschaftsökologisches Feingefüge und dessen bedingende Faktoren untersucht:

1. Die zentralen Zeugenberge im Kern der Hilsmulde mit Kalk-Buchenwäldern,
2. die Formenserie der „Erosionshorste“ und „Eingangstaltrichter“ mit Silikat-Buchenwäldern an den Erosions-Horsten und grundwasserbestimmten Pflanzengesellschaften in den Eingangstaltrichtern,

⁴⁾ PAFFEN (1953, S. 63) spricht in diesem Zusammenhang von „topographischen Bodentypenkomplexen“ oder kurz „topographischen Bodenkomplexen“.

⁵⁾ PAFFEN (a. a. O., S. 76) bezeichnet den gesamten klimatisch gestalteten Lebensraum einer Biocoenose einschließlich des edaphischen und aquatischen Teilbereiches als „topographischen Ökoklimakomplex“ oder mit SUKATSCHEW (1949) kurz als „Klima top“ (vgl. auch Abb. 1).

3. die staunassen Wannen auf der Ceratitenkalk-Hochfläche (oberer Muschelkalk, mo_2) des Göttinger Waldes.

2.1 Die zentralen Zeugenberge im Kern der Hilsmulde, Reste der Schichtstufen des Cenoman und Turon mit Kalk-Buchenwäldern (s. Abb. 2).

In der Tiefenzone der Hilsmulde — worunter hier nur die in sich geschlossene Kreidemulde verstanden wird, die orographisch die Form einer Ohrmuschel hat — liegen drei kleinere Tafelberge in Streichrichtung hintereinander angeordnet (s. Abb. 2). Sie sind aus Plänerkalken und -mergeln in Wechsellagerung aufgebaut. Die Schichten

fallen zumeist schwach nach NE ein ($0-15^\circ$). Die abtragungswiderständige Deckschicht bildet stets der Turonpläner, ein heller ziemlich harter, sehr reiner Kalk. Sein Gehalt an nichtcarbonatischen Lösungsrückständen beträgt nur ca. 5 %. Die zentralen Zeugenberge liegen zwar ziemlich genau im orographischen Mittelbereich der Hilsmulde, deren Rand im umlaufenden Sandsteinkamm des Hils ausstreicht, ihre Schichten fallen aber infolge der asymmetrischen Lage der Muldenachse unter kleinen Winkeln nach NE zur Tiefenlinie ein. Die zentralen Zeugenberge haben deshalb den Charakter schwach nach NE geneigter Tafelberge. Der Exposition der Hänge — insbesondere dem Ge-

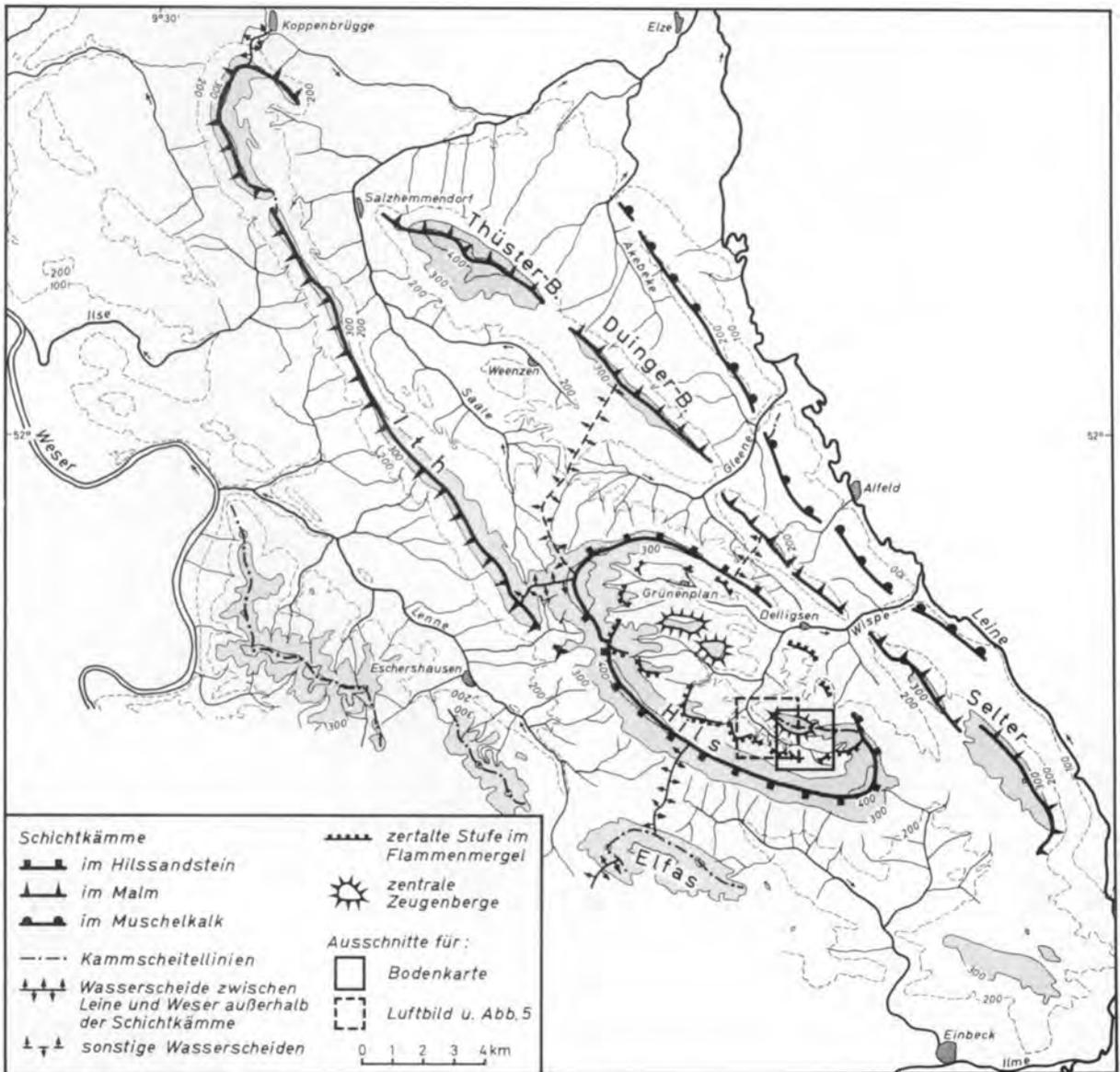


Abb. 2: Übersichtskarte des Ith-Hils-Berglandes mit Lageskizze des Untersuchungsgebietes

gensatz zwischen SW- und NE-Richtung — kommt auch an den Kalkbergen des Leine-Weser-Gebietes große Bedeutung für die pflanzenökologische Feingliederung zu. Das hat für diesen Raum bereits DIEMONT (1938) erkannt. Da die Tafelberge infolge des vorherrschenden Schichtfallens alle mehr oder weniger schwach nach NE geneigt sind, ergibt sich für die den verschiedenen „Klimatopen“ zugeordneten Pflanzengemeinschaften eine unsymmetrische Verteilung an diesen morphographischen Einheiten: Die dem ausgeglichenen kühlfeuchten Klima der N- bis NE-Hänge zugeordneten krautreichen Ausbildungen des Kalk-Buchengewaldes nehmen stets größere Areale ein als der grasreiche Kalk-Buchewald und der ausgesprochen thermophile Seggen-Hang-Buchewald.

Die zentralen Zeugenberge der Hilsmulde sind keine Zeugenberge im klassischen Sinne von Ausliegern, sondern es handelt sich hierbei um stark verkleinerte Reste der Schichtstufen des Cenoman und Turon. Durch allseitige Rückverlegung der ursprünglich umlaufenden Frontstufen (muldenförmige Lagerung) sind sie bis auf diese Restberge in der Tiefenzone der Kreidemulde zurückgewichen. Durch eine quer zum Schichtstreifen gerichteten Zertalung sind die Reststufen des Cenoman und Turon in einzelne hintereinander angeordnete Tafelberge zerlegt worden. Die zentralen Zeugenberge sind somit Zeugen eines höher gelegenen Niveaus, das einstmals über der Hils-Kreidemulde gelegen hat. Die Zertalung und Ausräumung der Hilsmulde haben allem Anschein nach auf ihm begonnen. Das Verhältnis zwischen der Tektonik des Gebietes und den heutigen Oberflächenformen läßt sich am besten durch den Begriff „Relieffumkehr“ kennzeichnen. Die Bäche umfließen den Bergkomplex in der Tiefenzone der Kreidemulde. Lediglich in der Mitte queren sie ihn in einem Durchbruchstal („Wispedurchbruch“). Von den durchlässigen Kalkbergen selbst kommen mit Ausnahme einiger weniger Bäche, die aus Karstquellen unterhalb der zentralen Zeugenberge gespeist werden, keinerlei Quellbäche herunter. Das Gewässernetz der Hilsmulde verzweigt sich einseitig zum Muldenrand hin. Auf die Gründe hierfür wird bei den „Erosionshorsten“ und „Eingangstaltrichtern“ eingegangen werden. — Jenseits des Leinetales (geologische Achsenzone) in der flachen „Sackmulde“ sind die Schichten des Cenoman und Turon noch in großräumiger Verbreitung erhalten. Sie bilden dort am äußeren Abfall des Berglandes eine mächtige umlaufende Frontstufe.

In seinen Regeln zur Bildung des Formenschatzes in Schichtstufengebieten macht SCHMITTHENNER (1954, S. 4) bereits darauf aufmerksam, daß sich Zeugenberge stets in tektonisch tiefen Gebieten, in Schichtmulden und Gräben erhalten. Nach CZAJKA (mündlich) sind derartige Formen das Ergebnis ihrer „qualitativen Lagebeziehungen“; denn in tektonischen Tiefen zonen ist der Gesteinsverband in der Regel besonders fest und daher für die Erosion am schwersten angreifbar. Zentrale Zeugenberge, die mehr oder weniger stark zertalt sein können, wiederholen sich in tektonisch ähnlichen Gebieten regelhaft. Als Formen mit bestimmter qualitativer Lage sind sie ein allgemeiner Bestandteil einer zu entwickelten physischen Landschaftslehre. Weitere Beispiele sind die Heuscheuer

und die Felsenstädte von Adersbach und Weckelsdorf im Kern der innersudetischen Mulde. Im Reliefformen-Atlas (Tafel 42—43)⁶⁾ sind zentrale Zeugenberge aus einer Kreidemulde des Nordatlases — also aus dem ariden Klimabereich — abgebildet.

Der Formenschatz im einzelnen. Die Schichtstufen der zentralen Zeugenberge der Hilsmulde brechen ringsherum mit einem Steilabfall ab. Durch das Schichtfallen gegen NE lassen sich deutlich höhere und steilere Frontstufen an den SW-Flanken und kleinere „Achterstufen“ (n. MORTENSEN 1953, S. 13)⁷⁾ an den NE-Seiten unterscheiden, wohin die Schichten einfallen. Dazwischen treten alle Formen von „Diagonalstufen“ auf, bei denen die Stufen schräg zum Schichtstreichen verlaufen. Die Bäche in den hauptsächlich subsequenten Entwässerungstälern haben sich mehr oder weniger tief in den Flammenmergelsockel der zentralen Zeugenberge vererbt und dort zum Teil tiefe, enge Täler geschaffen.

Längs der Hauptentwässerungstäler bilden die Stufe des Cenoman, die unter der schützenden Turonplänerdecke hervortritt, und — bei genügender Eintiefung der Täler — auch der Flammenmergelsockel Denudationsterrassen am Hang. Die Zwischenniveaus in den weichen Schichten laufen teilweise gesimsartig rund um die Tafelberge (Bild 1). Die Denudationsterrassen an den zentra-



Bild 1: Zwei Denudationsterrassen am Fahrenberg, dem südlichsten der drei zentralen Zeugenbergkomplexe der Hilsmulde.

Die untere Terrasse wird vom Flammenmergel gebildet; auf ihr wächst teilweise Nadelwald als Ersatzgesellschaft des natürlichen Silikat-Buchengewaldes. Die obere Terrasse (Cenomankalkkante) und die geneigte Turonpläner-Deckfläche besiedelt noch der natürliche Kalk-Buchengewald. — Rechts im Hintergrund der Hils.

⁶⁾ Atlas des formes du relief, hrsg. vom Institut Géographique National, Paris 1956.

⁷⁾ Nach der Systematik der Schichtstufenlandschaften von MORTENSEN (1953) werden hierunter die rückwärtigen Stufen verstanden, auf die hin Schichten und Stufenfläche einfallen.

len Zeugenbergen sind — bedingt durch „angeordnete Abtragungsvorgänge“ im Sinne von MORTENSEN (1921, S. 50) — in steile schuttführende Stufenhangtälerchen und mit diesen alternierende Stufenhangsporne quergegliedert.

Für die Bildung dieser Formenserie kommt vor allem im Periglazial auf den feinklütigen Plänerkalken oberflächlich abfließendes Wasser und Frostwanderschutt in Frage, der durch diese Tälerchen jeweils in kanalisierter Form abgefließen ist. An den Süd- bis Südwesthängen sind die Stufenhangtälerchen merklich tiefer ausgebildet als in den entgegengesetzten Expositionsrichtungen, worin wahrscheinlich eine Folge des häufigeren Frostwechsels in den Kaltzeiten des Pleistozäns zu sehen ist. Durch die lebhaftere Frostschuttbewegung an den Plänerkalkbergen wurden die Tälerchen stark überformt, wobei sich die Schuttkorrosion vor allem in den morphologisch weichen, mergeligen Gesteinen ausgewirkt hat.

Am Ausgang jedes Stufenhangtälerchens baut sich ein großer, ziemlich steiler Schuttkegel in das subsequente Hauptentwässerungstal vor. Die Stufenhangsporne und Stufenhangtälerchen mit mächtigen Schuttkegeln an den Talausgängen bilden eine im Landschaftsgefüge der zentralen Zeugenberge der Hilsmulde gesetzmäßig wiederkehrende Formengemeinschaft. Sie ist vor allem an den Süd- und Südwesthängen (Frontstufen) ausgebildet (Luftbild und Abb. 5)

Trotz der hohen oberflächlichen Abflußraten des Niederschlagswassers haben die Plänerkalkberge einen Karstwasserhaushalt. Das Wasser versickert in den feinen Spalten und Klüften des dünn gebankten Gesteins. Morphologische Auswirkungen des Karstwasserhaushaltes an der Oberfläche fehlen. Jedoch tritt trübes, carbonatreiches Karstwasser in verschiedenen starken Quellen an der Obergrenze zum Flammenmergel am Fuß der zentralen Zeugenberge bei Kaierde sowie im Hagental aus.

Periglazialerscheinungen. Die Plänerkalke sind unter periglazialer Klimaeinwirkung zu einem sehr feinkörnigen Frostschutt bzw. zum großen Teil zu Feinsand und Carbonatschluff zerfallen. Dieser weitgehende Zerfall des Frostwanderschuttes ist bereits in geringer Entfernung von den Lieferungsgebieten festzustellen. Auf dem anstehenden Gestein fehlen heute an den Hängen und auf den schwach geneigten Plateaus die Frostschuttdecken weitgehend. Das Material hat sich in den Auffanglagen, in den Talursprungsdellen am Rande der Hochflächen und in den Denudationsterrassen, am Fuß der Stufenhänge (Hangfuß-Schuttkörper) und in den Tälerchen angesammelt. Auf der vom Flammenmergel gebildeten Denudationsterrasse zieht das Frostwanderschuttmaterial die Untergrenze der Rendsina-Bodengesellschaft mit Kalkflora erheblich tiefer herunter als die Gesteinsgrenze zwischen dem Silikatgestein des Flammenmergelsockels und den Kalkgesteinen

der aufsitzenden zentralen Zeugenbergen verläuft. Aus der Tatsache der starken Abwanderung der Frostwanderschuttdecken aus Plänermaterial in die Hangfuß- und Tallagen, die sich in den benachbarten Sackbergen aus den gleichen Gesteinen bestätigt, muß auf eine hohe periglaziale Mobilität des Solifluktuionsmaterials der Plänerkalke geschlossen werden. Sie unterscheidet die Plänerkalke von den meisten Kalkgesteinen des oberen Jura und des Muschelkalkes im südniedersächsischen Bergland.

Wie ist die starke Frostschuttbewegung an den Plänerkalkbergen zu erklären? — Wie gesagt, ist der Frostwanderschutt der genannten Gesteine bereits in geringer Entfernung von den Bildungsgebieten zu einem großen Teil zu Kalkfeinsand und -schluff zerfallen. Für die Kinetik der Frostwanderschuttdecken kommt dem Carbonatschluff besondere Bedeutung zu. Er bildet bei Wasserübersättigung eine ausgezeichnete Gleitsubstanz mit niedriger Fließgrenze und geringem Gleitwiderstand, die im Gegensatz zu Silikatschluff und Teilchen von Tongröße nicht durch Ca-Ionen oder Gefriertrocknung stabilisierbar ist. Außerdem waren die Frostschuttdecken aus Plänermaterial infolge der besonderen „Gesteinsfraktur“ — womit SCHEFFER, WELTE, MEYER (1962) die Neigung zum Frostschutzerfall bezeichnet haben — wahrscheinlich nur jeweils dünn ausgebildet, so daß evtl. vorhandene Reste durch Lösungsverwitterung bei der holozänen Bodenbildung aufgezehrt wurden. Während der Kaltzeiten des Pleistozäns sind die dünnen, feinkörnigen Wanderschuttmassen rasch in die Hangfußlagen und durch die Hangtäler abgefließen.

Auch in den Randtälern der Plänerkalkberge in der Sackmulde liegt das weitgehend zerfallene Frostwanderschuttmaterial in großer Mächtigkeit akkumuliert, wohingegen es an den Hängen und auf den schwach reliefierten Hochflächen nahezu überall fehlt. — Hingegen liegt auf dem Flammenmergel — einem Sandstein mit hauptsächlich silikatischem Bindemittel — unter den Stufen der Plänerkalke auch bei steilerem Geländewinkel eine grobblockige Frostwanderschuttdecke, die wahrscheinlich nur wenig bewegt ist.

Aus der verschiedenen periglazialen Mobilität der Frostwanderschuttmassen aus dem Flammenmergelgebiet und von den Plänerkalkstufen (Cenoman und Turon) ergibt sich eine charakteristische Variation der Schuttformen, die an den Ausgängen der Stufenhangtälerchen in die Hauptentwässerungstäler des Hils-Berglandes vorgebaut sind. Sind die Plänerkalkschichten auf dem Flammenmergelsockel im Einzugsgebiet der Stufenhangtälerchen (im Flammenmergel) bereits abgetragen, so bleiben die Schuttkegel an den Talausgängen klein und treten morphologisch kaum hervor. Das ist auch dann der Fall, wenn das Einzugsgebiet an den Hängen vergleichsweise ähnlich groß ist wie dort, wo die vollständige Schichtfolge einschließlich des Turonpläners über dem Flammenmergel erhalten ist. Es ist dies ein Beispiel für geographische Nachbarschaftswirkung, bei der das funktionale Raumgefüge qualitativ und quantita-

tiv durch die Lage der verschiedenen Einheiten zueinander bestimmt ist.

Die Bodengesellschaft und die pflanzenökologische Gliederung. Auf Grund der edaphischen Verhältnisse wachsen an den zentralen Zeugenbergen Kalk-Buchenwälder, und zwar in der Hauptsache das Melico-Fagetum (TÜXEN 1955) in verschiedenen Subassoziationen sowie an den steilen SW-exponierten Stufenhängen mit starken Abspülungserscheinungen das thermophile Carici-Fagetum (MOOR 1952; LOHMEYER 1953; 1955). Beide Pflanzengesellschaften bilden an den zentralen Zeugenbergen einen Gesellschaftskomplex, der in sich durch bestimmte Standortsfaktoren räumlich geordnet ist.

Die Böden dieser Kalk-Buchenwälder sind Rendsina, und zwar vorwiegend lockere Mullrendsina, etwas mullartige Rendsina an den SW-exponierten Denudationskanten und Stufensteilhängen sowie Lehmrendsina⁸⁾ auf kleinen Flächen, vor allem an den NE-Hängen im unteren Bereich.

Wegen des geringen Gehaltes an nichtcarbonatischen Lösungsrückständen (bei den Cenoman- und Turonkalken ca. 5 %) und der Schwerlöslichkeit des CaCO₃ vollzieht sich die holozäne Bodenbildung an den Plänerkalkbergen langsam. Die Plänerkalken zeichnen sich insgesamt durch eine geringe Auflösungsgeschwindigkeit aus. Eine gewisse Ausnahme bildet lediglich der feinkrockige Frostschutt. Der gelöste Kalk wird zum großen Teil abgeführt. Die jüngeren

⁸⁾ Nomenklatur nach SCHEFFER, WELTE, MEYER (1960, S. 24).

Stadien der Rendsina-Entwicklung herrschen deshalb an den zentralen Zeugenbergen vor, vor allem Mullrendsina. Mit Ausnahme der Hang- und Talstandorte, wo kolluviales Bodenmaterial vorliegt, sind die AC-Profile in der Regel ziemlich flachgründig; der humose A-Horizont ist selten mächtiger als 15 bis 20 cm und im unteren Bereich mit lösungsresistenteren Kalkbrocken durchsetzt. Durch ihre langsame Entwicklung und Flachgründigkeit unterscheidet sich die Rendsina aus Plänerkalkgesteinen von den Rendsinen der meisten Jura- und Muschelkalkgesteine. Auf diesen werden die verschiedenen Entwicklungsstadien der Rendsina in der Regel rascher durchlaufen.

Eine gewisse bodengeographische Gliederung wird durch das Relief hervorgerufen („Reliefmodifikationen“ n. SCHEFFER, WELTE, MEYER 1960). Die Bodenprofile an den schattigen, ausgeglichenen kühl-feuchten N- bis NE-Hängen sind in der Regel tiefgründiger, frischer und in ihrer Entwicklung etwas weiter fortgeschritten als die an den trocken-warmen S- bis SW-Hängen (Abb. 3). Diese Unterschiede zeigen sich vor allem an den Stufenhängen in verschiedener Exposition, wo dem Relieffaktor (Böschung) große Bedeutung für die Bodenbildung zukommt. So treten vor allem bei SW-Exposition im oberen Hangbereich, an den Denudationskanten, Protorendsinen (n. KUBIENA 1948 bzw. 1953) auf. Die mechanisch gelockerte Oberfläche des anstehenden Kalkgesteins ist hier teilweise nach Art einer Steinpflasterung freigespült. Diese Erscheinung wiederholt sich an sämtlichen zentralen Zeugenbergen der Hilsmulde. Im mittleren Hangbe-

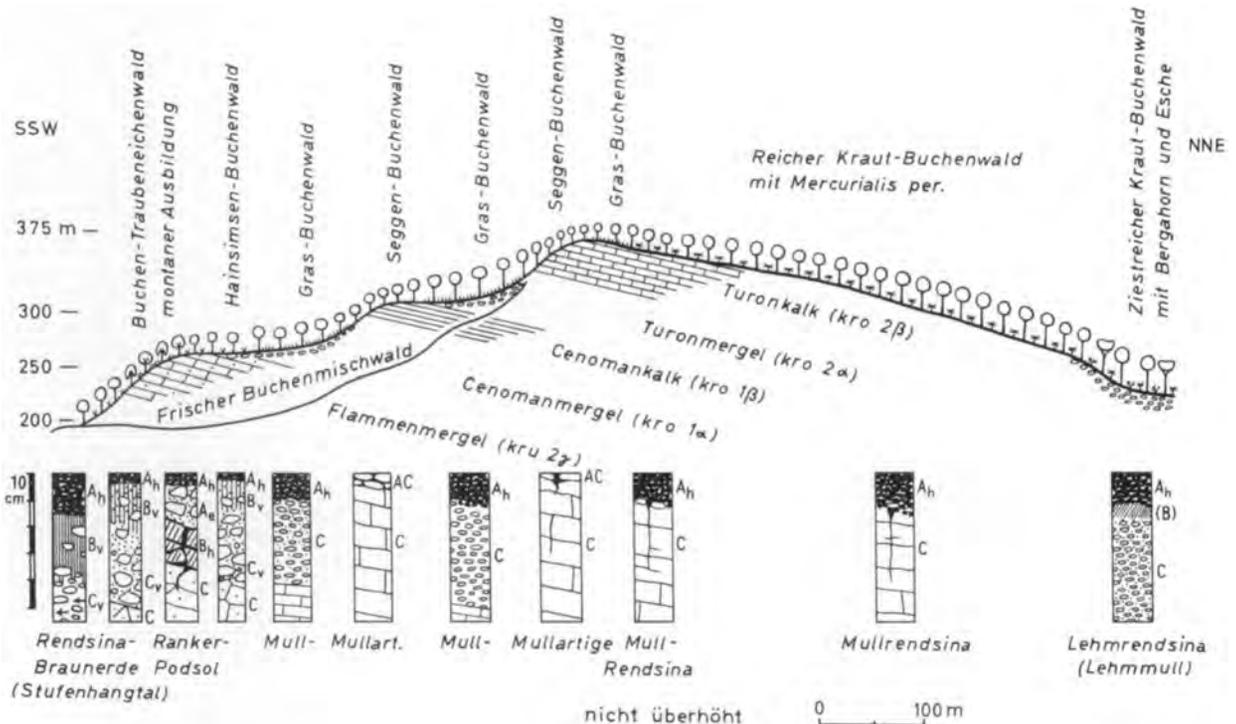


Abb. 3: Landschaftsprofil durch einen zentralen Zeugenberg (Bodentypenbezeichnungen vgl. bei Abb. 1)

reich der Stufen geht diese in mullartige Rendsina über. Die NE-exponierten „Achterstufen“ bedeckt hingegen in der Regel Mullrendsina. Im unteren Hangbereich sowie am Hangfuß auf den Denudationsterrassen kommen z. T. tiefgründigere kolluviale Hangmullrendsinen vor. Eine Mullrendsina decke liegt auch auf den nach NE-geneigten Stufenflächen und den teilweise ziemlich breiten Denudationsterrassen. Am weitesten fortgeschritten ist die Bodenbildung in den mit Schutt gefüllten Talursprungsdellen, die in den Hochflächen und auf den gesimseartigen Zwischen-niveaus einsetzen, in den Stufenhangtälern und auf den Hangfußschuttkörpern. Es kommen hier tiefgründigere kolluviale Hangmullrendsina (vor allem in den tief eingeschnittenen Stufenhangdellen) und Lehrendsina (Lehmmull)⁹⁾ vor. In Stufenhangtälern, welche die Denudationsterrasse des Flammenmergels queren, herrschen frische meso-bis eutrophe Rendsina-Braunerden vor. Hier wird von den steilen Talhängen im Flammenmergel auch basenärmeres Bodenmaterial eingespült.

Das Zusammenspiel von Hangneigung, Hangrichtung und bis zum gewissen Grade auch vom Gestein mit der Sonneneinstrahlung und der vorherrschenden Windrichtung bedingt bekanntlich unterschiedliche Topoklimate (bzw. „Klimatope“) in bestimmter räumlicher Zuordnung. An den zentralen Zeugenbergen der Hilsmulde spiegelt die Untergliederung des Gesellschaftskomplexes der Kalk-Buchenwälder, vor allem die Anordnung der Subassoziationen und Varianten, die Verbreitung der verschiedenen Topoklimate wieder.

Die Expositionsklimate kann man geradezu als die räumlichen Ordner der Pflanzengemeinschaften innerhalb des hauptsächlich edaphisch bedingten Gesellschaftskomplexes der Kalk-Buchenwälder an den zentralen Zeugenbergen der Hilsmulde bezeichnen. Die zwischen Luv- und Leeseite wechselnde Luftfeuchte des Bestandsklimas und die davon beeinflusste Bodenfeuchte kommen sowohl in der verschiedenen Artenzusammensetzung der Baumschicht, vor allem aber im Lebensformenspektrum der Krautschicht zum Ausdruck. So überwiegen bei makromorphologisch ähnlichem Bodentyp an den ausgeglichenen kühl-feuchten NE-Hängen krautige Pflanzen, insbesondere Geophyten, während an den trocken-warmen, größeren Temperatur- und Feuchteschwankungen unterworfenen SW-Hängen bestimmte Gräser den Aspekt der Krautschicht bestimmen. Die verschiedenen starke Evapotranspiration an SW- und NE-Hängen wirkt sich vor allem bei den lockeren, gutdurchlüfteten, flachgründigen AC-Böden

⁹⁾ Die Lehrendsina entspricht der „braunen Rendzina“ Kubiénas (1948, S. 76—77 bzw. 1953, S. 223).

pflanzenökologisch aus. In der Gliederung des Pflanzenkleides kommt dies deutlich zum Ausdruck. Solche Böden sind in unserem Gebiet die Rendsinen mit Kalk-Buchenwäldern und die Ranker aus Silikatgesteinen mit bodensauren Silikat-Buchenwäldern.

DIEMONT (1938) hat versucht, die unterschiedliche Evaporation in den verschiedenen Expositionen im Leine-Weser-Bergland zahlenmäßig zu erfassen. Während siebenstündiger Vergleichsmessungen am NE- und SW-Hang, wobei auf etwa gleichen Bodentyp und gleichaltrige Bestände geachtet wurde, ermittelte er bei westlichen Winden am SW-Hang einen 1,5 mal größeren Wert. In den höheren Verdunstungsraten an den SW-Hängen kommt vor allem die austrocknende Wirkung der vorherrschenden SW- bis W-Winde zum Ausdruck.

Bei einigen Gesellschaften im unteren Hangbereich und auf den Schuttfüllungen der luft- und bodenfrischen Täler, frische *Asperula*-Buchenmischwälder und ziestreicher Kraut-Buchenwald, ist die zusätzliche Wasser- und Nährstoffversorgung der hauptsächlich bedingende Faktor.

Insgesamt ergeben sich bei den Waldgesellschaften der zentralen Zeugenberge folgende Anordnungenstendenzen, die bei allen topographisch-ökologischen Komplexen dieses Typs im Hils-Bergland regelhaft wiederkehren (Abb. 3).

a) Die steilen, starker Denudation unterworfenen Stufenhänge und Stufenhangsporne mit SW-Exposition und trocken-warmem Klima besiedelt der thermophile Seggen-Buchenwald (*Carici-Fagetum*). Er hat hauptsächlich Schutzwaldcharakter.

Der Boden ist mullartige Rendsina. Neben der in der Baumschicht zwar vorherrschenden, in ihrer Lebenskraft aber erheblich herabgesetzten Buche bilden Feldahorn (*Acer campestre*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*) und Stiel- bzw. Traubeneiche die Baumschicht. Die Krautschicht ist durch zwei Orchideen gekennzeichnet: das rote und das weiße Waldvöglein (*Cephalanthera rubra* und *C. damasonium*), die jedoch im Seggen-Buchenwald des Hils-Berglandes selten sind. Zur Abgrenzung gegen das umgebende *Melico-Fagetum* lassen sich Bergsegge (*Carex montana*), Schwalbenwurz (*Vincetoxicum officinale*), pfirsichblättrige Glockenblume (*Campanula persicifolia*), Duftprimel (*Primula veris*) und Maiglöckchen (*Convallaria maialis*) heranziehen. Die meisten dieser Wärme- und lichtbedürftigen Arten kommen auch in den thermophilen Eichenmischwäldern des *Quercion pubescenti-petraeae* vor, denen das *Carici-Fagetum* nahesteht.

b) An den S- bis W-Hängen außerhalb der Steilhanglagen, auf den Denudationsterrassen und auf den unter starker Windeinwirkung stehenden Bergrücken wächst der zum *Melico-Fagetum* gehörige grasreiche Buchenwald.

Neben Gräsern wie *Melica uniflora*, *Dactylis aschersoniana*, *elymus europaeus* u. a. sind die Geophyten *Mercurialis perennis*, *Corydalis cava* etc., die den Aspekt der Krautschicht des krautreichen Buchenwaldes an den N- bis E-Hängen bestimmen, zwar an schattigen, windgeschützten Stellen gelegentlich vorhanden, treten aber anteilmäßig gegenüber den Gräsern zurück.

c) An den schattigen, mehr oder weniger steilen Hängen und geneigten Plateaus mit N- bis NE-Exposition und einem ausgeglichenen kühl-feuchten Ortsklima wächst der krautreiche Buchenwald, und zwar in der Ausbildung mit *Mercurialis perennis*. Der Boden ist sowohl unter dem grasreichen als auch unter dem krautreichen Buchenwald vorwiegend eine ziemlich flachgründige Mullrendsina.

Ähnliche pflanzenökologische Anordnungstendenzen kehren im Ith-Hils-Bergland an den Schichtkämmen des Malm und des Muschelkalkes wieder. Auch in den Sackbergen aus Plänerkalken sind sie gegeben.

Vor allem auf den Schuttstandorten im NE-exponierten Hangfußbereich mit größerer Bodenfeuchte (Zuschußwasser und höheres Wasserspeichervermögen) tritt eine Ausbildung des krautreichen Buchenwaldes mit *Stachys silvatica*, *Impatiens noli tangere* und anderen feuchtigkeitsliebenden Arten auf. In der Baumschicht sind Esche und Berg-Ahorn neben der Buche zahlreich vertreten.

Diese Gesellschaft steht offenbar bereits dem Ahorn-Eschenwald (*Phyllitido-Aceretum* n. Tx. 1955) extrem NE-exponierter Steilhänge im Bereich der Stufe des Malm (Ith und Selter) nahe. Die starke Naturverjüngung von Esche und Berg-Ahorn deutet darauf hin, daß das Vorkommen der Buche wohl vor allem auf menschliche Förderung zurückzuführen ist. Die Buche erzielt in dieser Gesellschaft beste Ertragsleistungen.

Auf den Schuttstandorten am Hangfuß und in den schuttführenden Stufenhangdellen wächst außerdem der frische *Asperula*-Buchenmischwald. Er erfordert Nährstoffreichtum und eine gewisse Bodenfrische. In den Tälern steht er mit den Bach-Eschenwäldern (*Cariceto remotae* — *Fraxinetum*) in räumlichem Kontakt. Sie wachsen auf den Talböden mit oberflächennah bewegtem Grundwasser. Da es sich bei den Lehrendsinen und eutrophen Rendsina-Braunerden der Stufenhangtäler generell um carbonathaltiges Bodenmaterial handelt, tritt hier hauptsächlich der anspruchsvollere *Asperula*-Buchenmischwald mit Arum auf. Auf Schuttkörpern aus Flammenmergelmaterial, wie in den Seitentälern des südlichen Hagental, wo der Pläner auf dem Flammenmergel bereits fehlt, wächst der weniger anspruchsvolle *Asperula*-Buchenmischwald ohne Arum. Die Vegetation gibt in diesem Fall Auskunft über den Carbonatgehalt des Bodens. Aus diesem sind wiederum Schlüsse auf die Zusammensetzung des Schuttkörpers im Stufenhangtal möglich.

Ökologische Nachbarschaftswirksamkeit. Die Standorte im Grunde der Täler und an den Stufenhangspornen bzw. Stufensteilhängen mit starken Denudationserscheinungen sind Ökotope, die

in fortwährenden räumlichen Wechselbeziehungen stehen. Die Denudationskanten sind Verhagerungsstandorte, von denen infolge der steilen Böschung der Stufenhänge und Stufenhangsporne dauernd Bodenmaterial in die Täler abgeschwemmt wird. An den Stufenhängen und Stufenhangspornen herrscht daher ein ständiges Minus in der Stoffbilanz. In den Stufenhangtälern hingegen, in die das Bodenmaterial eingetragen wird, ist die Bilanz des Nährstoff- und Wasserhaushaltes dauernd nach der positiven Seite hin verschoben (Anreicherungsstandorte). In der waldbaulichen Leistungsfähigkeit der Verhagerungsstandorte an den Stufensteilhängen und der Anreicherungsstandorte in den Stufenhangtälern kommt dies deutlich zum Ausdruck. Es liegt hier ein eindeutiger Fall von ökologischer Nachbarschaftswirksamkeit vor.

2.2 Die Formenserie der Erosionshorste und Eingangstaltrichter

Auf die Stufe des Cenomanpläner folgt im Liegenden der Flammenmergel (kru 2 γ). Er bildet eine durch Täler gegliederte Frontstufe, die im Innenraum der Hilsmulde parallel mit dem Schichtkamm des Hils umläuft (Abb. 4 u. 5). Die einzelnen spornartig vorspringenden Bastionen der Flammenmergelstufe lagern dabei der nach innen geneigten Stufenfläche des Hils sandsteins in unterschiedlicher Höhenlage auf.

Der Flammenmergel ist ein teils kieselig dichter, teils mergelig, teils feinkörnig verwitternder Sandstein. Der Stufenbildner ist der harte kieselige Flammenmergel der Mittellagen. Die Bezeichnung „Mergel“ ist insofern irreführend, als sie nicht den Kalkgehalt, sondern die hauptsächlichste Zerfallart des Gesteins kennzeichnet. Insgesamt ist der Flammenmergel noch weniger untersucht als die übrigen Gesteine der Hilsmulde, etwa der Hils sandstein (kru 2 α) oder die Plänerkalke.

Das Wasser fließt von den Muldenflügeln im Hils sandstein in die Hils mulde hinein; dabei durchschneiden die Quellbäche die darauffolgende Stufe des Flammenmergels in ziemlich regelmäßigen Abständen. Die in sich geschlossene Kreidemulde wird lediglich durch einen Durchbruch auf der Ostseite entwässert. — Eine Erörterung dieser Lagebeziehungen ist deshalb nötig, weil durch sie die Formengemeinschaft der Erosionshorste und Eingangstaltrichter genetisch bestimmt ist (qualitativ wirksame Lage).

Der Formenschatz. Die Flammenmergelstufe ist teils durch konsequent in die Mulde hineinführende und teils durch subsequente Täler zerschnittene. Alles Niederschlagswasser, das innerhalb des Bereiches im Boden versickert, der durch den Hils kamm als Wasserscheide begrenzt wird, strömt als Hang- bzw. Grundwasser im Hils sandstein auf die Tiefenzone der Mulde zu. An der hier nur wenige Meter mächtigen Minimustonschicht (kru 2 β)

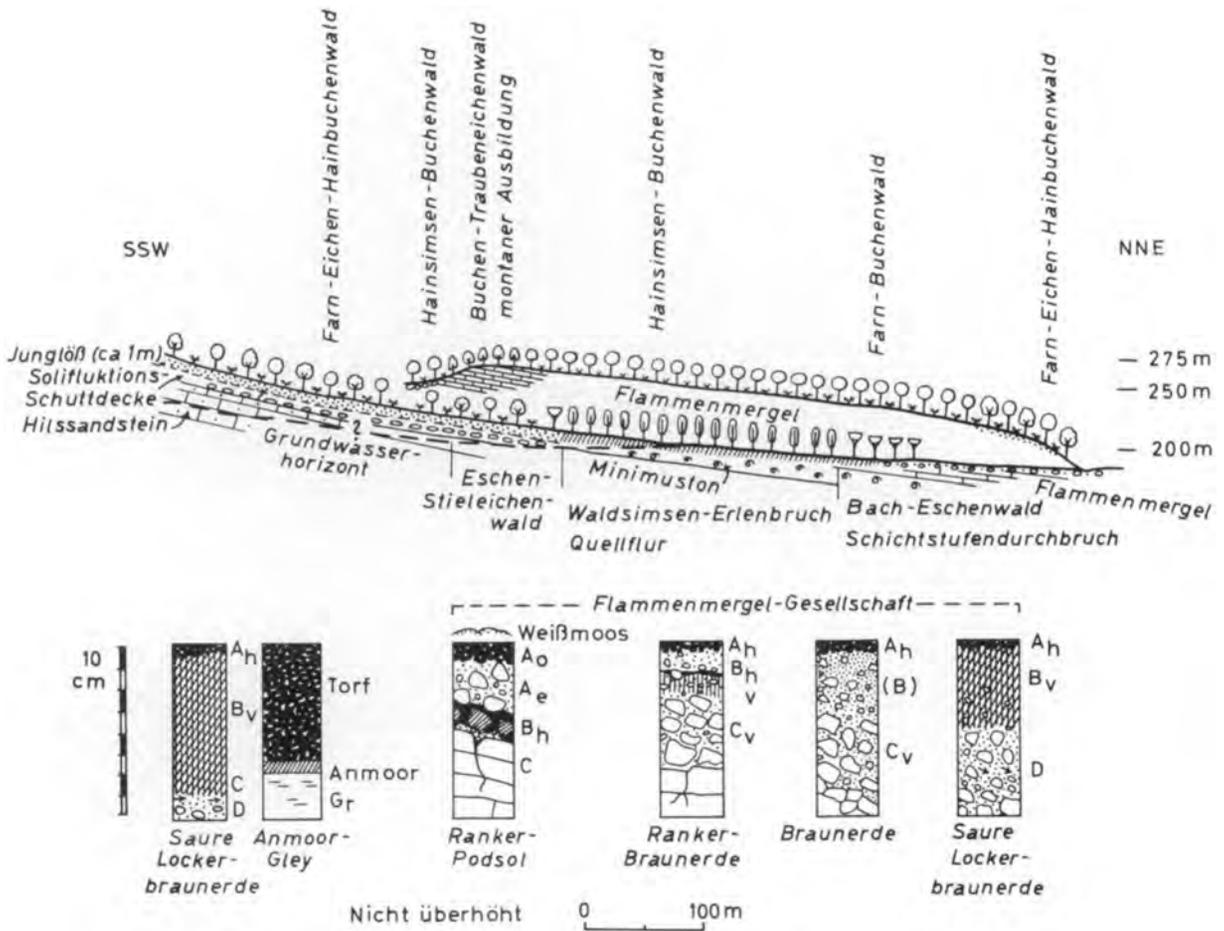


Abb. 4: Landschaftsprofil durch einen „Erosionshorst“ und „Eingangstaltrichter“

zwischen Hilssandstein und Flammenmergel wird das Grundwasser im porösen Hilssandstein aufgestaut. Im Liegenden bildet der Neokomton (kru 1κ) eine wasserundurchlässige Schicht. Das im Hilssandstein gestaute Grundwasser kann infolge der muldenförmigen Lagerung der Schichten erst am oberen äußeren Rand der hangenden Minimustonschicht in den inneren Muldenraum überfließen. Die Überlaufquellen liegen in den trichterförmigen Tälern zwischen der zerlappten Stufe des Flammenmergels, wo der obere Rand der Minimustonschicht ausbeißt, und zwar genau dort, wo die Grenze zwischen dem liegenden Hilssandstein und dem Minimuston ihre orographisch tiefsten Stellen entlang des Muldenrandes erreicht. Ein Beweis für das Vorhandensein gespannten Grundwassers im Hilssandstein unter der Minimustonschicht sind artesische Quellen, die z. B. im Welletal erbohrt wurden. Die Quellfluren in den trichterförmigen Tälern bilden durch ihre Wiederholung zusammen einen am inneren Muldenrand umlaufenden Quellhorizont.

Die trichterförmigen Täler greifen von der Stufenrückseite des Hils zwischen die darauffolgende Frontstufe des Flammenmergels ein und gliedern diese in einzelne vorspringende Sporne. Die Taltrichter, die am Grunde in eine Art Durchbruchstäler übergehen, werden mit v. WISSMANN (1951, S. 14) „Eingangs-Taltrichter“ genannt.

Eingangstaltrichter bilden sich, wenn ein Bach aus einem Gebiet „weichen“ Gesteins (in unserem Fall der Minimuston) in „hartes“ übertritt und sich dort einschneidet (der Flammenmergel). Der Taleingang ist dabei im „weichen“ Gestein trichterartig weit, mit dem Übertritt ins „harte“ Gestein verengt sich das Tal und die Bäche queren die folgende Stufe in einem Durchbruchstal. LOUIS (1961, S. 117) bezeichnet derartige Täler als „Schichtstufendurchbrüche“.

Die Ausbildung der Trichterform ist vor allem eine Folge des randlichen Ausdünnens der „harten“ Schicht, d. h. die Oberfläche bildet eine Schnittfläche, von der verschiedene Gesteinsbänke gekappt werden. Die „harte“ Schicht wird daher im randlichen Bereich rascher von den Quellbächen durchsunken als weiter im Zentrum, wo sie mächtiger wird. Es kommt hinzu, daß die Gefällskurve der Bäche im unteren Abschnitt flacher verläuft als das Schichtfallen. Diese

Tatsachen führen im Schichtstufenland gesetzmäßig zur Ausbildung von Eingangstaltrichtern.

Solche Talformen kommen außerdem beispielsweise zu beiden Seiten des Göttinger-Leinetalgrabens im oberen Muschelkalk vor: Im Westen fließen die Bäche von der Dransfelder-Hochfläche herunter der Leine zu und bilden „Schichtstufendurchbrüche“ durch den mo, im Osten kommen die Quellbäche aus dem Göttinger-Wald heraus und haben hier derartige Formen geschaffen. Auf die Formen am Rande der Dransfelder-Hochfläche weist bereits Mortensen (1949) in seinem Aufsatz über die „alternierende Abtragung“ hin.

Den Eingangstaltrichtern kommt erhebliche Bedeutung für die Herausarbeitung von Schichtstufen überhaupt zu; denn gleichzeitig mit der Eintiefung der Bäche in die „harte“ Schicht werden deren Frontstufe bzw. Diagonalstufen herausgearbeitet. Mit den Eingangstaltrichtern der Hilsmulde wechseln Reste der gegliederten Flammenmergelstufe ab. Diese bilden Dreiecksberge mit mehr oder weniger regelmäßigem Grundriß. Diese Dreiecksberge bezeichne ich als „Erosionshorste“.

Der Name „Horst“ ist einer volkstümlichen Bezeichnung für diese Formen entlehnt. Schon das naive Bewußtsein hat also diese Reliefformen als Einheiten aufgefaßt. Mit „Horsten“ im geologischen Sinne haben die „Erosionshorste“ der Hilsmulde nichts zu tun; es handelt sich rein um eine durch die „Schichtstufendurchbrüche“ ziemlich regelmäßig gegliederte, infolge der muldenförmigen Schichtlagerung umlaufende Stufe.

Im Basisbereich werden die „Erosionshorste“ durch subsequente Hauptentwässerungstäler vom Flammenmergelsockel der zentralen Zeugenberge abgelöst. Je nachdem, wie weit die subsequenten Entwässerungstäler im Mittelbereich der Kreidemulde liegen und wie stark die Stufe des Flammenmergels in die Mulde hinein zurückgewichen ist, sind die Formen mehr oder weniger langgestreckt.

Der Stufenrückgang ist seinerseits von den Abständen zwischen den Schichtstufendurchbrüchen abhängig: dichte Abstände bedingen einen stärkeren Stufenrückgang. Die Frontstufenreste beschränken sich auf die nach außen zeigenden Spitzen der Dreiecksberge. Die mehr oder weniger steilen Talhänge der Eingangstaltrichter sind Diagonalstufen an den Erosionshorsten. Die Eintiefung in den eigentlichen Durchbrüchen und damit die gegenseitige Ablösung der „Erosionshorste“ hängt davon ab, wie tief die „Abflußbasis“ (v. WISSMANN 1951, S. 21) in den subsequenten Entwässerungstälern liegt. Hiervon wird auch die rückwärtige Unterschneidung der Erosionshorste bestimmt, die teilweise eine kleine Achterstufe heraustreten läßt. Die Neigung der NE-exponierten Hänge hat wiederum einen wichtigen Einfluß auf das Topoklima, welches das Auftreten gewisser Pflanzengesellschaften an diesen Hängen hervorruft. Davon wird jedoch später die Rede sein.

Die Überlaufquellen an der Minimustonschicht in den Eingangstaltrichtern und die davon gespeisten Quellbäche haben weitgehend den Formenschatz im inneren Muldenraum geschaffen.

Durch Quellerosion wird die Minimustonschicht dauernd zerklüftet. Dadurch wird andererseits die oberhalb des Quellhorizontes anschließende Stufenfläche des Hilssandstein mehr und mehr aufgedeckt. Sie steht als ungegliederte Großform in markantem Gegensatz zu der darauffolgenden, stark zertalten Stufe des Flammenmergels. In bestimmten Abständen angeordnete Erosionsvorgänge legen so eine geologische Strukturfläche frei, die im Relief als nahezu ungegliederte Großform hervortritt. Die darauffolgende Stufe des Flammenmergels wird dabei durch die in konsequenter Richtung in sie hineinfließenden Quellbäche in ein stark gegliedertes Bergland aufgelöst.

Eine weitere wasserführende Schicht bildet der sehr durchlässige Flammenmergel über dem Minimuston. Haben sich die Täler genügend stark in den Flammenmergel eingetieft, so wird ein weiterer Schichtquellhorizont angeschnitten. Die Quellen haben teilweise rückschreitende Täler in den Flammenmergel geschnitten. Es ist hierin ein zweiter, genetisch jüngerer Erosionszyklus in der Hilsmulde zu sehen.

Bodengesellschaft und Vegetation der Erosionshorste. Der Flammenmergel bringt Böden der Braunerdereihe hervor (Kartenbeilage). Es sind in der Regel saure Böden. Jedoch ist die Acidität und die Nährstoffarmut der Flammenmergelböden zumeist nicht so groß wie die der benachbarten Hilssandsteinböden. Die periglazialen Abtragungsvorgänge waren allem Anschein nach an den Reliefformen des Flammenmergels weniger intensiv als an den zentralen Zeugenbergen aus Plänkalken: Im unteren Hangbereich der Erosionshorste und in Dellen liegt Löß. Es handelt sich hierbei um sauer reagierende Löße mit einem pH-Wert von 4 bis 4,5.

Mineralanalysen haben gezeigt, daß dieser Löß hauptsächlich aus dem carbonatarmen Buntsandsteingebiet im Westen stammt. Es ist offensichtlich ein Junglöß, der außerdem bereits am ersten Ort seiner Ablagerung weitgehend entkalkt war, als er in der jüngeren Tundrenzzeit (Dryas) äolisch umgelagert wurde. Der umgelagerte Löß zeigt deutliche Beziehungen zum Relief, die nur durch vorherrschende Westwinde zu erklären sind. Diese werden von POSER (1950; 1951) auch auf Grund anderer Klimazeugen (Dünen) für das Spätglazial Nord- und Westdeutschlands angenommen. SCHOENHALS (1957; 1959) beschreibt derartige Löße aus hessischen Mittelgebirgen, der Eifel, wo er über Laacher-See-Tuff lagert, und aus dem Alpenvorland. Diagnostizierbar ist der Junglöß durch seine niedrigen pH-Werte, seine lockere steinfreie Lagerung, das Fehlen von Kolloidverlagerungen (fehlende Tondurchschlammung) infolge des niedrigen pH-Wertes. Die saure Lockerbraunerde, die sich aus dem Junglöß entwickelt hat, ist tiefreichend verbraunt.

Die Bodengesellschaft der Flammenmergel-Erosionshorste zeigt insgesamt eine mehr oder weniger konzentrische Anordnung der einzelnen Bodentypen in Abhängigkeit vom Relief. Die verschiedenen Bodentypen bilden eine zusammengesetzte Catena, bei der das Substrat für die Bodenbildung infolge des häufigen Fazieswechsels des Gesteins und des Lößmaterials im unteren Hangbereich nicht einheitlich ist (Kartenbeilage u. Abb. 4).

Die einzelnen Bodentypen ordnen sich wie folgt an: An den Bergkuppen und SW-exponierten



Das Landschaftsbild der inneren Hilsmulde im Luftbild
(Veröff. m. Genehm. d. Niedersächs. Landesverw. amtes/Landesvermess. v. 9. 11. 64)

Hangspornen liegt ein stark steiniger Ranker-Podsol, bei dem der Orterde-Horizont sich tief in den Klüften des Gesteins abgesetzt hat. Auch das dichte, kieselige Gestein selbst, das im frischen Anschlag gelbe bis rote flammenartige Flecken und Bänder zeigt — daher der Name Flammenmergel — ist teilweise in die Bleichung eingezogen. Die Gesteinsbleichung scheint bis zu einem gewissen Grade expositionsabhängig zu sein. Sie ist vor allem an SW-exponierten Kuppen ausgeprägt. Hangabwärts geht der Podsol in eine flachgründige, steinige Ranker-Braunerde und schließlich im unteren Hangbereich, wo Junglöß als Ausgangsgestein für die Bodenbildung in Frage kommt, in saure Lockerbraunerde über. Die Böden der Flammenmergel-Erosionshorste zeigen gewisse expositionsbedingte Unterschiede. Die Profile an den Nordosthängen sind in der Regel tiefergründiger, frischer und stärker humos als an den S- bis SW-exponierten Hängen.

Mit der Verbreitung der verschiedenen Bodentypen hängt die Anordnung der verschiedenen Pflanzengemeinschaften zusammen (Abb. 4). An den Flammenmergel-Erosionshorsten ergibt sich eine regelhafte Anordnung der Pflanzengemeinschaften in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften und den Expositionsklimaten. Beide Faktoren überlagern sich dabei in ihrer Wirkungsweise.

Von Natur aus wachsen hauptsächlich bodensaure Hainsimsen-Buchenwälder (*Luzulo-Fagetum*) an den Reliefformen des Flammenmergels. Die artenarme Krautschicht bildet weitgehend die Hainsimse (*Luzula nemorosa*). Das *Luzulo-Fagetum* tritt an den Erosionshorsten in mehreren Subassoziationen auf: Die trocken-warmen S- bis SW-Hänge besiedelt der reine Hainsimsen-Buchenwald (*Fagetum luzuletosum*) die ausgeglichen kühl-feuchten Standorte an den N- bis NE-Hängen der Farn-Buchenwald (*Dryopteris linnaeana-Luzula*-Buchenwald). Der Boden im Farn-Buchenwald ist zwar ebenfalls flachgründig und von saurer Reaktion, im Gegensatz zu dem des reinen Hainsimsen-Buchenwaldes aber frischer und stärker humos.

Auf den Ranker-Podsolen an den Kuppen und SW-exponierten Denudationskanten der Stufenhänge wächst kleinräumig Weißmoos-Buchenwald (*Leucobryum-Luzula*-Buchenwald), der hauptsächlich in *Leucobryum*-Fichtenforst umgewandelt ist. Die Podsolierung des Bodens ist zumeist so weit fortgeschritten, daß bei natürlicher Neubesiedlung die Buche hier schwerlich Fuß fassen könnte. Wahrscheinlich würde sich unter natürlichen Umständen ein Buchen-Traubeneichenwald montaner Ausbildung ansiedeln. Im unteren Hangbereich, wo der saure Junglöß größere Mächtigkeit erreicht, die Wasserkapazität

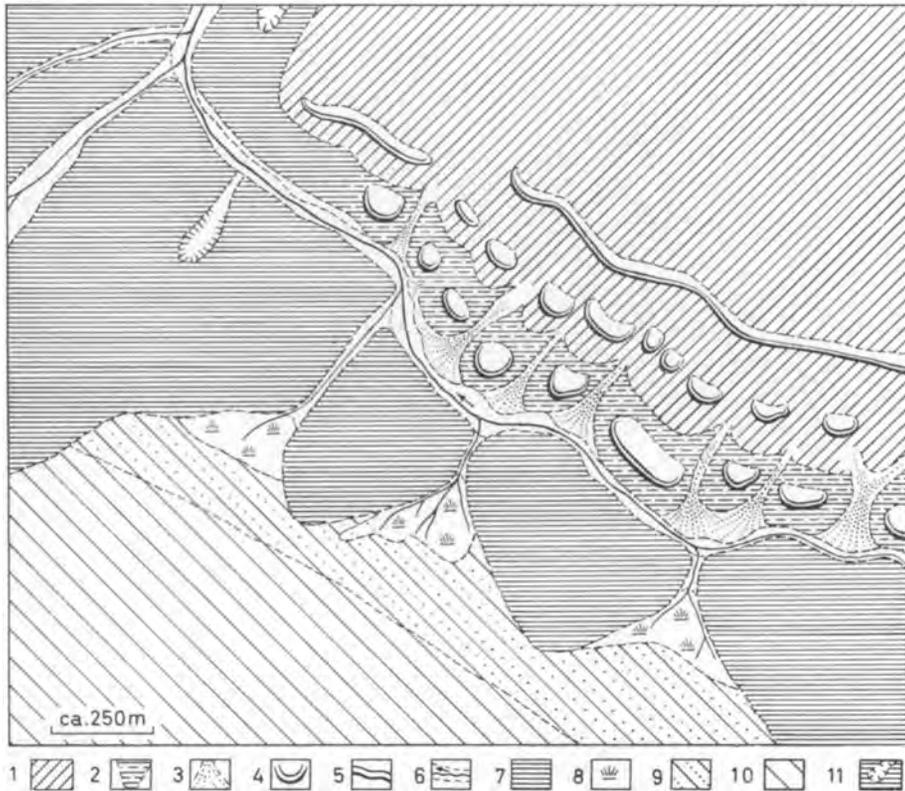


Abb. 5: Die naturräumliche Gliederung der inneren Hilsmulde nach nebenstehendem Luftbild

1 Zentrale Zeugenberge aus Plänerkalken im Kern der Hilsmulde entlang der Tiefenzone aufgereiht. Hauptsächlich flachgründige Mullrendsina mit Kalk-Buchenwäldern verschiedener Ausbildung je nach Exposition.

2 Flammenmergelsockel der zentralen Zeugenberge, teilweise als Denudationsterrasse ausgebildet. Die Denudationsterrasse ist regelmäßig in Stufenhangsporne und Stufenhangtäler quergegliedert. Ranker-Podsole bis Ranker-Braunerden je nach Mächtigkeit des Junglößschleiers mit verschiedenen Ausbildungen des Hainsimsen-Buchenwaldes.

3 Stufenhangdellen mit verfestigten Schuttfüllungen im Grunde. An den Talausgängen baut sich jeweils ein Schuttkegel in das subsequente Entwässerungstal vor. Frische Lehrendsina bis Rendsina-Braunerde mit *Asperula*-Buchenmischwald, je nach Carbonatgehalt des Bodens in der Ausbildung mit oder ohne Arum.

4 Verhagerte Dächer der Stufenhangsporne mit starken Denudationserscheinungen. Mullartige Rendsina mit Seggen-Buchenwald (Schutzwald) auf Kalk, Ranker-Podsol mit Buchen-Traubeneichenwald montaner Ausbildung auf Flammenmergel.

5 SW-exponierter Stufensteilhang der Turonplänerdecke eines zentralen Zeugenberges mit starken Denudationserscheinungen an der Stufentrauf und am oberen Steilhang. Mullartige Rendsina mit Seggen-Buchenwald.

6 Talsohlen mit verschwemmtem Junglöß, frisch bis feucht, periodisch auch überflutet. Von bewegtem Grundwasser beeinflusste Tächengleye mit Bach-Eschenwald bzw. frischem Dauergrünland.

7 Erosionshorste der durch Schichtstufendurchbrüche regelmäßig gegliederten Flammenmergel-Innenstufe der Hilsmulde. Ranker-Podsole bis Braunerden je nach Relieflage und Exposition, verschiedene Ausbildungen des Hainsimsen-Buchenwaldes, in NE-exponierten Hangfußlagen auf Löß Farn-Eichen-Hainbuchenwald.

8 Eingangstralrichter mit Überlaufquellen (Quellfluren) zwischen den Erosionshorsten. Vom Grundwasser stark beeinflusste Böden, z. T. saure Anmoorgleye mit Waldsimsen-Erlenbruchwald.

9 Unterer Innenhang des Hilssandsteinkammes mit frischen, von Hangwasser beeinflussten Junglößböden. Saure Lockerbraunerde mit Farn-Eichen-Hainbuchenwald in NE-Exposition.

10 Oberer Hangbereich der Stufenrückseite des Hils mit geringmächtigem Junglößschleier. Podsol-Braunerden bis saure Lockerbraunerden in NE-Exposition mit feuchteren Ausbildungen des Hainsimsen-Buchenwaldes.

11 Frische Dellen im Flammenmergel. Braunerden mit Hainsimsen-Buchenwald oder *Asperula*-Buchenmischwald.

des Bodens daher größer ist und sich Hangwasser bzw. in Muldenlagen auch Hangstauwasser einstellt, treten schmale Eichen-Hainbuchenwaldstreifen auf. Sie erstrecken sich vor allem an den Rückhängen der Erosionshorste, wo diese zu den Hauptentwässerungstätern im Muldeninnenraum abfallen. In NE-Exposition ist es vor allem der Farn-Eichen-Hainbuchenwald, eine anspruchsvollere Subassoziation des bodensauren Hainsimsen-Eichen-Hainbuchenwaldes.

Bodengesellschaft und Vegetation der Eingangstaltrichter. In den Eingangstaltrichtern sind die Böden und die Pflanzengesellschaften stets von Grundwasser beeinflusst. In den Talböden oberhalb der Quellfluren finden sich hauptsächlich frische Braunerden und saure Lockerbraunerden aus Junglöß. Solifluktionmaterial aus Hilssandstein im Untergrund, das sich in den zwickelförmigen Tälern aufgestaut hat, bedingt hier eine natürliche Bodendrainage. Staunässeerscheinungen sind daher selten. Im unteren Bereich der Täler in den eigentlichen Talzwickeln, wo die Quellen austreten, kommen stark vom Grundwasser beeinflusste Böden vor. Teilweise befinden sie sich in Anmoorentwicklung. Bodentypologisch sind es saure Anmoorgleye mit einer 30 bis 50 cm mächtigen Torfschicht.

Auf der sauren Lockerbraunerde mit bewegtem Grund- bzw. Hangwasser im Unterboden (Schutt) wächst der Farn-Eichen-Hainbuchenwald. Er verlangt einen relativ günstigen Wasser- und Nährstoffhaushalt des Bodens und ein ausgeglichenes, kühl-feuchtes Topoklima.

Auf den Anmoorböden der Quelltalzwickel wächst Waldsim sen - E r l e n b r u c h, das (n. JAHN 1952) eine anspruchslose Bruchwaldgesellschaft der Mittelgebirge darstellt. Neben den besonderen hydrischen Verhältnissen kommt im Waldsim sen-Erlenbruch das besonders kühle und feuchte Topoklima der Eingangstaltrichter zum Ausdruck. Die Eingangstaltrichter der Hilsmulde sind ausgesprochene Frostlöcher. An den engen, Sperriegel bildenden Durchbrüchen staut sich die kalte Luft und fließt nur langsam in die Haupttäler ab (Bild 2).

Zwischen dem Farn-Eichen-Hainbuchenwald und dem Waldsim sen-Erlenbruch liegt teilweise noch ein schmaler Streifen Eichen-Eschenwald. — Auffällig sind die scharfen Boden- und Vegetationsgrenzen, welche diese Standorte von den oberhalb anschließenden sauren Lockerbraunerden mit Farn-Eichen-Hainbuchenwald absetzen. Eine oberflächennahe Grundwasserstufe bedingt hier diese scharfen pflanzenökologischen Grenzen.

In den Engtälern längs der Bäche wachsen Bach-Eschenwälder (*Cariceto remotae-*



Bild 2: Eingangstaltrichter zwischen zwei Erosionshorsten. Im Hintergrund die durch das Absteigen des Quellhorizontes über dem Minimuston herauspräparierte Stufenrückseite des Hilssandsteins. Beginnend im Taltrichter ist eine deutliche Gliederung der Waldgesellschaften nach Art einer ökologischen Catena (Bodenfeuchtigkeitsreihe) zu erkennen: im feuchten, quelligen Talzwickel Erlenbruchwald (a), darüber ein Streifen Farn-Eichen-Hainbuchenwald auf Junglöß (b), darüber Silikat-Buchenwald mit eingestreuten Fichten (c).

Fraxinetum n. TÜXEN 1955). Die Bach-Eschenwälder erfordern vor allem bewegtes Grundwasser und einen dadurch bedingten besonders günstigen Wasser- und Lufthaushalt. Die Bach-Eschenwälder kommen in den Eingangstaltrichtern der Hilsmulde in mehreren Ausbildungen vor¹⁰).

a) Der Sumpflabkraut-Bach-Eschenwald (*Cariceto remotae-Fraxinetum*, Ausbildung mit *Gallium palustre*): Er wächst auf Böden, die bis nahe an die Oberfläche mit rasch fließendem Grundwasser durchtränkt sind. Der Boden besteht aus Schwemmschutt bzw. Schottern und hat eine lockere, hohlraumreiche Struktur. Vom Relief her gesehen besiedelt er die Täler, deren Gefälle noch unausgeglichen ist und in denen die Bäche daher lebhaft fließen. Es sind in der Regel die früheren Stadien der Eingangstaltrichterentwicklung, bei denen der Charakter des Schichtstufendurchbruchs noch stärker erhalten ist.

b) Der reine Bach-Eschenwald (*Cariceto remotae-Fraxinetum*, typische Ausbildung): Er besiedelt feinerdereiche, vergleyte Auenböden mit weniger stark fließendem Grundwasser. Der reine Bach-Eschenwald wächst in der Mehrzahl der Schichtstufendurchbrüche und subsequenten Entwässerungstätern. Der Boden ist eine dünne, vergleyte Schwemmlößdecke über Bachschottern, die periodisch von Grundwasser durchstaut wird.

c) Der Waldsim sen-Bach-Eschenwald (*Cariceto remotae-Fraxinetum*, Ausbildung mit *Luzula silvatica*): Er wächst auf basenarmen, stärker verdichteten Böden mit schwacher seitlicher Wasserbewegung. Der Boden ist zumeist ein Stauwasser-Gley. Er kommt besonders am Rande einiger Quellmulden vor, wo er einen äußeren Ring um das Waldsim sen-Erlenbruch bildet. Standortsökologisch ist es die ärmste der Bach-Eschenwaldgesellschaften der Hilsmulde.

In den Eingangstaltrichtern ergibt sich somit eine deutliche Anordnung der Waldgesellschaften in Abhängigkeit von den hydrischen Gegebenheiten.

¹⁰) Untergliederung der Bach-Eschenwälder n. JAHN 1952.

ten. Die hauptsächlich modifizierenden landschaftsökologischen Faktoren sind der Flurabstand des Grundwassers und die Wasserbewegung im Boden. Die Bewegungsart des Wassers bestimmt hauptsächlich den Nährstoff- und Luftaushalt des Bodens. Die Waldgesellschaften der Eingangstaltrichter sind außerdem Ausdruck des besonders kühlfeuchten Topoklimas und der starken Frostgefährdetheit der Standorte.

An den Erosionshorsten hingegen ordnen sich die Waldgesellschaften hauptsächlich in Abhängigkeit von der relief- und gesteinsbedingten Bodengesellschaft an. Den wechselnden Bodeneigenschaften überlagern sich verschiedene Topoklimate. Aus der Interferenz beider standortsökologischer Faktorengruppen ergibt sich die Verteilung der Pflanzengemeinschaften.

2.3 Die staunassen Wannen auf der Ceratitenkalk-Hochfläche des Göttinger Waldes (Abb. 6)

Die staunassen Wannen sind naturräumliche Einheiten (Okotope), bei denen das feinere Ordnungsgefüge durch Bodenstauwasser bestimmt wird.

Über die Dynamik staunasser Böden (Pseudogleye) in Abhängigkeit vom Klima, von Bodenfaktoren, die in der Bodenart, dem Gefüge und der Mächtigkeit der Stauzone sowie der Dichte und Tieflage des Staukörpers zu suchen sind, von der Vegetation und dem für die Ausbildung des Pseudogleyes besonders wichtigen Kleinrelief hat MÜCKENHAUSEN (1958) ausführlich geschrieben.

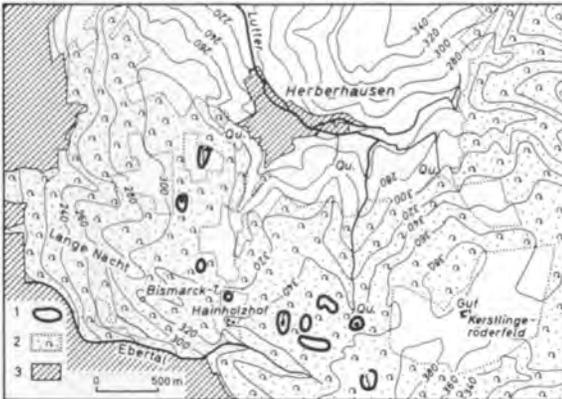


Abb. 6: Die Lage der staunassen Wannen im Waldgebiet östlich Göttingen.

1 Okotope mit Staunässe, z. T. als Wannen ausgebildet; 2 Wald; 3 Baugebiet der Stadt Göttingen.

Auf der Ceratitenkalk-Hochfläche des Göttinger Waldes zwischen dem „Ebertal“ im Süden und dem „Luttertal“ im Norden liegen verschiedene staunasse Standortkomplexe (Abb. 6). Sie nehmen z. T. ebene Lagen auf der Hochfläche ein und sind z. T. als Wannen mit einem kleinen Stauwasserreich im Zentrum ausgebildet.

Die Hohlformen lassen sich zum geringen Teil durch Gipsauslaugung im darunter lagernden mittleren Muschelkalk erklären. Der obere Muschelkalk, der hier nur eine Decke von schwacher Mächtigkeit bildet, ist über den Auslaugungsformen nachgesackt. Der größte Teil der wannenartigen Formen beruht jedoch offenbar auf Keuperversenkungen im oberen Muschelkalk (freundliche mündliche Mitteilung von Herrn Prof. Dr. H. SCHMIDT, Göttingen). Versenkter Keuper bildet im Westteil des Göttinger Waldes verschiedene, von der rheinischen in die herzynische Richtung abzweigende Grabensysteme (z. B. „Kleppergraben“¹¹). Die bunten Mergel des mittleren Keupers verwittern rascher als der Muschelkalk; ihre Verwitterungsprodukte werden leichter ausgeräumt. Auf diese Weise entstehen Hohlformen. Verschiedene Wannen schließen sich zu langgestreckten grabenähnlichen Formen zusammen.

Landschaftsökologisch wichtig ist die Tatsache, daß die staunassen Standortkomplexe teilweise als Wannen ausgebildet sind, teilweise aber auch im ziemlich ebenen Relief liegen. Von der Oberflächenform her ergibt sich also bereits eine erhebliche ökologische Variationsbreite dieser kleinen Landschaftseinheiten.

Die verschiedenen Böden innerhalb der staunassen Standortkomplexe (Okotope) und mit ihnen die Pflanzengemeinschaften ordnen sich hauptsächlich kokardenförmig an, wobei im Kern der tieferen Hohlformen ein mit Stauwasser gefüllter kleiner Teich liegt. Bei den Formen in ebener Lage treten im Mittelbereich lediglich stark staunasse Böden (Stagnogley) auf. Die Bodengesellschaft dieser Okotope umfaßt tiefgründige, dichte, lehmig-tonige Böden: Rendsina-Braunlehm, Kalksteinbraunlehm verschiedener Mächtigkeit, Pseudogley-Braunlehme verschiedener Stärke bis hin zum Stagnogley bzw. — am Rande der Teiche — auch zur Gyttya. Die kleinen Teiche im Mittelkreis der Hohlformen sind dadurch entstanden, daß das gestaute Bodenwasser zur tiefsten Stelle im Relief fließt und sich dort sammelt. Die größte Form dieser Art ist das „lichte Meer“ nördlich der Straße „Hainholz—Kerstlingeröderfeld“. Bei besonderem Hochstand des Stauwassers wird jedoch gerade bei dieser Form das Wasser aus dem Teich durch ein künstliches Drainagesystem abgeleitet.

Die verschiedenen Stadien der Rendsinaentwicklung wurden bei den Böden aus Ceratitenkalk vor allem wegen des hohen Gehaltes an primär freiem Lehm, d. h. aufbereitetem lehmigem Zwischenmittel (40 bis 50 %) und durch periglaziale Lösungsverwitterung freigesetztem Lösungsrückstand, sehr viel rascher durchlaufen als bei den Böden der meisten Muschel- und Jurakalkgesteine oder gar der Plänerkalke (Cenoman, Turon, Emscher) im südniedersächsischen Bergland. Die holozäne Bodenentwicklung ist bei den Böden aus Ceratitenkalk (mo 2) zumeist bis zu einem ziemlich mächtigen Braunlehm fortgeschritten¹². In Staulagen, die

¹¹) Geol. Karte von Preußen, Erläuterungen zu Blatt Göttingen Nr. 2520, von H. STILLE, Berlin 1932, S. 29.

¹²) Bei den Böden aus Turon- und Cenomanpläner hingegen ist die Entwicklung nur bis zur Mullrendsina bzw. gelegentlich auch bis zur Lehrendsina fortgeschritten (z. B. zentrale Zeugenberge der Hilsmulde).

sich aus den besonderen hydrischen Verhältnissen der dichten lehmig-tonigen Böden in Verbindung mit dem Kleinrelief ergeben, treten Pseudogley-Braunlehme auf. Im Kern von Hohlformen, wo sich das gestaute Bodenwasser in stärkerem Ausmaß sammelt, geht der Braunlehm-Pseudogley in regelrechten Stagnogley über.

Die staunassen Böden aus Ceratitenkalk zeigen zumeist noch einen ziemlich hohen Carbonatspiegel. Für die ökologische Wertigkeit der verschiedenen Pseudogleye ist die Acidität von großer Bedeutung und sollte auch bei der naturräumlichen Gliederung staunasser Gebiete stärker berücksichtigt werden als bisher.

Die Pflanzengemeinschaften der staunassen Standortkomplexe auf der Ceratitenkalk-Hochfläche des Göttinger Waldes sind insgesamt Ausdruck eutropher Bodenverhältnisse. Der Vegetationskomplex eines derartigen Ökotopts gliedert sich folgendermaßen (s. Abb. 7): Im Mittelkreis liegt der kleine Stauwasserteich mit verschiedenen Verlandungsgesellschaften. Am Grunde der flachen Tümpel hat sich aus angesammeltem organischem Material zumeist ein Sapropel, d. h. ein sauerstoffarmer, übelriechender Faulschlamm gebildet. Um ihn ordnet sich ein zumeist schmaler Streifen Erlenbruchwald auf Gytjtja oder stellenweise auch Mullgley an. Einen weiteren Ring bilden weitständige Eschen mit Begleitpflanzen, die

Ausdruck feuchter bis nasser Bodenverhältnisse sind. Der Boden in diesem Bereich ist Mullgley — d. h. über dem Gley-Horizont liegt ein Mull-A-Horizont — bei dem die Vernässung nach außen zu allmählich schwächer wird. Am äußeren Rande wird der reine Eschen-Bestand durch einen Eschen-Stieleichenwald abgelöst. Einen weiteren Außenkreis bildet feuchter Eichen-Hainbuchenwald, und zwar zunächst ein schmaler Streifen ziestreicher Eichen-Hainbuchenwald (WINTERHOFF 1962, S. 41—42), an den sich frischer Asperula-Buchenmischwald anschließt. Der Boden unter dieser Waldgesellschaft ist ein Pseudogley-Braunlehm mit einer Mulldecke. Auf der umgebenden Hochfläche mit stärker durchlässigen und daher trockeneren Böden — vorwiegend Braunlehm-Rendsina bis Rendsina-Braunlehm — wächst grasreicher Kalk-Buchenwald (*Melico-Fagetum elymetosum*) in einer tiefgründigen Ausbildung.

Die staunassen Ökotope, die zum Teil als Wannen ausgebildet sind, bilden ein wichtiges Landschaftselement im naturräumlichen Gefüge der Ceratitenkalk-Hochfläche des Göttinger Waldes.

Ihre besondere Standortqualität kommt auch darin zum Ausdruck, daß alle Versuche, auf diesen Böden Fichten

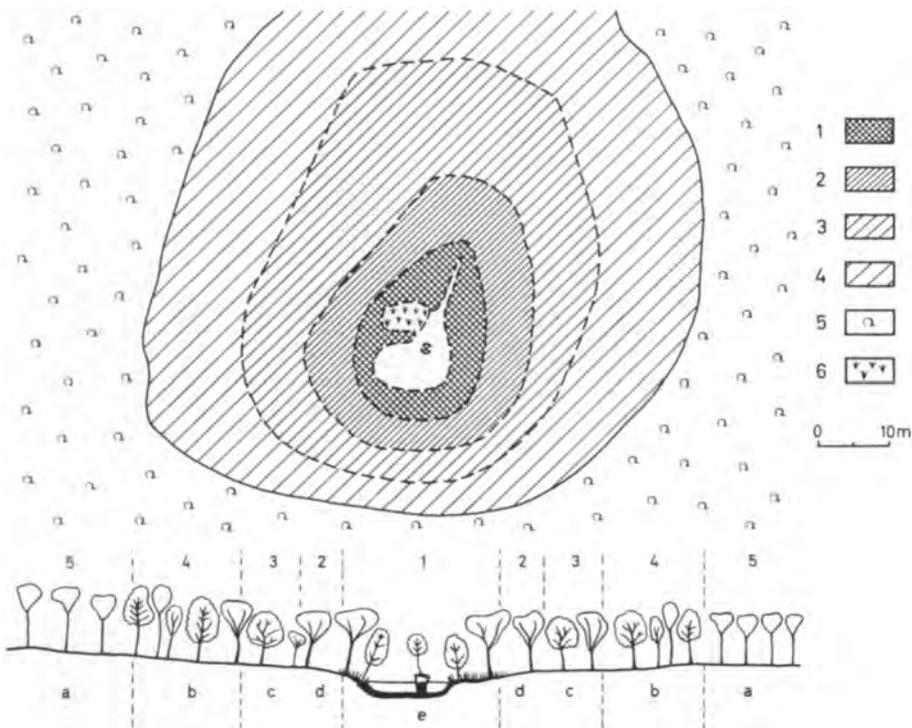


Abb. 7: Staunasse Wanne auf der Ceratitenkalk-Hochfläche des Göttinger Waldes.

Vegetation: 1 Erlenbruch (*Carici elongatae-Alnetum*); 2 Eschenwald (*Carici remotae-Fraxinetum*); 3 Eschen-Stieleichengürtel; 4 frischer Buchenmischwald (*Quercus-Carpinetum stachyetosum* bzw. *asperuletosum*); 5 grasreicher Buchenwald (*Melico-Fagetum elymetosum*); 6 *Phalaris arundinacea*-Bestand auf Mullgley. — Böden: a Lehmrendsina bzw. Braunlehm; b Braunlehm/Gley (nach außen abnehmende Mullgley- und zunehmende Braunlehmmerkmale); c-d Mullgley; e Gley mit Gytjtja-Auflage (ca. 30 cm).

anzupflanzen, fehlschlugen. Die vor allem wegen des Sauerstoffmangels auf staunassen Böden extrem flach wurzelnde Fichte wurde entweder vom Wind geworfen, oder in Jahren mit geringen Niederschlägen, in denen das Bodenstauwasser absank, vertrocknete sie.

Der beschriebene konzentrische Boden- und Vegetationskomplex ist ein Beispiel für die ökologischen Hohlformen dieser Art. Bei den staunassen Ökotope auf Ceratitenkalk in ebener Relieflage können die beiden Mittelkreise — Stauwasserteich und Erlenbruchwaldgürtel — ausfallen. Im Kern wachsen hier weit auseinanderstehende Eschen mit einer Bodenvegetation, die Ausdruck starker Staunässe ist (z. B. Juncaceen). Der Boden ist Stagnogley mit einer Muldecke. Mit abnehmender Staunässe nach außen zu geht er in Pseudogley-Braunlehm über. Allmählich schwächen sich auch die Pseudogley-Merkmale ab und die reinen Braunlehm-Merkmale überwiegen. Die Vegetation ist frischer *Asperula*-Buchenmischwald, der schließlich von einer tiefgründigen Ausbildung des grasreichen Buchenwaldes abgelöst wird.

Zum Abschluß seien einige allgemeine Gesichtspunkte zur physischen Landschaftslehre herausgestellt:

a) Ökotope, die Darstellungseinheiten der naturräumlichen Gliederung im sehr großen Maßstab (1:10 000 bis 1:50 000), sind „topographisch-ökologische Komplexe“. Sie beruhen vor allem auf den Einheiten des Mesoreliefs und umfassen eine Bodengesellschaft, welche durch die jeweiligen räumlichen Gegebenheiten näher bestimmt ist (Ausgangsgestein für die Bodenbildung, Relief, Wasserhaushalt, Geländeklima und Lebensgemeinschaft). Zur Kennzeichnung der einzelnen Bodentypen und der Art ihrer Vergesellschaftung innerhalb der kleinen Landschaftseinheiten können die Catena-Methode oder andere Ordnungsprinzipien herangezogen werden. Der Vegetationskomplex in einem Ökotope ist durch die Bodengesellschaft — und vor allem bei großer Reliefenergie — durch die noch feiner differenzierten „Klimatope“ im Raume angeordnet. Zuweilen kann das Geländeklima bis zum gewissen Grade unabhängig vom Boden pflanzenökologisch ordnend wirken (z. B. zentrale Zeugenberge).

b) Insbesondere im Bergland lassen sich die Ökotope nach dem Relief bzw. den edaphischen Gegebenheiten (im umfassenden Sinne) abgrenzen. Ebenso eignen sich pflanzensoziologische Erhebungen zur Bestimmung der ökologisch verschiedenartigen Landschaftsräume. In einem Ökotope treten sehr häufig mehrere Vegetationseinheiten auf, die jedoch insgesamt ökologisch einander nahestehen. Sie bilden jeweils eine durch ganz bestimmte räumlich-ökologische Faktoren geordnete Abfolge. Die verschiedenen Assoziationen, Subassoziationen und Varianten des Pflanzenkleides

sind insgesamt Ausdruck der feineren ökologischen Variationen innerhalb der Ökotope. Die im Einzelfall bestehenden Anordnungen und die Faktoren, die sie bedingen, gilt es bei der künftigen Forschung herauszuarbeiten und möglichst messend zu bestimmen. Mit der Aufnahme des Wasserhaushaltes in verschiedenen Landschaftsräumen Nordwestsachsens haben NEEF, SCHMIDT, LAUCKNER (1961) bereits einen Beitrag hierzu geleistet.

c) Im Vergleich zu den physiologischen Merkmalen (Gestein, Oberflächenform, Grundwasserregime, das möglichst nicht von der Vegetation beeinflusst sein sollte) ist das ökologische Raumgefüge in seiner räumlichen Differenzierung feiner und in seiner Beständigkeit in Raum und Zeit labiler.

d) Die Landschaftsökologie erschöpft sich nicht in der Erforschung des ökologischen Gefüges, der Anordnung und den Nachbarschaftsbeziehungen der kleinen Räume (Physio- und Ökotope), sondern sie ist auch eine geeignete Betrachtungsweise größerer Landschaftsräume. Landschaftsgliederungen im kleinen Maßstab, die dem dreidimensionalen Landschaftsbau in der Geosphäre Rechnung tragen, sind bisher insbesondere von LAUER (1959), SCHMITHÜSEN (1956) und TROLL (1959) durchgeführt worden. Bei der Erforschung des Bedingungsgefüges der Landschaftsobjekte der verschiedenen Größenordnungen sind verschiedene Arbeitsmethoden anzuwenden; denn die Ursachenverknüpfungen und die darauf beruhenden landschaftlichen Ordnungen sind in den verschiedenen Maßstäben jeweils andere.

Schrifttum

- CZAJKA, W.: (1956a) Die geographische Zonenlehre. — Geogr. Taschenbuch 1957/57, S. 410—429.
 — u. VERVOORST, F.: (1956b) Die naturräumliche Gliederung Nordwest-Argentiniens. — *Pet. Geogr. Mitt.* 100. Jg., S. 89—102 und 196—208.
 —: (1957) Das innerste Längstal am Ostrand der Argentinischen Puna (El Cajón de San Antonio). — *Jhb. d. Geogr. Ges. Hannover*, S. 153—177.
 DIEMONT, W. H.: (1938) Zur Soziologie und Synökologie der Buchenmischwälder der nordwestdeutschen Mittelgebirge. — *Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. in Nds.*, H. 4, Hannover.
 JAHN, S.: (1952) Die Wald- und Forstgesellschaften des Hils-Berglandes (Forstamtsbezirk Wenzen). — *Angewandte Pflanzensoziologie* 5, Stolzenau/Weser.
 KOEPCKE, H.-W.: (1961) Synökologische Studien an der Westseite der peruanischen Anden. — *Bonner Geogr. Abh.* 29.
 KUBIENA, W.-L.: (1948) Entwicklungslehre des Bodens. — Wien.
 —: (1953) Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. — Stuttgart.
 LAUER, W.: (1952) Humide und aride Jahreszeiten in Afrika und Südamerika und ihre Beziehungen zu den Vegetationsgürteln. — *Bonner Geogr. Abh.* 9.
 —: (1959) Klimatische und pflanzengeographische Grundzüge Zentralamerikas. — *Erdkunde* XIII, S. 344—354.

- LOHMEYER, W.: (1953) Beitrag zur Kenntnis der Pflanzengesellschaften in der Umgebung von Höxter a. d. Weser. — Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N. F. 4, Stolzenau/Weser, S. 59—76.
- : (1955) Über das Cariceto-Fagetum im westlichen Deutschland. — Mitt. Flor.-soz. Arbeitsgem. N. F. 5, Stolzenau/Weser, S. 138—144.
- LOUIS, H.: (1961) Allgemeine Geomorphologie. — Berlin, 2. Aufl.
- MOOR, M.: (1952) Die Fagion-Gesellschaften im Schweizer Jura. — Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz, 31, Bern.
- MORTENSEN, H.: (1921) Morphologie der samländischen Steilküste. — Veröff. d. Geogr. Institutes d. Univ. Königsberg/Pr., H. III, Hamburg.
- : (1949) Rumpffläche — Stufenlandschaft — Alternierende Abtragung. — Pet. Geogr. Mitt. 93, S. 1—14.
- : (1953) Neues zum Problem der Schichtstufenlandschaft. Einige Ergebnisse einer Reise durch den Westen der USA, Sommer und Herbst 1952. — Nachr. d. Akad. d. Wiss. Göttingen, Math.-Phys. Kl., S. 3—23.
- MÜCKENHAUSEN, E.: (1958) Der Wasserhaushalt der Pseudogleye und dessen Bedeutung für die Pflanze. — Verh. d. zweiten u. vierten Kommission d. Intern. Bodenkundl. Ges., Hamburg 1958, S. 105—111.
- NEEF, E., SCHMIDT, G., LAUCKNER, M.: (1961) Landschaftsökologische Untersuchungen an verschiedenen Physiotopten in Nordwestsachsen. — Abh. sächs. Akad. Wiss. Leipzig, Math.-nat. Kl., Bd. 47, 1, Berlin.
- PAFFEN, K.: (1953) Die natürliche Landschaft und ihre räumliche Gliederung. — Forsch. z. dt. Landeskde. 68, Remagen.
- POSER, H.: (1948) Äolische Ablagerungen und Klima des Spätglazials in Mittel- und Westeuropa. — Naturwiss. 35, S. 269—276 und 307—312.
- : (1950) Zur Rekonstruktion der spätglazialen Luftdruckverhältnisse in Mittel- und Westeuropa auf Grund der vorzeitlichen Binnendünen. — *Erdkunde* IV, S. 81—88.
- : (1951) Die nördliche Lößgrenze in Mitteleuropa und das spätglaziale Klima. — Eiszeitalter und Gegenwart 1, Öhringen, S. 27—55.
- SCHAEFFER, F., u. SCHACHTSCHABEL, P.: (1960) Lehrbuch der Agrilkulturchemie und Bodenkunde, I. Teil: Bodenkunde. — Stuttgart.
- SCHAEFFER, F., WELTE, E., u. MEYER, B.: (1960) Die Rendsinen der mitteldeutschen Berg- und Hügellandschaften (Leine—Weser-Bergland). 1. Mitt.: Genese und Verbreitungsbedingungen der Rendsinen. — Ztschr. f. Pflanzenernährg. Düngg. Bodenkde., 90. (135.) Bd., Weinheim/Bergstr., S. 18—36.
- : (1962) 2. Mitt.: Fraktur, Nichtcarbonatgehalt und spezifische Auflösungs geschwindigkeit des Kalkgesteins als bestimmende Größen der Bodenentwicklungsgeschwindigkeit. — A. a. O. 98. (143.) Bd., Weinheim/Bergstr., S. 1—17.
- SCHMITTHENNER, H.: (1954) Die Regeln der morphologischen Gestaltung im Schichtstufenland. — Pet. Geogr. Mitt. 98, S. 3—10.
- SCHMITHÜSEN, J.: (1948) Grundzüge und Richtlinien für die Untersuchung der naturräumlichen Gliederung von Deutschland und ihre Darstellung im Maßstab 1 : 200 000. — In: Geographische Landesaufnahme. Mitt. d. Amtes f. Landeskde. 1948.
- : (1956) Die räumliche Ordnung der chilenischen Vegetation. — Bonner Geogr. Abh. 17, S. 1—86.
- SCHÖNHALS, E.: (1957) Spätglaziale äolische Ablagerungen in einigen Mittelgebirgen Hessens. — Eiszeitalter und Gegenwart 8, Öhringen, S. 5—17.
- : (1957a) Späteiszeitliche Windablagerungen in den nördlichen Kalkalpen und die Entstehung der Bukkewiesen. — Natur u. Volk, H. 10, S. 317—328.
- : (1957b) Eine äolische Ablagerung der jüngeren Tundrenzzeit im Habichtswald. — Notizblatt d. hess. L.-Amtes. Bodenforsch. 85, Wiesbaden, S. 380—386.
- : (1959) Ein äolisches Sediment der jüngeren Dryas-Zeit auf dem Laacher See-Tuff. — Fortschr. d. Geol. v. Rheinl. u. Westf. S. 337—340.
- TANSLEY, A. G.: (1939) The British Isles and their Vegetation. — Cambridge.
- TROLL, C.: (1937) Eine Bodenkarte Ostafrikas als Typus geographischer Bodenkartierung. — Ztschr. Ges. f. Erdkunde. 1937, S. 200—203.
- : (1939) Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. — Zeitschr. d. Ges. f. Erdkde. zu Berlin, S. 241—298, Taf. 8—28.
- : (1950) Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. — Studium Generale II, S. 163—181.
- : (1952) Das Pflanzenkleid der Tropen in seiner Abhängigkeit von Klima, Boden und Mensch. — (Deutscher Geographentag z. Frankfurt a. M. 1951, Tagungsber. u. Verhandl., S. 35—66), Remagen.
- : (1959) Die tropischen Gebirge, ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. — Bonner Geogr. Abh. 25.
- TÜXEN, R.: (1955) Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. — Mitt. Flor.-Soz. Arbeitsgem. N. F. 5, Stolzenau/Weser, S. 155—176.
- : (1957) Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. — Ber. z. dt. Landeskde., Bd. 19, S. 200—246.
- WINTERHOFF, W.: (1963) Vegetationskundliche Untersuchungen im Göttinger Wald. — Nachr. Akad. Wiss. in Göttingen, II. Math.-phys. Klasse, Jahrg. 1962, Nr. 2, Göttingen.
- VON WISSMANN, H.: (1951) Über seitliche Erosion. Beiträge zu ihrer Beobachtung, Theorie und Systematik im Gesamthaushalt fluviatiler Formenbildung. — Colloquium Geographicum I, Bonn.

Während der Drucklegung dieses Aufsatzes erschienen:

- HAASE, G.: (1964) Landschaftsökologische Detailuntersuchung und naturräumliche Gliederung. — Pet. Geogr. Mitt. 108, S. 8—30.
- NEEF, E.: (1964) Zur großmaßstäbigen landschaftsökologischen Forschung. — Pet. Geogr. Mitt. 108, S. 1—7.

Die darin enthaltenen klaren methodischen Ausführungen und exakten regionalen Ergebnisse konnten weder im vorliegenden Aufsatz noch in meiner Untersuchung „Naturräumliche Gliederung des Ith-Hils-Berglandes“ berücksichtigt werden, da diese beiden Arbeiten bereits abgeschlossen waren. Es sei jedoch auf die weitgehende Übereinstimmung der in den verschiedenen Gebieten unabhängig voneinander gefundenen Ergebnisse hingewiesen, beispielsweise im Hinblick auf die ökologische Catena als regelhaftes Ordnungsprinzip vergesellschafteter naturräumlicher Grundeinheiten (s. Kartenbeilage), die Homogenität bzw. Heterogenität der kleinen Raumgebilde, ferner das Herausstellen der jeweils hauptsächlich modifizierenden Faktoren im Haushalt der räumlichen Abfolgen und die Erkenntnis der Notwendigkeit ihrer möglichst genauen stofflichen Bilanzierung.

