

Aus der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Wissenschaftsbereich Physische Geographie
(Wissenschaftsbereichsleiter: Prof. Dr. H. Richter)

Zur Entwicklung und Systematisierung der Catena-Konzeption

Von Christian Opp
Mit 5 Abbildungen
(Eingegangen am 1. Dezember 1983)

1. Vorbemerkungen

Seit knapp 50 Jahren wird der Terminus Catena in den Geowissenschaften verwendet. Das Wort „Catena“ stammt aus dem Lateinischen und ist am besten mit „Kette“ zu übersetzen. Bodenkundler und Vertreter der Physischen Geographie verwenden diesen Begriff zur Bezeichnung räumlicher lateraler Boden- und/oder Landschafts-abfolgen bzw. zur Beschreibung und Darstellung des räumlichen, lateralen Wandels pedologischer und/oder landschaftlicher Merkmale.

Eine umfangreiche Literaturanalyse zur Catenaproblematik (Opp 1982) ergab, daß zwei semantische Inhalte des Catena-Begriffs zu unterscheiden sind:

1. die Catena als real existierendes Objekt in der Landschaft;
2. die Bezeichnung der Betrachtungsweise der Anordnungsregel des räumlichen Wandels bestimmter Merkmale. Für letzteren Inhalt findet man in der Literatur Bezeichnungen wie „catena-concept“ (Bushnell 1942), „Catena-Prinzip“ (Haase 1961) u. ä. (Abb. 1).

Mit Hilfe der Untersuchungen von und an Catenen wurden in den unterschiedlichsten Naturregionen von verschiedenen Wissenschaftlern und wissenschaftlichen Schulen Ergebnisse gewonnen, methodische Schlußfolgerungen gezogen und davon abgeleitet eine Reihe terminologischer Festlegungen getroffen, die in den meisten Fällen nicht zur Annäherung bei terminologischen Problemen in der Geographie führten, sondern zur Erweiterung ungelöster terminologischer Fragen. Diese und andere Fragen rechtfertigen auch heute eine Auseinandersetzung mit dem Phänomen „Catena“.

2. Historischer Abriss der Entwicklung der Catena-Konzeption

Die vor 40 bis 60 Jahren in Hinblick auf die bodenkundliche und bodengeographische Erkundung und Kartierung als „jungfräulich“ zu bezeichnenden Kolonien auf dem afrikanischen Kontinent waren damals das Betätigungsfeld vieler, vor allem englischer und deutscher Bodenkundler, Landwirte und Geographen, die im Auftrag der „Mutterländer“ eine Landesaufnahme durchführten. Diese diente neben der allgemein geowissenschaftlichen Erforschung und Kartierung dieser Gebiete vor allem dem Profitstreben der Mutterländer, die ein großes Interesse an der montan-, land- und forstwirtschaftlichen Ausbeutung ihrer Kolonien hatten.

Bei vorwiegend bodenkundlich-bodengeographisch ausgerichteten Erkundungs- und Kartierungsarbeiten entdeckten vor allem deutsche und englische „Kolonialgeo-

graphen“ – aus der Notwendigkeit, große, bisher unbekannte Gebiete möglichst wirtschaftlich und kostensparend zu untersuchen – in genetisch gleichen oder ähnlichen Gebieten Bodenabfolgen (Pedosequenzen) von der Kuppe über verschiedene Hangbereiche bis zur Senke. Diese bezeichnete Milne (1935) als erster mit dem Namen Catena. Hierzu muß betont werden, daß auch vor der Einführung des Catena-Begriffs in die Literatur schon mit dieser Methode bzw. Konzeption gearbeitet wurde. Außer den bereits bei Opp (1983) genannten Beispielen soll noch an die russischen Bodenkundler Neustruev (1915) und Polynov (1926) sowie an verschiedene Geomorphologen (z. B. Hettner 1928) erinnert werden, die im Prinzip nach der gleichen oder ähnlichen Konzeption Sequenzen untersuchten.

Da diese Erkenntnis über die Anordnung der Böden am geneigten Relief bei der Kartierung in jeweils ähnlichen Gebieten immer wieder berücksichtigt wurde, sprach Vageler (1941) auch von der „Catena-Methode“ als einem Kartierungsverfahren. Aus der heutigen Sicht scheint es nur schwer verständlich, daß dieses allgemeine Ordnungsprinzip der Struktur der Bodendecke lange Zeit als nicht zutreffend für Europa angesehen wurde. Eine Erklärung dafür kann der unterschiedliche Maßstab der Betrachtung bzw. der Erkundung und Kartierung sein.

Da es sich in Europa in der Regel um wesentlich kleinere Länder, administrative Gebiete und Wirtschaftsflächen handelt, war man in der Lage, die zu untersuchenden potentiellen Bodennutzungsflächen mit Hilfe eines ganzen Netzes von Testpunkten zu überziehen. Man erhielt dadurch genaue Angaben über die Nutzungseignung kleinster Räume; die Ordnung, Aggregation, Vernetzung oder Verkettung solcher Räume konnte jedoch kaum erkannt werden.

Ende der 50er, Anfang der 60er Jahre wiesen Neef, Schmidt, Lauckner (1961) und vor allem Haase (1961) – inspiriert durch Vagelers Veröffentlichung „Faktoren der Bodenbildung und ihr Zusammenhang bei der Entstehung der Catena als bodengenetische Charaktereinheit“ im Ergänzungsheft Nr. 258 zu Petermanns Geographischen Mitteilungen (1955) und weitere Arbeiten, die sich ebenfalls mit dem räumlichen Wandel sowohl pedologischer als auch anderer naturräumlicher Merkmale auseinandersetzen (Paffen 1948 und 1953, Fraling 1950, Ganssen 1957, Schmithüsen 1959, Raman 1959 u. a.) – nach, daß die Catena-Konzeption auch in Europa anwendbar ist. Eine neue Qualität bei der Betrachtung der Catena stellte damals die Einbeziehung aller Naturraumkomponenten dar.

Schwierigkeiten für die Übernahme der Catena-Konzeption auf europäische Naturbedingungen bereiteten die von den „Vätern“ der Catena-Konzeption festgelegten Bedingungen bzw. Voraussetzungen, nämlich Homogenität des Gesteins und des Klimas (Vageler 1955). Diese a priori Bedingungen waren jedoch nur aufgestellt worden zur Beachtung bei der Extrapolation von an einer Catena gewonnenen Untersuchungs- und Kartierungsergebnissen. Sie gelten nicht für die Ausbildung einer Catena an sich und stellten damit kein Hindernis für die Übernahme der Catena-Konzeption auf europäische Gebiete dar.

Haase (1961), Neef, Schmidt, Lauckner (1961) und später auch andere gehen davon aus, daß das Ausgangsgestein und auch das Geländeklima im Verlauf einer solchen Catena heterogen sind, daß dieser Tatbestand aber eine gesetzmäßige Abfolge von Standorteinheiten am Hang, die auf einem genetischen Zusammenhang beruht, nicht ausschließt. „Ihre Gesetzmäßigkeit liegt dabei in der gleichen oder ähnlichen morphogenetischen Entwicklung bestimmter kleiner Landschaftsräume begründet“ (Haase 1961, S. 7). Die im Rahmen landschaftsökologischer Untersuchungen festgestellten Gesetzmäßigkeiten bei der Vergesellschaftung¹ von Ökotopten bezeichnet Haase (1961) als „landschaftsökologische Catena“.

Obwohl von verschiedenen Autoren seit der Einführung des Catena-Begriffs die Notwendigkeit der dynamischen Landschaftsbetrachtung und damit in Verbindung das Studium von vertikal und lateral ablaufenden Prozessen herausgearbeitet wurde, erfolgten zunächst mehr Struktur- als Prozeßforschungen an Catenen.

Die meisten Catenen werden bislang durch qualitative Merkmale gekennzeichnet. Um quantitative Ergebnisse zu erhalten, mußte zur systemtheoretischen Betrachtungsweise übergegangen werden. Als ein solches „Geosystem“ im Sinne von Aurada (1982) kann ein bestimmter Hangabschnitt innerhalb einer Catena – ein Ökotope bzw. ein Physiotope im Sinne der landschafts- bzw. geoökologischen Catena – aufgefaßt werden. Mit der Geosystembetrachtung und der quantitativen Kennzeichnung von Catenen kann das prozessuale Geschehen innerhalb und zwischen Geosystemen, d. h. die dynamischen Relationen in Form des Stoff- und Energieaustausches im Sinne von Richter (1968 a), besser analysiert werden. Schon Vageler (1955) unterstreicht, daß die Abfolge von geographischen Raumeinheiten im Sinne einer Catena nicht das Ergebnis einer autochthonen Entwicklung ist, sondern eindeutig auf Prozesse des transversalen Transports durch Schwere, Wasser und Wind zurückzuführen ist.

In der UdSSR wandte sich z. B. Grigorev bereits 1936 detaillierten Fragen der Landschaftsdynamik zu. Er weist darauf hin, daß nicht die Kenntnis der elementaren Zusammensetzung das Wichtigste ist, sondern das Erkennen der Prozesse, die die Struktur der physisch-geographischen Umwelt prägen. Der gleiche Autor hebt in dem Zusammenhang die Bedeutung der Energie- und Materialaustauschprozesse hervor: „... die Wechselbeziehung und gegenseitige Bedingtheit der Komponenten der Landschaftssphäre werden durch den Stoff- und Energieaustausch zwischen ihnen bestimmt, mit anderen Worten, durch den Metabolismus des Geosystems, d. h. durch Substanzströme, die von außen in dieses System eintreten, umgewandelt werden und dann bekanntlich wieder die Grenzen des Geosystems verlassen“ (Grigorev 1956, S. 3/4).

Prozessuale Studien, d. h. Untersuchungen, die auf die Aufdeckung des Energie- und Stoffaustauschs innerhalb einer Catena gerichtet sind, wurden bisher nach der Art und Weise des Herangehens und nach der Komplexität der Untersuchungsmethodik auf verschiedenen Wegen durchgeführt, nämlich Verbreitung, raum-zeitliche Betrachtungen und Bilanzierungen partieller Naturraummerkmale und Migration chemischer Elemente.

3. Die Catena-Konzeption – ein Instrument der Bodenkunde und der Physischen Geographie

Die nach langen Diskussionen sich entwickelnde im allgemeinen einheitliche Auffassung der Bodenkundler über den Gebrauch des Catena-Begriffs, nämlich zur komplexen Beschreibung der gesetzmäßigen Anordnung der Böden bzw. Bodenmerkmale unter den Bedingungen der Reliefabhängigkeit und zur Kennzeichnung der Lage- und Stoffbeziehungen zwischen den Böden in reliefierten Gebieten innerhalb der chorischen Dimension (vgl. Schmidt 1971), fand auch in der Physischen Geographie ihren Niederschlag. Sowohl die Übernahme von in der Bodenkunde gewonnenen Erkenntnissen zur Catena-Problematik durch bodenkundlich und landschaftsökologisch arbeitende Geographen (z. B. Haase 1961, Lauckner 1962, Hubrich 1967) als auch die systematische Auseinandersetzung mit der Verwendung von Catenen und anderen räumlichen Abfolgen in Bodenkunde und Physischer Geographie (s. Fridland 1965, Schmidt 1971) führten zu Annäherung, weitestgehender Übereinstimmung und Konsolidierung der

¹ Die regelhafte Abfolge von ökologischen Grundeinheiten (Ökotope) wird als Vergesellschaftung – später als Vernetzung (Haase 1976) – ihre Verteilung und Anordnung im Raum als Verbreitung bezeichnet (Haase 1961).

Meinungen über die Catena-Konzeption. So verstehen Geographen in Anlehnung an die bereits erwähnte Betrachtungsweise der Bodenkundler die Catena-Konzeption als eine Methode zur Kennzeichnung der statisch-invarianten und der funktional-dynamischen Eigenschaften einer räumlichen Abfolge. Diese räumliche, lateral angeordnete Abfolge wird in der Bodenkunde im allgemeinen als Boden- oder Soilcatena, in der landschafts-ökologisch arbeitenden Physischen Geographie als landschafts- oder geöökologische Catena bezeichnet.

4. Zur Systematisierung des Catena-Begriffs

Die Entwicklung der Catena-Konzeption verfolgend, läßt sich neben der bereits in den Vorbemerkungen dargestellten Zweiteilung des semantischen Inhalts des Begriffs Catena (Abb. 1), eine Dreiteilung bei der Verwendung der Catena-Konzeption (Abb. 2) feststellen.

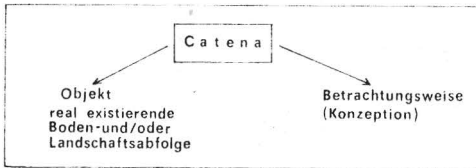


Abb. 1. Der semantische Inhalt des Begriffes „Catena“

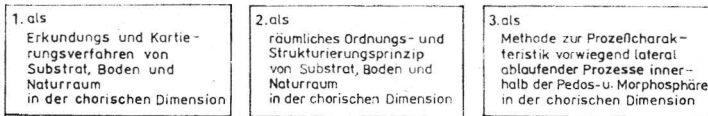


Abb. 2. Die Verwendung der Catena-Konzeption

Dem in der Abb. 2 beschriebenen zweiten Anwendungsbereich kommt zweifelsohne eine Mittlerfunktion zu den anderen Anwendungsbereichen zu. Keiner der ausgedehnten Anwendungsbereiche ist isoliert für sich existent. So ist eine Boden- oder Naturraumerkundung immer auf eine gewisse Ordnung bzw. Strukturierung gerichtet und letztere nicht ohne die erstere zu erreichen. Auch eine geographische Prozeßanalyse muß stets mit einer Strukturanalyse verbunden sein und kann nur über das Studium von Strukturveränderungen zu Ergebnissen gelangen, die raumrelevanten Charakter haben. Sie hängt damit auch indirekt von der Erkundung und gegebenenfalls Kartierung ab. Strukturen wiederum sind letztlich erst durch abgelaufene Prozesse entstanden.

Die Catena-Konzeption kann demnach sowohl zur Struktur- als auch zur Prozeßanalyse von Bodendecken, Naturräumen und Landschaften Verwendung finden; denn jede Catena weist substanz- und prozeßbedingte Beziehungen zwischen den Catena-Gliedern auf. Dies schließt in jedem Fall eine Erkundung und meist auch eine Kartierung ein.

5. Die Catena-Konzeption als Ordnungs- und Strukturierungsprinzip in der chorischen Dimension.
Einige Bemerkungen zum Catena-Prinzip

In den letzten 25 Jahren landschafts- bzw. geöökologischer Untersuchungen in der DDR gibt es kaum Arbeiten, die nicht die große Bedeutung der Catena-Konzeption für die Geoökologie dokumentieren. Ein ganz wesentliches Moment in der Weiterentwicklung der Catena-Konzeption stellen die Auffassungen Haases (1961) vom „Catena-Prinzip“ dar.

Einerseits faßt Haase (1961) die Gesetzmäßigkeiten der Vergesellschaftung bzw. Vernetzung von verschiedenen ökologischen Raumeinheiten mit dem Begriff Catena-Prinzip, andererseits beschreibt er die Methode der Betrachtung kausaler Zusammenhänge am Hang (aber auch in der Aue), im weitesten Sinne aber auch die Catena-Methode nach Vageler (1941) als Catena-Prinzip.

Catena-Prinzip heißt aber auch Anwendung der in der landschaftsökologischen Erkundung üblichen Elementar- und Komplexanalyse (vgl. Neef 1965). Innerhalb des Ergebnisbereiches lassen sich bei von Transekten ausgehenden Analysen räumlicher Abfolgen drei Ergebnisse mit unterschiedlichem Niveau unterscheiden. Diese Niveaus wurden hier als Elementarniveau, Komplexniveau und Abstraktes Komplexniveau bezeichnet (Abb. 3).

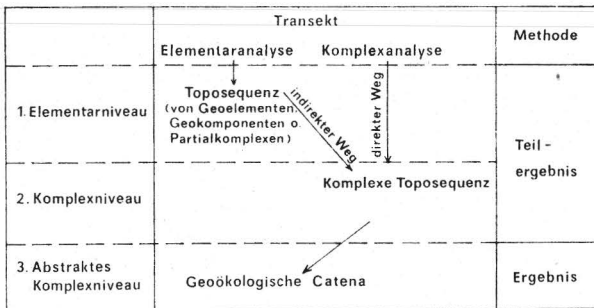


Abb. 3. Methoden und Ergebnisse der Analyse räumlicher Abfolgen

Auf der Ebene des Elementarniveaus werden räumliche Abfolgen im Rahmen der Elementaranalyse anhand einzelner Toposequenzen untersucht. Sie sind wie folgt definiert: Toposequenzen sind räumliche Abfolgen in der chorischen Dimension, die Eigenschaften von Teilen des Geokomplexes hervorheben, unabhängig davon, ob sie kommunizierend oder kombinativ, im Sinne der Grundformen der räumlichen Verkettung nach Richter (1968 b) bzw. Schmidt (1975), miteinander in Verbindung stehen. Teile des Geokomplexes können dabei sowohl die sogenannten Partialkomplexe bzw. ihre stofflichen Bestandteile die Geokomponenten (z. B. Pedo-Toposequenz) als auch Geoelemente (z. B. Toposequenz des pH-Wertes des Bodens) sein.

Durch die morphogenetisch bedingte Anordnung erschließt das Catena-Prinzip das Raummuster anderer Geofaktoren (s. Leser 1977). Aufgrund der Regelfunktion des Reliefs ist darum die Morpho-Toposequenz den anderen topischen Abfolgen voranzustellen. Außerdem können mit Hilfe des Catena-Prinzips Litho- und/oder Substrat-Toposequenzen, Pedo-Toposequenzen, Hydromorphie-Toposequenzen, Geländeklima-Toposequenzen und Phyto-Toposequenzen untersucht werden.

Auf der Ebene des Komplexniveaus werden räumliche Abfolgen im Rahmen der Komplexanalyse anhand von komplexen Toposequenzen untersucht. Komplexe Toposequenzen sind räumliche Abfolgen, mit deren Hilfe die lateralen Kausalitätsbeziehungen zwischen geographischen Räumen innerhalb der chorischen Dimension – unabhängig davon, ob sie kommunizierend oder kombinativ miteinander verbunden sind – mehr oder weniger komplex betrachtet werden.

Komplexe Toposequenzen können auf direktem Weg im Rahmen der Komplexanalyse untersucht werden, wobei mindestens zwei Partialkomplexe oder Geokomponenten hinsichtlich Kausalbeziehungen untereinander bzw. zum Relief in der räumlichen Abfolge betrachtet werden. Komplexe Toposequenzen können auch auf indirektem Weg, d. h. über die Synthese einzelner Toposequenzen des Elementarniveaus unter-

sucht werden. Die Synthese mindestens zweier Toposequenzen des Elementarniveaus kann sowohl auf Geoelementuntersuchungen (bei denen mindestens zwei Geoelemente eines oder auch mehrerer Partialkomplexe bzw. deren stofflichen Bestandteilen, den Geokomponenten hinsichtlich kausaler Zusammenhänge untereinander bzw. zum Relief in der räumlichen Abfolge untersucht werden) als auch auf Partialkomplexen oder Geokomponenten basieren.¹

Auf der Ebene des abstrakten Komplexniveaus erhält man – von den komplexen Toposequenzen ausgehend – durch Abstraktion die typische, gesetzmäßige Vergesellschaftung bzw. Vernetzung der Geotope. Diese Erscheinung wird seit Neef, Schmidt, Lauckner (1961) sowie Haase (1961) als landschaftsökologische oder geökologische Catena bezeichnet. Wie bereits bei den Teilergebnissen Toposequenz und komplexe Toposequenz erwähnt, gilt auch für die geökologische Catena, daß sie ein Abfolge geökologisch gekennzeichnete Räume darstellt, unabhängig davon, ob diese kommunizierend oder kombinativ im Sinne von Richter (1968 b) und Schmidt (1975) miteinander verbunden sind. So bezeichnen z. B. Hubrich (1964) und Schmidt (1970) die Physiotopeabfolge innerhalb eines durch Plattengefüge im Sinne von Schmidt (1975) gekennzeichneten Raumes ebenfalls als geökologische Catena. Der Verfasser sieht im zuletzt beschriebenen Problem, d. h. die Anwendung des Catena-Begriffs auch für in Plattengefügen angeordneten Raumeinheiten, eine Fehlentwicklung. In der Bodenkunde bezeichnet man solche auf Plattengefügen im Sinne von Schmidt (1978) bzw. Mosaike (nach Fridland 1965) nebeneinander lokalisierte, aber nicht durch laterale Bodendynamik miteinander verbundene Böden als Bodenassoziation. Zur Kennzeichnung der räumlichen Abfolge ähnlich charakterisierter Gefüge ökologischer Raumeinheiten könnte man darum den Begriff „Assoziationsreihe“ verwenden. Der Catena-Begriff sollte aber im Sinne von Milne (1935 und 1936), Vageler (1940, 1941, 1942, 1952 und 1955) u. a. zur Bezeichnung der auf lateraler Dynamik basierenden räumlichen Abfolgen dienen.

Die bei der Elementar- und Komplexanalyse in der Geographie im Rahmen der topologischen naturräumlichen Erkundung untersuchten räumlichen Abfolgen werden in der Regel mittels Vertikalschnitten dargestellt. Die Anordnung bzw. Komposition der an der Abfolge zu betrachtenden Merkmale über, auf und/oder unter der Relieflinie ist so zu gestalten, daß sie weitestgehend der natürlichen Lage entspricht. Da in Toposequenz-Profilen und Kausalprofilen entweder einzelne Partialkomplexe (z. B. Pedotope, Phytotope) oder Geoelemente (z. B. pH-Wert der Bodenluft, T_{\max} der Bodenluft) erfaßt werden, kann man bei der Darstellung dieser stets zwischen einer Variante mit komplexerem Inhalt, wo Tope abgebildet werden, und einer Variante mit weniger komplexem Inhalt, bei der einzelne Merkmale abgebildet werden, unterscheiden.

Die Bezeichnung der Tope erfolgt in der Darstellung durch eine Kurzbezeichnung oder einen standardisierten Topschlüssel, welcher im Text oder in Tabellen inhaltlich erläutert wird. Da die landschaftsökologischen Catenen nach Haase u. a. (1973) typisierte Topabfolgen darstellen, werden bei ihrer Darstellung ein oder zwei für das betreffende Gebiet charakteristische Reliefprofile ausgewählt, zu denen der aus mehreren Toposequenzen bzw. Kausalprofilen abstrahierte Inhalt des gleichen Gebietes ergänzt wird.

¹ Die Analyse und Kennzeichnung von komplexen Toposequenzen geschieht vor allem durch die Betrachtung kausaler Zusammenhänge. Somit böte sich eigentlich die Bezeichnung Kausalprofil oder Kausalsequenz an, um den doppelten Gebrauch des Begriffes Toposequenz zu vermeiden. Da das Kausalprofil bislang aber als eine Darstellungskategorie aufgefaßt wird, bringt eine Übernahme dieses Begriffes zur Bezeichnung des Ergebnisbereiches des Komplexniveaus (Abb. 3) Verständigungsschwierigkeiten, wie mündliche Diskussionen zeigten. Ob man statt komplexe Toposequenz besser Kausalsequenz sagen sollte, wird die Zukunft zeigen.

Den landschaftsökologischen Catenen nahezu adäquate Abfolgen stellen z. B. die Standortsketten (Kopp 1966, Schwanecke 1967), Paragenetische Komplexe (Milkov 1966, Retejum 1972) und Fazienreihen (Raman 1959) dar.

6. Der Prozeßcharakter der Catena-Konzeption

6.1. Allgemeine Bemerkungen zu geographischen Prozeßanalysen

Das prozessuale Geschehen zu kennzeichnen, heißt bislang in den wenigsten Fällen Beobachtung, Erfassung und Kennzeichnung von Prozessen an sich, sondern Beobachtung, Erfassung und Kennzeichnung von sich neu einstellenden Strukturen und Rückschließen auf Veränderungen und abgelaufene Vorgänge. Dies trifft auf Catenen wie auf jeden anderen geographischen Raum zu und gilt sowohl für das Langzeit- als auch für das Kurzzeitverhalten der Landschaft.

Prozeßanalysen dienen daher der Erfassung

- von Strukturunterschieden (z. B. Verbreitung partieller Naturraummerkmale / chemischer Elemente u. a. m.) und Rückschluß auf die diese Unterschiede bewirkenden Prozeßabläufe,
- von Strukturveränderungen, d. h. die Varianz der Strukturunterschiede und Rückschluß auf die diese Veränderungen verursachenden Prozeßabläufe und
- der quantitativen Kennzeichnung und Bewertung der Strukturunterschiede und -veränderungen (Bilanzierung mit Hilfe des Geosystem-Konzeptes).

Wenn hier vom Prozeßcharakter der Catena-Konzeption gesprochen wird, heißt das, daß vorwiegend die lateral ablaufenden Prozesse an einer Catena untersucht werden. Sind es doch die lateral ablaufenden Prozesse, die erst zur Ausbildung lateraler Raumverkopplungen führen. Daß Prozeßanalysen auch bei Untersuchungen der Vertikalstruktur des Naturraums oder der Landschaft anwendbar sind und gerade dort zu eindrucksvollen Ergebnissen führen, konnten z. B. Beručasvili (1977) und Neumeister (1981) nachweisen.

6.2. Beispiele geographischer Prozeßanalysen an catenalen Abfolgen

6.2.1. Die Verbreitung und Migration chemischer Elemente

Diese auf die Untersuchung von Strukturunterschieden und auf die darauf basierende retrospektive Prozeßanalyse ausgerichtete Methode der Prozeßforschung soll am Beispiel sowjetischer geochemischer Arbeiten demonstriert werden.

Die in der Sowjetunion auf umfangreichen Erfahrungen und Traditionen basierende Geochemie (Fersman 1953) konnte in der geographischen Landschaftsforschung zur Bereicherung und Weiterentwicklung besonders des Studiums von im Naturraum oder in der Landschaft ablaufenden Prozessen beitragen.¹ Die laterale Abfolge einzelner Elementarlandschaften oder Fazien (homogene Raumeinheiten, die den topischen Räumen entsprechen) wird von Polynov (1953) als „geochemische Landschaft“ bezeichnet. Die Glieder vom höchsten zum niedrigsten Punkt dieser Abfolge heißen: Eluvial-, Transeluvial-, Superaqual- und Aquallandschaft (Abb. 4).

Polynov und seine Schüler erkannten frühzeitig, daß die laterale Abfolge von Elementarlandschaften auf Migrationsprozesse zurückzuführen ist. „Die Wechsel-

¹ Grundlage der Geochemie der Landschaften ist die Systembetrachtung und die historisch-genetische Betrachtung. Hauptsächlich werden Migrations- und Konzentrationsbesonderheiten der chemischen Elemente unter aktuellen und genetischen Aspekten untersucht (Glazovskaja 1976 und 1979).

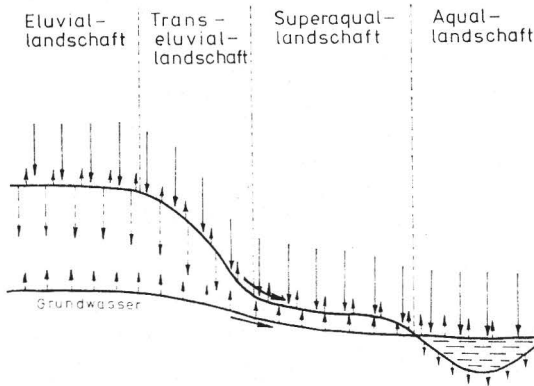


Abb. 4. Die geochemische Landschaft nach Polynov in Glazovskaja (1964)

beziehung zwischen den Komponenten der Elementarlandschaft verwirklicht sich durch die Stoffmigration von einer zur anderen Komponente. Die Wechselwirkung innerhalb der Reihen geochemisch gekoppelter Elementarlandschaften erklärt sich durch die Stoffmigration von einer Fazie in eine andere“ (Glazovskaja 1964, S. 81).

Die mit Hilfe des Geosystemkonzepts untersuchten räumlichen Abfolgen werden von Glazovskaja (1976) als „Kaskaden-Landschafts-Geochemisches System“ (KLGs) bezeichnet. Die aus mehreren „Elementaren-Landschafts-Geochemischen Systemen“ (ELGS) bestehenden KLGs sind nach Glazovskaja (1976) in unterschiedlichen Ordnungsstufen ausgebildet. Diese Ordnungsstufen entsprechen im Hinblick auf ihren räumlichen Aspekt den Dimensionsstufen (vgl. Neef 1967). Darüber hinaus haben sie noch einen prozessualen Aspekt, der den morphogenetischen Zusammenhang unterschiedlicher Ordnung zum Ausdruck bringt. Das KLGs 1. Ordnung ist die geochemische Landschaft. In den KLGs der größten Ordnungsstufen endet der Stofftransport in den Binnenseen oder in den Ozeanen.

6.2.2. Die raumzeitliche Variabilität der Bodenfeuchte und anderer pedologischer Merkmale

Das Erfassen von Strukturunterschieden und ihr zeitlicher Wandel, die zusammen Aussagen über Strukturveränderungen und abgelaufene Prozesse erlauben, sollen am Beispiel sowjetischer landschafts-geochemischer Untersuchungen sowie Bodenfeuchtemessungen aufgezeigt werden. Die vorrangige Betrachtung der Bodenfeuchte bei raumzeitlichen Untersuchungen an Catenen läßt relativ große Rückschlüsse auf den durch das Hangwasser bestimmten Stofftransport längs des Hanges zu. Die Kenntnis über Prozefabläufe an Catenen wird dadurch wesentlich größer als bei Untersuchungen zur Verteilung von chemischen Elementen oder partiellen Naturraummerkmalen ohne Berücksichtigung des Faktors Zeit. Außerdem ist die alleinige Erfassung der Verteilung von chemischen Elementen, z. B. der geringe Eisengehalt von Kuppenböden und der hohe Eisengehalt von Senkenböden, gerade bei retrospektiven Prozefanalysen, in diesem Fall der Transport von Eisen durch Hangwasser, mit erheblichen Unsicherheiten behaftet, wie Blume (1968) zeigen kann. Es ist darum notwendig, das Verhalten des Wassers und davon abhängige Prozesse der Bodendynamik über einen längeren Zeitraum messend zu verfolgen. Am Beispiel einer Catena – unterteilt in Kuppen-, Hang- und Senkenbereiche – in einer Würmmoränenlandschaft im SW der BRD weist Blume (1968) nach, wie durch mehrjährige Meßreihen der Bodenfeuchte und der Redoxpoten-

tiale die Strukturveränderungen der Gefügeformen, der pH- und V-Tiefenfunktion, des Eisen- und Mangangehaltes und anderer Parameter gesichert erklärt werden können.

Die von Sočava (z. B. 1969 b, 1974, 1978) und Mitarbeitern (z. B. Snytko 1967, 1974, 1978, Krauklis 1969, 1977) durchgeführten raum-zeitlichen Untersuchungen, die den täglichen, Dekaden bzw. zehntägigen, jahreszeitlichen, jährlichen und mehrjährigen Wandel bestimmter natürlicher Strukturen erfassen und damit Aussagen über abgelaufene Prozesse zulassen, basieren auf geochemischen Methoden (vgl. Glazovskaja 1964, Perelmann 1975), landschaftsökologischen Methoden (s. Haase 1967) und mikrobiologischen Methoden (s. Sočava 1969 a).

Die Untersuchung von Strukturen und Prozessen wird von den Irkutsker Geographen an „Polygon-Transekten“ (Geländestreifen) durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse werden in „Raum-Zeit-Modellen“ dargestellt, wobei Snytko (1978) zwischen „Mono-Parameter-Modellen“, die die Abfolge jeweils nur eines Parameters, und „Poly-Parameter-Modellen“, die die Abfolge mehrerer Parameter demonstrieren, unterscheidet. Werden Zusammenhänge benachbarter, als Geosystem aufgefaßter Räume untersucht, bedient man sich sogenannter „Kaskaden-Modelle“ bei der Darstellung der Untersuchungsergebnisse.

Von den Irkutsker Geographen werden sowohl einzelne Parameter und Merkmale wie Bodenfeuchte, organische Substanz, O₂- und CO₂-Gehalt der Bodenluft, verschiedene Elementkonzentrationen sowie die sie verursachenden unterschiedlichen Migrationsfähigkeiten chemischer Elemente als auch die Wechselbeziehungen (der Metabolismus) zwischen diesen Merkmalen in Raum und Zeit untersucht. Die Bestimmung dieser Wechselbeziehungen für bestimmte Zeitabschnitte gestattet Aussagen über einzelne Entwicklungsphasen kleinster geographischer Räume entlang einer Catena. „Jede dieser Phasen unterscheidet sich durch eine bestimmte Prozeßkombination und äußert sich im äußeren Erscheinungsbild der Fazien“ (Krauklis 1969, S. 42). Ein eindrucksvolles Beispiel für den Metabolismus zwischen CO₂-Gehalt der Bodenluft, pH-Wert und Bodenfeuchte und der unterschiedlichen räumlichen Verknüpfungswirkung dieser Parameter zwischen vier Abschnitten einer Catena gibt Abb. 5 wieder.

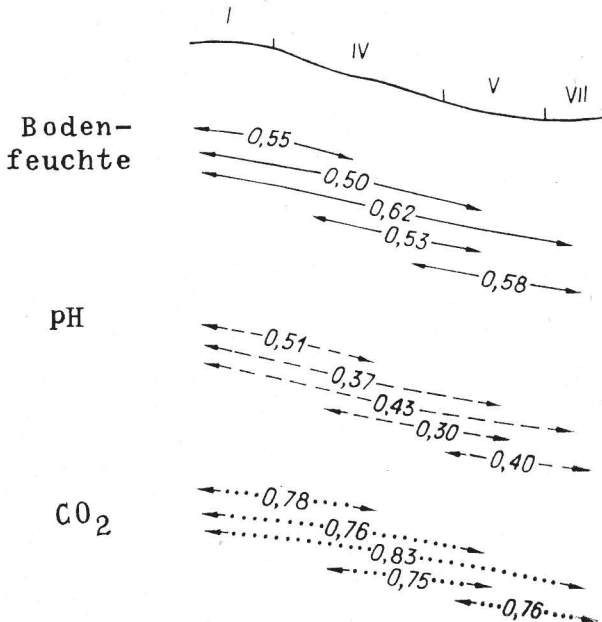


Abb. 5

Kaskadenmodell der korrelativen Verbindungen zwischen Fazien nach Snytko 1978 – s. Text

Die intensivste Verknüpfung durch die Bodenfeuchte ist zwischen der eluvialen (I) und der transakkumulativen Fazie VII) zu beobachten (Korrelationskoeffizient $K:0,62$). Zwischen den anderen Fazien ist hinsichtlich der Verknüpfungswirkung durch die Bodenfeuchte eine geringere Korrelation ausgebildet. Beim pH-Wert fällt auf, daß seine Verknüpfungswirkung zwischen den Fazien gegenüber der der Bodenfeuchte und der des CO_2 -Gehaltes deutlich geringer ist. Der größte Korrelationskoeffizient tritt hier zwischen der eluvialen Fazie (I) und der unmittelbar benachbarten transeluvialen Fazie (IV) auf ($K:0,51$). d. h., es ist im Prinzip keine Korrelation vorhanden. Die größten Korrelationskoeffizienten überhaupt treten beim CO_2 -Gehalt der Bodenluft auf, d. h., der CO_2 -Gehalt der Bodenluft hat von den drei ausgewählten Parametern den größten Zeigerwert für die Verknüpfung zwischen Fazien bzw. Elementaren Landschafts-Geochemischen Systemen. Der größte Korrelationskoeffizient beträgt hier 0,83 und ist zwischen dem eluvialen ELGS (I) und dem transakkumulativen ELGS (VII) ausgebildet.

Es besteht also eine Wechselbeziehung zwischen der Bodenfeuchte und dem CO_2 -Gehalt der Bodenluft. (Die im Vergleich zum Hangfuß- und Senkenbereich niedrige Bodenfeuchte innerhalb der eluvialen Fazie gestattet eine intensivere Durchlüftung, was zu einem relativ geringen CO_2 -Anteil an der Bodenluft führt. Dagegen bedingt die größere Durchfeuchtung des Bodens im Bereich der transakkumulativen Fazie nur eine geringe Durchlüftung, was eine Erhöhung des CO_2 -Anteils an der Bodenluft nach sich zieht.) Diese äußert sich zumindest für Catenen des hier untersuchten Typs in der Ausbildung des jeweils größten Korrelationskoeffizienten zwischen den marginalen Bereichen solcher Catenen.

6.2.3. Bilanzuntersuchungen an Catenen

Bilanzuntersuchungen basieren stets auf den zuvor beschriebenen Formen bzw. Methoden der Prozeßanalyse. Sie unterscheiden sich von den raum-zeitlichen Untersuchungen dadurch, daß die Strukturveränderung gegenüber einem Vergleichszustand quantitativ ermittelt wird. Da geographische Räume in erster Linie als stoffliche Systeme aufgefaßt werden (Mannsfeld 1972), muß die stoffliche Bilanz zwischen zwei strukturellen Zuständen in einer bestimmten Zeiteinheit bestimmt werden. Bedingt durch den Prozeßcharakter der Catena-Konzeption ist der Stofftransport von der lokalen Wasserscheide bis zur Erosionsbasis hauptsächlicher Untersuchungsgegenstand von Catenen. Bilanzuntersuchungen an Catenen machen besonders gut deutlich, welche und wieviel Stoffe im untersuchten Hangabschnitt autochthon lokalisiert sind und welche und wieviel aus den darüber liegenden Hangabschnitten umgelagert wurden. Die Bindung dieser qualitativen und quantitativen Merkmale an einen bestimmten Zeitabschnitt gestattet es, Diagnosen über Tendenzen der raum-zeitlichen Entwicklung von Catenen oder anderen bilanzierten Räumen aufzustellen. Im Rahmen von Bilanzierungen kommt nach Snytko (1978) der getrennten Untersuchung einzelner Aggregatzustände bei der Stoffmigration entlang einer „Landschafts-geochemischen Catena“ eine besondere Bedeutung zu, weil der Übergang von einem in einen anderen Aggregatzustand oft entscheidende Entwicklungsimpulse für das prozessuale Geschehen in als Geosysteme zu betrachtenden Räumen mit sich bringt.

6.3. Catenen und ihre Prozeßcharakteristik

Das Modell des homogenen Geokomplexes nach Richter (1968 a) macht deutlich, daß der überwiegende Teil der 73 angegebenen Prozesse bzw. Prozeßgruppen in vertikaler Richtung abläuft. Innerhalb des naturräumlichen Hauptstockwerkes (Richter 1979) lassen sich lediglich vier als eindeutig in lateraler Richtung ablaufende Prozesse bzw. Prozeßgruppen ausscheiden:

- advektive Zu- und Abfuhr von Energie und Wärme in der bodennahen Luftschicht,
- horizontaler Wasseraustausch an der Bodenoberfläche,
- tangentialer Sickerwasserzu- und -abfluß im Boden,
- Zu- und Abfuhr klastischen Materials an der Oberfläche zusammen mit Veränderungen am Boden (Bezeichnungen nach Richter 1968 a).

Diese grobe Einschätzung des Verhältnisses vertikal ablaufender zu lateral ablaufenden Prozessen trifft in gleicher Weise für den heterogenen Geokomplex – also auch für Catenen – zu. Jedoch bedingt das räumliche Nebeneinander der Catena-Glieder zwangsläufig eine vordergründige Betrachtung der lateral ablaufenden Prozesse. Mit Ausnahme der „Advektiven Zu- und Abfuhr von Energie und Wärme in der bodennahen Luftschicht“ können die drei anderen oben beschriebenen Prozeßgruppen catenaausbildend wirken.

Ist ein bestimmtes Potential catenaprozessualer Wirkungsbedingungen vorhanden (geneigtes Relief, geringe Dichtewerte und geringe Werte der Energie der Lage der in Vertikalstruktur geschichteten Teilchen, atmosphärische und/oder tellurische Stoff- und Energiezufuhr u. a.) und bilden sich Catenen aus, so können die diese gesetzmäßigen Abfolgen bewirkenden Prozesse als „Catena-Prozesse“ gekennzeichnet werden. Die durch bestimmte lateral ablaufende Prozesse (Catena-Prozesse) bewirkte monovektorielle Verkopplung kommunizierter Geotope zu einer gesetzmäßigen Abfolge wird als Catena bezeichnet.

Der genetisch-dynamische Zusammenhang durch die catenaausbildenden Prozesse zwischen den marginalen Bereichen einer solchen Catena beschränkt sich innerhalb des naturräumlichen Hauptstockwerks auf nanochorische Hanggefüge. Die Catenen selbst dienen vorrangig der Ordnung mikrochorischer Strukturen. Sie entsprechen damit in ihren wesentlichen Merkmalen den Catenen im Sinne von Milne und Vageler. Sie heben sich ab von den landschafts- oder geoökologischen Catenen, welche an Hang-, Senken- und Plattengefüge gebunden sind und demzufolge durch weniger eindeutig gerichtete Prozesse charakterisiert werden.

7. S c h l u ß b e m e r k u n g e n

Die Entwicklung der Catena-Problematik verfolgend, läßt sich feststellen, daß die Untersuchung von kausalen räumlichen Zusammenhängen in Landschaften mikrochorischer Größenordnung im wesentlichen mit ein und derselben Konzeption durchgeführt wurde und wird. Treten dabei auch entsprechend dem Zweck solcher Untersuchungen (Bodenkartierung, Raumgliederung auf landschaftsökologischer Grundlage, Bilanzierung landschaftlicher Parameter auf geochemischer Grundlage) unterschiedliche Bezeichnungen und z. T. inhaltliche Abwandlungen auf (Catena-Methode – Vageler 1941; landschaftsökologische Catena – Haase 1961; landschafts-geochemische Catena – Snytko 1978), so basieren doch alle Untersuchungen auf den gleichen methodologischen Wurzeln – nämlich der Kenntnis einer bestimmten landschaftlichen Kausalität.

Diese landschaftliche Kausalität ist – wie angedeutet werden konnte – prozeßdeterminiert. Die nähere Kennzeichnung und Charakterisierung der an einer Catena lateral ablaufenden Prozesse kann hier aus Platzgründen nicht erfolgen. Hierzu sei auf Opp (198) verwiesen.

8. Z u s a m m e n f a s s u n g

Seit Einführung des Catena-Begriffs in die Literatur hat sich die Diskussion zur Catena-Problematik ständig erweitert. Ein historischer Abriß dieser Entwicklung sowie die anschließende Systematisierung machen deutlich, daß die Catena-Konzeption sowohl

zur Struktur- als auch zur Prozeßanalyse von Boden und Naturraum Verwendung findet. Catenen und Konzeptionen mit der vorrangigen Betrachtung sowohl der Naturraumstruktur als auch einiger landschaftlicher Prozesse werden diskutiert.

S c h r i f t t u m

- Aurada, K. D.: Zur Anwendung des systemtheoretischen Kalküls in der Geographie. *Peterm. Geogr. Mitt.* **126** (1982) 241–249.
- Beručasvili, N. L.: Die jahreszeitlich bedingte Dynamik der Struktur und der funktionalen Prozesse der Fazien. *Peterm. Geogr. Mitt.* **121** (1977) 13–16.
- Blume, H. P.: Die pedogenetische Deutung einer Catena durch die Untersuchung der Bodendynamik. 9th. Internat. Congr. Soil Science, Transactions **4** (1968) 441–449.
- Bushnell, T. M.: Some aspects of soil catena concept. *Soil Science Society Proceedings* **7** (1942).
- Fersmann, A. E.: *Unterhaltsame Geochemie*. Verl. Neues Leben, Berlin 1953.
- Fraling, H.: Die Physiotope der Lahntalung bei Laasphe. *Westfälische Geogr. Studien* **5** (1950).
- Fridland, V. M.: Struktura počvennogo pokrova. *Počvovedenie* **4** (1965) 15–28.
- Ganssen, R.: *Bodengeographie*. K. F. Koehler Verl., Stuttgart 1957.
- Glazovskaja, M. A.: *Geochimičeskije osnovy tipologii i metodiki issledovanij prirodnych landšavtov*. Verl. MGU, Moskau 1964.
- Glazovskaja, M. A.: Aktualnye problemy teorii i praktiki geochimii landšavtov. *Vestnik MGU, serija geogr.* **2** (1976) 10–20.
- Glazovskaja, M. A.: *Geochimija landšavta i praktika narodnogo chozjajstva*. Verl. MGU, Moskau 1979.
- Grigorev, A. A.: O chimičeskoj geografii. Akademiku V. I. Vernadskomu k 50letiju naučnoj i pedagogičeskoj dejatel'nosti, Moskau 1936, 1231–1236.
- Grigorev, A. A.: O vzajmosvjazi i vzajmo-obusloflennosti komponentov geograficeskoj sredy i o roli v nich obmena vetščestva i energii. *Isvestija AN SSSR, serija geogr.* **4** (1956) 38–45.
- Haase, G.: Hanggestaltung und ökologische Differenzierung nach dem Catena-Prinzip. *Peterm. Geogr. Mitt.* **105** (1961) 1–8.
- Haase, G.: Zur Methodik großmaßstäbiger landschaftsökologischer und naturräumlicher Erkundung. *Wiss. Abh. der Geogr. Ges. der DDR* **5** (1967) 35–128.
- Haase, G.: Die Arealstruktur chorischer Naturräume. *Peterm. Geogr. Mitt.* **120** (1976) 130–135.
- Haase, G., u. a.: Beiträge zur Klärung der Terminologie in der Landschaftsforschung. *Inst. f. Geogr. und Geoökol., Leipzig* 1973.
- Hettner, A.: *Die Oberflächenformen des Festlandes*. Teubner-Verlagsges., Berlin/Leipzig 1928.
- Hubrich, H.: *Landschaftsökologische Untersuchungen im Übergangsbereich des Nordsächsischen Flachlandes und der Sächsischen Gefildezone*. Diss. Leipzig 1964.
- Hubrich, H.: Die landschaftsökologische Catena in reliefarmen Gebieten – dargestellt aus dem nordwestsächsischen Flachland. *Peterm. Geogr. Mitt.* **111** (1967) 13–18.
- Kopp, D.: Standortgeographische Gliederung des nordostdeutschen Tieflandes nach Ergebnissen der forstlichen Standortserkundung. *Wiss. Veröff. des Dt. Inst. f. Länderkunde* **23/24** (1966) 67–86.
- Krauklis, A. A.: *Strukturno-dinamičeskij facialnyj analiz južnotaeznoego landšafta nižnego priangarja*. Južnaja tajga priangarja, Leningrad 1969 32–119.
- Krauklis, A. A.: *Landšaftnye issledovanija na kompleksnych geografičeskich stacionarach*. Stacionarnye issledovanija i modelirovanie geosistem, Irkutsk 1977 16–27.
- Lauckner, M.: Der physisch-geographische Komplex im Gebiet des Eibenstocker Turmalin-Granits. *Geogr. Berichte* **25** (1962) 357–377.

- Leser, H.: Der geomorphologische Ansatz und die Anwendung der Geomorphologie in der Umweltforschung. *Geographie und Umwelt. Forschung, Planung, Bewußtseinsbildung* (Festschrift für Prof. Dr. Peter Schneider, Essen), Athenäum, Hain, Scriptor, Kronberg, Ts. 1977.
- Mannsfeld, K.: Die Bilanzmethode in der Mikrochorenanalyse. *Peterm. Geogr. Mitt.* **116** (1972) 45–53.
- Milkov, F. N.: Paragenetičeskie landsaftnye komplekxy. *Naučn. zapiski Voronežsk. otd. Geogr. Obšč-va SSSR* (1966) 3–7.
- Milne, G.: Some suggested units of classification and mapping, particularly for East African soils. *Bodenkundl. Forschungen* **4** (1935) 183–198.
- Milne, G.: A provisional soil map of East Africa. *Amani* 1936.
- Neef, E.: Elementaranalyse und Komplexanalyse in der Geographie. *Leopoldina, Reihe 3* **8/9** (1962/63) 182–197.
- Neef, E.: Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Haack, Gotha, Leipzig 1967.
- Neumeister, H.: Schichten als Strukturelemente und das zeitliche Verhalten von Geosystemen. *Peterm. Geogr. Mitt.* **125** (1981) 231–238.
- Neustruev, S. S.: O počennykh kombinacijach ravninnykh i gornych stran. *Počvovedenie* (1915) 17–23.
- Opp, C.: Zur Entwicklung der Catena-Konzeption unter besonderer Berücksichtigung der Catena-Prozesse. Diss. Halle 1982.
- Opp, C.: Eine Diskussion zum Catena-Begriff. *Hall. Jahrb. f. Geowiss.* **8** (1983) 75–81.
- Opp, C.: Bemerkungen zur Catena-Konzeption unter besonderer Berücksichtigung der eine Catena ausbildenden Prozesse. *Peterm. Geogr. Mitt.* (im Druck).
- Paffen, K. H.: Ökologische Landschaftsgliederung. *Erdkunde* **2** (1948) 167–173.
- Paffen, K. H.: Die natürliche Landschaft und ihre räumliche Gliederung. *Forsch. zur dt. Landeskunde, Bad Godesberg* **68** (1953).
- Perelman, A. J.: *Geochimija landsafta*. Moskau 1975.
- Polynov, V. V.: *Geochimičeskie landsaftny* (1926). *Izbrannye trudy Moskau* 1956.
- Polynov, V. V.: *Učenie o landsaftach. Voprosy geografii* **33** Moskau 1953.
- Raman, K. G.: Opyt klassifikacii i tipizacii geografičeskich landsaftov kak osnovy dlja fiziko-geografičeskogo rajonirovanija. *Uč. zap. Latv. gos. un-ta, geogr. nauki Riga* **27** (1959).
- Retejum, A. J.: Paragenetičeskie landsaftnye komplekxy. *Izvest. Vsesojuzn. Geogr. Obščestva* **1** (1972) 17–20.
- Richter, H.: Beitrag zum Modell des Geokomplexes. *Landschaftsforschung/Neef-Festschrift = Ergänzungsheft-Nr. 271 zu Peterm. Geogr. Mitt.* (1968 a) 39–48.
- Richter, H.: Naturräumliche Strukturmodelle. *Peterm. Geogr. Mitt.* **112** (1968 b) 9–14.
- Richter, H.: Naturräumliche Stockwerkgliederung. *Potsdamer Forschungen, Reihe B* **15** (1979) 141–149.
- Sandner, E.: Beitrag zur naturräumlichen Erkundung und Ordnung des Oberen Vogtlandes. Diss. Dresden 1970.
- Schmidt, I.: Landschaftsökologische Untersuchungen am Ostrande des Lausitzer Berglandes. Diss. Dresden 1970.
- Schmidt, K. H.: Gleichgewichtszustände in geomorphologischen Systemen. *Geogr. Zeitschr.* **66** (1978) 183–196.
- Schmidt, R.: Ergebnisse und Fortschritte in der Erforschung der Struktur der Bodendecke für die Charakterisierung heterogener Standorteinheiten – Übersichtsbeitrag. *Archiv für Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenprod.* **15** (1971) 5–21.
- Schmidt, R.: Grundlagen der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standorterkundung. *Arch. f. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* **19** (1975) 533–543.
- Schmidt, R.: Geoökologische und bodengeographische Einheiten der chorischen Dimension und ihre Bedeutung für die Charakterisierung der Agrarstandorte der DDR. *Beiträge zur Geographie* **29** (1978) 81–156.

- Schmithüsen, J.: Allgemeine Vegetationsgeographie. Berlin 1959.
- Schwanecke, W.: Die forstlich-standortskundliche Gliederung des Moritzburger Kleinkuppengebietes. Wiss. Abh. d. Geogr. Ges. d. DDR 5 (1967) 257–276.
- Snytko, V. A.: O geochimii južnotaježnych temnochojnyh fazij Srednej Sibiri. Doklady Inst. Geogr. Sibiri i Dalnego Vostoka 14 (1967) 70–78.
- Snytko, V. A.: Landšaftno-geochimičeskie podchody pri izučenii prirodnyh režimov geosistem. Metody kompleksnyh issledovanij geosistem, Irkutsk 1974, 60–65.
- Snytko, V. A.: Geochimičeskie issledovanija metabolizma v geosistemach. Verl. Nauka, Novosibirsk 1978.
- Sočava, V. B.: Tajga kak prirodnoj sredy. Južnaja priangarja, Leningrad (1969 a) 4–31.
- Sočava, V. B.: Desjat let raboty v sibiri. Doklady Inst. Geogr. Sibiri i Dalnego Vostoka 24 (1969 b) 3–24.
- Sočava, V. B.: Eksperimentalnye issledovanija geosistem. Metody kompleksnyh issledovanij geosistem, Irkutsk 1974, 3–12.
- Sočava, V. B.: Vvedenie v učenie o geosistemach. Verl. Nauka, Novosibirsk 1978.
- Vageler, P.: Die Böden Westafrikas vom Standpunkt der Catenamethode. Mitt. d. Gruppe Dt. Kolonialwirtschaftl. Unternehmen 2 (1940) 69–107.
- Vageler, P.: Koloniale Bodenkunde und Wirtschaftsplanung. Verl. Paul Parey, Berlin 1941.
- Vageler, P.: Die Untersuchungen tropischer Böden und ihre Auswertung für die Praxis. Verl. Paul Parey, Berlin 1942.
- Vageler, P.: Die agrogeologische Aufnahme jungfräulicher Großräume als Grundlage der Wirtschaftsplanung. Acta Tropica 9 (1952) 52–68.
- Vageler, P.: Faktoren der Bodenbildung und ihr Zusammenhang bei der Entstehung der Catena als bodengenetiche Charaktereinheit. Ergänzungsheft-Nr. 258 zu Peterm. Geogr. Mitt. Haack, Gotha 1955.

Dr. Christian Opp
Martin-Luther-Universität
Sektion Geographie
WB Physische Geographie
DDR - 4020 Halle
Domstraße 5