

sind, sollen sie aber auf ein vertretbares Mindestmaß an Störung beschränkt bleiben. Dies gilt auch für Eingriffe in den Untergrund. Es ist wiederum die Aufgabe der Geowissenschaftler, durch sehr sorgfältige Untersuchungen der Öffentlichkeit, den Planern, Technikern und Politikern die Risikoabschätzung zu erleichtern, auf mögliche Gefahren für den Menschen und seine Umwelt aufmerksam zu machen, praktikable Lösungen anzubieten und das verbleibende Restrisiko auf ein Mindestmaß zu beschränken, kalkulierbar und im Notfall beherrschbar zu machen.

Unter diesen Gesichtspunkten ist die Umwelt unter unseren Füßen für den heutigen Menschen und kommende Generationen genauso lebenswichtig und schützenswert wie die Umwelt des Menschen an der Erdoberfläche.

#### **Anschrift des Verfassers:**

Prof. Dr. Helmut Vidal  
Präsident des Bayerischen Geologischen Landesamtes  
Prinzregentenstraße 28  
8000 München 22

## **Das Relief als Geopotential**

Klaus Fischer

### **1. Einführung**

In die Erdkruste mit ihrem regional sehr differenzierten Aufbau sind die Oberflächenformen modelliert. Dabei entwickeln sich enge Beziehungen zwischen diesen Formen und der Beschaffenheit des Untergrundes (Gesteine und deren Lagerungsverhältnisse). Am deutlichsten sind diese Beziehungen in Schichtstufenlandschaften, an Schichtkämmen, Bruchstufen (etwa im oberfränkischen Bruchschollenland) oder Härtlingszügen erkennbar.

Die Gesamtheit der Oberflächenformen oder die Reliefsphäre stellt die Energie-Umsatzfläche schlechthin dar, wo die zugestrahlte Energie die verschiedensten physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge in Gang setzt. Für unsere Betrachtung sind jene Vorgänge von Bedeutung, die die Oberflächenformen schaffen und verändern und damit Glieder des Landschaftshaushaltes sind. Sie laufen in der Regel relativ langsam ab (Ausnahmen sind u.U. Muren, Grundlawinen, Überschotterung oder Zerschneidung im Zusammenhang mit Hochwässern, Verspülung von Boden auf Ackerland, Zer-rachelung). Deshalb wird das Relief als recht stabiler Standortfaktor angesehen, was jedoch nur mit Einschränkung und auch nur kurzzeitig gilt. Die Durchgangsaufschüttung in Flußbetten bzw. Flußarmen, die sich in der nahezu permanenten Veränderung und Verlagerung von Kiesbänken zu erkennen gibt und durch ortsfremdes Material bewiesen werden kann, oder Küstenveränderungen oder Kleinkatastrophen (z.B. Rutschungen) belegen die Instabilität der Oberflächenformen. Durch Massenumlagerungen und -transporte werden landschaftshaushaltliche Veränderungen von teilweise erheblicher Tragweite ausgelöst. Kein Zweifel besteht jedoch darüber, daß das Relief Regelfaktor im Landschaftshaushalt ist, denn es beeinflußt Stoffhaushalt, Wasserhaushalt, Geländeklima und mit ihnen zusammen die Entwicklung des Bodentyps und der Pflanzengesellschaft. Gleichzeitig wird von ihm das Gefüge der naturräumlichen Einheiten und deren Beziehung untereinander bestimmt. Damit wirkt das Relief dominant und ordnend auf die landschaftlichen Ökosysteme in der Ausbildung ihrer Struktur und ihrer Funktion ein.

Von großer Bedeutung im Landschaftshaushalt ist die rezente Morphodynamik. Sie gibt Auskunft über die an der Landformung beteiligten Vorgänge und über die Art und den Umgang dieser Prozesse, d.h. über Vorgänge, die die Reliefentwicklung bedingen. Die aktuellen Vorgänge der Landformung sind Bestandteil des Landschaftshaushaltes; eine Prozeßanalyse ist also wichtiger und notwendiger Bestandteil einer landschaftsökologischen Haushaltsuntersuchung.

Die Bedeutung des Reliefs als Regelfaktor oder anders formuliert, die Determination anderer Geofaktoren durch das Relief wird besonders in Moränenlandschaften, im Mittel- und Hochgebirge deutlich oder, in der Ausbildung von Formenabfolgen, möglicherweise auch durch sogenannte Catenen.

### **2. Das Relief als Regelfaktor**

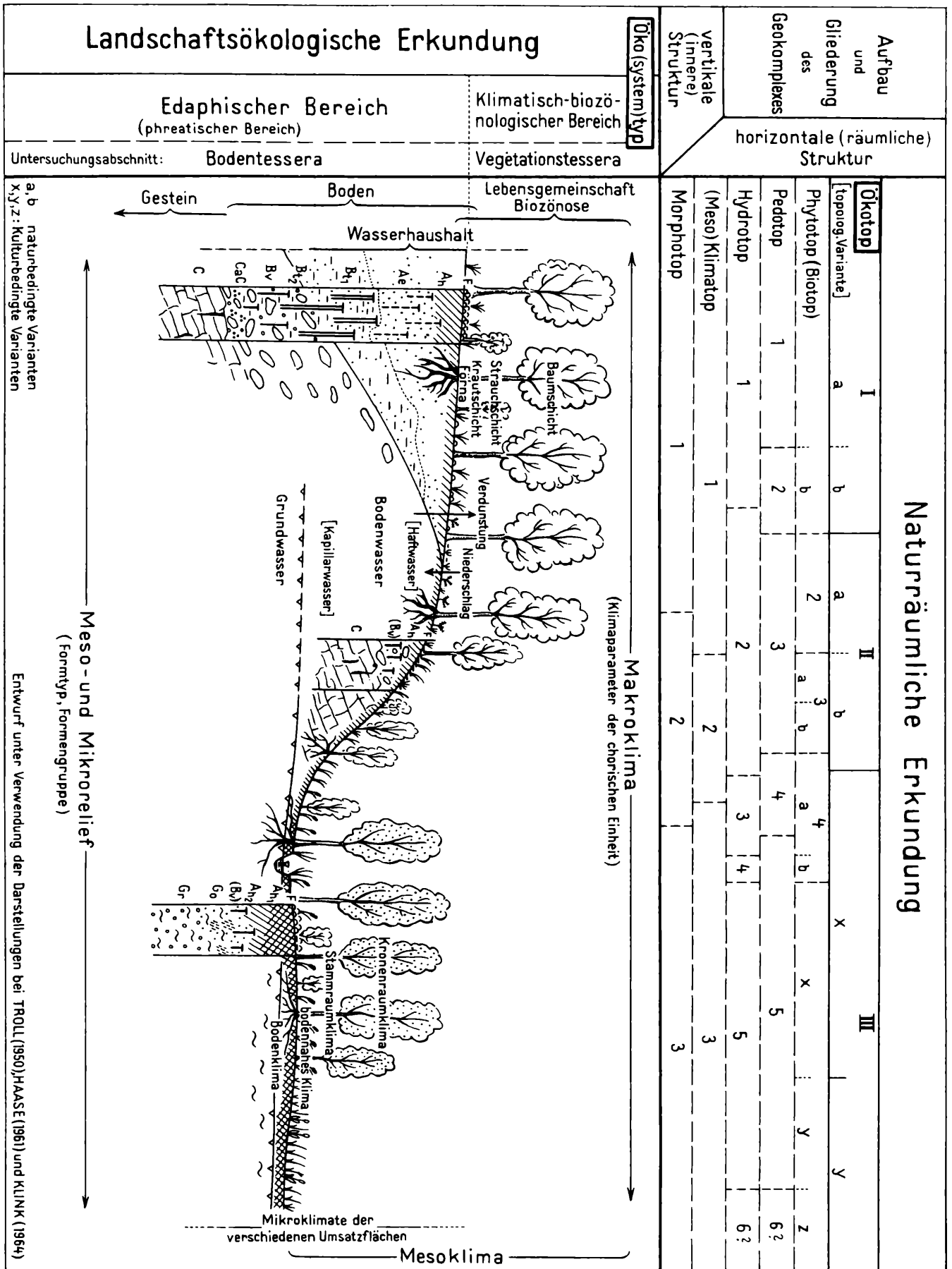
Die Wirkung des Reliefs als Regelfaktor im Landschaftshaushalt ist überaus vielfältig und kann an dieser Stelle nur exemplarisch und zudem nur in starker Generalisierung aufgezeigt werden.

Die wechselnde Gestalt der Erdoberfläche übt einen beträchtlichen Einfluß auf das Mikro- und Geländeklima aus, so daß in einem reliefierten Gelände ein charakteristisches Hanglagen- oder Expositions-klima zur Ausbildung gelangt. Grundlage ist der unterschiedliche Strahlungsgenuß je nach der Richtung, nach welcher der Hang, bzw. die Hänge exponiert ist oder sind. Davon werden wiederum eine beachtliche Anzahl klimatologischer Parameter, wie Feuchtegehalt und Verdunstungsgröße, Temperaturgang, Ausgleichsströmungen oder Niederschlagsverteilung beeinflußt. Insbesondere Südhänge stehen in den Mittelbreiten unter kräftiger Einstrahlung (Weinbau!). Temperaturunterschiede im Gelände verursachen über Luftdruckdifferenzen Luftströmungen, die tagesperiodisch auftreten. Dies sind die Hang- und Talwinde, die den Landschaftshaushalt ganz wesentlich differenzieren können (z.B. über Abtrocknen, Evapotranspiration, Verwehung). Daneben beeinflußt die Gestaltung des Geländes das Windfeld, d.h. die Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen (Täler als Windstraßen). Neben Verwirbelungen hinter Vollformen stellen sich Düseneffekte bei Verengung von Hohlformen oder über Aufragungen ein. Die Hangexposition bestimmt über Windfeld und Böschungsneigung in hohem Maße die Feuchteverhältnisse und die Niederschlagsverteilung. Häufig fällt im Windschatten kleinerer Formen mehr Niederschlag als auf der Windseite und auf einem Steilhang eine andere Menge als auf einem Flachhang.

Außerordentlich eindrucksvoll sind oft die landschaftshaushaltlichen Gegensätze von Sonnen- und Schatthängen in O-W-verlaufenden Tälern. Durch Horizontüberhöhung können diese Unterschiede erheblich verstärkt werden, da Einbußen bei der Strahlungsmenge eintreten.

Konvexe Formen des Geländes sind in der Nacht warm, konkave dagegen kalt. In den tiefsten Teilen des Geländes, auch in breiten Talböden mit geringem Gefälle, kommt es durch Kaltzufluß, durch die veränderte Strahlungsbilanz und wegen des geringeren Luftmassenaustausches zur Ausbildung von Kaltluftseen. Hindernisse quer zur Talrichtung (Straßen- und Einbahndämme) oder auch Talverengungen wirken sich für oberhalb liegende Geländeteile forstverschärfend aus. Hänge über dem flachen Talboden sind oft als sogenannte warme Hangzonen auszugliedern und phänologisch besonders gekennzeichnet.

Auch großklimatisch wirkt sich das Relief aus, was im Hochgebirge besonders deutlich wird, da mit zunehmender Meereshöhe eine rasche Änderung der Bedingungen eintritt. Die direkte Sonnenstrahlung nimmt bekanntlich mit der Höhe zu.



Das Relief und seine Beziehungen zu anderen Geofaktoren (nach G. Haase 1967 aus H. Leser 1976, Landschaftsökologie. 1. Aufl., Stuttgart).

Gleiches gilt für den Jahresniederschlag, die relative Luftfeuchte, die Zahl der Frosttage, die Tage mit einer Schneedecke, die Schneehäufigkeit, die Schneefalltage, die Ergiebigkeit des Schneefalles, die maximale Schneehöhe und die Windgeschwindigkeit, während die mittlere Lufttemperatur abnimmt. Von besonderer landschaftsökologischer Wirkung sind die Luv-, Leeseiten-Effekte bzw. die Erscheinung von Stau und Föhn, die sich auch schon bei geringer relativer Höhe eines Gebirges einstellen.

Das Relief bewirkt eine wesentliche räumliche Differenzierung des Wasserhaushaltes und überlagert zudem gemeinsam mit dem Untergrund den für die Flußsysteme bedeutungsvollen Regimefaktor Niederschlag sowohl im Jahresgang als auch in seinen Jahresschwankungen. Allgemein hat der Regimefaktor Relief über die geomorphologische Gestalt des Flußgebietes und die Ausformung des Flußlaufes ein gegenüber dem Niederschlagsgang ausgeglicheneres Wasserangebot zur Folge. Besonders breite und flache Flußbetten vermögen Hochwasserspitzen zu brechen und gleichzeitig die Niedrigwasserführung zu erhöhen. Andererseits ist der Anteil des unmittelbaren Oberflächenabflusses um so größer, je steiler die Böschungen und Tiefenlinien der Hohlformen sind. Stärkere Hangneigung bedeutet schnelleren Abfluß und damit weniger Verdunstung sowie geringere Speichermöglichkeit. Bei gleichen Regenhöhen ist deshalb der Abfluß in steilerem Gelände größer als in flachem. Damit verbindet sich quantitativ und qualitativ unterschiedlicher Gerölltrieb und Suspensionstransport als Rückkoppelungseffekt. Die Abtragungsfähigkeit steigt bekanntlich mit zunehmendem Böschungswinkel und gleichzeitig auch die Gefahr der Überschüttung voll ausgebildeter Bodenprofile in tieferen Lagen geringerer Neigung.

Besonderheiten weist das Karstrelief auf in dem neben einem spezifischen Formenschatz wegen der hydrographischen Wegsamkeit des Kalkes auch die Hydrographie Eigengesetzlichkeiten besitzt.

Durch das Relief wird eine große Anzahl bodenbildender Prozesse gesteuert und damit rückt es neben dem Klima zum wichtigsten Umweltfaktor in der Pedologie auf. Es äußert sich über den Wechsel der Hangneigung und der Reliefauslage (Exposition) in starker kleinflächiger Variation der Bodentypen. Weiterhin wird mit zunehmenden Böschungswerten allgemein die Karbonatisierung der Böden geringer, gleichzeitig aber steigt die Gefahr und das Ausmaß des Abtrags, so daß die Profile zunehmend gekappt erscheinen. Wegen des gesteigerten Oberflächenabflusses tritt nur eine geringe Bodendurchfeuchtung, d.h. Regenwirksamkeit für die Entwicklung des Bodens ein. In reliefexponierten Lagen sind die Böden daher schlecht entwickelt; es sind nicht ausgereifte, sogenannte azonale Böden, die in ihrer Ausbildung von den normalen Bodentypen der Breitenlage erheblich abweichen.

Allgemein läßt sich an Hängen, aber auch in Dellen, asymmetrischen Tälern oder Jung- und Altmoränenlandschaften – deutlich reliefgebunden – eine regelmäßige Bodenabfolge erkennen. Zahlreiche Beispiele hat dazu A. Semmel (1977) für Mitteleuropa geliefert. In anderen Gebieten der Erde (Afrika) waren derartige Bodenabfolgen Grundlage für die Catenatheorie (P. Vageler). Selbst in ebenem Gelände dokumentiert sich über den Wasserhaushalt der Reliefeinfluß, denn nur in flachen Talsohlen, in Mulden oder in kaum merkbar geneigtem Gelände mit gehemmtm Abfluß wird das Zugschubwasser besonders wirksam auf die Bodenbildung.

Schließlich sei auf die »vertikale Zonalität«, oder exakter ausgedrückt, auf die Höhenstufung der Bodentypen in einem Gebirge verwiesen, wo generell eine Abfolge von trockeneren zu feuchten Böden und zu humiderer und »borealerer Klima-

tönung« (Ganssen 1957, S. 58) beobachtbar ist. Zugleich sind in den Hochlagen zumeist nur Initialphasen der Bodenbildung anzutreffen.

Die Vegetation erfährt durch das Relief eine deutliche standörtliche Differenzierung. Ein sehr gutes Beispiel dafür sind die in Mitteleuropa typischen Hainsimsen-Buchenwälder und die mit ihnen räumlich, ökologisch und floristisch in engstem Zusammenhang stehenden Ahorn- und Eschenwälder, die je nach Exposition und Hangneigung eine Fülle von Subassoziationen und Varianten aufweisen. Zudem werden sie durch die Petrographie (z.B. kristallines Material oder Kalk) des Untergrundes weiter differenziert. Jedoch bestehen vom Flach- zum Steilhang oder vom Kerbtal zum breiten muldenartig gestalteten Tal Verbindungen über ökologische Reihen, die eventuell auf Rücken und Oberhängen in sogenannte Aushagerungsstandorte oder Verlustlagen übergehen können. Der Einfluß der Hangauslage geht aber noch wesentlich weiter. Auf Süd- bis Westhängen stellen sich nämlich Pflanzengesellschaften ein, die mehr Wärmestrahlung als die sonst verbreiteten verlangen, dafür aber auch trockenresistenter sind. Im allgemeinen handelt es sich dabei um Artensamensetzungen, die, wie H. Ellenberg (1978) betont, in einem südlich oder südöstlich anschließenden Vegetationsgebiet zonal sind, in Mitteleuropa aber als azonal bezeichnet werden müssen.

Das bekannteste Beispiel sind die »Steppenheidenwälder« R. Gradmanns, in Süddeutschland vegetationsgeschichtliche Relikte, die aus einem Mosaik von Trockenrasen, Gebüsch und lichten Wäldern über flachgründigem Boden der verschiedensten Typen bestehen und im großen Umfange auch anthropogenen Ursprungs sind. Diese extrazonale Dauergesellschaft auf den extrem trockenen Südhängen wird durch wärmeliebende Eichenmischwälder aus der postglazialen Wärmezeit repräsentiert. Die Einwirkung des Reliefs auf die Vegetation wird selbst in den flachen Talgründen deutlich, wo sich höhenabhängig eine Auenvvegetation typischer Zusammensetzung einstellt, die eine zusätzliche Wasserversorgung über Grundwasser oder Überflutungen erhält. Je nach Höhenstufe dominieren von Natur aus Eichen und Silberweiden oder eschen- und erlenreiche Laubmischwälder (Alno-Ulmion) mit der Grauerle als ihrem wichtigsten Vertreter. Zusätzlich wird durch Längs- und Querprofil des Tales die Ausdehnung von Weichholz – (Salix-Arten, Erlen) und Hartholz – Auwald (Ulmenarten) bestimmt.

Mit zunehmender Höhe über dem Meeresspiegel treten Änderungen der zonalen, extrazonalen und azonalen Vegetation ein, wobei bekanntlich vier Höhenstufen unterschieden werden können. Von der buchenreichen (*Fagus silvatica*) submontanen Stufe über die durch Nadelwald gekennzeichnete montane Höhenstufe geht es in die subalpine. Die spezifische Ausbildung des Klimas ist gemeinsam mit dem Relief Ursache dafür, daß in ihr die potentielle natürliche Vegetation überwiegend als extrazonal angesehen werden muß (z.B. Felsenflora oder Vegetation der Stadialmoränen, von Halden, Sumpfsgebieten, auf Bultenböden oder die Lavinar-Wiesen im Bereich von Lawinenbahnen). Durch den raschen Wechsel des Kleinreliefs kommt es auch in der alpinen Stufe zu einem bunten Mosaik von Ökotypen, Rassen oder höheren taxonomischen Einheiten großer Eigenständigkeit (z.B. Schneetälchenflora).

Von den erwähnten Geofaktoren sind vielfältige Rückkopplungen auf die Reliefentwicklung feststellbar, so daß sich ein sehr komplexes Wirkungsgefüge ergibt.

### 3. Relieftypen und Reliefelemente als Grundlagen landschafts-ökologischer Gliederung

Eine speziell für landschaftsökologische Zwecke entwickelte Systematik von Relieftypen steht noch in den Anfängen. Allgemein begnügt man sich bei der Differenzierung der Grundeinheiten mit der Untersuchung von Hohl- und Vollformen, denen von einigen Autoren noch Flachformen beigelegt werden. Für diese Grundeinheiten ist in sprachlicher Äquivalenz zu den Begriffen Ökotope, Biotop oder Physiotope der Ausdruck Morphotope eingeführt worden. Morphotope sind also als Oberflächenformen gleicher morphographischer Eigenschaften und identischer rezenter Geomorphodynamik definiert, deren Genese unterschiedlicher Art sein kann. Sie bestehen aus Formenelementen, die nicht mehr sinnvoll zerlegbar sind, wie etwa ebene oder geneigte Flächen, d.h. Böschungen verschiedener Neigungstärke, oder Verschneidungen zu Kanten und Kerben, vorspringende oder konvexe und einspringende oder konkave Gefällsänderungen (Wölbungen).

Die Morphotope schließen sich zu Formkomplexen oder Formengruppen, auch Regionaleinheiten oder (Morpho-)Choren genannt, zusammen. Obwohl die Morphotope einer Formengruppe vom geomorphologischen Standpunkt als zusammengehörig betrachtet werden können, sind sie aber heterogen nach ihrer Morphographie, Morphometrie, eventuell auch nach Morphochronologie und Lithologie. Das bedeutet aber, daß diese Formkomplexe für landschaftsökologische Untersuchungen wenig geeignet sind. Den Einstieg in landschaftsökologische Gliederungsversuche werden in der Regel die Morphotope vermitteln.

### 4. Geomorphologische Prozesse

Die Relieftypisierung basiert auf Ergebnissen der geomorphologischen Analyse der Geländeformen und der Synthese der formenbildenden Prozesse, die zu ihrer Entstehung führten und führen. Die Bedeutung der geomorphologischen Vorgänge liegt in ihrem verschiedenwertigen und zeitlich differenzierten Ablauf, wodurch Relief und dann auch Landschaftshaushalt Veränderungen unterliegen (Wasserhaushalt, Bodenbildung, Geländeklima, Vegetation), die keineswegs kongruent verlaufen. Die geomorphologischen Prozesse können ganz allgemein zwei großen Gruppen zugeordnet werden, nämlich den unmittelbaren *Massenschwerebewegungen*, d.h. den gravitativen Massenumlagerungen ohne die Mitwirkung eines Transportmediums. Voraussetzung für diesen Vorgang ist selbstverständlich die vorherige Gesteinsaufbereitung oder Verwitterung aufgrund der Witterungseinflüsse. Das Verwitterungsmaterial bewegt sich entsprechend der Schwerkraftwirkung in der Falllinie hangabwärts. An Wänden vollzieht sie sich mit großer Geschwindigkeit, u.U. mit großer Augenblicksleistung. Hierzu gehören das wenig auffällige Abbröckeln oder Absanden ebenso wie der Steinschlag oder Fels- und Bergstürze. An Hängen treten je nach Neigung mehr oder weniger große Werte der Reibung auf, die jedoch beeinflußt werden durch wechselnde Durchfeuchtung, Wurzeldruck oder -verankerung der Vegetation oder Frosteinwirkung. Die Bewegungen vollziehen sich in Form von Rutschungen oder Gleitungen unterschiedlichster Geschwindigkeit und meist flächenhaft am Hang. Aber auch der langsame Versatz, insbesondere die Solifluktion zählen zu diesen Prozessen, die noch bis zu 2° Hangneigung herab bemerkbar sind. Durch die Hangabbewegung des Verwitterungsmaterials kann das noch weitgehend intakte Ausgangsgestein durch Absturz gelockerter Fragmente, Frostschiebung oder auch Verspülung entblößt werden. Deshalb ist es zur Tradition geworden, alle genannten Vorgänge unter dem Begriff *Denudation* zusammenzufassen.

Die zweite Gruppe von Massenumlagerungen erfolgt in Verbindung der Schwerkraft mit einem Transportmittel. Das sind vor allem das Wasser und – stärker lokalisiert – Gletschereis und Luft. Sie bewirken *Massentransporte* auf Böschungen bis zu einer Neigung von Bruchteilen des Promille: Wasser in Form von Gerölltrieb, Suspensions- und Staubverlagerung (Nürnberger Reichswald). Solche Massentransporte einschließlich des mechanischen Angriffs der transportierten Verwitterungsprodukte auf den Untergrund, wird im Deutschen als *Erosion* bezeichnet. Sie erfolgt bei Bächen, Flüssen, Strömen und Talgletschern (Alpen) linienhaft, weshalb präzisierend von Linearerosion gesprochen wird. Insbesondere die linienhafte Konzentration des abfließenden Wassers in Abflußsträngen verleiht den Gewässern die Fähigkeit zu einem zusätzlichen Transport von angeliefertem Denudationsmaterial von den Hängen.

Diese Denudationsmassen können im Fluß bei wesentlich geringerem Gefälle als sie die Hänge besitzen, weitertransportiert werden, in Form der Fluvialerosion. Dies bewirkt die Talbildung, jenen Prozeß, dem auf der Erde die größte Bedeutung für die Landformung (Tal- und Hanggestaltung) zukommt.

Luft, Eis aber auch Wasser leisten ebenfalls flächenhafte Abtragung. In äolisch geprägten Landschaften ist dies klar dokumentiert. Auch in vergletscherten Gebieten gilt dies durch Eis, selbst rezent in den Alpen und im Pleistozän in weiteren Teilen Mitteleuropas. Wasser fließt bei Stark- oder Gewitterregen wegen der hohen Regendichte mehr oder weniger flächenhaft und leistet demzufolge intensive Materialumlagerung (z.B. auf Ackerland), die in diesem Falle als Flächenspülung bezeichnet wird, oder anders genannt, flächenhafte Erosion darstellt.

Besondere Bedingungen des Materialtransportes sind bei bestimmten Gesteinen die unmittelbar und mittelbar über chemische Reaktionen (Hydratation) wasserlöslich sind oder werden. Wegen dieser Gegebenheit kommt es zu einem Versitzen und unterirdischen Weiterfließen des Wassers bei gegebener oder möglicher Weiterlösung durch das Gestein in die Tiefe. Darüber hinaus bilden sich Formen aus, die vom Typus des normalen Formenschatzes des fluvialen Reliefs erheblich abweichen und insgesamt unter dem Begriff des Karstphänomens zusammengefaßt werden (nicht Karstbegriff der Forstwissenschaft!).

Eine besondere Situation bedeuten die Abtragungsvorgänge an stehenden Gewässern (Meere, Seen). Die Brandungswellen zerstören, tragen ab, lagern ab und bauen damit neue Formen auf (Nehrungen, Haffs, Lagunen). Insgesamt wird bekanntlich die Gesamtheit aller Abtragungsvorgänge durch Brandung als Abrasion bezeichnet, die einen besonderen Formenschatz schafft.

Auf großen Teilen der Erdoberfläche werden die natürlichen Vorgänge durch die Tätigkeit des Menschen bei weitem übertroffen, der auch auf diesem Wege in den Landschaftshaushalt eingreift (meist mit negativen Wirkungen). Die Veränderungen gehen teilweise so weit, daß es nicht leicht fällt, natürliche Formen von anthropogenen zu trennen. Aus der Fülle von Formen, die der Mensch geschaffen hat, seien nur einige Beispiele genannt: Steinbrüche und Tagebaue (Oberpfalz – Braunkohle, Kaolin), Kanäle und Kanaldämme einschließlich Hafenbecken (Europakanal), Straßen- und Eisenbahneinschnitte und -dämme, Terrassen, besonders Großterrassen (Reis- und Weinbau; Flurumlegungen im Kaiserstuhl) Teichlandschaften (Mittelfranken), oder Wölbäcker, Hochraine und Bifänge in der Flur.

Neben diesen direkten Eingriffen des Menschen gibt es noch viele unbeabsichtigte und indirekte Einwirkungen, die das geomorphologische Prozeßgefüge und damit die aktuelle

Landformung wesentlich beeinflussen. Die wichtigsten Eingriffe, die eine quasinatürliche Formung zur Folge haben, beziehen sich auf die Vegetation und den Wasserhaushalt. Sie haben Veränderungen der Abtragungsquoten, also der Materialumlagerungen an Hängen oder in Gerinnen zur Folge. Vernichtung der Vegetation und – häufig damit gekoppelt – reduzierte Bodenfeuchte lassen auch äolische Prozesse aufleben (Sahel-Zone).

Die geomorphologischen Prozesse werden durch den Menschen sowohl qualitativ als auch quantitativ verändert. Bei qualitativer Veränderung treten neue Prozesse oder Prozeßgefüge in Erscheinung, im Falle quantitativer Beeinflussung werden die geomorphologischen Prozesse im Hinblick auf den Wirkungsumfang in Zeit und Volumen verändert, meist beschleunigt. Für den ersten Fall kann die vom Menschen initiierte Rinnenspülung als Form initialer Fluvialerosion genannt werden. Hänge erfahren dadurch Zerrachellung, so daß Gully (Runsen) Badland oder Calanchi als spezifische Formen entstehen. Auch Rutschungen großen Ausmaßes (Frane, in Tonen und Mergeln des Mesozoikums), ebenfalls Prozesse beschleunigter Abtragung, werden vom Menschen ausgelöst; ebenso die Remobilisation von Dünen (Sahel-Zone). Quantitative Änderungen werden besonders durch flächenhaften Bodenabtrag auf Ackerland, durch verstärkte Sedimentführung der Flüsse, die etwa in der Auelehmbildung oder im Deltawachstum (Alpenrhein) deutlich wird, oder beim Küstenschutz (Minderung des Strandversatzes; der Kliffzerstörung) augenfällig. Häufig sind quantitative oder qualitative Veränderungen kombiniert und beeinflussen nachhaltig den Landschaftshaushalt.

Die natürlichen Prozesse und die durch den Menschen veränderten oder neu ausgelösten geomorphologischen Vorgänge führen zu einer außerordentlichen Formenfülle, einer Formenvergesellschaftung, deren Systematisierung gewisse Schwierigkeiten bereitet (vgl. die Ausführungen über die Relieftypisierung). So gehört es zur Tradition zwischen den uativen, fluvialen, glazialen, äolischen, marinen, Karst- und Suffosionsformen zu differenzieren. Abgesehen davon, daß ihre große Zahl eine Behandlung an dieser Stelle nicht erlaubt, muß bedacht werden, daß meist mehrere Prozesse an der Formenbildung beteiligt sind, weshalb die Zuordnung zu einem einzigen Prozeßbereich problematisch wird. Das beste Beispiel ist die Talbildung, die allein das Ergebnis des Zusammenwirkens von Böschungsabtragung (Denudation) und fluvialer Linearerosion darstellt. In ariden Gebieten verbinden sich die Windwirkung mit den Vorgängen des linear oder flächenhaft abfließenden Wassers bei der Formenbildung.

Noch weniger vermag die Differenzierung in Arbeits- und Ruheform zu befriedigen. Denn es trifft auf der Erdoberfläche kaum zu, daß eine Form dem Arbeitsfeld der Prozesse völlig entrückt ist. In der Regel wird jede Form, wenn auch eventuell nur in sehr geringem Umfang weiter- bzw. durch andere Vorgänge umgebildet (z.B. nach Klimaänderung oder Krustenbewegungen).

## 5. Geomorphologische Kartierung

Eine überaus wichtige Grundlage geomorphologischer Raumgliederung, der angewandten Geomorphologie und landschaftsökologischer Forschungen, ist die geomorphologische Karte bzw. die geomorphologische Detailkartierung, die auf der Erkenntnis der steuernden und ordnenden Funktion des Reliefs beruht. Sie gehört zu den wesentlichsten Feldmethoden geomorphologischer Arbeitsweisen. Ihre Aufgabe ist es, die Oberflächenformen in ihrer Gestalt (Habitus), ihrer Entwicklung (Geomorphogenese) und aktuellen Weiterbildung (Morphodynamik), ihrer räumlichen Verbreitung und Vergesellschaftung aufzunehmen und kartographisch darzu-

stellen und geht damit inhaltlich weit über eine topographische Karte hinaus. Eine geomorphologische Karte sollte das Relief detailliert, anschaulich und lesbar wiedergeben, die räumliche Anordnung der Reliefelemente und Morphotope gewährleisten, die Eigenart dieser Einheiten und ihre Rangfolge verdeutlichen. Erst unter dieser Voraussetzung ist sie auch für landschaftsökologische Forschungen einsetzbar und umfangreichen Reliefbeschreibungen weit überlegen. Von großem Nachteil ist, daß die Ansätze für die Gestaltung komplexer geomorphologischer Karten bzw. die Gewichtung der genannten Teilaspekte der Geomorphologie bisher sehr unterschiedlich gehandhabt wurden, so daß von den vielen vorliegenden Karten kaum eine mit der anderen vergleichbar ist. Das Schwergewicht der Darstellung liegt entweder bei den morphographischen Verhältnissen (einschließlich morphometrischen Angaben) oder bei den geomorphogenetischen Aussagen oder bei der rezenten Formungsdynamik. Hierzu treten oft Angaben über das Substrat bzw. den oberflächennahen Untergrund, in die das Relief modelliert wurde. Die Kombination aller Sachverhalte bei möglichst vollständiger Wiedergabe in großmaßstäbigen komplexen Karten führt meist zu einer Überlastung des Kartenbildes und schwerer Lesbarkeit. Die im Entstehen begriffene Geomorphologische Karte 1 : 25 000 der Bundesrepublik ist ein derartiges Beispiel. Wegen der Materialfülle bietet sich bei großmaßstäbigen Karten, auf jeden Fall in Maßstäben  $> 1 : 50\,000$  ein Mehrblattsystem an und ist im Hinblick auf die Anwendbarkeit auch anzustreben, da in der Praxis meist nur bestimmte Bereiche von Bedeutung sind. So läßt sich beispielsweise im Rahmen eines Mehrblattsystems eine Aufteilung vornehmen in:

### a) Morphographische (und morphometrische) Karten.

In ihnen kommen die Oberflächenformen geringer Dimension nach ihrer Gestaltung und Lage zur Darstellung, bzw. diese Formen werden in die erwähnten »Reliefelemente« aufgelöst. Neigungsstärke, Neigungsrichtung, Verschneidungslinien (Kanten) und Wölbungen finden ihre Fixierung. Es sind die kleinsten geomorphologischen Einheiten, die Morphotope. Diese Morphotope sind gleichzeitig häufig bodengeographische oder hydrographische Einheiten. Zu den morphographischen Karten sind auch solche zu zählen, die überwiegend morphometrische Angaben enthalten. Diese Daten ermöglichen die Erfassung von Landschaftseinheiten nach relativen Höhen, mittlerem Böschungswinkel u.a. und erlauben einen zahlenmäßigen Vergleich von Landschaftseinheiten miteinander.

### b) Morphogenetische Karten

In ihnen steht die Darstellung der geomorphologischen Prozesse, die z.T. weit in die geologische Vergangenheit zurückreichen, im Vordergrund. Zwar ist die Datierung von Formen bzw. der Prozesse, die sie geschaffen haben, und die Prozeßausprache selbst häufig problematisch und deshalb werden von einigen Vertretern der Landschaftsökologie morphogenetische Karten als wenig relevant, als irrelevant oder allenfalls unter Berücksichtigung des Pleistozäns von Bedeutung erachtet. Demgegenüber ist zu betonen, daß der Habitus und der Bau des heutigen Reliefs oft mit weit in die geologische Vorzeit zurückreichenden Gegebenheiten verknüpft und nur durch sie heutige standörtliche Verhältnisse verständlich werden. So kombiniert sich die Entstehung der Albüberdeckung oder »Verkleibung« mit Tendenzen der Flächenbildung in der Schwäbisch-Fränkischen Alb. Ähnlich ist es auch mit der Bildung von Grusdecken und der Landformung in Granitgebieten, wie im Fichtelgebirge oder im Bayerischen Wald. Für Bodengenese und Wasserhaushalt hat beides noch heute große Bedeutung. Die Bildung anderer Tonminerale in der Vorzeit, z.B. von Kaoliniten hat rezent entscheidenden Einfluß auf die Ökologie der betreffenden Standorte oder der

jeweiligen Morphotope oder Choren. Ebenso wirkt die Hanggestaltung, die auf die Vorzeit zurückgeht (Pliozän und/oder Pleistozän) und anderen Vorgängen als heute die Entwicklung verdankt, durch eine scheinbar fremde Zusammensetzung des Materials (Substrates) und eine ebensolche Verbreitung bis heute weiter. Hingewiesen sei auch auf die geomorphologische und landschaftsökologische Konsequenz der Entwicklung und Verbreitung von Wanderschutt- und Lößdecken, die gravierende standörtliche Differenzierungen bewirken, beispielsweise durch den dadurch bedingten Reliefausgleich. Eine Negierung der Bedeutung der Geomorphogenese für die rezente landschaftsökologische Raumgliederung bleibt bei weitem hinter den Anforderungen an eine gute geomorphologische Kartierung großen Maßstabes zurück.

#### c) Aktualgeomorphologische Karten

Durch sie wird das dynamische Element, das auch im Relief verankert ist, in der Landschaft betont und das Relief als ein keineswegs absolut stabiles Element gekennzeichnet. Die rezente Formungsdynamik hat neben der morphographischen Erfassung des Reliefs sehr große Bedeutung. Kartiert werden dabei Formen, die unter den heute vorherrschenden Bedingungen gebildet werden oder wurden. Problematisch ist allerdings bis heute die Quantifizierung der Prozesse, denn Abtragsmessungen oder Volumenbestimmung von Akkumulationsmaterial sind mit vielen Unzulänglichkeiten behaftet und liegen nur für wenige Gebiete und meist auch nur punktuell vor.

#### d) Oberflächennaher Untergrund

Für geomorphologische Karten ist die Erfassung des oberflächennahen Untergrundes erforderlich und sinnvoll, denn dadurch werden geomorphogenetische rezente Prozesse u.U. erst erklärbar. Diese Auffassung wird jedoch keineswegs allgemein akzeptiert (vgl. Gellert, 1976, S. 9), sondern die Aufgabe der Darstellung der lithologisch-geologischen Gegebenheiten, der Überdeckung eines Gebietes mit jungen Sedimenten und die Feststellung, der Bodenart oder gar des Bodentypes der Geologie und der Bodenkunde mit ihren Kartenwerken zugewiesen. Da in geologischen Karten die Sedimentbedeckung des Untergrundes oft nur unvollkommen wiedergegeben wird (»abgedeckte Karten«), wächst der geomorphologischen Kartierung hier tatsächlich eine wichtige Aufgabe zu. Ebenso wenig vermag eine Bodenkarte allein über die rezente Morphodynamik Auskunft zu geben. Sedimente junger oder jüngster Zeit haben meist eminente landschaftshaushaltliche Konsequenzen und morphodynamische Aussagekraft über Verwitterungs-, Abtragungs- und Akkumulationsprozesse, die Bodenbildung, Wasserhaushalt und Vegetationsgesellschaft bestimmen. Insofern wird die einseitige Betonung der morphographischen Sachverhalte korrigiert, denn gerade die pleistozänen Landformungsprozesse und Sedimente bestimmen das gegenwärtige Mosaik der Ökotope sehr wesentlich mit, durch die Entwicklung bestimmter Bodentypen und eines charakteristischen Wasserhaushaltes in den Sedimentdecken.

Insgesamt ist der methodologische Ansatz der geomorphologischen Kartierung, die Darstellung der Fakten und der Inhalt geomorphologischer Karten sehr heterogen. Das bedeutet, daß durch diese Unvollkommenheit die geomorphologische Kartierung als Arbeitsmethode stark belastet ist.

### 6. Feld- und Labormethoden der Geomorphologie

Die geomorphologische Detailkartierung wird durch eine Fülle von weiteren Feldmethoden und durch Laboruntersuchungen wesentlich ergänzt, die zur Absicherung der Befunde über Oberflächenformung und Landschaftshaushalt, der Erfassung der verschiedenen Prozesse oder Prozeßgefüge dienen. Zwar ist die Beobachtung im Gelände noch die Grund-

lage geomorphologischen Arbeitens, aber heute verfügen wir über eine Fülle von Feld- und Labormethoden, die unsere Erkenntnisse erheblich zu erweitern und zu vertiefen vermögen. Da die Reliefformung sehr differenziert und unterschiedlich vor sich gehen kann, werden besonders seit den sechziger Jahren zunehmend auch die Arbeitstechniken benachbarter Fächer, vor allem der Bodenkunde und der Sedimentologie integriert, um eine Absicherung und Erweiterung der geomorphologischen Forschungen und ihrer Ergebnisse zu erreichen. Allerdings gibt es noch zahlreiche meßtechnische Probleme, d.h. die quantitative Erfassung von Prozeßabläufen ist noch unbefriedigend. Zahlreiche Arbeiten mit exakten Meßdaten über Massenumlagerungen oder Ausraumbeträge liegen zwar vor, doch betreffen sie z.T. nur sehr kleine Gebiete unter der Dimension eines Ökotope oder lassen wegen ihrer weiten Streuung kaum Vergleiche zu.

Im folgenden soll nur eine Auswahl wichtigster Arbeitsmethoden von geomorphologischer und gleichzeitig landschaftsökologischer Bedeutung vorgestellt werden, wie die Untersuchung korrelierter Sedimente und Formen, die Aufnahme rezenter geomorphologischer Prozesse, die Grob-sedimentalanalyse und die Feinsedimentuntersuchung.

Das *Prinzip korrelierter Sedimente und Formen* beruht darauf, daß bei Böschungsabtragung in mehr oder weniger großer Entfernung vom Abtragungsort entfernt Ablagerungen und Ablagerungsformen zur Ausbildung gelangen. Die Sedimente einschließlich der fossilen Böden ermöglichen auf Grund ihrer Fazies, ihrer Lagerung und eventuell ihrer Mächtigkeit eine Bestimmung der an den Umlagerungsvorgängen und Formungsprozessen beteiligten Medien, sowie eine Alterseinstufung der Landformen. Als Restschotter, Geschiebe und Geschiebelehm, Flugsand oder Löß geben sie Auskunft über Transportart und -weg in der Vergangenheit. Aus den Kenntnissen rezenter Morphodynamik und den zugehörigen Sedimenten und in Kombination mit dem Formenschatz können demnach vorzeitliche Vorgänge rekonstruiert und die Zuordnung zu alten Formenresten vorgenommen werden, wobei eventuell ein andersartiges Klima als heute mitbeteiligt war und in Rücksicht gestellt werden muß.

Grundlage der Ausdeutbarkeit von Sedimenten als korrelat ist die Tatsache, daß die Umweltbedingungen den Sedimentcharakter prägen: und zwar der Reliefcharakter z.Zt. der Verwitterung, der Massenumlagerung und Ablagerung, die Klimaverhältnisse während dieser Prozesse, die Einflüsse des Wasserhaushaltes und die Wirkung der Vegetation. Das Herkunftsgebiet der Sedimente kann unter Berücksichtigung von Ausleseprozessen während der Massenverlagerung aus der petrographischen Zusammensetzung erschlossen werden, der Transportweg möglicherweise aus Sedimentresten. Auch die Auflagerungsfläche der Sedimente ermöglicht bei dieser geomorphologisch orientierten Arbeitsweise Aussagen. Sie ist möglicherweise eine wenig veränderte Altform, worauf fossile Verwitterungsdecken hinweisen.

*Die Aufnahme rezenter geomorphologischer Prozesse* erfolgt vornehmlich unter dem Gesichtspunkt des Versuchs einer Quantifizierung. Besonders auf den Gebieten der Böschungsabtragung, des Bodenabtrages, der fluvialen, glazialen und nivalen Morphodynamik wird mit verschiedensten Methoden gearbeitet. Besondere Bedeutung hat bei uns die Erfassung des Bodenabtrages gewonnen. Sie kann auf einfache, wenn auch ungenaue Weise an markierten Grenzsteinen, Zaunpfählen und Masten, vor und hinter Waldbäumen erfolgen. Viel genauer, aber auch wesentlich aufwendiger, ist der Einsatz von Materialfangkästen mit dem Nachteil, daß damit bisher keine flächendeckenden exakten Daten gewonnen werden können.

Die Bestimmung des Umfanges der *Geröllfracht* und der *Suspensionsmengen* in Flüssen ist apparateaufwendig und kostspielig und wird vornehmlich von Seiten des Wasserbaus und der Hydrologie vorgenommen. Da bereits geringe Abflußschwankungen, Veränderungen der Strömung und der Intensität des Gerölltriebs unsichere Werte liefern, müssen derartige Messungen über lange Zeiträume angesetzt werden. Um das Prozeßgefüge eines *Karstgebietes* zu erfassen sind neben Abtragungsmessungen an der Oberfläche weitere Maßnahmen bzw. Techniken nötig, wie Erforschung des Umfanges der Karbonatlösung, Karstwassermarkierung oder genaue chemische Analyse des Gesteins. Gerade die Einflüsse des Gesteins und des CO<sub>2</sub>-Gehaltes der Bodenluft und des Karstwassers sind nach neueren Forschungen wesentlich komplizierter als bislang angenommen. Ebenso schwierig, weil von vielen Faktoren abhängig, ist die Ermittlung der Größenordnung des Kalkabtrages durch Lösung.

Die *Böschungsabtragung* läßt sich u.U. bereits durch Geländebeobachtung konstatieren, wenn auch nicht quantifizieren. Unruhiges Kleinrelief, Schiefstellung von Bäumen oder deren Säbelwuchs weisen auf Rutschgelände hin. Das Stammknie der Bäume zeigt geringe Mächtigkeit der bewegten Verwitterungsdecke an. Genauere Aussagen über das Ausmaß der Bewegungsvorgänge liefert die Beobachtung von markierten Punkten (Holzpfähle, Kunststoffstangen). Sie werden meßtechnisch an Fixpunkten angebunden und können so nach wiederholten Einmessungen oder über mehrfache photogrammetrische Aufnahmen und Auswertungen in ihrer Lageänderung verfolgt werden. Bewegungen bis zu größeren Tiefen können durch Bohrungen, Schürfgräben oder eingebrachte Metallstreifen, die sich durch die Bewegung verbiegen, zahlenmäßig nachgewiesen werden.

Auch für die Küste, den Gletscherbereich und äolische beeinflusste Gebiete gibt es spezifische Arbeitstechniken, die von der Geomorphologie genauso benutzt werden, wie von den Nachbarfächern. Obwohl ihre Zahl für die genannten Bereiche ungemein groß ist, sind noch viele Probleme und offene Fragen zu klären. Interdisziplinäre Zusammenarbeit verspricht dafür die günstigsten Voraussetzungen zu liefern.

#### *Grobsedimentanalyse* (überwiegend im Gelände)

Sie dient wie die Analyse der Feinsedimente zur Absicherung der Beobachtungen über die Reliefgenese und der aktuellen Prozesse sowie des Reliefgefüges. Inhaltlich beruht die Grobsedimentanalyse auf:

- der Feststellung von Formenverschiedenheiten von Gesteinsfragmenten, die mit Hilfe der Messung oder visuell ermittelt werden. Diese Verschiedenheiten lassen auf das Transportmedium, den Transportweg und die Quantität des Transportes schließen.
- der Einregelung der Einzelkomponenten mit ihrer Längsachse zu der vermuteten Herkunftsrichtung. Auch sie erlaubt Schlüsse auf das Transportmedium, seine Leistungsfähigkeit und seine Veränderungen.
- die petrographische Zusammensetzung, die Aufschlüsse über das Herkunftsgebiet gibt, seinen geologischen Aufbau und seine Ausdehnung (eventuell Leitgesteine).

Formungsuntersuchungen berücksichtigen die Abnutzung von Kanten und Ecken der Gesteinsfragmente der Größenordnung zwischen 2 und 15 cm Länge. Daraus wird ein Maß der Beanspruchung des Fragments bei der Massenverlagerung gefolgert! Gemessen werden u.a. Länge, Breite, Dicke und Rundung, dazu kommen Korngröße, Kugeligkeit und Zurundung. Eine beachtliche Zahl von Methoden zur Ermittlung verschiedenster Formindizes (Abplattung, Flachheit, Schlankheit, Dissymmetrie) gibt es, die jedoch z.T. recht zeitaufwendig sind und keineswegs immer eindeutige Ergebnisse

liefern. Teilweise sind visuelle Methoden (z.B. Reichelt, 1961, für die Zurundung) nach Tafelvorlagen wesentlich rationeller und mindestens ebenso gut. Das Ergebnis der Zurundungsbestimmungen kann übersichtlich in *Histogrammen* dargestellt werden und gibt Auskunft über die Genese der Akkumulation (z.B. solifluidal, glazial, fluvial, fluvioglazial, marin).

Über die Bestimmung der *Längsachseneinregelung* der Gesteinsfragmente (Situmetrie) wird ein Ordnungsprinzip bei der Ablagerung von Grobsedimenten deutlich. Es differiert nach der Bewegungsart des Lockermaterials in den verschiedenen Typen von reinen Massenschwerebewegungen und von Massentransporten. Flußgerölle ordnen sich mit ihrer Längsachse überwiegend quer zu der Fließrichtung ein, bei solifluidal bewegtem Material senkrecht dazu, während in Moränen meist keine eindeutige Einregelung erfolgt.

Die petrographische Zusammensetzung dient dazu, Bewegungsweg und Herkunftsgebiet des Sediments zu rekonstruieren, wozu besonders Leitgesteine geeignet sind, (z.B. Molasse, Norddeutsches und alpines Vereisungsgebiet).

#### *Feinsedimentuntersuchungen*

erfassen zahlreiche Merkmale von Sedimenten und erlauben daher vielseitige Aussagen zur Genese der Landschaft bzw. des Reliefgefüges. Aus der Fülle von Möglichkeiten seien nur drei genannt: die Korngrößen-, die Schwermineral- und die Tonmineralbestimmung. Hinzu kommen Verfahren der Bodenuntersuchung, die wichtige Erkenntnisse über frühere oder rezente geomorphologische Prozesse vermitteln.

Korngrößenanalysen werden von den verschiedensten Wissenschaften, insbesondere der Bodenkunde, der Geologie, der Baugrunduntersuchung und nicht zuletzt von der Geomorphologie durchgeführt. Mit Hilfe dieser granulometrischen Analyse wird die Zusammensetzung eines Lockersedimentes innerhalb bestimmter Größenintervalle ermittelt. Diese Zusammensetzung gibt gegebenenfalls Auskunft über geomorphologische Prozesse der Vergangenheit und Gegenwart.

Schwermineralanalysen (Dichte der Minerale > 2,9) haben eine große Bedeutung für morphogenetische und morphodynamische Untersuchungen, denn aus dem Schwermineralgehalt eines Sedimentes können Rückschlüsse auf die Verwitterungsbedingungen bei seiner Entstehung oder Akkumulation gezogen werden. Ebenso kann man stratigraphische Probleme lösen oder das Liefergebiet fixieren, wenn der Mineralbestand der anstehenden Gesteine in diesem bekannt ist. Nachteilig bei dieser Methode ist der große Zeitaufwand und meist auch die Notwendigkeit der Mithilfe eines Mineralogen zum Bestimmen der Minerale.

Aussagekräftiger als die Schwermineralanalyse ist die Untersuchung des Tonmineralgehaltes eines Sedimentes. Die Kenntnisse des Gehaltes an den Tonmineralgruppen der Kaolinite, Montmorillonite und Illite erlaubt Rückschlüsse auf Verwitterungsabläufe klimageomorphologische Prozesse (Umlagerungsprozesse), paläoklimatische Zustände und auf morphodynamische Gegebenheiten. Zur Bestimmung der einzelnen Tonmineralgruppen gibt es verschiedene Verfahren, von relativ einfachen chemischen Methoden bis zu aufwendigen physikalischen Arbeitsverfahren (Röntgenographie, Thermoanalyse, Elektronenmikroskop).

## Literatur:

- DEMEK, J. (1968):  
Beschleunigung der geomorphologischen Prozesse durch die Wirkung des Menschen.  
Geol. Rundsch. 58, S. 111-121.
- DEMEK, J. (Hrsg.), (1976):  
Handbuch der geomorphologischen Detailkartierung. Wien.
- ELLENBERG, H. (1977):  
Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 2. Aufl., Stuttgart.
- GANSSEN, R. (1957):  
Bodengeographie. Stuttgart.
- GEIGER, R. (1961):  
Das Klima der bodennahen Luftschicht.  
4. Aufl., Braunschweig.
- HAASE, G. (1961):  
Hanggestaltung und ökologische Differenzierung nach dem Catena-Prinzip.  
Pet. Mitt., 105. Jg., Gotha, S. 1-8.
- LESER, H. (1977):  
Feld- und Labormethoden der Geomorphologie. Berlin.

- LESER, H. (1978):  
Landschaftsökologie. 2. Aufl., Stuttgart.
- LOUIS, H. und FISCHER, K. (1979):  
Allgemeine Geomorphologie.  
Lehrbuch der Allgemeinen Geographie, Bd. 1, 4. Aufl., Berlin.
- RATHJENS, C. (1979):  
Die Formung der Erdoberfläche unter dem Einfluß des Menschen. Stuttgart.
- REICHELT, F. (1961):  
Über Schotterformen und Rundungsanalyse als Feldmethode.  
Gotha, S. 15-24.
- SEMMELE, A. (1977):  
Grundzüge der Bodengeographie. Stuttgart.

## Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Klaus Fischer  
Institut für Physische Geographie  
Universität Augsburg  
Alter Postweg 101  
8900 Augsburg

# Überlegungen zur geökologischen Gliederung der Sahelzone als Grundlage einer Entwicklungsplanung<sup>1)</sup>

Wolfgang Zech

## 1. Problemstellung

Studiert man die Literatur über den Futterwert forstlicher Pflanzen in der Sahelzone, so fällt auf, daß nur in Ausnahmefällen der Standort der analysierten Gehölze genügend gekennzeichnet wird (vgl. z.B. TOUZEAU, 1973; BOUDET, 1978; RIVIÈRE, 1977 u.a.; s. jedoch: BILLE, 1977; POUPON, 1979; Ansätze auch in TOUTAIN et al., 1977). Dabei ist es einleuchtend, daß der Mineralstoffgehalt und der Futterwert einer Pflanzenart nicht nur genetisch bedingt sind, sondern auch vom Standort abhängen. Nehmen wir eine Pflanze mit genetisch bedingtem, weitem Zellwand/Zellinhaltverhältnis an, so wäre es falsch, diesen Quotienten als eine konstante Größe anzusehen. Auf Standorten mit üppiger Stickstoffversorgung ist sehr wohl mit dünnen Zellwänden und eiweißreichen Zellinhalten zu rechnen. Futterwert und Mineralstoffgehalt der Pflanzen hängen aber nicht nur von der genetischen Disposition und vom Standort ab; auch das Alter der Blätter, ihre Stellung am Baum, eventuelle Verletzungen und Krankheiten beeinflussen das Niveau.

Dies erklärt, warum umfangreiche methodische (z.B. Zeitpunkt der Probenahme, Blattposition, Blatthalter) und vor allem standortsbezogene Untersuchungen durchzuführen sind, um den Futterwert einigermaßen sicher und detailliert interpretieren zu können. Für Acacia senegal sind erste methodische Studien durchgeführt (ZECH und DERING, Manuskript in Vorbereitung); umfangreiche standortkundliche Untersuchungen planen wir für den kommenden Winter. Sie sollen u.a. zu einer Verifizierung und Verfeinerung des im folgenden dargestellten Klassifizierungsvorschlages der Sahelstandorte dienen.

Eine Standortsgliederung muß unbedingt einhergehen mit umfangreichen Geländeexperimenten (z.B. Baumartenversuche, Erfassung der Nährstoffpotentiale und der Nährstoffnachlieferungskapazität sowie der Wasserspeicherfähigkeit der Böden usw.). Erst dadurch werden die Voraussetzungen und Grundlagen erarbeitet für eine sinnvolle Landnutzungsplanung.

Gerade weil die Sahelzone ökologisch gesehen sehr sensibel ist und kleinste Eingriffe und Veränderungen weitreichende Folgen haben können, ist es besonders wichtig, standortsgemäß zu wirtschaften. Das setzt eine Standortsgliederung voraus und die Kenntnis des Reaktionsvermögens der einzelnen Standorte auf bestimmte Eingriffe. Damit erschöpft sich aber keineswegs die Bedeutung einer Standortsgliederung. Sie dient als Grundlage für

- a) die Planung einer ökologisch sinnvollen Landnutzung (Trockenfeldbau, Bewässerungsfeldbau, Agroforstwirtschaft, Gartenbau, Weide u.a.);
- b) die Durchführung von Maßnahmen zur Ertragssteigerung und Standortsverbesserung;
- c) die Planung von Vorsorgemaßnahmen gegen bestimmte Gefährdungen;
- d) das Verständnis ökologischer Regulationsmechanismen überhaupt.

Bevor ich meine Überlegungen zur Gliederung der Sahelstandorte darlege, halte ich es für notwendig, einige Begriffe zu erläutern.

## 2. Grundbegriffe

Unter einem Standort versteht man einen Geländebereich oder Geländeausschnitt mit charakteristischen Klima-, Relief- und Bodenverhältnissen. Die Standortsfaktoren - nämlich Klima, Boden und Relief - beeinflussen sowohl die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften wie die Produktion der organischen Substanz. Das wird verständlich, wenn man

Herrn Professor Dr. Willi Laatsch zum 75. Geburtstag gewidmet.

1) Erstveröffentlichung unter dem Titel »Überlegungen zur Gliederung von Sahelstandorten mit Beispielen aus Senegal und Obervolta. In: MITTELLUNGEN der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft. Weltforstwirtschaft Nr. 132/1980, Hamburg.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [7\\_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Fischer Klaus

Artikel/Article: [Das Relief als Geopotential 14-21](#)