

0 2/3
79 -19

Est A - 3488

EXCHANGE
AUSTAUSCH

PUBLICATIONES
INSTITUTI UNIVERSITATIS TARTUENSIS GEOGRAPHICI

N^o 19

Oppm. rav. 1939

**CHOROGENESE
UND GRENZVERSCHIEBUNG**

VON

E. MARKUS



TARTU 1932

PUBLICATIONES
INSTITUTI UNIVERSITATIS TARTUENSIS GEOGRAPHICI

M 19

Oppen van 1921

UND GRENZVERSCHIEBUNG
CHOROGENESE

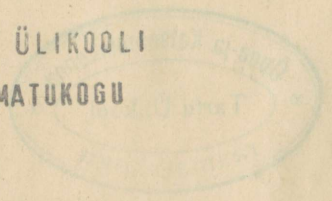
VON

Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis (Dorpatensis) A XXIII.2.

E. MARKUS

i 21526783

TARTU ÜLIKOOLI
RAAMATUKOGU



1. Chorogenese.

Vor dem Naturforscher liegt ein Hochmoor, ein See, ein Fluss, eine Höhle, eine Steppe, ein Meer, eine Stadt, eine Landschaft oder überhaupt ein Naturkomplex. Der Naturforscher fragt: wie ist dieser Naturkomplex entstanden, welches ist seine Entwicklungsgeschichte und welche Veränderungen macht dieser Naturkomplex in der Gegenwart durch?

Es verändern sich einzelne *Elemente des Naturkomplexes*. Der geologische Untergrund der Chibinä-Gebirge besteht aus Nephelin-Syenit. Die Lufttemperatur schwankt auf der Halbinsel Kola oft um 0° und der Spaltenfrost spielt hier eine grosse Rolle: in die Spalten des Syenits dringt Wasser und bildet Eis, infolgedessen zerfällt der Nephelin-Syenit in grosse Felsblöcke. Die Blockfelder des Syenits bedecken oft mehrere Hektare und beherbergen gewöhnlich keine Vegetation. Diese Blöcke, die $\frac{1}{2}$ — 2 m im Durchmesser betragen und aus grossen Mineralien (Ramsay-Hackman 1894) bestehen, zerfallen allmählich in ihre Bestandteile, weshalb ihre nächste Umgebung fast immer mit Kies bedeckt ist. Besonders intensiv zerfällt der Nephelin-Syenit in den höheren Teilen der Gebirge, so dass die Blöcke auf den Gipfeln von Chibinä endgültig zerfallen sind. Gewaltige Trümmerfelder werden auch in Nordschweden (Högbom 1925—1927), in arktischen Ländern (Högbom 1913) usw. beobachtet.

In ähnlicher Weise verändern sich die Böden des Podsolmoores in Jätasoo (Markus 1925 b), die Vegetation der Mangroveküste (Freyberg 1930, S. 110), das Relief von Nordestland (Ramsay 1931) usw.

Es wird auch die Veränderung *eines Naturkomplexes als Ganzen* beobachtet. Schon vor 16 Jahren lieferte Post ein klassisches Bild von dem Entwicklungsgang eines Quellmoores. Im Untergrunde des Quellmoores von Alvastra (Post 1916) liegt

Kalktuff, der einen Abschnitt von Moosdy enthält und mit Seekalk bedeckt ist (Abb. I). Dann folgt Cladium-Phragmitestorf und noch höher Magnocaricetumtorf, zwischen denen Wiesenkalk konstatiert wird. Der Kalktuff wurde aus Quellwasser in trockener borealer Zeit abgelagert, als das Niveau des Täkern-Sees tief lag. Nach der Bildung des Kalktuffes begann die feuchte atlantische Zeit; die Umgebung der Quelle wurde sehr feucht;

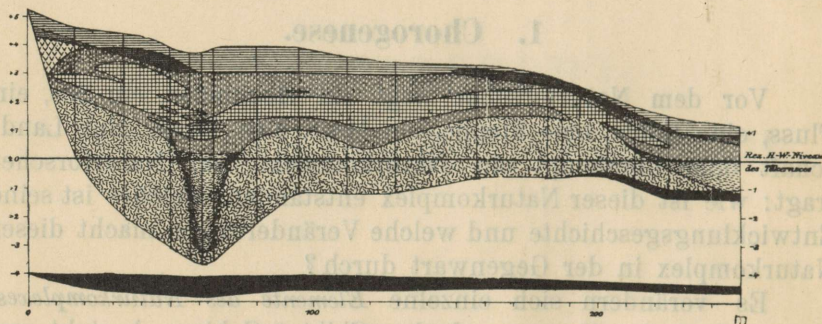
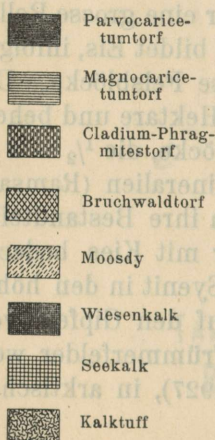


Abb. I. Profil durch das Alvastraer Quellmoor (nach Post 1916).



infolgedessen lagerte sich hier Seekalk ab. In der trockenen subborealen Zeit entstand Cladium-Phragmitestorf. Der Magnocaricetumtorf gehört zu dem Subatlanticum.

Unter der *Chorogenese* verstehen wir die Entstehung eines Naturkomplexes, seine Veränderungen und seine ganze Entwicklungsgeschichte.

Das Wort „Chorogenese“ stammt von den griechischen Wörtern *χώρα* — Örtlichkeit, Landstrich, Land, Gebiet, Landschaft und *γένεσις* — Entstehung und bedeutet so die Entwicklung einer Örtlichkeit, einer Landschaft, eines Naturkomplexes. Vom Worte *χώρα* stammen die Bezeichnungen vieler anderer geographischer Begriffe. Hettner (Hettner 1927) betrachtet die Geographie als eine chorologische Wissenschaft. Teile der Geographie sind die Chorologie, die Chorographie u. a. Sölch (Sölch 1924, S. 27) und Penck (Penck 1928, S. 41) bezeichnen bestimmte Landschaften als Choren. In der Pflanzengeographie werden die Ausdrücke Synchronologie — Gesell-

schaftsverteilung, chorologie sélective, unités chorologiques (Jaccard 1922, Pavillard 1923, Braun-Blanquet u. Pavillard 1925, S. 10) angewendet.

Dem Begriffe „Chorogenese“ sind die Begriffe der Morphogenese, der Sukzession u. a. verwandt. Die Morphogenie (von *μορφή* — Form, Gestalt und *γίγνομαι* — ich entstehe) hat die Form der geographischen Objekte im Auge, während die Chorogenie den Entwicklungsgang einer Landschaft als Ganzes behandelt. Unter der Sukzession (von *succedere* — nachfolgen) versteht man in der Pflanzengeographie eine Reihe von Pflanzengesellschaften, die in einer Lokalität aufeinanderfolgen (Rübel 1913, S. 903—906). So untersucht die Sukzessionslehre die Veränderungen nur eines bestimmten Elementes des Naturkomplexes (Furrer 1922) und bildet demnach einen Teil der Chorogenie. Doch ist es nicht zweckmässig, diesen Begriff auf die Landschaft auszudehnen: die Landschaft verändert sich sehr langsam, und es wird bei der Chorogenese gewöhnlich kein Aufeinanderfolgen verschiedener Landschaften an ein und demselben Ort beobachtet.

Die Chorogenie befindet sich heute im Entstehungsstadium. Doch gibt es schon Wissenschaften, die die Veränderungen einzelner Elemente der Naturkomplexe betrachten. Mit besonderer Aufmerksamkeit wird die Entstehung der Oberflächenformen behandelt (Passarge 1920). Die Sukzessionslehre widmet sich der Untersuchung der Vegetation (Clements 1928 u. a., Cowles 1911, Shantz 1917, Lüdi 1920), die Klimatologie — der Veränderung des Klimas. Grosse Fortschritte hat die Pedologie in der Untersuchung der Entstehung von Böden gemacht (Dokučajev 1883, Glinka 1908) usw. Andererseits gibt es Wissenschaften, die die Entwicklung spezieller Naturkomplexe behandeln. Wichtige Untersuchungen werden der Entstehung der Moore gewidmet. Die Speläogenie — eine Abteilung der Speläologie — behandelt speziell die Entwicklung von Höhlen. Die Entwicklungsweise der Seen wird sogar der Klassifikation der genannten Naturkomplexe zugrunde gelegt. Es verdienen unsere Aufmerksamkeit die Untersuchungen der Entstehung von Steppen und von Städten. Die Paläogeographie beschäftigt sich mit der Entwicklungsgeschichte grosser geographischer Einheiten (Kontinente, Meeresbecken).

Die Chorogenie entlehnt den erwähnten Wissenschaften die ihr passenden Methoden, stellt spezielle Prinzipien auf, nach denen

sie diese Methoden einrichtet, schafft neue Untersuchungsmethoden und wendet alle aufgestellten Prinzipien und Methoden auf die verschiedenen Naturkomplexe und ihre Elemente an. Ihrerseits bietet die Chorogenie ihre Hilfe anderen Wissenschaften an: die Sukzessionslehre benutzt die pedologischen (Markus 1925 d), die Klimatologie die geologischen Methoden (Arlt 1920, Köppen-Wegener 1924), usw.

2. Elementare Veränderungen.

Der Entwicklungsgang eines Naturkomplexes ist aus einer Anzahl elementarer Veränderungen zusammengesetzt.

Es kann eine Veränderung der *Form* des Naturkomplexes vor sich gehen. So wachsen die Palsat, d. h. die Riesenbulden der lappländischen Moore in die Höhe (Auer 1927, Kap. VI) und bilden eine gewölbte Oberfläche. Bei der Veränderung der Form von Höhlen (Czoernig-Czernhausen 1926) entstehen wunderliche Gänge, Hallen, Eispaläste, Labyrinth.

Weiter betrachten wir an den Naturkomplexen Veränderungen der *Dimensionen*. Diese Dimensionen wachsen oder nehmen ab sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Richtung. Bekannt ist das Höhenwachstum der Hochmoore (Du Rietz-Nannfeldt 1925, S. 4) und der Kjökkenmöddinger (Schürmann 1931, S. 917—918), weiter die Abnahme der Tiefe von Seen, das Eindringen eines Kohlenbergwerkes in die Tiefe, das Bauen von Bahntunneln in Grossestädten, die Vergrößerung des Durchmessers des Moores von Mooriso (Markus 1929) usw.

Ebenso können sich die Fläche und der Kubikinhalte der Naturkomplexe verändern. Nach Berg (Berg 1922) geht in Afrika, Turkestan usw. eine Verkleinerung der Trockenzone vor sich. Die alten Karten von Tallinn zeigen, dass diese Stadt sich allmählich erweitert. Im Anschluss an die grossen Grotten der Karstlandschaften entstehen kleinere Höhlen.

Wichtig sind die *Grenzverschiebungen* der Naturkomplexe. Im Valgesoo von Alatskivi verschiebt sich die Grenzlinie des Moores in der Richtung des Waldes (Markus 1929). Die Stadtpläne von Tartu (Tartu 1927, Plan 3) zeugen von einer starken Erweiterung dieser Stadt in südwestlicher Richtung. In Nord-

europa wird eine Verschiebung der Grenzlinie des Waldes und der Tundra konstatiert (Wigge 1927, S. 231—241, Tanfiljev 1911). In den Höhlen können wir Verschiebungen der Grenzflächen beobachten. Die untere Grenzfläche von London dringt beim Bauen der Untergrundbahnen und ihrer Stationen in die Tiefe vor.

Endlich gehören zu den elementaren Veränderungen eines Naturkomplexes seine *Gliederveränderungen*. In einem Naturkomplex kann ein neues Glied erscheinen. In Hochmooren z. B. bilden sich Schlenken (Bogdanowskaya-Guihéneuf 1928), in Seen Gytija, in skandinavischen Mooren Bäche (Osvald 1923, Taf. I), in Karstlandschaften Höhlen. Oft verschwinden bestimmte Glieder der Naturkomplexe. In Podsolmooren zerfällt der Ortstein (Markus 1925), in Wüsten trocknen Flüsse aus. Oft kommt eine Veränderung der Glieder des Naturkomplexes vor. Im Podsolmoore von Jätasoo verwandelt sich der schwarzbraune Bodenhorizont allmählich in eine dunkle Schicht (Markus 1925 b); in einem drainierten Bruchwaldmoor wird die Vegetation des Moores von Waldpflanzen verdrängt (Markus 1929).

Die elementaren Veränderungen können sowohl gemeinschaftlich als auch getrennt auftreten. In Hochmooren wird bei ihrem Wachstum in die Höhe gleichzeitig die Vergrößerung ihrer Fläche und ihres Kubikinhalts beobachtet, die Verschiebung ihrer Grenzfläche in vertikaler Richtung konstatiert, das Erscheinen von Schlenken und anderen neuen Gliedern in ihnen festgestellt. In einem schwach versumpften Podsolmoor aber findet oft nur eine Veränderung seines schwarzbraunen Bodenhorizonts statt, während die Dimensionen dieses Naturkomplexes unverändert bleiben.

Die Grenzverschiebung stellt eine spezielle Erscheinung der Chorogenese dar und ist mit der letzteren nicht ohne weiteres identisch. Im Hochmoore von Laukasoo (20 km nach NO von Tartu) wird eine Gruppe von Veränderungen festgestellt, die allen Hochmooren eigen sind (Höhenwachstum, Erscheinen von Schlenken u. drgl.). Doch ist dieses Moor von einer stark geneigten Erdfläche umgeben; infolgedessen bleibt die Grenzlinie des Laukasoo fast unverändert. In Städten werden zuweilen innere Stadtteile umgebaut, während die Grenzen der Stadt unverändert bleiben können. Die Bildung neuer Sedimente in den Seen ruft nicht immer eine Verschiebung ihrer Grenzen hervor.

Ebenso decken sich die Grenzverschiebung und die Sukzession keineswegs. Der Chorogenese ist ein Naturkomplex als Ganzes, der Sukzession nur eines seiner Elemente — die Vegetation — unterworfen. Andererseits können sich verschieben sowohl pflanzengeographische Grenzen als auch Grenzlinien ganzer Landschaften. Kurz gesagt, „Grenzverschiebung“ und „Sukzession“ können sich kreuzen (Sigwart 1921, S. 376); doch stellen sie keine identischen Begriffe dar, wie der Botaniker H. Gams meint (Peterm. Mitteil. 1928, S. 242).

3. Chronologische Reihenfolge.

Bei der Untersuchung der Entwicklungsgeschichte eines Naturkomplexes muss man oft feststellen, welches von zweien ihrer Glieder früher und welches später entstanden ist.

Ein entstehendes Glied des Naturkomplexes *setzt sich auf ein früher gebildetes Glied*. In chronologischer Reihenfolge sind abgelagert Sedimente in Meeren (Devon, Karbon usw.), Seeablagerungen (Gyttja u. a.), Schichten von Torf in Mooren usw. Es wird untersucht, welche Glieder des Naturkomplexes in ähnlicher Weise abgelagert werden, welche von zwei einander deckenden Gliedern gleichzeitig gebildet sind und in welchen Fällen die normale Reihenfolge der Glieder gestört ist. Bei der Untersuchung der Steppen z. B. finden wir oft Lösshorizonte, die eine relikte Schwarzerde bedecken (Krokos 1916): der Humusboden und der Löss sind in Steppen in chronologischer Reihenfolge abgelagert. Die drei Horizonte (A₁, A₂, B) eines podsolierten Sandbodens, die sich decken, können im Gegenteil gleichzeitig entstehen. Eine normale Reihenfolge der Glieder von Naturkomplexen stören Erdkräfte (Faltenüberschiebungen, vulkanische Tätigkeit), Tiere (Tierlöcher), Pflanzen (Wurzelröhren), der Mensch (Gruben, Gräben, Bergwerke) u. dgl. In ähnlichen Fällen wird ein anderes Prinzip angewendet.

Ein neues Glied wird zwischen den früher gebildeten Gliedern abgelagert. Doch kann *ein früher vorhandenes Ganzes* erkannt und aus ihm ein in dieses Ganze eingedrungenes Glied ausgesondert werden. Verbreitet sind die hohlen Glieder der Naturkomplexe, die durch Erosion entstehen. Den nördlichen

Teil von Estland charakterisieren unterirdische Bäche, deren Betten im Kalkstein verborgen sind (Jöelähtme). Im Kreuzungsgebiet estländischer Oser und Drumlins werden oft langgestreckte, ovale, in NW-SO Richtung verlaufende Drumlins beobachtet, die mit Moränenlehm bedeckt sind, in ihrem inneren Teil fluvio-glaziales Material enthalten und eine gewölbte ruhige Oberfläche haben. In diesen Drumlins finden wir tiefe Schüsseln, die $\frac{1}{2}$ —1 km im Durchmesser betragen (Rakke). Andere Drumlins sind von schmalen Tälern durchquert (Edro). In vielen Fällen werden ganze Abschnitte von den Drumlins abgeteilt. In allen diesen Fällen kann das Vorhandensein eines Drumlins als früher vorhandenes Ganzes festgestellt werden. Die Schüsseln, Täler u. a. sind Glieder, die mit einem Drumlin nicht harmonieren und erst nach seiner Ablagerung entstanden sind.

Neben hohlen Gliedern lenken auf sich unsere Aufmerksamkeit volle Glieder des Naturkomplexes, worin abgetragenes Material durch neues Material ersetzt ist. In die Schwarzerde der osteuropäischen Steppen wurden vor Jahrtausenden tiefe Gruben gelegt und in ihnen Kurgane aufgeschüttet. Die weggetragenen Teile von estländischen Drumlins sind oft durch Hügel Landschaften ersetzt (Kärde).

Ein neues Glied verdrängt zuweilen bestimmte früher entstandene Glieder und besetzt die zwischen den letzteren gebildete Hohlform (Intrusionen).

Es muss aber erwähnt werden, dass, wenn in einer normalen Gruppe bestimmter Glieder sich ein dieser Gruppe fremdes Glied befindet, man nicht immer feststellen kann, ob das fremde Glied später oder früher entstanden ist, als die anderen Glieder der Gruppe. Es wurde früher gezeigt (Markus 1929, S. 107), dass das blosse Vorhandensein einiger fremder Pflanzenarten in einem Abschnitt der Pflanzendecke nichts über die Entstehungsweise der entsprechenden Assoziation sagt.

4. Gliederveränderung.

Bei der Entwicklung eines Naturkomplexes entsteht in ihm ein bestimmtes Glied. Es wächst allmählich und erreicht einen Zustand, in dem seine typischen Eigenschaften (Mächtigkeit, Festigkeit, Intensität der Farbe usw.) am meisten entwickelt sind.

Später beginnen die typischen Eigenschaften dieses Gliedes abzunehmen, und zuletzt verschwindet das Glied. So werden in einem Naturkomplex entstehende, reife und atrophische Glieder beobachtet (Abb. II).

Nicht immer machen die Glieder eines Naturkomplexes den beschriebenen Entwicklungsgang durch. Zuweilen dringen plötzlich in eine Landschaft neue Glieder ein (Erscheinen von Laven in vulkanischen Landschaften), oder die vorhandenen Glieder verschwinden in kurzer Zeit (Verschwinden von Quellen bei Erd-

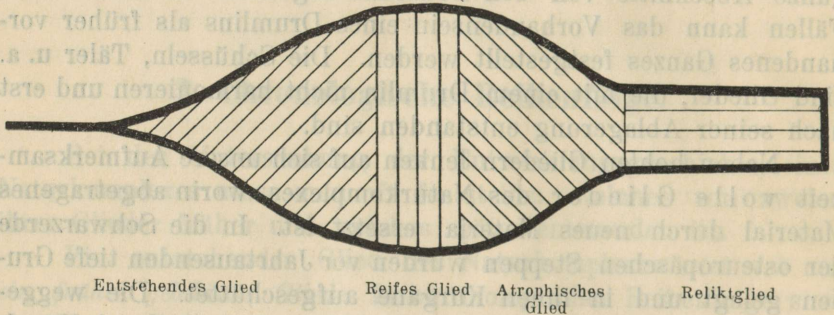


Abb. II. Typischer Entwicklungsgang der Glieder eines Naturkomplexes.

beben). Besonders interessieren uns die Reliktglieder der Naturkomplexe, die sich in letzteren erhalten und sich dabei fast gar nicht verändern (Baumstubben im Torf).

Unsere Aufmerksamkeit lenken diejenigen Glieder auf sich, die die *Richtung ihrer Veränderung* leicht erkennen lassen. Wenn Ackerfelder estländischer Kameslandschaften verlassen werden und das Ackerland sich mit Wald bedeckt, so entsteht in der Kulturschicht des Bodens eine grauweiße Abteilung, und der Boden besteht dann aus vier Horizonten: dem Humus-, dem grauweißen, dem dunklen und dem rostbraunen Horizont (Markus 1930, S. 7). Das Vorhandensein eines solchen Sandbodens in den Kameslandschaften zeigt deutlich, dass die Kames früher von Äckern eingenommen waren, die durch Wald verdrängt wurden.

Die Podsolmoorböden werden charakterisiert, wie bekannt, durch einen Humus-, einen mächtigen grauweißen Podsol- und einen schwarzbraunen Horizont, wobei der letztere an Humusstoffen und Aluminium stark angereichert ist (Frosterus 1913—1914). Bei dem Vordringen des Moores in den Wald bildet sich zwischen dem grauweißen und dem schwarzbraunen Horizont eine dunkle

Schicht, die den schwarzbraunen Horizont allmählich verdrängt (Markus 1925 b), und an Stelle des grauweissen und schwarzbraunen Horizonts bildet sich eine schmutzig graubraune Schicht, worin der Prozentsatz des kolloiden Humus mit der Tiefe rasch abnimmt (Tamm 1931, S. 212 u. 369). So zeigt die dunkle Schicht eines Podsolmoorbodens, die zwischen dem Podsol- und dem schwarzbraunen Horizont liegt, dass im Gebiet des entsprechenden Podsolmoores eine Vergrößerung des Feuchtigkeitsgehalts vor sich geht (Markus 1926).

Beim Vordringen des Waldes in die Steppe erscheint im oberen Horizont der Schwarzerde eine graue Farbe, wobei in den tieferen Teilen des Bodens sich ein dunkler Horizont erhält (Vityn 1924). Beim Vorrücken der Steppe in den Wald dagegen entsteht ein Boden, worin der frühere rostbraune Horizont des Podsolbodens sich mit einer humusreichen Schicht bedeckt (Florov 1927, S. 219). So zeugt eine aus dem Humus-, dem grauen und dem dunklen Horizont bestehende Schwarzerde von einer Grenzverschiebung zwischen Wald und Steppe in der Richtung der letzteren. Böden mit einem humusreichen und einem rostbraunen Horizont aber sind Merkmale einer Grenzverschiebung in der entgegengesetzten Richtung.

Bei der Brandung bildet sich in einer Steilküste eine Hohlkehle (Passarge 1920, S. 385), d. h. eine glatte, flach gewölbte Einbuchtung, die sich allmählich in eine Strandstufe verwandelt. Solche Strandstufen werden von uns als Zeugen der Wirkung des Wasser benutzt.

5. Konnexion.

Vor dem Forscher liegen zwei Naturkomplexe. Er untersucht ein Glied des einen und ein Glied des anderen und stellt fest, ob diese Glieder sich gleichzeitig oder zu verschiedenen Zeiten gebildet haben.

Man benutzt dabei Dinge, die in verschiedenen Gliedern der Naturkomplexe vorkommen und sich dem Gesetze der *Evolution* unterordnen: wenn die zu untersuchenden Glieder zweier Naturkomplexe identische Dinge enthalten, so sind sie gleichzeitig entstanden. So wird die Synchronität geologischer Ablagerungen durch Untersuchungen von Leitfossilien, Artefakten u. a. festgestellt.

Weiter zieht man diejenigen Dinge in Betracht, die sich bei den Schwankungen der *Existenzbedingungen* der Naturkomplexe verändern. In den Quellmooren von Alwastra und Kärna (Post 1916) wurde folgendes Bild beobachtet:

Alwastra		Zeit		Kärna	
Schichten	Existenzbedingungen	Merkmale	Bezeichnung	Existenzbedingungen	Schichten
Kalktuff (unterste Schicht)	Bestimmte Existenzbedingungen	trocken	Ancylus-Maximum		
Seekalk	Die Zeit war feuchter als früher	feucht	atlantische Zeit	Bestimmte Existenzbedingungen	Kalktuff
Gladium-Phragmitestorf	Die Zeit war trockener als bei der Bildung von Seekalk	trocken	subboreale Zeit	Die Zeit war trockener als früher	Sumpftorf
		feucht	subatlantische Zeit	Die Zeit war feuchter als bei der Bildung des Sumpftorfes	Kalktuff

Bei der Parallelisierung der Existenzbedingungen der genannten Quellmoore stellen wir fest, dass der Seekalk von Alwastra und der unterste Kalktuff von Kärna synchrone Bildungen darstellen. In ähnlicher Weise behandelt man die Synchronität glazialer und interglazialer Ablagerungen usw.

Bedeutende Fortschritte werden durch Untersuchungen der Eigenschaften solcher Dinge gemacht, die sich bei der Veränderung der Existenzbedingungen der Naturkomplexe verändern. Zur Zeit der Bildung des Bändertones lagerte sich im Sommer Sand, im Winter Ton ab, wobei in wärmeren Zeiten mächtigere und in kälteren schmälere Bänder entstanden. Auf Grund der Reihung und Mächtigkeit der Schichten des Bänder-

tones konstruiert man nach der Methode De Geers Diagramme, die die Jahresschichten verschiedener Orte verbinden lassen. Ebenso ermöglicht die pollenanalytische Methode von Post synchrone Glieder verschiedener Moore festzustellen.

In ähnlicher Weise können vielleicht viele andere Eigenschaften der Naturkomplexe in Betracht gezogen werden: man kann nämlich diejenigen vom Klima abhängigen Eigenschaften parallelisieren, die sich in verschiedenen Naturkomplexen von unten nach oben regelmässig verändern, wie z. B. der Prozentsatz von kohlensaurem Kalk in den Schwarzerde- und Lössschichten der Steppen (Florov 1927, S. 213) usw.

Bei der Anwendung der historischen Methode verwenden wir Aufzeichnungen des Menschen, Urkunden u. dgl., die die Entstehungszeit verschiedener Naturkomplexe und ihrer Glieder feststellen lassen.

Die geologische Zeit wird mit der historischen durch Untersuchungen von Artefakten verbunden, die in bestimmten geologischen Ablagerungen gefunden werden (Ramström 1927, S. 9, Hofmann 1928, Beck 1930, S. 42—54).

6. Grenzverschiebung.

Begriffe.

Vor uns liegen zwei Naturkomplexe A und B (Abb. III). Im Gebiete von K existierte früher der Naturkomplex B. Heute befindet sich in diesem Gebiete der Naturkomplex A. Man sagt dann, dass die Grenze zwischen A und B sich in der Richtung des B verschiebt. Wenn z. B. das Grenzgebiet (K) des Waldes (B) und der Tundra (A) in der Vergangenheit mit Wald bedeckt war und in der Gegenwart von einer Tundra eingenommen wird, so rückt die Tundra in den Wald vor.

Das Vorrücken eines Naturkomplexes kann als Transgression, sein Zurückweichen als Regression bezeichnet werden.

Die Grenzverschiebung kann sowohl in den topographischen, als auch in den klimatischen, anthropogenen u. a. Komplexreihen (Markus 1925 e) vorkommen. In Alatskivi rückt das junge Moor ins Podsolmoor vor und das letztere in den flachen

Wald (Markus 1929). Die genannten Naturkomplexe bilden eine topographische Reihe. Beim Vordringen des Ackerlandes in den Wald haben wir es mit einer anthropogenen Reihe zu tun. Die tropischen Regenwälder am Kongo, die Savannen im Sudan und die Wüste Sahara bilden eine klimatische Reihe von Naturkomplexen, und in dieser Reihe verschiebt sich die Trockengrenze (Penck 1913).

Wenn ein Naturkomplex des Festlandes in der hydrologischen oder einer ihr äquivalenten Reihe vorrückt, so wird dieses Vorrücken als positiv oder negativ bezeichnet. Wenn der Naturkomplex B mehr Feuchtigkeit fordert als A, so ist die

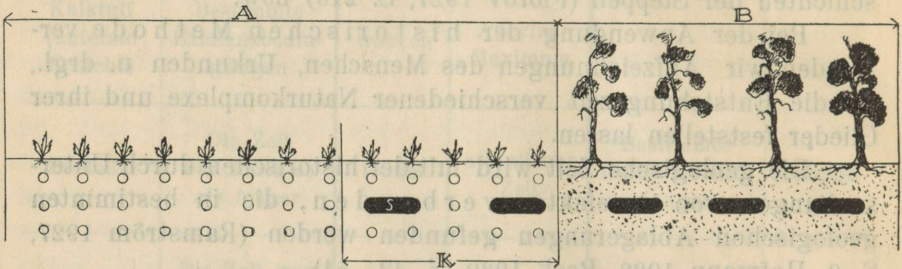


Abb. III. Fremdes Glied (s).

Grenzverschiebung zwischen A und B in der Richtung von A eine positive, die Verschiebung in entgegengesetzter Richtung eine negative. Das Vordringen des Moores in den Wald ist eine positive, das Vorrücken des Waldes ins Moor eine negative Verschiebung.

Verschiebungsprinzip.

In Finnland befindet sich der See Puulavesi (Hellaakoski 1929), in welchem bei Herräsniemi, in einer Entfernung von 100 m von dem Ufer, in einer Tiefe von 6 m Torf liegt (Abb. IV). Es ist klar, dass dieser Torf nicht am Boden des Sees entstanden ist, dass er zu einem Moore gehört, dass der Torf bei seiner Ablagerung ausserhalb der Grenzen des Sees lag, dass in Herräsniemi erst der Torf abgelagert wurde und dieser Torf sich später mit Wasser bedeckte: der See rückt in der Richtung des Moores vor.

Der Naturkomplex A enthält im Gebiete von K ein ihm fremdes Glied s (Abb. III). Dieses Glied gehört zum Komplex B. Es ist früher entstanden, als die Glieder des A im Gebiete von

K. Das zeigt, dass B zurückgewichen ist, wobei in K ein Glied von B erhalten ist. A rückt in der Richtung von B vor.

Vor uns liegt ein bestimmtes Glied eines Naturkomplexes. Bei der Untersuchung eines vorliegenden Naturkomplexes wurde dieses Glied nicht gefunden und es wurde sogar festgestellt, dass das uns interessierende Glied sich im vorliegenden Komplex nicht bilden kann, dass dieses Glied unter ganz anderen Bedingungen entsteht. Wir nennen es ein *fremdes Glied*. Der Torf in Herräsniemi bildet ein fremdes Glied des Sees von Puulavesi. Die 20 m hohe Strandterrasse, die in Aapsipää auf

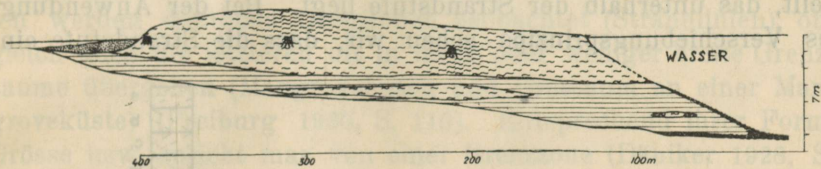







Abb. IV. Puulavesi bei Herräsniemi (nach Hellakoski 1929).

-  Sphagnumtorf
-  Carexort
-  Limnische Ablagerungen
-  Mudde
-  Stubben

der früheren Küstenlinie des Peipus liegt, erscheint als ein fremdes Glied der Drumlinlandschaft. Haselnüsse bilden fremde Glieder vieler skandinavischer Moore (Anderson 1902).

Das Verschiebungsprinzip lautet wie folgt:

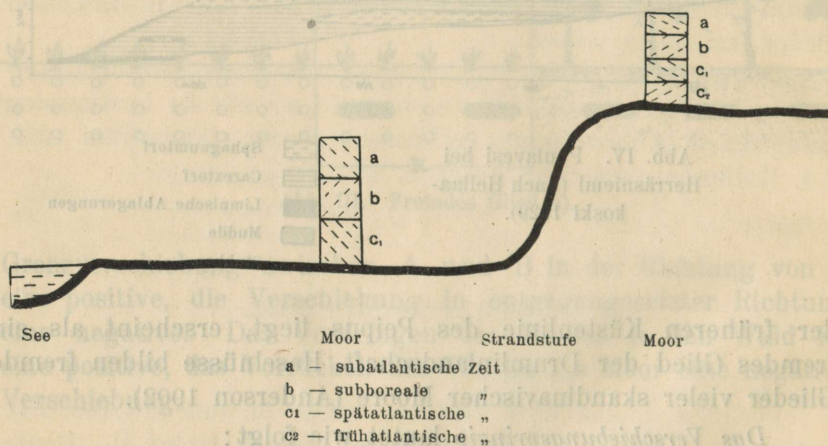
Wenn innerhalb eines Naturkomplexes sich ein ihm fremdes, zu einem anderen Komplex oder seiner Grenzlinie gehörendes Glied befindet, so rückt der erstere vor oder weicht zurück.

Zwei Naturkomplexe, deren Grenze sich verschiebt, können dreierlei fremde Glieder enthalten. In einem zurückweichenden Komplex finden wir vorgedrungene Glieder des vordringenden Komplexes (Sphagnumdecke im Alatskivischen flachen Walde) (Markus 1929). Ein vordringender Naturkomplex enthält sich langsam verändernde Glieder des zurückweichenden Komplexes (verwester Torf in einem drainierten Bruchwaldmoor) (Markus 1929). Ausserdem werden in einem vordringenden Naturkomplex solche Glieder gefunden, die zu seiner Grenzlinie gehören (subaquatische Strandterrassen) (Auer 1924, S. 24).

Untersuchungsmethoden.

Bei der Untersuchung der Grenzverschiebung werden alle Methoden angewendet, die die Chorogenie aufgestellt hat. Das Vorhandensein einer dunklen Schicht zwischen dem grauweißen und dem schwarzbraunen Horizont des Podsolmoorbodens im Grenzgebiet von Tundra und Wald wird z. B. als Zeuge des Vorrückens der Tundra in den Wald betrachtet (Markus 1926). Mit besonderem Erfolge aber verwendet man kombinierte Methoden der Chorogenie. Wir erläutern sie durch folgendes Beispiel.

Auf der Abb. V ist eine Strandstufe und ein Moor dargestellt, das unterhalb der Strandstufe liegt. Bei der Anwendung des Verschiebungsprinzips sehen wir, dass die Strandstufe ein



Die Strandlinie des Sees reichte bis zur dargestellten Strandstufe während des Überganges von der frühatlantischen zur spätatlantischen Zeit.

Abb. V. Untersuchung der Grenzverschiebung.

fremdes Glied der auf der Abbildung dargestellten Landschaft ist und dass der See von der Strandstufe zurückgewichen ist. Der chronologischen Reihenfolge gemäss wurden die Torfschichten unterhalb der Strandstufe nach der Regression des Sees abgelagert. Bei der Konnexion mittels der pollenanalytischen Methode ersieht man, dass schon in spätatlantischer Zeit unterhalb der Strandstufe kein See vorhanden war; da aber hier Ablagerungen der frühatlantischen Zeit fehlen, so war dieses Gebiet in genannter Zeit mit Wasser bedeckt. Kürzer: die Grenzverschiebung des Sees hat während des Überganges von der frühatlan-

tischen zur spätatlantischen Zeit stattgefunden. In ähnlicher Weise stellen wir fest, dass das Litorina-Maximum mit der atlantischen Zeit zusammenfällt (Ahlmann, Caldenius u. Sandegren 1924), usw.

Grenzsaum.

Die Grenze zweier Naturkomplexe stellt gewöhnlich keine mathematische Linie dar, sondern erscheint als Übergangsgebiet zwischen diesen Naturkomplexen. Die Grenze zwischen Wald und Steppen z. B. bilden breite Waldsteppen. Den Grenzsaum des Waldes und des Moores nehmen Waldmoore ein. Nur selten werden deutliche Grenzlinien beobachtet (Strandlinien), obgleich auch die letzteren oft in mehr oder weniger breite Grenzsäume übergehen (Mangrovebusch und Grassaum an einer Mangroveküste) (Freiburg 1930, S. 110). Entsprechend ihrer Form, Grösse usw. spricht man von einer Grenzzone (Däniker 1928, S. 470), einem Grenzgürtel (Sieger 1925), einem Grenzstreifen (Sorge 1930, S. 278), einem Grenzgebiet u. a.

Es ist wichtig, die Grenzsäume verschiedener Naturkomplexe genauer zu untersuchen und die hierbei festgestellten Tatsachen bei der Untersuchung der Verschiebung der entsprechenden Grenzen zu verwenden. Beschreiben wir hier kurz die Podsolmoore der Waldtundra, die wir bei der Untersuchung der Grenzverschiebung zwischen Wald und Tundra in Betracht ziehen wollen.

Im Gebiete eines 5—7 m hohen Waldes (Markus 1922, S. 27—50), wo *Pinus silvestris* und *Betula pubescens* mit *Betula nana*, *Ledum palustre*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis idaea*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium uliginosum*, *Cornus suecica*, *Rubus chamaemorus* wachsen und Sphagnen vorkommen, ist der Podsolmoorboden fast immer mit Torf bedeckt und hat einen grauweissen und einen mächtigen schwarzbraunen Horizont. Dabei kommen in Podsolmooren gewöhnlich geneigte Erdflächen vor.

Auf Bergen, oberhalb der Waldgrenze, wo nur eine $\frac{1}{2}$ m hohe Birke *Betula Kusmitscheffii* mit *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis idaea*, *Arctostaphylos alpina*, *Ledum palustre*, *Rubus chamaemorus* wächst, ist der Podsolmoorboden nur 40 cm mächtig. Doch hat er einen ausgeprägten schwarzbraunen Horizont, wogegen sein grauweisser Horizont schwach entwickelt und der Boden mit Torf bedeckt ist (Markus 1922, S. 56—59).

Kartierung früherer Grenzen.

Bei der Kartierung einer früheren Grenze zweier Naturkomplexe untersucht man genau das Grenzgebiet dieser Naturkomplexe. Man zieht dabei diejenigen Glieder in Betracht, die zu dem zurückweichenden Naturkomplex gehören und heute im Gebiete des vordringenden Komplexes beobachtet werden. Ihr Verbreitungsgebiet bildet das Areal, das von dem vorrückenden Komplex transgrediert ist. Dieses Gebiet ist einerseits von der früheren und andererseits von der gegenwärtigen Grenze der zu untersuchenden Naturkomplexe umgeben. Besonders deutlich zeigen die Lage einer früheren Grenze diejenigen Gegenstände, die auf der entsprechenden Grenzlinie entstanden sind (Strandterrassen usw.).

Durch die Konnexion verschiedener früherer Grenzen und ihrer einzelner Teile stellt man die Lage der Grenzen eines Naturkomplexes zu verschiedenen Zeiten fest. Post z. B. hat die Verbreitungsgebiete des Quellmoores von Alvastra in früheren Zeiten kartiert (Post 1916, Pl. XI). Ebenso hat Sandegren (Sandegren 1916) 6 Karten zusammengestellt, die die frühere Verbreitung des Hornborgasees zeigen.

Lokale und allgemeine Verschiebungen.

Wir betrachten Naturkomplexe, die zu denselben oder äquivalenten Komplexreihen gehören. Wenn dabei die Grenzen dieser Naturkomplexe sich in derselben Richtung verschieben, so können diese Verschiebungen als übereinstimmend betrachtet werden. Das Vordringen eines jungen Moores in das Bruchwaldmoor stimmt mit dem Vorrücken des Podsolmoores in einen flachen Wald überein, denn alle genannten Naturkomplexe gehören zu einer topographischen Komplexreihe. Auf die Transgression eines Sees über das Moor und das Vorrücken des Ackerbodens in den Wald kann der Begriff der Übereinstimmung nicht angewendet werden.

Die Grenzen zwischen denselben Komplexindividuen werden als identisch betrachtet. Das niedere Bruchwaldmoor von Moori-soo (Markus 1919, Abb. VII) grenzt einerseits an das junge Moor und andererseits an das höhere Bruchwaldmoor, das Podsolmoor und den flachen Wald. Dabei sind identisch z. B. diejenigen Abschnitte seiner Grenze, wo das niedere Bruchwaldmoor höheres

Bruchwaldmoor berührt. Die Grenze zwischen einem niederen und einem höheren Bruchwaldmoor aber ist nicht identisch mit der Grenze des niederen Bruchwaldmoores und des flachen Waldes.

Vor uns liegt ein bestimmtes Untersuchungsgebiet, in dem wir bestimmte identische Grenzen betrachten. Wenn dabei diese Grenzen überall und zwar in derselben Richtung vorrücken, so sprechen wir von einer *allgemeinen Grenzverschiebung*. Wenn aber die Verschiebung nur an einem bestimmten Teile einer Grenze beobachtet wird oder mit den anderen Verschiebungen nicht übereinstimmt, so haben wir es mit einer *lokalen Grenzverschiebung* zu tun. In Moorisoos dringt junges Moor an seiner ganzen Grenze in das niedere Bruchwaldmoor. In Kurgesoo von Alatskivi geht ebenfalls ein allgemeines Vorrücken des Moores in den Wald vor sich (Markus 1929), wobei an bestimmten Stellen des Kurgesoo ein lokales Vordringen des Waldes ins Moor stattfindet.

Verschiebung der Landschaft.

Bei der Behandlung der Verschiebung von Landschaften können wir reale und ideale Naturkomplexe und das Verhältnis zwischen landschaftlichen Komplexen verschiedener Grössenordnung untersuchen.

Neben seiner Transgression und Regression kann ein *realer Naturkomplex* sich auch als Ganzes verschieben. Im Norden weicht der Wald vor der Tundra zurück, im Süden rückt er in die Steppe vor: die Waldzone verschiebt sich in Europa von Norden nach Süden.

Bei der Behandlung eines *idealen Naturkomplexes* untersuchen wir eine Anzahl ihm entsprechender realer Naturkomplexe. Wenn ihre identischen Grenzen sich an allen Stellen und dabei in ein und derselben Richtung verschieben, so sprechen wir von einem allgemeinen Vorrücken, einem allgemeinen Zurückweichen oder einer allgemeinen Verschiebung eines idealen Naturkomplexes. In Alatskivi z. B. beobachten wir eine positive Verschiebung des Podsolmoores: seine untere Grenze weicht zurück, seine obere Grenze dringt vor.

Bei der Betrachtung *landschaftlicher Komplexe verschiedener Grössenordnung* kann man sich drei Fälle vorstellen.

Die Grenzverschiebung wird sowohl in einem grossen Komplex als auch in seinen Gliedern, d. h. in den kleineren Komplexen beobachtet. In Moorisoo verschieben sich die Grenzen des jungen Moores, des Bruchwaldmoores u. a. und das ganze Moor dringt in den Wald ein. In Kodasmaa bei Laiva bleibt die Grenze des ganzen Moorkomplexes fast unverändert, während seine einzelnen Glieder (Schlenken, Kiefernwälder auf den geneigten Abhängen des Moores u. a.) der Verschiebung unterworfen sind. Ob die Grenze eines landschaftlichen Komplexes sich verschieben kann, wenn seine einzelnen Glieder unverändert bleiben, gelang mir nicht zu beobachten.

Grenzschraken.

Hindernisse der Grenzerweiterung heissen **Grenzschraken**. Die Stadt Tartu wächst, wie oben erwähnt, stark nach SW und erweitert sich nicht in südöstlicher Richtung (Tartu 1927, Karte 3): im Urstromtale des Emajõgi (Embach) befinden sich nasse Wiesen, die nur wenige Meter über dem Niveau des Flusses liegen und im Frühling vom Emajõgi fast immer überflutet werden. Als Grenzschraken von Seen erscheinen Hügel und Berge, die z. B. bei der Landhebung von Fenno-Skandien das Vordringen von Seen verhindern und bei starken Transgressionen vom Seewasser umgeben werden. Ebenso umgeben das Hochmoor von Laukasoo (20 km nach NO von Tartu), wie oben erwähnt, stark geneigte Erdflächen, die die Grenzerweiterung dieses Moores verhindern. Mit Sölch (Sölch 1924, S. 34 f.) können wir sogar schrankentreue und schrankenfreie Grenzen unterscheiden. Eine schrankentreue Grenze einer Karsthöhle z. B. bildet der Granit, der an Kalkstein grenzt und keinen Auslaugungsprozessen unterworfen wird. Als Beispiele schrankenfreier Grenzen erscheinen schwach geneigte Erdflächen, die Moore umgeben, usw.

Vordringende und zurückweichende Glieder.

Als *zurückweichende* werden diejenigen Glieder eines Naturkomplexes betrachtet, die bei seiner Regression verschwinden. Sie sterben aus, ihre Zahl nimmt ab, ihr Bedeckungs- und Konstanzgrad verringert sich (Markus 1929): Infolge der Verschlechterung ihrer Existenzbedingungen bilden

sich in einem zurückweichenden Naturkomplex verkümmerte Glieder. Die Birke *Betula nana* z. B., die im mittleren Teil von Kola prächtig und $1\frac{1}{4}$ m hoch ist (Markus 1922), drückt sich infolge austrocknender Wirkung des Windes (Samuelson 1925—27, S. 158) an der nördlichen Baumgrenze an die Erdoberfläche an und versteckt sich zwischen Moosen (Markus 1922). Reste zurückweichender Glieder werden oft lange in einem Naturkomplex beobachtet (Relikte).

Die in einen Naturkomplex *vordringenden Glieder* nehmen an Zahl zu, ihr Bedeckungs- und Konstanzgrad wächst und sie werden gewöhnlich durch ihren gesunden Zustand charakterisiert (Markus 1929).

Interessant sind die *Vorposten*, die in einen Naturkomplex eingedrungen sind. Das *Sphagnum* z. B., das in einen flachen Wald vordringt, bildet im Walde kleine verstreute Polster, die allmählich wachsen und über den ganzen Waldboden transgredieren, während der Wald ausstirbt.

Gleichgültig sind diejenigen Glieder, die bei einer bestimmten Grenzverschiebung keiner regelmässigen Veränderung unterworfen werden (Markus 1929 S. 116).

Grenzfläche.

Bei der Untersuchung der Verschiebung einer Grenzfläche werden dieselben Methoden angewendet, die für die Behandlung von Grenzlinien aufgestellt worden sind. Beim Vordringen einer Stadt in die Tiefe entstehen im geologischen Untergrunde Tunnel, die hier als fremde Glieder erscheinen und die Verschiebung der Grenzfläche der Stadt zu untersuchen ermöglichen. Durch die Erweiterung einer Höhle bilden sich neue Hallen, Gänge usw., in ihnen werden verschiedene Artefakte u. a. abgelagert, die bei der Untersuchung des Vorrückens oder Zurückweichens der Höhle wichtig sind.

7. Entwicklungszyklen.

Vor uns, im gemässigten Klima liegt ein Niedermoor, dem wasserdichter Lehm unterlagert ist, wobei das wasserdichte Gestein eine konvexe Oberfläche hat. Dieses Niedermoor macht einen bestimmten Entwicklungsgang durch: in ihm bilden sich

allmählich neue Torfschichten; bestimmte Pflanzenassoziationen werden durch andere ersetzt usw. Wir sagen, dass das Niedermoor sich im gegebenen Moment in einem bestimmten *Entwicklungsstadium* befindet. Bei seiner Entwicklung macht das Moor eine Reihe von Stadien durch. Diese Stadien bilden einen *Entwicklungszyklus* des Niedermooses. Wenn aber im Niedermoor tiefe Gräben gezogen werden, so rufen die letzteren in ihm eine Veränderung der Grundbedingungen hervor, die auf seinen Entwicklungsgang Einfluss haben, und im Niedermoor beginnt ein neuer Entwicklungszyklus: in diesem Moor wird sich kein Grundwasser ansammeln, das Moor bedeckt sich mit einem Walde usw. Einen Entwicklungszyklus bilden diejenigen Entwicklungsstadien, die ein Naturkomplex durchmacht, wenn die seinen Entwicklungsgang bestimmenden Grundbedingungen dieselben bleiben.

Anstatt der Wörter „Stadium“ und „Zyklus“ werden auch „Phase“ (Hellaakoski 1929), „Stufe“ (Passarge 1920, S. 102), „Serie“ (Furrer 1922), „Reihe“ u. a. gebraucht.

Wir können einen autogenen und einen ökogenen Entwicklungsgang unterscheiden. Bei einem *autogenen* (Sukačev 1926, S. 209) Entwicklungsgang eines Naturkomplexes bleiben die Grundelemente des letzteren unverändert: es verändern sich nur die von den Grundelementen abhängigen Elemente, die sich diesen anzupassen streben. Dabei können sie die Grundelemente nur wenig beeinflussen (lokales Klima in einem Hochmoor). Die Veränderung der letzteren aber bildet keine Grundursache des Komplexwechsels. Einen autogenen Entwicklungsgang beobachten wir in einem oligohumosen See, der ohne Veränderung seiner Grundbedingungen aus einem oligohumosen See (Tanytarsus-See) allmählich in einen eutrophen See (Plumosus-See) übergeht (Lundbeck 1926, Decksbach 1929, S. 76). Ein autogener Entwicklungsgang geht auch in den Blockkomplexen von Chibinä vor sich, wo die Blöcke des Nephelin-Syenits allmählich zerfallen und sich bei unverändertem Klima in Kiesfelder verwandeln.

Ein *ökogener* Entwicklungsgang (Sukačev 1926, S. 208) wird durch Veränderung der Grundelemente hervorgerufen. In der Umgebung von Puulavesi steigt die Erdoberfläche, der See weicht an den gestiegenen Stellen zurück und überflutet neue Abschnitte der Erdoberfläche (Hellaakoski 1929). So geht in Puulavesi eine Veränderung eines Grundelements — des Bodenreliefs — vor

sich, wodurch ein ökogener Entwicklungsgang dieses Sees hervorgerufen wird.

Bei der Unterscheidung ökogener Entwicklungszyklen werden diejenigen Grundelemente in Betracht gezogen, die der Veränderung unterworfen sind. In Puulavesi verändert sich das Relief des Seebodens, und hier wird ein topogener Entwicklungsgang festgestellt. Ebenso machen einen topogenen Entwicklungsgang einige Flüsse in Polen durch (Lencewicz 1926). Von einem klimatischen Entwicklungsgang zeugen die abwechselnden Schichten von Löss und Schwarzerde in Südrussland (Laskarev 1914, Krokos 1916), die subboreale Austrocknung einiger Moore (Lüdi 1930, S. 33) usw. Wenn in eine Wiese eine Düne vordringt, so beginnt in der Wiese ein lithogener Entwicklungszyklus. Wenn ein Fluss sein Bett verändert und dabei einen Wald überflutet, so können wir den überfluteten Wald als ein abgrenzbares Ganzes betrachten, wo neue hydrologische Bedingungen ein bestimmtes Grundelement bilden: bei der Transgression beginnt im Walde sein hydrogen Entwicklungsgang. Als hydrogen erscheint auch die durch eine Transgression hervorgerufene Versumpfung der Ufer von Seen (Auer 1924, S. 100). Ein biogener Entwicklungsgang wird da beobachtet, wo Termiten ihre Bauten errichten (Savannen von Afrika) oder wo die Kiefernwälder durch die vordringende Fichte verdrängt werden (Süd-Skandinavien) usw. Anthropogene Entwicklungszyklen entstehen in entwässerten Mooren, künstlich bewässerten Wüsten u. dgl.

Bei der Untersuchung der Entwicklungszyklen von *Kulturlandschaften* ziehen wir die Grundelemente der letzteren in Betracht. Die Stadt Essen z. B. macht heute einen industriellen Entwicklungsgang durch (Ziegler 1929). In der Entwicklung von Tallinn spielen eine wichtige Rolle Verkehrsbedingungen usw.

Wenn man ein sich veränderndes Grundelement im Auge hat, so kann man das Erscheinen (Vordringen des Gletschers in den gegebenen Naturkomplex, Aufpflügen des Waldbodens Vordringen der Düne, Lawinen, Bewegung von Laven) (Tanakadate 1924), das Aufhören (Befreiung der Erdfläche vom Gletscher, Verlassen des Ackerlandes, Zurückweichen des Meeres), eine allmähliche (allmähliche Veränderung des Klimas) und eine schroffe Veränderung (Steigen oder Fallen des Grundwasserniveaus) sei-

nes Einflusses betrachten. Bei der allmählichen Veränderung eines Grundelements vollzieht sich ein normaler (Gams 1918) ökogener Entwicklungsgang; in allen anderen Fällen wird ein katastrophaler ökogener Entwicklungsgang konstatiert, dem gewöhnlich ein autogener Gang nachfolgt (autogener Entwicklungsgang eines Naturkomplexes, der eine mit Lava bedeckte Erdfäche einnimmt). Bei dem katastrophalen ökogenen Entwicklungsgang muss jedesmal festgestellt werden, ob er durch den Anfang oder das Aufhören des Einflusses eines bestimmten Elements oder durch seine schroffe Veränderung hervorgerufen wurde.

Der ökogene Entwicklungsgang kann nicht nur durch Änderung eines einzigen Grundelements, sondern auch durch gleichzeitige Wirkung vieler Elemente bedingt sein. Deswegen kann man z. B. von einem klimatisch-topogenen (Hebung von Fenno-Skandien und subatlantische Klimaverschlechterung), einem topo-lithogenen (topographische Sukzessionen von Cowles: Cowles 1911) usw. Entwicklungsgänge sprechen.

Betrachten wir jetzt Moore, Höhlen u. a. Naturkomplexe, die Gesamtheiten von kausal miteinander verbundenen Erscheinungen und Dingen darstellen.

In der Abhandlung „Naturkomplexe“ (Markus 1925 a) haben wir gezeigt, dass die einen Naturkomplex bildenden abhängigen Erscheinungen Veränderungen der Dinge darstellen und dass durch dauernde Wirkungen und Gegenwirkungen der Dinge zwischen ihnen ein gewisser Gleichgewichtszustand herbeigeführt werden und der Begriff der kausalen Wechselwirkung auf einen ruhenden Zustand der Dinge übertragen werden kann. Die Brandungswelle z. B. bearbeitet, wie oben erwähnt, den Felsen, reisst Stücke los und bildet so eine Hohlkehle und später eine Strandstufe. „Wenn die Strandstufe so breit geworden ist, dass selbst bei Sturmflut das Wasser von dem Kliff nichts mehr losreißen kann, sich vielmehr infolge von Reibung und Steigung totläuft, so ist der Gleichgewichtszustand erreicht“ (Passarge 1920, S. 386). „Die Faktoren der Bodenbildung führen schliesslich auf gesetzmässige Weise zu einem Endwert des Bodens, der von dem Einfluss des Grundgesteins nur wenig abhängig ist und für eine ganze Klimaprovinz der gleiche bleibt“ (Lüdi 1920, S. 46). In der Pflanzengeographie nimmt man an, dass eine Pflanzengesellschaft bei ihrer Entwicklung zu einem

Endzustand strebt, wo sie bei unveränderlichen Grundelementen stabil bleibt, und bezeichnet ihn als Schlussverein (Furrer 1922, S. 151). Man muss annehmen, dass es auch Schlusstadien der Naturkomplexe gibt, worin bei unveränderlichen Grundelementen die Naturkomplexe sich nicht ändern. Ein solches Schlusstadium, so muss man annehmen, bildet das Hochmoor, das eine konkave Oberfläche hat, mit *Sphagnum fuscum* besiedelt ist, unter Torfschichten Seeablagerungen enthält (Abolin 1914) usw.

Ebenso haben ihr Schlusstadium die meisten Kiefernwälder erreicht, die estländische Kameslandschaften beherbergen (Markus 1930 a, 1930 b). Schlusstadien ihrer Entwicklung werden weiter in Sandwüsten der Trockenzone beobachtet usw.

8. Moore.

In den folgenden Kapiteln wollen wir diejenigen Naturkomplexe kurz besprechen, die einige typische Entwicklungserscheinungen und Untersuchungsmethoden genauer zu charakterisieren ermöglichen.

Bei der Untersuchung der Moore lenkt unsere Aufmerksamkeit auf sich die Möglichkeit die *Grundelemente* der Moore deutlich zu erkennen.

Im Quellmoore von Alvastra z. B. (Post 1916) können wir folgende Grundelemente unterscheiden.

Das ganze Moor hängt von der Quelle ab, die grosse Mengen Grundwasser ins Gebiet des Moores bringt und die Entstehung des Quellmoores hervorruft. Unter dem Einfluss kräftiger Verdampfung wurde aus dem Quellwasser Kalktuff abgelagert. Bei der Vergrösserung der Wassermenge bildete sich Seekalk. In der Bachrinne der Quelle wurde Moosdy abgesetzt.

Der geologische Untergrund des Moores besteht aus Moränenlehm, der einen wasserdichten Boden des Moores bildet. Der geologische Untergrund enthält kohlen-sauren Kalk, der vom Quellwasser ausgelaugt und im Gebiet des Moores abgelagert wird.

Das Relief des Untergrundes erscheint als Halbkuppe, deren Abhänge flach nach N, NW, W und SW fallen. Das Relief bestimmt den Charakter der Bewegung des Wassers, bedingt die Bildung der Bachrinne und das Bedecktwerden des Moorgebietes mit Wasser.

Das zu untersuchende Quellmoor liegt am Rande des Tåkern-Beckens. Dieser See berührte früher das Quellmoor. Bei der Bildung von Kalktuff lag das Niveau des Tåkern-Sees ungefähr 4 m unter der rezenten Hochwasserlinie und das Quellmoor befand sich ausserhalb der Grenzen des Sees. Später erfolgte das Steigen des Seeniveaus, eine beträchtliche Verfeuchtung des Quellgebiets und die Ablagerung des Seekalkes. Dann begann ein neues Fallen des Seeniveaus und der See wich weit vom Moore zurück.

Einen besonders starken Einfluss auf das Quellmoor übt das Klima aus. Bei der Entstehung des Quellmoores herrschte eine trockene (boreale) Zeit, das Niveau des Tåkern-Sees lag tief, die Quelle wurde vom See nicht beeinflusst und aus dem Quellwasser wurde Kalktuff abgelagert. Dann begann eine feuchte (atlantische) Zeit, das Seeniveau von Tåkern stieg, das Quellmoor entwickelte sich unter dem Einfluss des Sees, im Moore bildete sich Seekalk und die aus reichlichem Quellwasser abgelagerte Moosdy bedeckte weite Gebiete. In trockener subborealer Zeit fällt das Niveau des Tåkern-Sees, die Wasserzufuhr beschränkt sich auf kleine Flecken und im Moore bildet sich Cladium-Phragmitestorf. In subatlantischer Zeit bekleidet sich die ganze Moorfläche mit Magnocariceta und um die Austrittstellen der subborealen Quellen bildet sich Wiesenkalk. So hat das Klima die Vegetation und den Boden des Quellmoores und sogar seine Grundelemente (Schwankungen des Seeniveaus und der Wassermenge der Quelle) beeinflusst.

Der Mensch gründete im Quellmoor von Alvastra in atlantischer Zeit ein Steinzeitdorf mit Feuerherden, erbaute in subatlantischer Zeit zwei eiszeitliche Wege und in rezenter Zeit entwässerte er das Quellmoor.

So haben den Charakter des Quellmoores von Alvastra sein topographisches (Halbkuppe), sein lithologisches (wasserdichter Moränenlehm, kohlenaurer Kalk), sein hydrologisches (Quelle, See), sein klimatisches (Schwankungen des Klimas) und sein anthropologisches Element (Entwässerung) bestimmt.

Von grossem Interesse sind die *Entwicklungszyklen* des Quellmoores.

Die Veränderungen der Existenzbedingungen des Quellmoores wurden fast immer durch Veränderungen des Klimas hervorge-

rufen; zu allen Zeiten existierten im Gebiet des Quellmoores ein Moränenhügel, eine Halbkuppe und eine Quelle. Schwankungen hydrologischer Bedingungen wurden durch den Wechsel trockener und feuchter Klimata verursacht. Infolgedessen werden wir in der Entwicklungsgeschichte des Moores von Alvastra hauptsächlich klimatische Entwicklungszyklen unterscheiden. In atlantischer Zeit z. B. durchlebte das Quellmoor eine Reihe von Stadien, die einen einer feuchten Zeit entsprechenden Entwicklungszyklus bilden. Dieser Zyklus charakterisiert sich durch Ablagerung des Seekalkes, durch eine starke Verfeuchtung des Quellgebiets, durch ein hohes Niveau des Tåkern-Sees und durch reichliches Quellwasser. Neben dem Klima hat auch der Mensch die Existenzbedingungen des Quellmoores stark beeinflusst: er hat das Moor entwässert; infolgedessen durchlebt das Quellmoor in rezenter Zeit Stadien eines anthropogenen Entwicklungszyklus.

Neben den Faktoren, die das ganze Quellmoor beeinflusst haben, gibt es auch solche Faktoren, die nur bestimmte Glieder des Moores beeinflusst und lokale Veränderungen dieser Glieder hervorgerufen haben. Der Mensch z. B. gründete, wie oben erwähnt, im zentralen Teil des Quellmoores ein Steinzeitdorf und baute durch das Moor zwei eiszeitliche Wege. Die Moosdy wurde nur in der Bachrinne abgelagert. Ebenso breitet sich der Wiesenkalk um die subborealen „Quellenfenster“ aus.

Aus der Moorkunde interessieren uns ferner verschiedene Glieder des Moores (Torf, Kalke, Bäche, Schlenken u. a.), deren Entstehungsweise genau untersucht ist, sowie die Bildung grosser Moorkomplexe durch Sukzession (Oswald 1923, S. 276 u. a.) usw. Mit besonderem Erfolge wird in der Moorkunde die pollenanalytische Methode angewandt, die die Profile verschiedener Moore konnektieren, die Verbreitung der Moore in früheren Zeiten kartieren und sogar die Zusammensetzung der Wälder in der Vergangenheit feststellen lässt (Anufrijev 1931, Firbas 1927, Keller 1929, Budde 1929, Travis 1929). Nach dem Vorbild dieser Methode versucht man andere Methoden aufzustellen, die die Konnexion von Profilen solcher Naturkomplexe ermöglichen, die die Klimaschwankungen derselben Zeiten durchgemacht haben.

9. Seen.

Die Grenze eines Sees erscheint als eine *wirkliche Linie*. Es können deshalb bei der Untersuchung von Seegrenzen dreierlei Erscheinungen in Betracht gezogen werden. Dabei sind für uns von besonderem Interesse diejenigen fremden Glieder, die auf der Grenzlinie des Sees entstehen und als Zeugen der Transgression und der Regression verwendet werden können.

Die ehemalige Strandlinie des Peipus beginnt zwischen Kallaste und Torila, wo sie in einer Entfernung von $1\frac{1}{2}$ km von der heutigen Strandlinie liegt. Nach Süden entfernt sich die ehemalige Strandlinie vom See, geht durch Aapsipää, Alatskivi, Naelavere, Metsakivi, Koosa, Tähemaa und befindet sich bei Kastre in einer Entfernung von 10—11 km westlich vom Peipus. Südlich von Aapsipää liegt eine 20 m hohe, ziemlich steile Strandterrasse. Zwischen Koosa und Tähemaa liegt ein deutlicher Strandwall, der 200 m breit und bis 120 cm hoch ist, aus geschichtetem Sand und Kies besteht und Moränenlehm bedeckt. An den östlichen Rand des Strandwalles grenzen Felder erratischer Blöcke, die vom Seeeis hierher gebracht worden sind. In Kastre und in Alatskivi münden Urstromtäler. Die Mündung des Urstromtales von Alatskivi ist von breiten Deltabildungen umgeben. Alle beschriebenen fremden Glieder der heutigen Landschaft sind auf der früheren Grenzlinie des Sees entstanden, liegen heute entfernt vom Peipus und zeugen davon, dass das Niveau des Sees früher bis 20 m höher lag als heute und dass die Strandlinie des Peipus stark nach Osten zurückgewichen ist.

In Vanajavesi (Auer 1924, Prof I—XXIII) liegen Strandterrassen u. a. unter dem Wasser, in einer Tiefe von 2 m, 4 m, 5 m und zeugen von der Transgression des Sees.

Ausser Strandbildungen werden bei der Untersuchung von Seegrenzen in weitem Umfang kontinentale und limnische Bildungen benutzt. Torfschichten, Reste von Dörfern und Städten, Stubbenschichten (Auer 1924, S. 67), ertrunkene Täler der Flüsse (Deecke 1929, S. 36, Stromer 1920, S. 292) u. a., die mit Seewasser bedeckt sind, stellen Merkmale des Vorrückens des Sees dar. Das Bedecktwerden der Seesedimente mit Torf, das Vorkommen von

limnischen Ablagerungen ausserhalb eines Sees zeugen von dem Zurückweichen dieses Sees.

Die genau untersuchten Strandbildungen liefern Beispiele dafür, wie die im Grenzgebiet zweier Naturkomplexe entstandenen Gegenstände bei der Untersuchung der Verschiebung mit Erfolg verwendet werden können. Nach diesem Vorbild benutzen wir Podsolmoore bei der Untersuchung der Grenzverschiebung zwischen Wald und Tundra usw.

Die Strandlinie charakterisiert sich durch ihre *Horizontalität*. Infolgedessen genügt es, nur wenige Punkte einer ehemaligen Grenzlinie des Sees aufzusuchen und dann die ganze Strandlinie nach den Isohypsen auf der Karte zu verzeichnen. In den Gebieten, wo die Erdoberfläche unregelmässig steigt, verbiegen sich die ehemaligen Strandlinien, welche Erscheinung der Aufstellung einer speziellen Methode — der Verwertung von Diagrammen deformierter Strandflächen — zugrunde gelegt worden ist (Sandegren 1916, Karte der Niveauveränderungen des Hornborgasees; Ramsay 1931, S. 13, Diagramme der deformierten Strandlinien in Estland).

Bei der Klassifikation der Seen betont man ihren *Entwicklungsgang* (Thienemann 1926, Lundquist 1927). Ausgehend von dem produktionsbiologischen oder bodenfaunistischen Gesichtspunkt, unterscheidet man einen oligotrophen und einen eutrophen Seetypus. Der erstere charakterisiert sich durch die Geringproduktion an Phytoplankton und geht bei Verlandung in den eutrophen Typus über. Die eutrophen Seen sind im Gegenteil reich an Phytoplankton und werden bei Verlandung von Weiher, Sumpf oder Wiesenmoor verdrängt. Bei der Untersuchung der Entwicklung von Seen wird auch die Bedeutung ihrer *Grundelemente* in Betracht gezogen. So behandelt Naumann (Naumann 1929, S. 1923) einen alkalitrophen Seetypus, der in Kalkgebirgen vorkommt, sich durch Geringproduktion an Phytoplankton charakterisiert, klares Wasser enthält und dessen höhere Vegetation reichlich entwickelt ist, während seine Bodenablagerungen kalkreich sind. Der oligotrophe Typus Naumanns dagegen kommt in kalkarmen Urgebirgen vor, ist arm sowohl an Phytoplankton als auch an höherer Vegetation und enthält am Boden Detritusgyttja. Auch bei den anderen Seetypen wird von Naumann die Wichtigkeit des Charakters des geologischen Untergrundes betont. In dem Gedanken Decksbach's (Decksbach 1929,

S. 80): „Das Tempo der Reifung oligo- und eutropher Seen hängt auch von der nächsten Umgebung ab“ wird sogar die Wichtigkeit der klimatischen Einflüsse in dem Entwicklungsgänge der Seen unterstrichen. Die Bedeutung des Klimas in der Entwicklung der Seen tritt deutlich hervor beim Vergleich von Seen verschiedener Klimagebiete (Salzseen in Wüsten, Alpenseen u. a.).

Neben der Genese der Seen, die ohne Veränderung ihrer Grundbedingungen vor sich geht (Decksbach 1929, S. 77), werden in der Limnologie auch solche Entwicklungsgänge behandelt, die von der Veränderung der Grundelemente begleitet werden. Viele Arbeiten werden dem *topogenen Entwicklungsgang* fennoskandischer Seen gewidmet (Ailio 1915, Hellaakoski 1922, Tolvanen 1922). Zuerst stellt man die ehemaligen Strandlinien eines Sees fest. Dabei benutzt man Strandterrassen, Palle-Höhen, den unter dem Wasser liegenden Torf, die alle die Lage von Strandlinien konstatieren lassen. Die pollenanalytische u. a. Methoden ermöglichen synchrone Strandlinien aufzustellen. Diese Strandlinien werden kartiert. Dann bestimmt man die absolute Höhe verschiedener Teile der Strandlinien und kontrolliert die Resultate der Nivellierung mit Hilfe von Diagrammen deformierter Strandflächen. Dabei stellt sich oft heraus, dass eine Seite der Strandlinie mehr gehoben ist, als die andere (Flückiger 1930), wobei der See auf der ersteren Seite zurückgewichen ist, während er auf der anderen Seite Moore u. a. überflutet hat.

Von Interesse ist die Bestimmungsweise topogener *Entwicklungsphasen*. Man betrachtet eine bestimmte Strandlinie, wie sie z. B. damals aussah, als das Ausströmen der Puula-Seengruppe durch das Bett II stattfand (Hellaakoski 1929). Zu jener Zeit durchlebte die genannte Seengruppe eine lange Entwicklungsreihe, die Hellaakoski als Vannipuula-Phase bezeichnet. Die dieser Entwicklungsphase vorangehenden und ihr nachfolgenden Phasen werden durch ganz andere Ausflussbetten charakterisiert. Die Vannipuula-Phase gehört der Zeit von 4800—3100 v. Chr. an. Kurz gesagt: die Entwicklungsphasen der Seen werden unabhängig von den Entwicklungszyklen anderer Naturkomplexe aufgestellt und erst nach ihrer Aufstellung mit den letzteren konnektiert.

Neben dem Steigen der Erdoberfläche wurde die Entwicklung der fennoskandischen Seen auch durch das Klima beeinflusst. Viele Seen zeigen ausser dem Steigen ihrer ehemaligen Strand-

linien auch bedeutende Schwankungen des Seeniveaus, die durch den Wechsel trockener und feuchter Zeiten hervorgerufen wurden (Sandegren 1916, Taf. 2).

10. Steppen.

In einem Steppenprofil können wir den *Bau einer grossen Landschaft* kennen lernen. Unter der Schwarzerde werden oft Löss und begrabene Böden gefunden, die gewöhnlich abwechselnd erscheinen. In den unvergletscherten Gebieten von Kiew und Poltawa besteht ein typisches Profil der Steppe aus Schwarzerde, vier Horizonten begrabener Böden und vier Lössetagen, die zwischen den Böden liegen (Abb. VI) (Florov 1927). Dem untersten begrabenen Boden ist Tertiärlehm unterlagert. In den vergletscherten Gebieten befindet sich in einer Tiefe von 10 m, zwischen Lössen und begrabenen Böden, Moränenlehm. Dabei ist es interessant, dass in den Steppenprofilen Löss und Böden abwechselnd vorkommen, zusammen eine beträchtliche Mächtigkeit — bis 20 m — erreichen und dass das Leben der ukrainischen Steppen schon nach der Tertiärzeit begonnen hat. Alle Glieder der Profile wurden in chronologischer Reihenfolge abgelagert. In der Eiszeit drang in die Steppen das Inlandeis ein, wobei Löss wie vor so auch nach dem Vordringen des Eises gebildet wurden. Wenn man die Steppen mit den 2—4 m tiefen Seen, die in den Steppen vorkommen, vergleicht, so sieht man, dass grössere landschaftliche Komplexe nicht nur ihrem Durchmesser nach, sondern auch in vertikaler Richtung kleinere landschaftliche Komplexe überragen.

Bei der Untersuchung der Steppenprofile verwendet man das Prinzip der *Gliederveränderung*. Ein vorzügliches Material in dieser Beziehung stellen begrabene Böden dar. Jeder Bodentypus entspricht einem Komplex klimatischer Bedingungen, die durch die Untersuchung gegenwärtiger Böden festgestellt werden. Oft weisen die begrabenen Böden Merkmale ihrer Veränderung auf, die die Faktoren dieser Veränderung erkennen lassen.

In Mironowka (Gouv. Kiew) und vielen anderen Teilen des vergletscherten Gebietes liegt auf der Moräne eine Lössschicht mit einem Boden auf ihrer Oberfläche. Dieser begrabene Boden

ist stark degradiert oder enthält sogar typische Merkmale hellgrauer podsolierter Lehme. Das zeigt, dass die Steppen nach dem Rückzug des Inlandeises von Waldsteppen eingenommen waren. Ebenso bedeckt grauer podsolierter Lehm auch den Tertiärlehm von Mironowka. Andere begrabene Böden sind tschernosjomartig.

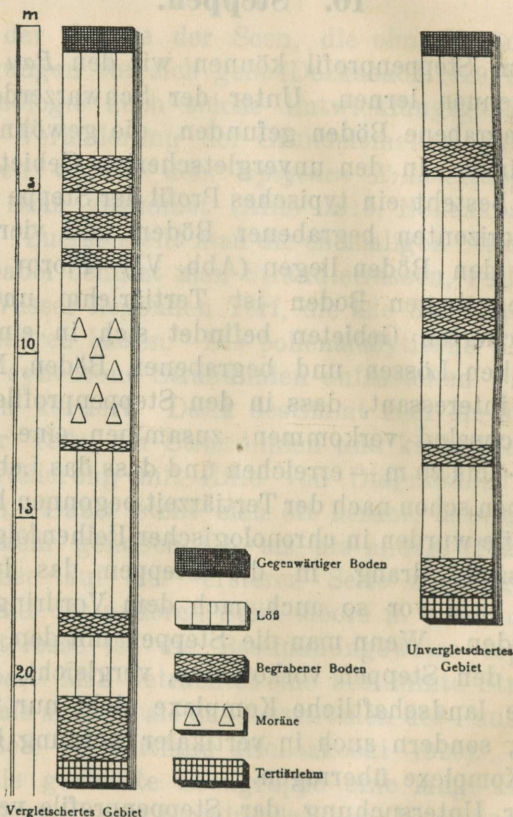


Abb. VI. Lössprofile (nach Florov 1927).

Verschiedene Entwicklungszyklen der Steppen wurden durch Veränderungen des Klimas hervorgerufen. Nach der Bildung der ältesten Schichten des Steppenprofils und dem Rückzug des Inlandeises herrschte im Gebiet der gegenwärtigen ukrainischen Steppen ein ziemlich feuchtes Klima und die Erdoberfläche war mit Waldsteppen bedeckt. Die Waldsteppen wechselten mit Steppen ab, die in trockenen Zeiten existierten und auch heute

das zu untersuchende Gebiet einnehmen. In noch trockeneren Zeiten entstand kein Humus und lagerte sich Löss ab.

Die infolge der Klimaschwankungen gebildeten Glieder der Steppenprofile werden mit Ablagerungen entsprechender Zeiten in anderen Ländern verglichen. Florov (Florov 1927) untersucht den Wechsel von Lössen, tschernosjomartigen und ausgelaugten Böden und Moräne und versucht ihn mit den Gletscherbildungen der Alpen zu konnektieren. Funde von Artefakten und Leitfossilien erlauben die Entstehungszeit entsprechender Glieder der Steppenprofile zu bestimmen. Unsere Aufmerksamkeit lenkt auch der Prozentsatz von CO_2 auf sich, der beim Übergang von einer Schicht zu einer anderen sich regelmässig verändert.

11. Höhlen.

Unterirdische Hohlräume betrachtet man gewöhnlich nicht als Landschaften und zieht sie nur insoweit in Betracht, als ihre Wirkungen sich auf der Erdoberfläche äussern (Schultze 1931, S. 262). Doch können die Höhlen als *Naturkomplexe* behandelt werden. So bedingt die Lage der Höhlen tief in der Erde eine gleichmässige Temperatur ihrer Luft. Hier herrschen spezielle Lichtbedingungen. Die Vegetation der Höhlen ist bestrebt sich diesem besonderen Klima anzupassen (Morton-Gams 1921). Infolge des Lichtmangels degenerieren die Sehorgane der Tiere. Spezielle hydrologische Bedingungen und Temperaturverhältnisse rufen die Bildung von Höhleneis hervor. Kurz gesagt: in jeder Höhle sehen wir eine Gruppe von Dingen und Erscheinungen, die kausal miteinander verbunden sind und so einen typischen Naturkomplex (Markus 1925 c u. 1930 d) darstellen.

Die Speläologie untersucht mit grosser Aufmerksamkeit die *Form* der Naturkomplexe (Kyrle 1923). Viele Arbeiten werden der Untersuchung von Höhlenräumen, d. h. von denjenigen Hohlformen gewidmet, die mit gasförmigem Höhleninhalt erfüllt sind. Die Speläologie behandelt Veränderungen der Hohlräume, d. h. die Raumentstehung (Zerklüftungshöhle), die Raumerweiterung (Evakuationserweiterung durch Erosion) und den Raumverfall (Einstürze). Es werden dabei die Höhlenräume genau

aufgenommen und die Entstehung und Veränderungen ihrer einzelnen Teile — Hallen, Labyrinth, Dome, Gärten, Gefängnisse u. a. — festgestellt (Abb. VII).

Die Höhlenkunde lässt die Wichtigkeit der *Entwicklungsgeschichte* der Höhlen stark hervortreten: es gibt, wie oben erwähnt, sogar einen Teil der Speläologie, der sich speziell mit der Entwicklung von Höhlen beschäftigt (Speläogenie). Der Klassifikation von Höhlen legt man ihre Entstehungsweise zugrunde: Klufthöhlen sind aus Bruchfugen entstanden; Ufer-

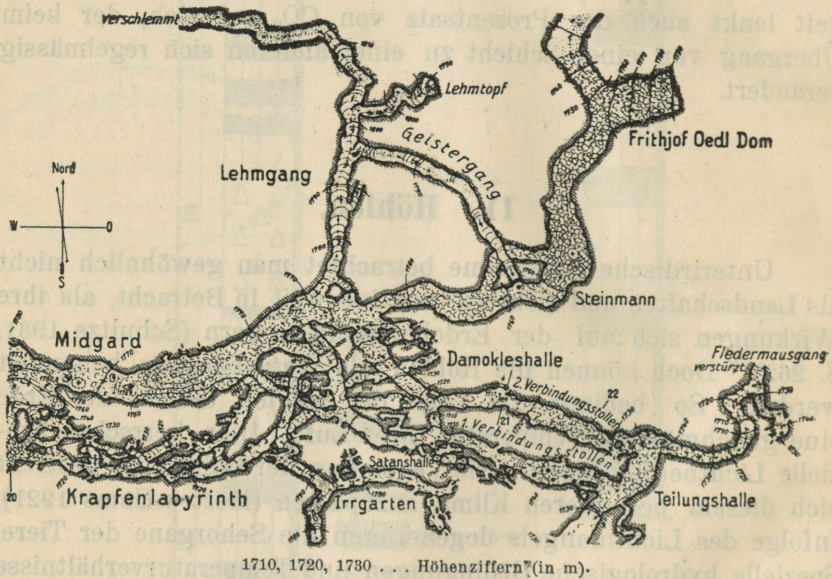


Abb. VII. Grundriss einer Höhle (Eisriesenwelt im Tennengebirge)

(nach Czoering-Czernhausen 1926).

höhlen bilden sich infolge der Erosion; durch Korrosion entstehen Karsthöhlen usw.

Ebenso richtet die Speläologie ihre Aufmerksamkeit auf die Entstehung und Entwicklung derjenigen *Glieder* einer Höhle, die den Höhleninhalt bilden: interessant ist das Höhleneis, das als Sohleneis erscheint, oder Eissäulen, Eistore, Eistische und andere wunderliche Formen bildet; menschliche Ablagerungen enthalten Artefakte, die die Entstehungszeiten verschiedener Glieder von Höhlen zu konnectieren ermöglichen.

12. Städte.

Die Städtekunde verwendet mit Erfolg neben anderen, die *historischen Untersuchungsmethoden*. Die Städte sind grösstenteils in jüngster Zeit entstanden, wo die Menschheit schon eine ziemlich hohe Kulturstufe erreicht hatte. Vom Menschen zusammengestellte Pläne zeigen den Verlauf früherer Grenzen der Städte (Plan von Tartu aus dem Jahre 1636) (Tartu 1927). Bildliche Darstellungen sprechen vom Bau von Städten in der Vergangenheit (Tartu im Jahre 1553) (Tartu 1927, S. 2, Vue générale de Tartu en 1553). Verschiedene geschichtliche Urkunden lassen die Daten der Entwicklungsstadien von Städten feststellen (grosser Brand in Tartu im Jahre 1775 und eine dem Brande folgende Neugründung der Stadt) (Freymuth 1927). Die Geschichtsforschung untersucht die Zuverlässigkeit der Urkunden, weshalb die historischen Methoden für die Chorogenie von grosser Wichtigkeit sind.

Bei der Untersuchung von Städten lernen wir die *Grundelemente einer Kulturlandschaft* kennen und stellen diesen Grundelementen entsprechende *Entwicklungszyklen* der Städte auf.

In Mailand (Milano) bilden ein wichtiges Element der Stadt die Verkehrsbedingungen der dortigen Landschaft. Mailand „verdankt seine gewaltige Entwicklung seiner Lage am Verknötungspunkt der grossen westöstlich verlaufenden Verkehrsader der nördlichen Poebene mit einer grossen Anzahl im wesentlichen nordsüdlich gerichteter, meist von jenseits der Alpen kommender Strassen“ (Frenzel, S. 355). Schon zu römischer Zeit lag die westliche Lombardei in einem Brennpunkte des Alpenverkehrs zwischen Germanien und Italien. „Mailand macht die westliche Lombardei zum Eingangsgebiet für den Waren- und Menschenzustrom von den nördlich der Alpen gelegenen Ländern her“ (Frenzel, S. 357). Infolge seiner günstigen Weltverkehrslage ist Mailand zu einer Weltstadt geworden.

Einen vom Verkehr bedingten Entwicklungszyklus hat Tartu in der Hanszeit durchgemacht (Freymuth 1927, S. 16—30). Durch Tartu ging der Transithandel von Lübeck und Wisby nach Pleskau und Nowgorod, wobei Tartu mit Gewandtheit seine Zwischenlage zwischen Nowgorod und den anderen Hansastädten

ausnutzte. Tartu wurde sehr reich. In dieser Zeit wurde die grosse Domkirche erbaut; die Einwohnerzahl der Stadt erreichte 6000 usw. Nach der Eroberung von Nowgorod durch Iwan III. hörte der Transithandel von Tartu auf und die Stadt wurde arm.

Geopolitische Bedingungen haben die Rolle eines Grundelements im Entwicklungsgange von Innsbruck (Bobek 1928) gespielt. Maximilian I. errichtete hier eine prächtige Residenz; in Innsbruck wurden glänzende Feste gefeiert; in der Stadt versammelte sich der Generallandtag der Erbländer; hier lebte der Adel; in Innsbruck entwickelte sich das Kunstgewerbe usw. Ihrer politisch-geographischen Lage verdanken ihre Blüte viele Hauptstädte europäischer Staaten usw.

Ein industrieller Entwicklungszyklus geht in Essen vor sich (Ziegler 1929). Die Umgebung von Essen ist reich an Kohle. Die Erfindung der Dampfmaschine und andere Fortschritte der Technik riefen einen ungeahnten Aufschwung der Industrie hervor. Die Bevölkerungszahl begann rasch zu wachsen, und Essen wurde im Laufe eines Jahrhunderts aus einer kleinen mittelalterlichen Gewerbestadt zu einer Halbmillionenstadt. Hier findet eine Massenverhüttung der Erze statt; hier befinden sich die grossen Kruppischen Werke usw.

Die Industrie hat den ganzen Bau der Stadt beeinflusst. Die überwiegend südwestlichen Winde treiben den Qualm der Fabriken von Südwesten nach Nordosten. Es wurde deshalb im südwestlichen Teil von Essen eine Wohnstadt errichtet, die aus Wohnhäusern und Gärten besteht und der die Winde nur selten den Qualm der Fabriken zuführen. Die Industriestadt bildet dagegen den nordöstlichen Teil von Essen. Im zentralen Teil von Essen liegt die Geschäftsstadt.

Weiter lenkt die Entstehungsweise der Glieder von Kulturlandschaften unsere Aufmerksamkeit auf sich. Behandeln wir hier kurz die *Citybildung* der Städte.

Die Glieder grosser Städte beginnen entsprechend ihren Funktionen sich allmählich zu spezialisieren. In den peripherischen Teilen einer Stadt mit gesunder Luft entstehen Wohnstädte. Die industriellen Stadtteile werden an solche Orte verlegt, von wo ihr Qualm die Wohnstadt nicht erreichen kann. Im zentralen Teil der Stadt entsteht eine City. Die zu der letzteren nicht gehörenden Elemente beginnen zu degenerieren: die Wohnungen werden in Geschäftshäuser umgewandelt;

die Bewohner verlassen die Geschäftsstadt; die Zahl der Gärten nimmt ab. Die Merkmale der City prägen sich allmählich zu einer bestimmten Form aus: in die City konzentriert sich das Geschäftsleben. Es werden hier gewaltige Geschäftshäuser gebaut. In der City finden wir hauptsächlich Kontore und Geschäfte. In Grossstädten gibt es Geschäftsstädte, die ihr Reifestadium erreicht haben: der letzte Bewohner verliess die City von Essen im Sommer 1928 (Ziegler 1929).

Es gibt viele Städte, wo wir verschiedene Stadien der entstehenden City untersuchen können. Eine verhältnismässig unbedeutende City ist für Kiel charakteristisch (Hädicke 1931). In einigen kleinen Städten befindet sich die City noch in statu nascendi.

13. Verschiebung geographischer Grenzen.

Kleine Landschaften.

Charakterisieren wir die Grenzverschiebung kleiner Landschaften durch folgendes Bild.

In der südöstlichen Ecke des Moorisoo (Markus 1929) befindet sich eine muldenförmige Vertiefung, die 30—40 m breit ist und eine beinahe horizontale Achse hat. Die Mitte der Einsenkung ist von Kiefern, Fichten und Birken eingenommen. Die Kiefer *Pinus silvestris* ist 15—20 m hoch und hat 15—20 cm im Durchmesser. Ihre Krone nimmt das oberste Sechstel des Baumes ein und enthält viele vertrocknete Zweige. Die 10—16 m hohe Birke *Betula pubescens* hat einen Durchmesser von 7—15 cm und besitzt vertrocknete Äste, die mit herabhängenden Flechten bedeckt sind. Die Fichte *Picea excelsa* erreicht in der Mitte der Vertiefung nur 2—8 m Höhe. Sie ist stark von hängenden Flechten bedeckt. Sogar die Fichten von 1 m Höhe haben keine gesunden Zweige.

Der krankhafte Zustand des Waldes lenkt unsere Aufmerksamkeit auf sich. Wir sehen in der Vertiefung eine Fichte, die 18 m hoch ist und deren Durchmesser 25 cm beträgt, die dabei aber endgültig vertrocknet ist: ihre Krone beginnt in einer Höhe von 3 m und weist keinen lebenden Zweig auf; allen Zweigen fehlen die grünen Nadeln und sie alle sind mit hängenden Flechten bedeckt. Das ist ein Leichnam eines Baumes im buch-

stäblichen Sinne dieses Wortes. In seiner Nähe befindet sich eine tote Birke, die 24 cm im Durchmesser hat und deren Wipfel abgebrochen ist. Derartiger toter Bäume gibt es hier noch viele. Unter ihnen finden sich viele Kiefern, die bis 15 m hoch sind. Es scheint, als wäre eine Epidemie durch den Wald gegangen.

Die Moosdecke dagegen ist üppig und lückenlos und erreicht 15—20 cm Höhe. Sie besteht aus *Sphagnum recurvum* 5¹⁾ und *Sph. medium* 2.

In der Feldschicht gibt es nur wenige Pflanzen: *Carex filiformis* 3, *Calamagrostis lanceolata* 1, *Melampyrum pratense* 1, *Oxycoccus palustris* 1.

Der Boden besteht aus den folgenden Horizonten: 1) Sphagnumtorf 30 cm²⁾; 2) Humushorizont 1—2 cm; 3) grauweißer Sand 15 cm; 4) dunkler Sand 10 cm; 5) schwarzbrauner Sand, der Ortsteinkörnchen enthält (Durchmesser 1—2 cm) und in einer Tiefe von 70 cm in lückenlosen und festen Ortstein übergeht (Mächtigkeit des Horizonts 25 cm); 6) gelbbrauner Sand 10 cm; 7) Gleyhorizont (Tiefe 90—100 cm).

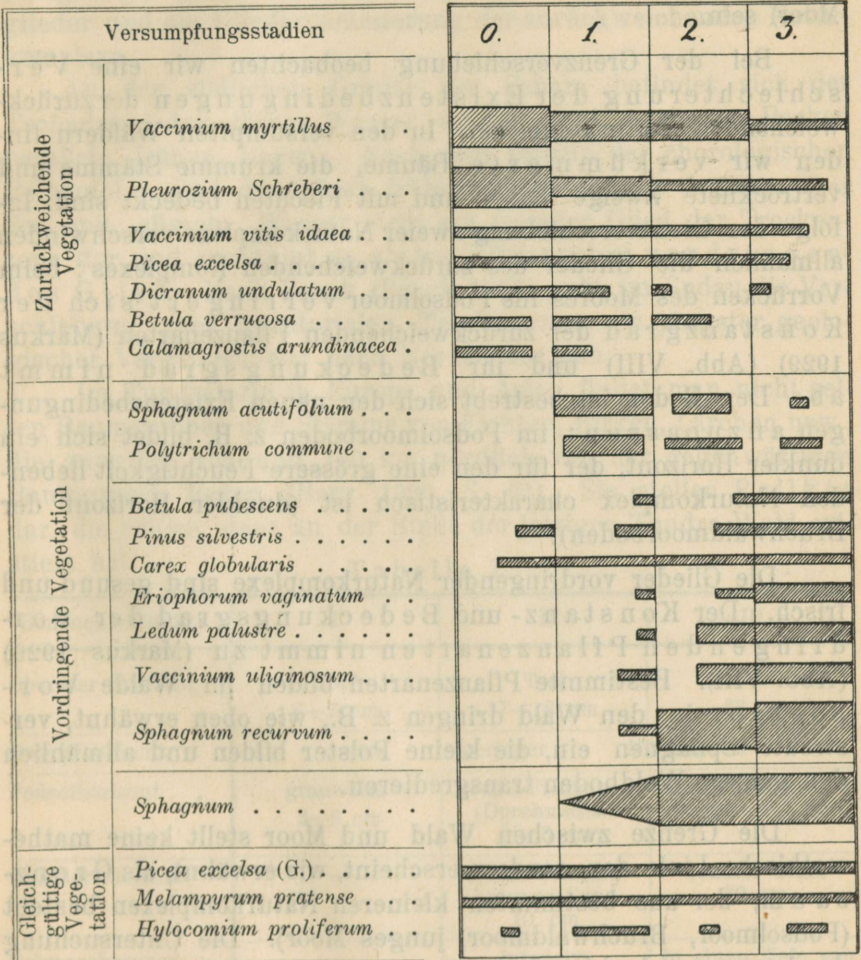
So haben wir in der südöstlichen Ecke von Mooriso ein Podsolmoor, dessen Boden mit Sphagnumtorf bedeckt ist und der zwischen dem schwarzbraunen und dem grauweißen Horizont eine dunkle Schicht enthält. Das zeigt, dass das Moor hier in den Wald vordringt, infolgedessen sterben die Bäume aus und der Waldboden bedeckt sich mit einer üppigen Sphagnumdecke.

Bei der Feststellung der Grenzverschiebung zwischen Wald und Moor werden diejenigen ihrer Glieder in Betracht gezogen, die sich in chronologischer Reihenfolge ablagern. Besonders wichtig sind für uns die Bodenhorizonte, die sich bei der Grenzverschiebung auf oberste Glieder der zurückweichenden Komplexe ansetzen. So bedeckt sich der Bruchwaldmoorboden in Mooriso (Markus 1929, S. 92, Abb. I) bei der Transgression des Moores mit Sphagnumtorf. Beim Vordringen des Waldes ins Moor in Kodasmaa (Markus 1929, S. 110) wird auf der Sphagnumtorfschicht mächtiger Rohhumus abgelagert. Ebenso wird bei der Untersuchung der Grenzverschiebung zwischen Wald und

1) 5 = Bedeckungsgrad.

2) 30 cm = Mächtigkeit des Torfes.

Moor das Prinzip der Gliederveränderung angewandt, wie dies bei der Behandlung des südöstlichen Teiles von Moori-soo geschah.



0 — ruhendes Podsolmoor, 1 — erstes Versumpfungsstadium usw. G.-Gebüschschicht. Die Breite der einzelnen Figuren ist proportional dem Bedeckungsgrad, die Länge derselben — dem Konstanzgrad der Pflanzenarten.

Abb. VIII. Versumpfung eines Podsolmoores (nach Markus 1929).

Die Grenzverschiebung zwischen Wald und Moor geht in Alatskivi in einer topographischen Reihe vor sich, d. h.

das junge Moor dringt ins Bruchwaldmoor ein, das Podsolmoor rückt in einen flachen Wald vor usw. Infolgedessen kann die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores positiv (Transgression des Moores) oder negativ (Vorrücken des Waldes ins Moor) sein.

Bei der Grenzverschiebung beobachten wir eine Verschlechterung der Existenzbedingungen der zurückweichenden Naturkomplexe. In den versumpften Wäldern finden wir verkümmerte Bäume, die krumme Stämme und vertrocknete Zweige haben und mit Flechten bedeckt sind. Infolge der Grenzverschiebung zweier Naturkomplexe verschwinden allmählich die Glieder des zurückweichenden Komplexes: beim Vorrücken des Moores ins Podsolmoor verringert sich der Konstanzgrad der zurückweichenden Pflanzenarten (Markus 1929) (Abb. VIII) und ihr Bedeckungsgrad nimmt ab. Der Boden ist bestrebt sich den neuen Existenzbedingungen anzupassen: im Podsolmoorboden z. B. bildet sich ein dunkler Horizont, der für den eine grössere Feuchtigkeit liebenden Naturkomplex charakteristisch ist (dunkler Horizont der Bruchwaldmoorböden).

Die Glieder vordringender Naturkomplexe sind gesund und frisch. Der Konstanz- und Bedeckungsgrad der vordringenden Pflanzenarten nimmt zu (Markus 1929) (Abb. VIII). Bestimmte Pflanzenarten bilden im Walde Vorposten: in den Wald dringen z. B., wie oben erwähnt, verstreute Sphagnen ein, die kleine Polster bilden und allmählich den ganzen Waldboden transgredieren.

Die Grenze zwischen Wald und Moor stellt keine mathematische Linie dar, sondern erscheint, wie erwähnt, als *Grenzsäum*, der aus bestimmten kleineren Naturkomplexen besteht (Podsolmoor, Bruchwaldmoor, junges Moor). Die Untersuchung der letzteren erlaubt uns die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores genau kennen zu lernen (Entstehung der Vegetation versumpfter Podsolmoore, Entwicklung von Böden drainierter Bruchwaldmoore, Veränderung hydrologischer Bedingungen junger Moore u. drgl.) und die Resultate dieser Untersuchung bei der Erforschung der Grenzen grösserer landschaftlicher Einheiten anzuwenden.

Grosse Landschaften.

Bei der Untersuchung der Grenzverschiebung von Landschaftsgürteln richten wir unsere Aufmerksamkeit auf die vorliegenden Glieder der vordringenden Naturkomplexe, die Reliktglieder und die Gliederveränderung der zurückweichenden Naturkomplexe.

An der südlichen Grenze der Sahara befindet sich der Tschadsee, der süßes Wasser enthält und in dessen Becken parallele Dünen liegen. Nach dem Prinzip der chorologischen Reihenfolge sind die Dünen früher entstanden als der See. Der See mit süßem Wasser stellt ein fremdes Glied der Trockenzone dar und erscheint so als ins Wüstengebiet vordringendes Glied. Nach Penck (Penck 1913) geht im Sudan die Verschiebung „der äquatorialen Trockengrenze in jüngster geologischer Vergangenheit“ nach Norden vor sich.

Im Tundratorfe in Europa und Asien findet man nicht selten Baumstubben und Stämme von Fichten, Birken, Lärchen usw., die zuweilen 100 und 150 km nördlich von der gegenwärtigen Baumgrenze liegen (Berg 1930, S. 62). Sie stellen Relikte dar, die zeigen, dass an der Stelle der jetzigen Tundra Wald existiert hat.

Tabelle I.

Bodenquerschnitte	I	II	III
Oberster Horizont	Torf 6—7 cm	Torf 17—18 cm	Torf 62 cm
Humushorizont	von	geringer	Mächtigkeit
Podsolhorizont	grauweiss 3—8 cm	Podsol-Fleckchen (Durchmesser bis 3 cm)	dunkel-grauweisse Streifen (1/2 cm)
Dunkler Horizont	—	dunkel-schwarz- brauner Sand 10 cm	dunkler Sand 30 cm
Schwarzbrauner Horizont . . .	15 cm	intensiv- schwarzbraun (12 cm); enthält Ortsteinstückchen (Durchmesser 1—7 cm)	In einer Tiefe von 85 bis 115 cm finden sich kleine rostbraune Fleck- chen und verstreute Ortsteinstückchen, deren Zahl im oberen Teile des Horizonts B ziem- lich gross ist
Rostbrauner Horizont . . .	13 cm	25 cm	
Untergrund . .		bläulicher	Sand

Im Grenzgebiet der Tundra und des Waldes auf der Halbinsel Kola werden oft Reihen von Bodenquerschnitten konstatiert, die den umstehenden, aus der Umgebung von Pulajärv entnommenen ähnlich sind (Markus 1922, S. 43 u. a.) (Tab. I).

Der dritte Querschnitt befindet sich in der Mitte einer flachen muldenförmigen Vertiefung, der zweite liegt auf dem Abhänge derselben, der erste nimmt die höchste Stelle ein.

Im ersten Bodenquerschnitt sehen wir einen typischen Podsolmoorboden; im zweiten Querschnitt erscheint zwischen dem grauweißen und dem schwarzbraunen Horizont eine dunkle Schicht; im dritten Querschnitt ist die dunkle Schicht ausgeprägt und der Boden weist nur Spuren des Podsol- und des schwarzbraunen Horizonts auf.

So haben wir es hier mit einer Gliederveränderung des Podsolmoores zu tun: das Vorhandensein einer dunklen Schicht zwischen dem grauweißen und dem schwarzbraunen Horizont der Kolaer Podsolmoorböden zeigt, dass im Grenzgebiete der Tundra und des Waldes eine Vergrößerung der Torffläche und eine Abnahme des Waldareals vor sich geht.

Im Grenzgebiet der Schwarzerde und der Podsolzone werden degradierte Schwarzerden beobachtet (Enculescu 1924, Karte V), die verschiedene Degradierungsstadien der Schwarzerde darstellen. Bei ihrer allmählichen Podsolierung enthält die Schwarzerde in ihrem tieferen Teile lange eine dunkle Schicht (Dranicyn 1914). Dabei stellen die degradierten Schwarzerden und die grauen Walderden, die in einer Tiefe von 50—100 cm eine dunkle Schicht beherbergen, deutliche Merkmale des Vordringens des Waldes in die Steppe dar.

Andere geographische Gebiete.

Neben Verschiebungen landschaftlicher Grenzen sind für uns von grossem Interesse auch Grenzverschiebungen anderer geographischer Gebiete. Bei der Untersuchung solcher Grenzen werden die Methoden der Chorogenie angewendet. Nördlich von dem gegenwärtigen Verbreitungsgebiet der Hasel findet man oft Haselnüsse, die in Torfablagerungen skandinavischer Moore zum Vorschein kommen (Samuelson 1915). Diese Haselnüsse werden als Relikte behandelt, die zeigen, dass die nördliche Haselgrenze in Skandinavien sich nach Süden verschoben hat. Durch

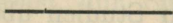
Untersuchungen von Fichtenpollen stellt man in Skandinavien eine allmähliche Abwanderung der Fichte nach Süden fest.

Andererseits können die Methoden anderer Wissenschaften bei der Untersuchung der Verschiebung landschaftlicher Grenzen verwendet werden.

Mittels geologischer Untersuchungsmethoden wird festgestellt, dass auf Åland eine Landhebung vor sich geht (Witting 1918), die sich gegenwärtig auf einen $\frac{1}{2}$ m in 100 Jahren beläuft, und dass Åland in spätglazialer Zeit mindestens 124 m tiefer lag als heute. So hat Åland im Laufe der Jahrhunderte der Vegetation sukzessiv neues Land dargeboten und bietet ein umfangreiches Arbeitsfeld für Studien über die Einwanderung der Pflanzenarten. Bei der Untersuchung der Flora von Åland hat Palmgren (Palmgren, 1927, S. 42) Arten gefunden, die eine westliche Verbreitung oder eine gegen Osten abnehmende Frequenz aufweisen. Infolge dieser Tatsache kam er zu der Schlussfolgerung, dass bestimmte Arten (*Botrychium simplex*, *Carex livida* u. a.) von Westen, d. h. aus Schweden nach Åland eingewandert sind. Das Palmgrensche Gesetz kann bei der Untersuchung langsam sich fortbewegender Naturkomplexe (Dünen u. drgl.) mit Erfolg angewendet werden.

Ebenso können wir bei der Untersuchung anderer geographischer Grenzen den Einfluss der Veränderung der Existenzbedingungen studieren, die durch Grenzverschiebungen hervorgerufen wird. Infolge der Verschiebung der Rassengrenze in Nordamerika werden die Indianer in Berge, Wüstengebiete usw. zurückgedrängt. Die Verschlechterung ihrer Lebensverhältnisse bedingt ein rasches Aussterben des genannten Volkes: nur Reste der Rasse werden sich in den ihnen überlassenen Reservationen erhalten. Die Buschmänner bilden Reste der ältesten Bevölkerungsschicht Afrikas. Durch das Vordringen von Kaffern u. a. sind sie in die an trinkbarem Wasser ungemein arme Kalahari zurückgedrängt worden. Sie haben sich sogar ihren neuen Lebensbedingungen angepasst: infolge der Verringerung der einst reichen Wildbestände sind sie von der Wirtschaftsstufe der Jäger auf die der Sammler hinabgesunken. Diese kümmerlichen Reste einer früher sehr verbreiteten Rasse erreichen nur 140—145 cm Durchschnittsgröße (Lautensach 1926, Jäger 1928).

Die Bedeutung von Grenzschränken wird in der Rassegeographie, der Staatenkunde u. a. Wissenschaften hervorgehoben. Ringgebirge und Hochplateaus wirken bei Menschenrassen schützend und helfen Dauergrenzen festzuhalten (Haushofer 1927, S. 199). Im Leben der Staaten spielt eine grosse Rolle der Drang nach schrankentreuen Grenzen (Pyrenäen als Rassen- und Staatsgrenze, Schwankungen der schrankenfreien deutsch-französischen Grenze).



Literatur.

- Abolin, R. Opyt epigenologičeskoj klassifikacii bolot. Bolotovedenije 1914.
- Ahlmann-Caldenius-Sandegren. Ragundasjön. Sver. Geol. Unders. Ser. Ca. H. 12. 1924.
- Ailio, J. Die geographische Entwicklung des Ladogasees in postglazialer Zeit. Fennia 38. 1915.
- Anderson, G. Hasseln i Sverige fordom och nu. Sver. Geol. Unders. Ser. Ca. H. 3. 1902.
- Anufrijev, G. Strojenije bolot Leningradskogo rajona. Trudy Naučno-issledov. Instituta. Bd. 9. 1931.
- Arldt, Th. Handbuch der Palaeogeographie. Bd. II. T. I u. II. Leipzig 1917 u. 1922.
- Auer, V. Die postglaziale Geschichte des Vanajavesisees. Bull. Comm. Géol. Finl. Nr. 69. 1924.
- Untersuchungen über die Waldgrenzen und Torfböden in Lappland. Comm. Institut. Quaest. Forest. Finl. Ed. 12. 1927.
- Beck-Rytz-Stehlin-Tschumi. Der neolithische Pfahlbau Thun. Mitteil. Naturf.-Ges. Bern. 1930.
- Berg, L. Klimat i žiznj. Moskau 1922.
- Geographical zones of the U. S. S. R. Part I. Leningrad 1930.
- Bobek, H. Innsbruck. Forschungen zur Deutschen Landes- und Volkskunde. Bd. 25. H. 3. 1928.
- Bogdanowskaya-Guihéneuf. Die Vegetation der Hochmoore des russischen Ostbaltikums. Travaux Instit. sc. nat. Peterhof. H. 5. 1928.
- Braun-Blanquet-Pavillard. Vocabulaire de sociologie végétale. Montpellier 1925.
- Budde, H. Die Waldgeschichte des Sauerlandes. Ber. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XLVII. 1929.
- Clements, Fr. E. Plant succession and indicators. New York 1928.
- Climatic cycles and changes of vegetation. Rep. Confer. Cycl. Carnegie Inst. Wash. June 1929.
- Experimental methods in adaptation and morphogeny. Journal of Ecology. Vol. XVII. № 2. 1929.
- Cowles, H. The causes of vegetative cycles. Bot. Gaz. Bd. 51. 1911.
- Czoernig-Czernhausen. Die Höhlen Salzburgs. Spelaologische Monographien. Bd. X. 1926.
- Däniker, A. Die Grundlagen zur ökologischen Untersuchung der Pflanzengesellschaften. Vierteljahrsschr. Naturf.-Ges. Zürich. Bd. 73. 1928.
- Decksbach, N. Über verschiedene Typenfolgen der Seen. Archiv f. Hydrobiol. Bd. XX. 1929.
- Deecke, W. Beiträge zur Paläopotamologie. Zeitschr. f. Geomorphologie. 1929.

- Dokučajev, V. Russkij černoziem. Petersburg 1883.
- Draničyn, W. Vtoričnyje podzoly i peremeščenije podzolistoj oblasti. Izv. Dokuč. počv. komit. II. 1914.
- Du Rietz-Nannfeldt. Ryggmossen. Svensk. Växtsoc. Sällsk. Handl. III. 1925.
- Enculescu, P. Zonele de vegetație lemnoasă din România. Memor. Institut. Geolog. Român. Vol. I. 1924.
- Firbas, F. Die Geschichte der nordböhmischen Wälder und Moore seit der letzten Eiszeit. Beih. Bot. Centralbl. Bd. XLIII. Abt. II. 1927.
- Florov, N. Über Lössprofile in den Steppen am Schwarzen Meer. Zeitschr. f. Gletscherkunde. Bd. XV. 1927.
- Flückiger, O. Landhebung und Haushalt der Gewässer. Vierteljahrschr. Naturf.-Ges. Zürich. Jg. 75. 1930.
- Frenzel, K. Beiträge zur Landschaftskunde der westlichen Lombardei. Mitteil. Geogr. Ges. Hamburg. Bd. 38.
- Freyberg, B. Zerstörung und Sedimentation an der Mangroveküste Brasiliens. Leopoldiana. Bd. 6. 1930.
- Freytmuth, O. Tartu välisilme kujunemine. Koguteos „Tartu“. 1927.
- Frosterus, B. Versuch einer Einteilung der Böden des finländischen Moränengebietes. Fennia 35. 1913—1915.
- Furrer, E. Begriff und System der Pflanzensukzession. Vierteljahrschr. Naturf.-Ges. Zürich. Jg. 67. 1922.
- Gams, H. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Vierteljahrschr. Naturf.-Ges. Zürich. Jg. 63. 1918.
- Glinka, K. Počvovedenije. Petersburg 1908.
- Hädicke, E. Kiel. Mitteil. Ges. Kiel. Stadtgeschichte. № 36. 1931.
- Haushofer, K. Grenzen in ihrer geographischen und politischen Bedeutung. Berlin 1927.
- Hellaakoski, A. Suursaima. Fennia 43. 1922.
- Puulan järviryhmän kehityshistoria. Fennia 51. 1929.
- Hettner, A. Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methoden. Breslau 1927.
- Hofmann, E. Urgeschichtliche Pflanzenreste aus niederösterreichischen Höhlen. Österr. Botan. Zeitschr. Bd. 77. 1928.
- Högbom, B. Über die geologische Bedeutung des Frostes. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsal. Vol. XV. 1913.
- Beobachtungen aus Nordschweden über den Frost als geographischen Faktor. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsal. Vol. XX. 1925—1927.
- Über den Verlauf der Frostvorgänge im Felsboden. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsal. XX. 1925—1927.
- Jaccard, P. La chorologie sélective et sa signification pour la sociologie végétale. Mém. Soc. Vaud. sc. nat. № 2. Lausanne 1922.
- Jaeger, Fr. Afrika. Leipzig 1928.
- Keller, P. Analyse pollinique de la tourbière de Pinet. Arch. de Botan. T. III. № 4. 1929.
- Köppen-Wegener. Die Klimate der geologischen Vorzeit. Berlin 1924.
- Krokos, V. Nekotoryje dannije po geologii Tiraspol. ujezda. Geol. Vestnik II, 2. 1916.

- Kyrle, G. Grundriss der theoretischen Spelaologie. Spelaologische Monographien. Bd. I. 1923.
- Laskarev, V. Obščaja geologičeskaja karta Jevropejskoj Rossii. List 17. Trudy Geologič. Komit. Bd. 77. 1914.
- Lautensach, H. Länderkunde. Gotha 1926.
- Lencewicz, St. Czwartorzędowe ruchy epirogeniczne i zmiany sieci rzecznej w Polsce środkowej. Travaux exéc. Institut. Géograph. Univ. Varsovie. № 8. 1926.
- Lüdi, W. Die Sukzession der Pflanzenvereine. Mitteil. Naturf.-Ges. Bern. 1919 (1920).
- Das Siedenmoos bei Eggwil im Emmental und seine Geschichte. Mitteil. Naturf.-Ges. Bern. 1929 (1930).
- Lundbeck, Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. Arch. f. Hydrobiol. Suppl.-Bd. VII. Liefg. 1—3. 1926.
- Lundquist, G. Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. Die Binnengewässer 2. Stuttgart 1927.
- Markus, E. Podzolisto-bolotnyje počvy srednej časti Koljskogo poluostrova. Arbeiten der Kolaer Expedition des Petersburger Geographischen Instituts. Bd. 2. 1922.
- Die Transgression des Moores über den Sandwall bei Laiva. Sitzungsber. Naturf.-Ges. Univ. Tartu. Bd. 32, H. 1—2. 1925 (1925 a).
- Das Komplexprofil von Jätasoo. Sitzungsber. Naturf.-Ges. Univ. Tartu. Bd. 32, H. 1—2. 1925 (1925 b).
- Naturkomplexe. Sitzungsber. Naturf.-Ges. Univ. Tartu. Bd. 32, H. 3—4. 1925 (1925 c).
- Metsa ja soo piiri nihkumise sihi määramine. Eesti Mets. 1925. № 8. (1925 d).
- Verschiebung der Naturkomplexe in Europa. Geographische Zeitschrift. Jg. 33. H. 10. 1926.
- Die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Alatskivi. Acta et Comment. Univers. Tartuensis. A XIV, 3. 1929.
- Kameslandschaften Estlands. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Ges. Bd. 82. H. 1. 1930 (1930 a).
- Naturkomplexe der Kameslandschaften. Zeitschr. Deutsch. Geolog. Ges. Bd. 82. H. 7. 1930 (1930 b).
- Naturkomplexe von Alatskivi. Acta et Comment. Univ. Tartuensis. A XVIII, 8. 1930 (1930 c).
- Meerestypen. Meteorologische Zeitschr. H. 10. 1930 (1930 d).
- Morton-Gams. Pflanzliche Höhlenkunde. Berichte der Bundeshöhlenkommission. Jg. II. 1921.
- Naumann, E. Einige neue Gesichtspunkte zur Systematik der Gewässertypen. Arch. f. Hydrobiologie. Bd. XX. 1929.
- Oswald, H. Die Vegetation des Hochmoores Komosse. Svensk. Växtsoc. Sällsk. Handl. I. 1923.
- Palmgren, A. Die Einwanderungswege der Flora nach den Ålandsinseln. Acta Botan. Fennica. 1927.
- Passarge, S. Die Oberflächengestaltung der Erde. Hamburg 1920.
- Pavillard, J. De la statistique en phytosociologie. Montpellier 1923.

- Penck, A. Die Formen der Landoberfläche und Verschiebungen der Klimagürtel. Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. 1913. I.
- Neuere Geographie. Zeitsch. Ges. Erdk. Berlin. Sonderband 1928.
- Post, L. v. Einige südschwedischen Quellmoore. Bull. Geol. Institut. Univ. Upsala. Vol. XV. 1916.
- Ramsay-Hackman. Das Nephelinsyenitgebiet auf der Halbinsel Kola. Fennia 11. 1894.
- Ramsay, W. Niveauverschiebungen, eisgestaute Seen und Rezession des Inlandeises in Estland. Fennia 52. 1931.
- Ramström, M. Über die älteste Steinzeitkultur in Asien und Afrika. Nova Acta Reg. Soc. Scient. Upsal. 1927.
- Rübel, E. Ökologische Pflanzengeographie. Die Sukzessionen oder der Formationswechsel. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Bd. IV. 1913.
- Samuelson, G. Über den Rückgang der Haselgrenze und anderer pflanzengeographischer Linien in Skandinavien. Bull. Geol. Inst. Univ. Upsal. Vol. XIII. 1915.
- Studien über die Wirkungen des Windes in den kalten und gemäßigten Erdteilen. Bull. Geolog. Inst. Univ. Upsal. Vol. XX. 1925—1927.
- Sandergren, R. Hornborgasjön. Sver. Geol. Undersökn. Ser. Ca. № 14. 1916.
- Schulze, J. H. Die landschaftlichen Wirkungen des Bergbaues. Geograph. Anzeiger. H. 9. 1931.
- Schürmann, H. Kjökkenmöddinger und Paläolithicum in Nord-Sumatra. Tijdschr. Koninkl. Nederl. Aardijk. Gen. 1931.
- Shantz, H. L. Plant succession on abandoned roads in eastern Colorado. Journ. Ecol. 1917.
- Sigwart, Chr. Logik. Bd. I. Tübingen 1921.
- Sölch, J. Die Auffassung der „natürlichen Grenzen“ in der wissenschaftlichen Geographie. Innsbruck 1924.
- Sorge, E. Die Trockengrenze Südamerikas. Zeitschr. Ges. Erdk. Berlin. 1930.
- Stromer, E. Methoden paläogeographischer Forschung. Geograph. Zeitschr. 1920.
- Sukačev, V. Rastitelnyje soobščestva. Leningrad 1926.
- Tanakadate, H. The activity of the Tarumai Dome after 1917. Japanese Journal of Geology and Geography. Vol. III. № 3—4. 1924.
- Tartu. Koguteos. 1927.
- Tanfiljev, G. Predely lesov v Poljarnoj Rossii. Odessa 1911.
- Thinemann, A. Die Binnengewässer Mitteleuropas. Die Binnengewässer 1. Stuttgart 1926.
- Tolvanen, V. Der Alt-Päijanne. Fennia 43. 1922.
- Travis, C. B. The peat and forest beds of Leasowe, Cheshire. Proceed. Liverpool. Geol. Soc. Vol. XV. 1929.
- Vityn, J. Počvy rajona tabačnych plantacij v Kubanskoj oblasti. Petersburg 1924.
- Wigge, K. Die Tundra als Landschaftsform. Köln 1927.
- Witting, R. Die Meeresoberfläche, die Geoidfläche und die Landhebung dem Baltischen Meere entlang und an der Nordsee. Fennia 39. № 5. 1918.
- Ziegler, S. Die Stadt Essen. Essen 1929.