

Zusammenfassung

Die Bodenerosion muß als Prozeß im Landschaftshaushalt erforscht werden. Die dafür entwickelte mehrstufige Methodik basiert auf punkthaften bis flächendeckenden Aufnahmetechniken mit unterschiedlichen Genauigkeitskriterien. Der Übergang von punktuellen Meßdaten zur Flächenkennzeichnung ist dabei das zentrale methodische Problem. Die Felduntersuchungen werden durch parallellaufende Laboranalysen boden- und wasserchemischer Zustände begleitet. Damit wird zugleich der Nährstoffhaushalt der Landschaft in die Analysen einbezogen. Die Untersuchungen werden langfristig durchgeführt, um die zeitliche Variabilität des Bodenerosionsprozesses und seiner landschaftshaushaltlichen Folgen zu erforschen. Eine Datenbank befindet sich im Ausbau.

Summary

Soil erosion – exploration of a geoecological process

Soil erosion must be explored as a process in landscape metabolism. The multistage methodology developed for the purpose is based on point-by-point and areal logging techniques with different accuracy criteria. Transition from point-monitored measured data to areal marking is the central methodological problem involved. The field investigations are accompanied by concurrent laboratory analyses of soil-chemical and water-chemical states. In this way the nutrient metabolism of the landscape is covered by the analyses at the same time. The investigations are long-term projects in order to explore the temporal variability of the soil erosion process and its consequences for landscape metabolism. A data bank is being set up.

Резюме

Эрозия почвы – исследование геоэкологического процесса

Эрозию почвы необходимо исследовать как процесс в режиме ландшафта. Разработанная для этого многоступенчатая методика базируется на технике съёмки с различными критериями точности. Переход от точечных данных измерения к маркировке поверхностей является центральной методической проблемой. Исследования полей сопровождаются параллельно идущими лабораторными анализами химического состояния

Bodenerosion – Erforschung eines geoökologischen Prozesses

*Mit 4 Abbildungen, 2 Photos und
3 Tabellen im Text*

Autor:

Prof. Dr. rer. nat. habil. HARTMUT LESER
Geographisches Institut der Universität Basel
(Forschungsgruppe Physiogeographie und
Geoökologie)
Klingelbergstraße 16
CH-4056 Basel

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 1...17
VEB H. Haack Gotha 1986

грунта и воды. Этим самым одновременно в анализ вовлекается режим питательных веществ ландшафта. Исследования проводятся на долгосрочной основе, чтобы изучить изменчивость процесса эрозии почвы по времени и его ландшафтных последствий. Сооружается центр по обработке данных.

1.

Problemstellung

Den Einstieg in die nachfolgend genauer darzustellende Forschungsstrategie bilden zwei Feststellungen. Die wissenschaftliche Lehrbuchliteratur stellte bis vor etwa zehn Jahren quasi in Abrede, daß in der gemäßigten Klimazone Europas die Bodenerosion einen wesentlichen Faktor darstelle. Inzwischen hat sich die Vorstellung darüber gewandelt. *Bodenerosion* ist nicht nur ein *geomorphodynamischer Prozeß*, sondern sie reicht weit in den *Stoffhaushalt der Landschaftsökosysteme* hinein. Eine rein agrotechnische oder rein geomorphologische Betrachtung der Bodenerosion wird ihrem komplexen Charakter nicht gerecht.

Seit 1978 ermöglichte der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (SNF) das Projekt „Quantitative Bodenerosionsforschung auf Agrarflächen“. Die Forschungen zielen vor allem auf Grundlagenaussagen ab und sind erforderlich, weil

- durchaus keine Klarheit über das Prozeßgeschehen der Bodenerosion in der gemäßigten Klimazone Mitteleuropas besteht;
- Ergebnisse aus anderen Klimazonen, wie den Steppen Südosteuropas oder den Prärien Nordamerikas, nicht übertragbar sind, zumal dort hinsichtlich Wirtschaftsflächengrößen und Landnutzungsstil anders als in Mitteleuropa gewirtschaftet wird;
- die Kenntnis vom landschaftshaushaltlichen Charakter des Bodenerosionsprozesses zwar nicht grundsätzlich neu ist, doch forschungspraktisch – vor allem durch umfangreiche Felduntersuchungen – noch nicht realisiert wurde;
- die bisherigen Bodenerosionsuntersuchungen überwiegend auf Sonderkulturflächen durchgeführt wurden und der Normalfall der anderen Agrarflächen unberücksichtigt blieb, obwohl diese weitaus größere Areale einnehmen;
- in der raumbezogenen quantitativen landschaftshaushaltlichen Aussage auch außerhalb von Mitteleuropa noch beträchtliche Defizite herrschen.

Daraus leitet sich das *Arbeitsprogramm* der Arbeitsgruppe Bodenerosion in der Forschungs-

gruppe Physiogeographie und Geoökologie des Geographischen Institutes Basel ab. Seine Schwerpunkte sind:

- Relativierung der Lehrbuchaussagen durch eine Konzentrierung der Arbeit auf Agrarflächen normalen Typus mit durchschnittlichen Hangneigungen um 5 bis 10°, ohne Sonderkulturnutzung und ohne erosionsfördernde Großflächennutzung;
- Entwicklung einer Methodik, welche die durch die reguläre und permanente Bodenbearbeitung „verwischten“ Erosionsspuren als Form und als landschaftshaushaltlichen Effekt flächendeckend und exakt erfaßt;
- Systematisierung der Aussagen zu Prozeß und Prozeßwirkung über das Formale hinaus in Richtung flächendeckender quantitativer Aussagen mit dem Ziel, Beziehungen zu den Nutzungsarten und Nutzungstechniken herzustellen;
- Einbeziehung der Methodik einer solch komplexen Bodenerosionsforschung in die komplexe landschaftsökologische Methodik aus rein wissenschaftlicher und somit theoretischer Sicht.

Seit den ersten Feldarbeiten 1975 liegen zahlreiche quantitative Aussagen für die ausgewählten Testgebiete vor, so daß für Material- und Prozeßaussagen allmählich eine Zusammenfassung nötig würde. Diese setzt aber die Komplettierung der bereits eingerichteten Bodenerosionsdatenbank voraus. Mehrere umfassende Arbeiten durch SCHMIDT (1979), SEILER (1983) und ROHRER (1985) dokumentieren bereits die Forschungen in den Testgebieten. Weitere Einzelarbeiten umfaßt das „Schriftenverzeichnis Bodenerosion“ der Forschungsgruppe (vgl. LESER 1983a, SEILER 1983).

Bei der gegenwärtigen *Ökosystemforschung* drängt die Spezialisierung immer stärker zur Untersuchung einzelner Stoffe und Prozesse im Ökosystem. Durch flächendeckende geoökologische Aussagen zur dreidimensionalen Funktionalität der Geoökosysteme ist dazu ein methodisches Gegengewicht zu schaffen. Mittels mehrjähriger Feldforschungen in verschiedenen Testlandschaften vor methodisch-theoretischem Hintergrund mit Daueruntersuchungscharakter im weiteren Baseler Umland wurde dieses Vorhaben realisiert (vgl. LESER 1983b und

1984a...d, MOSIMANN 1984a und b, 1985). Diese Arbeiten basieren u. a. auf jenem seit TROLL (1939, 1950, 1970) für die Geographie wichtigen landschaftsökologischen Konzept, das durch NEEF, RICHTER und HAASE in den Jahren zwischen 1960 und 1975 wesentlich weiterentwickelt und mehrfach dargestellt wurde und dessen Grundidee allmählich Eingang in den englischen Sprachraum findet (FORTESCUE 1980, NAVEH und LIEBERMAN 1984).

Besonders die aus methodischen Gründen erfolgte Bewertung der geoökologischen Methodik (LESER 1984c und d) erbrachte, daß die Prozeßforschung in der Landschaft durchaus mehr offene als gelöste Probleme enthält und daß eine der Hauptschwierigkeiten die flächendeckende quantitative Haushaltsaussage ist, um die sich die Forschung immer noch bemüht. Vor diesem Hintergrund wird verständlich, daß eine auf Flächenaussage zielende quantitative und zugleich stoffhaushaltliche Bodenerosionsforschung auch einen Beitrag zum Problem der Flächenaussage in der Geoökologie bzw. Landschaftsökologie leisten kann. Zugleich wäre festzuhalten, daß – wegen der geoökologischen Forschungsdefizite – nicht einfach eine Übernahme der Flächen- und Prozeßaussagemethodik aus der Geoökologie erfolgen kann, sondern daß die Bodenerosionsforschung dazu selber einen Beitrag zu leisten hat.

2.

Das Projekt „Quantitative Bodenerosionsforschung auf Agrarflächen“

Gearbeitet wird in *Testgebieten* unterschiedlicher geomorphologischer und geoökologischer Landschaftstypen (Abbildung 1). Diese sind:

- Hochrhein (Möhliner Feld = H);
- Tafeljura (Jura I, Rothenfluh-Anwil = JI);
- Napf-Bergland (Napf, Eriswil = N) und
- Tafeljura (Jura II, Oberlauf Ergolz = JII),

Die Gebiete unterscheiden sich nach Niederschlagssummen, Substraten und Böden, teilweise im Stil der Landnutzung. Ihre Detail-

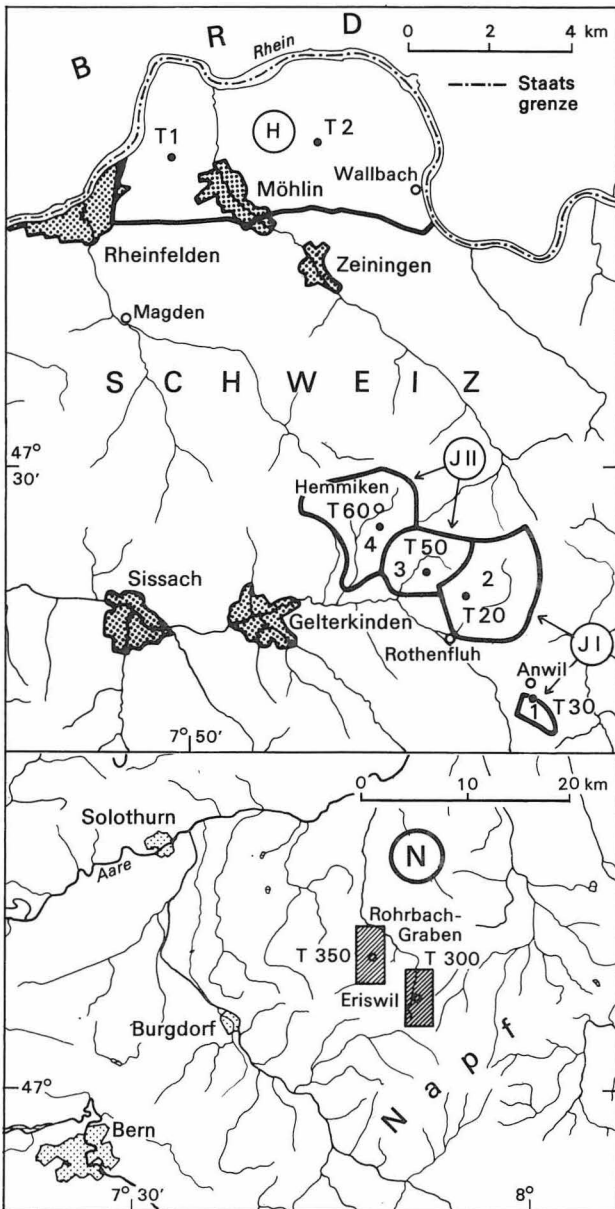


Abbildung 1
 Bodenerosionsforschungsgebiete der Baseler Arbeitsgruppe. Gegenwärtig betrieben werden:
 H – Hochrheintal (Möhliner Feld), J II – Jura II, J I – Jura I.
 In ihnen wird die landschaftshaushaltliche Komponente der Bodenerosion verstärkt berücksichtigt. Die jüngeren Untersuchungsgebiete sind Kleineinzugsgebiete.
 Einzugsgebiete:
 1 – Ribach, 2 – Dübach, 3 – Länenbach, 4 – Hemmikenbach
 T 1, T 30, T 50, T 60 – Testflächen.
 Das Arbeitsgebiet Napf (N) mit T 300 und T 350 bestand nur zwischen 1980 und 1983, T 20 im Gebiet Jura I zwischen 1978 und 1983 und T 2 im Gebiet Hochrheintal (Möhliner Feld) zwischen 1975 und 1984.

kennzeichnung ist den ausführlichen Gebietsstudien von SCHMIDT (1979), SEILER (1983) und ROHRER (1985) zu entnehmen. Verwiesen werden muß auch auf den Arbeits- und Methodikbericht von LESER, SCHMIDT und SEILER (1981).

Die in den heute noch betriebenen Testgebieten verfolgten Forschungsziele stellt Tabelle 1 dar.

Die Ermittlung *geomorphodynamischer Basisdaten* (vgl. Kapitel 3) bildet das datentechnische Grundgerüst, in das die spezielleren Datenerhebungsmethoden „eingehängt“ werden. Ihr besonderer Wert liegt darin, daß sie in einem methodischen Verbund kartiert, beobachtet und gemessen werden konnten und daß sie Dauererhebungen darstellen.

Ihr Nutzen besteht in der geomorphodynamischen Mikroprozeßaussage, dem Vergleich von Landschaftstyp zu Landschaftstyp, der Erleichterung der überregionalen „mitteleuropäischen“ Vergleiche und der mit ihnen gegebenen Grundlage für geökologische Prozeßaussagen.

Die Anwendung künstlicher Beregnung für die Prozeßforschung und die entsprechende Datenermittlung erfolgte bisher nur auf Testfläche T 1 (H) und auf dieser zugeordneten Miniparzellen. Es handelt sich um Freilandexperimente mit über den regulären Testparzellen simulierten Niederschlägen. Die Versuche werden in niederschlagsfreien Jahresabschnitten durchgeführt, um nicht mit den natürlichen Ereignissen zu kollidieren. Ab 1985 erfolgt die Beregnung auch auf der Hochterrasse des Möhliner Feldes (H). Die bei SCHMIDT (1979) beschriebene Testfläche T 2 auf der Lößhochfläche der Rhein-Hochterrasse wurde Ende 1984 aufgegeben, weil der Besitzer die Fläche – nach rund zehnjähriger Fremdnutzung – für den Eigenbedarf benötigte.

Der Nutzen der künstlichen Beregnung ist durch die Ermittlung von separierten Einzelgrößen der Prozesse gegeben, durch die Bodenschutzaussage wegen des Nachvollzuges konkreter geökologischer Situationen ähnlicher Fremdgebiete, durch das Auffüllen der Beobachtungslücken der natürlichen Ereignisse und somit durch teilweises Aufheben des Zufallscharakters solcher natürlichen Ereignisse sowie schließlich durch den direkten Vergleich natürlicher und künstlicher Niederschlagsereignisse

Forschungsziele	Gebiete		
	H	J I	J II
0. <i>Ermittlung geomorphodynamischer Basisdaten</i>			
0.1. Punktueller Messungen – Testflächen – Miniparzellen	x x	x	x
0.2. Quasiflächenhafte Messungen – Feldstationen – Feldkästen – Erosionsmeßstäbe	x x x	x x	
0.3. Flächenhafte Messungen – komplexe Schadenskartierungen – Gebietsabfluß- und Sedimentmessungen	x	x x	x x
1. <i>Bodenerosionsprozeßforschung mit Hilfe künstlicher Beregnung</i>			
1.1. Bedeutung und Wirkung von Niederschlagsmenge und -intensität	x		
1.2. Bedeutung der Hangneigung	x		
1.3. Bedeutung von Bearbeitungsrichtung, -zustand und einzelnen Feldfrüchten	x		
1.4. Ablauf und Wirkung einzelner Abtragsereignisse unter verschiedenen Randbedingungen, insbesondere auf – Auslösemechanismen der Bodenerosion – Oberflächenabflußgang – Materialtransport (Menge und Zusammensetzung im Ereignisverlauf) – Stoffausträge	x x x x		
1.5. Test einzelner Bodenschutzmaßnahmen	x		

Forschungsziele	Gebiete		
	H	J I	J II
2. <i>Regionale Differenzierung der Bodenerosionsprozesse und -formen</i>			
2.1. Regionale Differenzierung der Bodenerosionsprozesse und ihrer jeweils dominanten Steuerfaktoren	x	x	x
2.2. Regionale Differenzierung des Bodenerosionsformenschatzes	x	x	x
2.3. Vergleich verschiedener Einzugsgebietstypen (Einzugsgebietsverhalten, Stoffaustrag)		x	x
2.4. Aufstellung von Gebietsabtragsbilanzen		x	x
3. <i>Universelle Bodenverlustgleichung (USLE)</i>			
3.1. Anwendung der USLE	x	x	x
3.2. Überprüfung der Anwendbarkeit durch Vergleich mit den tatsächlichen durchschnittlichen Abtragsbeträgen	x	x	x
3.3. Ggf. Modifikation der USLE für mitteleuropäische Verhältnisse	x	x	x

Tabelle 1
Forschungsziele und ihre Realisierung in den Arbeitsgebieten Hochrhein (H), Jura I (J I), und Jura II (J II)

unter den gleichen Randbedingungen einunddesselben Freilandstückes.

Die Ermittlung der regionalen Differenzierung von Bodenerosionsformen und -prozessen und des geoökologischen Gebietshaushalts der untersuchten Testlandschaften führt zu Gebietsvergleichen und auf der Basis der einheitlich in allen Gebieten eingesetzten Methodik zu umfassenden landschaftsökologischen Aussagen.

Der Nutzen dieses Ansatzes besteht im Erkennen der Steuerfaktoren des Bodenerosions-

prozesses durch den Gebietsvergleich. Zugleich werden Beziehungen zwischen geoökologischer und geomorphodynamischer Prozeßaussage aufgedeckt, und die Ausscheidung geoökologischer Gebietstypen wird möglich. Schließlich ist eine gebietsdifferenzierte Bodenschutzaussage mit der Möglichkeit des Übergangs in kleinere Aussagemaßstäbe und somit zu großräumigeren Bodenschutzaussagen zu gewinnen.

Wesentlich ist die Prüfung der „Universellen Bodenverlustgleichung“ (USLE). Die für nordamerikanische Landnutzungsstrukturen und

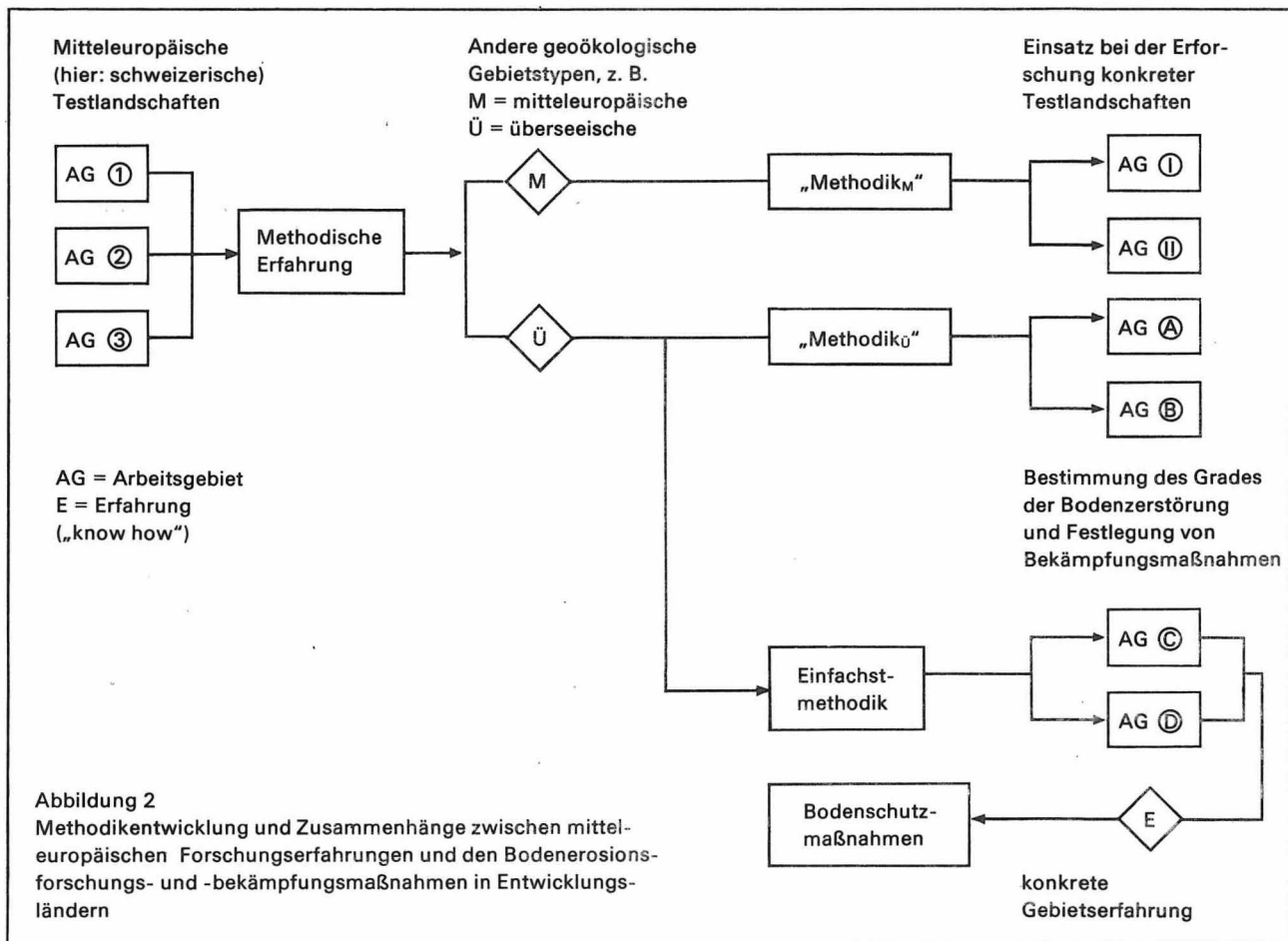


Abbildung 2
Methodikentwicklung und Zusammenhänge zwischen mitteleuropäischen Forschungserfahrungen und den Bodenerosionsforschungs- und -bekämpfungsmaßnahmen in Entwicklungsländern

ökologische Verhältnisse entwickelte USLE (Universal Soil Loss Equation) kann nur in Gebieten angewendet werden, die denen der ursprünglichen Untersuchungslandschaften gleichen. Eine nicht mittels Felddaten geprüfte Übertragung auf andere Klima-, Boden- und Nutzungsverhältnisse ist kritisch zu werten. Daher soll mit den vorliegenden, gebietsbezogenen Meßdaten in die USLE eingestiegen werden und eine Aussage über deren Wert oder über eine eventuell erforderliche Modifikation für die gemäßigte Klimazone Mitteleuropas erfolgen. Der mit diesem Ansatz erreichbare Nutzen liegt im konkreten Test der USLE mit feldbezogenem mitteleuropäischem Datenmaterial, in der Aussage über die Anwendbarkeit/Nichtanwendbarkeit der USLE in Mitteleuropa durch die Bewertung ihres Einsatzes in den verschiedenen Testlandschaften sowie in Aussagen über errechnete und gemessene Bodenerosionsdaten und somit zur Methodik der Bodenerosionsforschung selbst im Hinblick auf deren notwendige Verfeinerung oder Vergrößerung.

Mitarbeiter des Geographischen Institutes Bern haben unter Mitwirkung von Mitgliedern der Basler Forschungsgruppe bei der Bodenkartierung und Erodibilitätsbestimmung (BONO, SEILER u. a. 1984 a und b) im Rahmen eines mehrjährigen Entwicklungshilfeprojektes in Äthiopien Einfachstanwendungen solcher methodischer Grundsätze vorgenommen, wie sie z. B. in mitteleuropäischen Testlandschaften erarbeitet und angewandt wurden (HURNI 1984). Einen ähnlichen Aspekt verfolgen die seit 1984 in der Toscana laufenden Bodenuntersuchungen der Arbeitsgruppe durch HERWEG. Hier werden, wiederum ausgehend von den Erfahrungen in der Schweiz, Grob- und Einfachmethodiken – gleichwohl mit dem Ziel einer exakten Aussage über Bodenerosionsprozeß und Bodenschutz – eingesetzt und entwickelt. Durch das andersartige Klimagebiet mit seinen extremen Niederschlagsereignissen ist die Methodik wesentlich zu modifizieren. In beiden Fällen werden vereinfachte Methoden angewendet, die von dem in den schweizerischen Testgebieten

entwickelten differenzierten Methodenkomplex abgeleitet wurden (Abbildung 2).

Die Perspektiven des Gesamtprojektes zielen insgesamt nicht nur auf die Bodenerosionsforschung in der Schweiz, sondern auf generelle methodische Erfahrungen und auf den Einsatz von Bodenerosionsuntersuchungen und Bodenschutzmaßnahmen auch in Entwicklungsländern.

3. Grundlagen der Methodik

3.1.

Genereller Ansatz

Die andernorts (vgl. z. B. SCHMIDT 1983 a) differenziert dargestellte Methodik basiert auf *Feld- und Laborarbeit*, wobei sich die Feldarbeit auf eine räumliche Datenerfassung konzentriert. Die raumbezogene Aussage ist oberstes Gebot, wenn man die Bodenerosion als einen landschaftshaushaltlichen Prozeß begreifen will. Aus der Zielstellung „raumbezogene Datengewinnung“ ergeben sich jedoch zahlreiche methodische Probleme, die in der Bodenerosionsforschung bisher nur selten oder gar nicht Berücksichtigung fanden.

Der Begriff „Raumbezug“ wird dabei in zweifacher Hinsicht interpretiert:

- Untersuchung von Testlandschaften im Sinne geoökologischer Elementarlandschaften, innerhalb derer eine möglichst flächendeckende Datenermittlung unter flächenhaftem Bezug auf die geoökologischen Randbedingungen des Bodenerosionsprozesses zu erfolgen hat;
- Untersuchung der räumlichen Beziehungen zwischen Testlandschaft und ihrer weiteren Umgebung sowie Vergleiche der Testlandschaften untereinander, um die Eigenschaften und Merkmale des Bodenerosionsprozesses innerhalb der geoökologischen Landschaftstypen, welche die Elementarlandschaften repräsentieren sollen, zu ermitteln.

Die Untersuchungen innerhalb der Testlandschaften sind eindeutig topologischer Natur. Die Vergleiche zwischen den Testlandschaften mit dem Ziel einer großräumigen Aussage sind

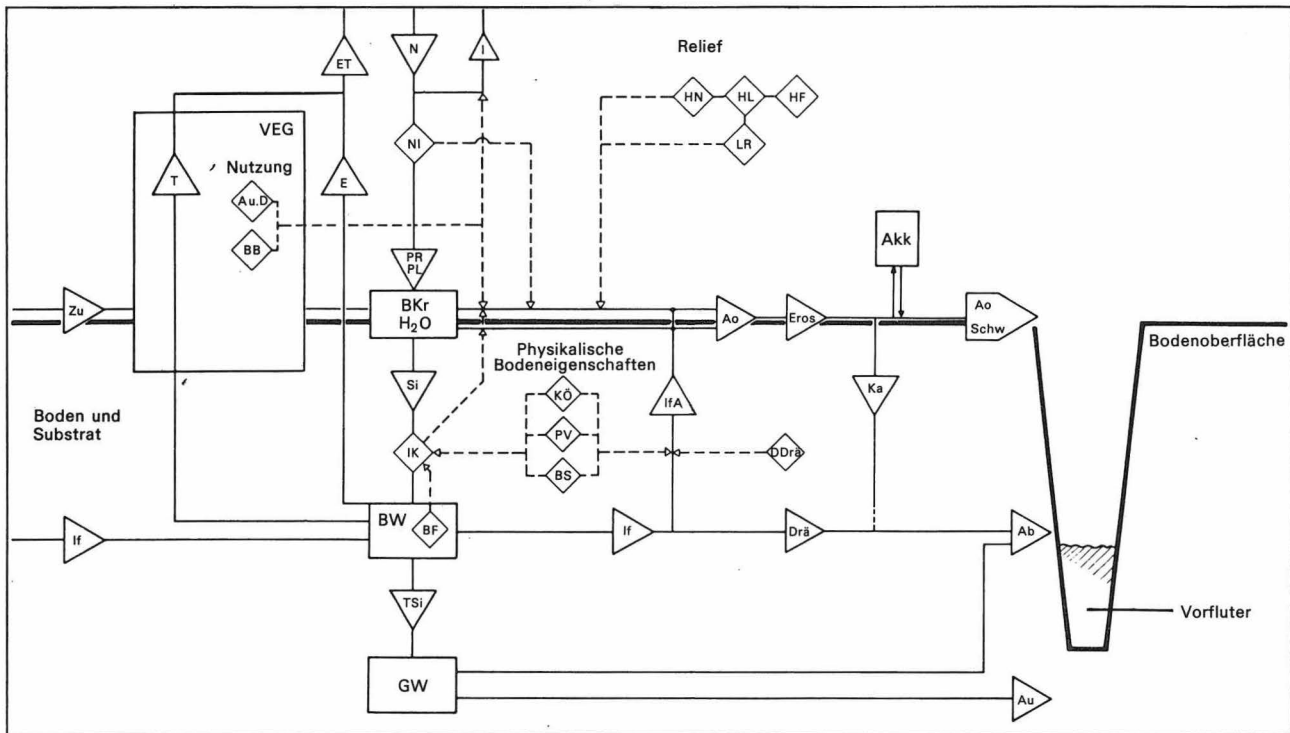
chorologischer Art. Der geoökologische topologische Ansatz der Bodenerosionsforschung im Felde wird durch den *Regelkreis* „Wasserhaushalt und Bodenerosion: Auslösende und steuernde Faktoren“ (Abbildung 3) zum Ausdruck gebracht. Dieser bildet die methodische Grundproblematik der Bodenerosionsforschung ab, denn er erfaßt neben den *Prozessen* gewisse *Speicher* und *Regler*, die sowohl geomorphologischen Charakter haben als auch dem Wasser- und Stoffhaushalt der Landschaft angehören. Diese Speicher und Regler stellen nicht nur „Randgrößen“ schlechthin dar, sondern sind integrierte Bestandteile des *Systemzusammenhanges Bodenerosion*. Die Betrachtung der Speicher, Regler und Prozesse erhellt, daß jene nicht nur durch einfache Beobachtung zu ermitteln sind, sondern durch eine komplexe, mehrstufige Methodik erfaßt werden müssen. Diese umfaßt über die verschiedenen Feldarbeitsebenen hinausgehend auch umfangreiche Bestimmungen physikalischer und chemischer Bodenmerkmale sowie chemischer Wassereigenschaften im Labor.

Da konkrete, d. h. objektbezogene und auf die geographische Realität gerichtete Bodenerosionsforschung von der topischen Größenordnung auszugehen hat, ist dieser Regelkreis in leicht modifizierter Form als Arbeitsinstrument im Sinne eines „Meßplanes“ für das System Bodenerosion universell einsetzbar. Die chorologische Aussage des regionalen bis überregionalen Vergleichs basiert auf der zusammenfassenden Bewertung solcher ausgearbeiteten Gebietsregelkreise.

3.2.

Probleme der Feldmethodik

Die *Mehrstufigkeit* der Methodik im Felde stellte SCHMIDT (1983 a, dort Abbildung 1) dar. Dabei wurde auf den Kern des methodischen Problems verwiesen. Punktuelle bzw. auf kleine und kleinste Flächen bezogene Messungen und Beobachtungen sind im Prinzip zwar richtige und oft nur die einzigen praktisch möglichen Vorgehensweisen, um quantitative Aussagen über die Bodenerosion vor Ort erzielen zu können. Solche Analysen sind aber räumlich und



Regler ◊----->

NI Niederschlagsintensität
 HN Hangneigung
 HL Hanglänge
 HF Hangform
 LR Lage im Relief
 IK Infiltrationskapazität
 PV Porenvolumen
 KÖ Körnung
 BS Bodenstruktur
 BF Bodenfeuchte
 A u. D Art und Dichte der Vegetation
 BB Bodenbearbeitung
 DDrä Dichte des Dränageleitungsnetzes

Prozesse ->▷-

N Niederschlag
 I Interception
 E Evaporation

T Transpiration
 ET Evapotranspiration
 Si Sickerung
 TSi Tiefensickerung
 If Interflow (= Hangwasser)
 IfA Interflowaustritt
 Ka Straßenkanalisationsaustritt
 Drä Dränageabfluß
 Zu Zuschußwasser
 Ao oberflächlich (und oberflächennah) abfließendes Wasser
 Schw Schwebstofftransport durch Ao
 Ab Basisabfluß
 Au unterirdischer Abfluß
 PR, PL Prall- und Planschwirkung durch Niederschlagstropfen
 Eros Bodenerosion, Bodenabtragung

Speicher □

VEG Vegetation
 BKr, H₂O Bodenkrume und Wasser
 BW Bodenwasser
 GW Grundwasser
 Akk akkumuliertes Bodenmaterial (Zwischenablagerungen)

Abbildung 3

Regelkreis Wasserhaushalt und die Bodenerosion auslösende und steuernde Faktoren. Der Regelkreis stellt den Funktionszusammenhang zwischen Boden, Wasserhaushalt und Landnutzung unter dem Aspekt des geomorphodynamischen Prozesses Bodenerosion dar. Die Kompartimente des „Systems Bodenerosion“ weisen auf die Notwendigkeit einer umfangreichen Erfassung geoökologischer Randparameter (Klima, Wasser, Georelief u. a.) hin.

zeitlich so zu vermehren und zu verdichten, daß eine Aussage über die wichtigsten Merkmale des Bodenerosionsprozesses zustande kommt.

Der Bodenerosionsprozeß

- verläuft in Form von Klein- und Kleinstkatastrophen mit episodischem bis periodischem Auftreten;
- erfaßt zwar ganze Einzugsgebiete, erfolgt jedoch innerhalb dieser geomorphodynamisch schwerpunkthaft und ist zugleich mit haushaltlichen Effekten für das Gesamteinzugsgebiet verbunden;
- wiederholt sich in Zeit und Raum.

Für die Untersuchungsmethodik folgt daraus einerseits die notwendige Längerfristigkeit der Untersuchungen, um die zeitliche Variabilität des Bodenerosionsprozesses als naturgesetzlich ablaufendem, wengleich anthropogen ausgelöstem bzw. in Gang gehaltenem Vorgang zu erfassen. Zum anderen ist die Aggregation von punktuellen, quasiflächenhaften und flächenhaften Messungen und Kartierungen erforderlich, aus deren Überlagerung sich die quantitativ-flächenhafte Aussage über den Bodenerosionsprozeß und seine Auswirkungen auf den Landschaftshaushalt des Einzugsgebietes ergibt. Ver-

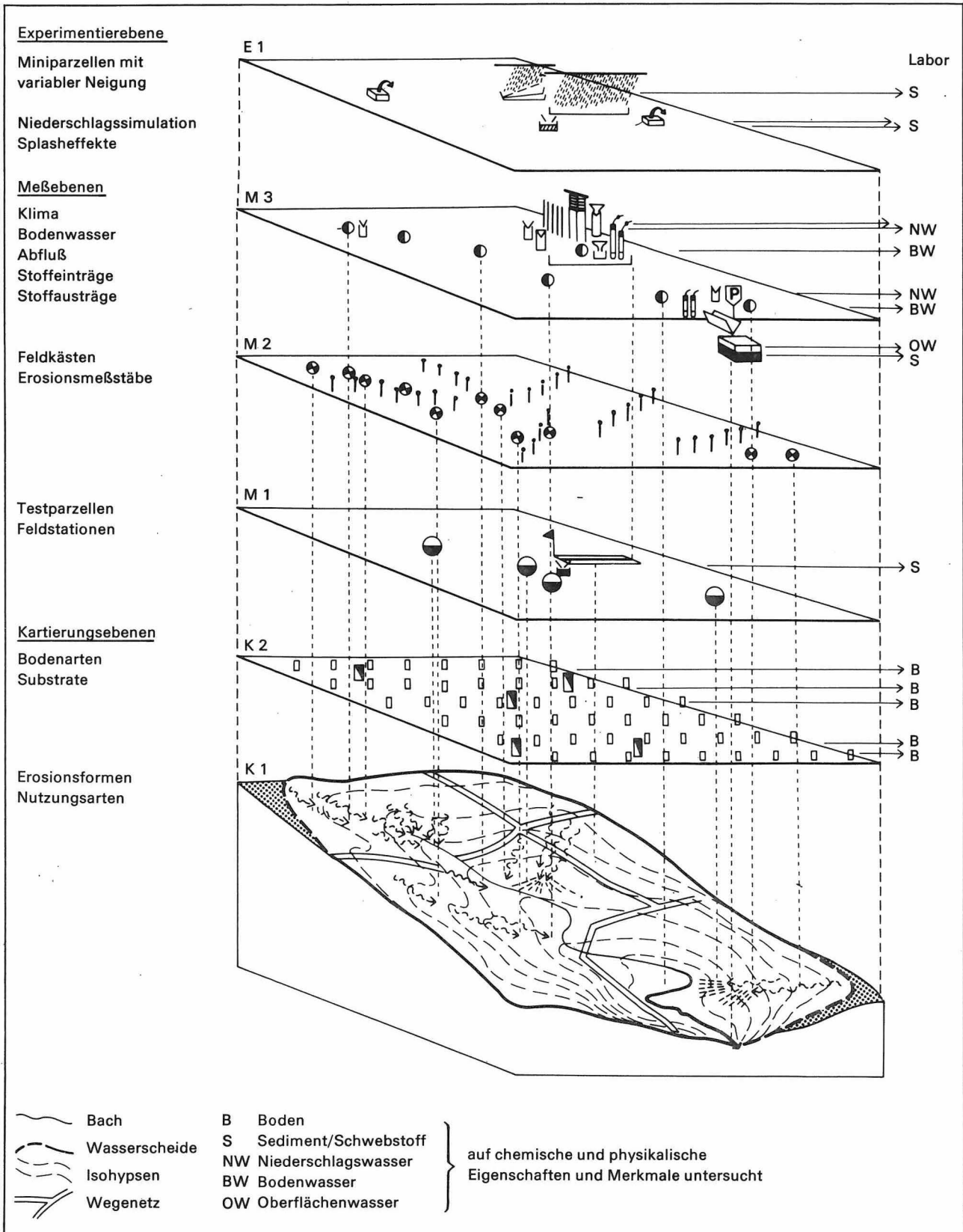


Abbildung 4
 Methodische Verfahrensebenen der Bodenerosionsforschung im Felde. Die Kartierung „statischer“ und „dynamischer“ Faktoren liefert die flächenhafte Bezugsbasis für die Meßwerte der anderen Arbeitsebenen. Die Experimentierebene hat Ergänzungsfunktion, weil der quasinatürliche Prozeß Bodenerosion vor allem unter natürlichen Bedingungen untersucht werden sollte.

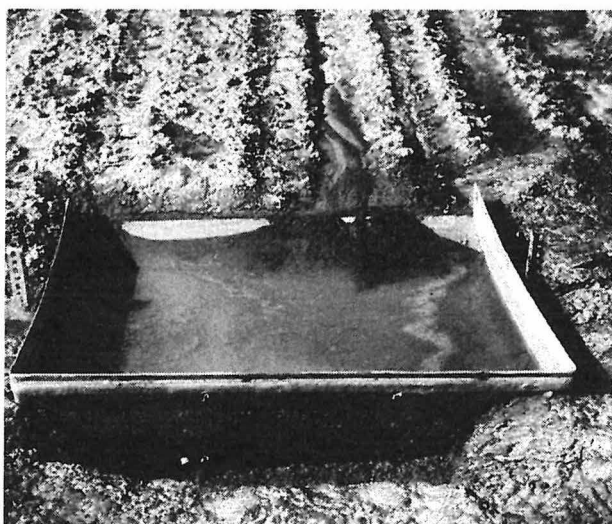


Photo 1
„Feldkasten“, der während landwirtschaftlicher Bearbeitungsvorgänge kurzfristig entfernt werden kann. Das Sediment wird in der abgedeckten Wanne aufgefangen. Überschüssiges Wasser läuft durch die Lochplatte, vor der sich ein Feinfilter befindet, ab.

Tabelle 2
Abtragsereignisse in der Testlandschaft „Hochrheintal“ (H) aus den Jahren 1982 und 1983 als Beispiel für die unterschiedlich große Häufigkeit des Auftretens von Erosionsereignissen an den verschiedenen Meßstandorten der beiden geoökologischen Gebietstypen Niederterrasse (lößfrei) und Hochterrasse (lößbedeckt).

Autor: R.-G. SCHMIDT
T = Testfläche, P = Parzelle, M = Miniparzelle

Standort/Meßstelle	Winterhalbjahr (November 81 – April 82)				Sommerhalbjahr (Mai 82 – Oktober 82)				Summe 1982	
	insgesamt		davon		insgesamt		davon		insgesamt	
			> 100 g	< 100 g			> 100 g	< 100 g		
	Anzahl	%	Anzahl	Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	Anzahl	Anzahl	%
Niederterrasse (insgesamt)	6	7	2	4	24	29	7	17	30	36
davon T 1										
P1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	0	0	0	0	2	2,5	1	1	2	2,5
P3	0	0	0	0	2	2,5	0	2	2	2,5
M1	3	3,5	0	3	10	12	3	7	13	15,5
M2	3	3,5	2	1	10	12	3	7	13	15,5
2 Feldmeßpunkte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hochterrasse (insgesamt)	25	30	22	3	29	34	17	12	54	64
davon T2										
P1	5	6	4	1	1	1	1	0	6	7
P2	3	3,5	3	0	1	1	1	0	4	4,5
P3	2	2,5	0	2	1	1	0	1	3	3,5
11 Feldmeßpunkte	15	18	15	0	26	31	15	11	41	49
Summe	31	37	24	7	53	63	24	29	84	100

fahrenstechnisch lassen sich die Teile des verwendeten Methodenkomplexes in verschiedene *Arbeitsebenen* gliedern (Abbildung 4).

In der *Kartierungsebene* werden Basisdaten flächendeckend ermittelt. Abgesehen von Landnutzungs- und Bodenerosionskartierungen stellt die flächendeckende Boden- und Substrataufnahme die Basis dar, ohne die andere Kartierungen und Messungen keine Bezugsgrundlage hätten. Rationalisierungen bei der Bodenaufnahme würden die Aussagegenauigkeit erheblich mindern.

Auf der *Meßebe* werden die geoökologischen Rahmenbedingungen im Klima-, Wasser- und Stoffhaushaltsbereich nach den üblichen Standards ermittelt. Zugleich erfolgen diverse Messungen der Bodenerosion, die SCHMIDT (1979, 1983 a) und SEILER (1980) detailliert diskutierten.

Punktuelle Aussagen in hoher Anzahl und Dichte sind in der Regel durch Grobarbeitsweisen zu gewinnen. Die exakten Messungen der Abtragsraten auf Testflächen (Photo 1) oder in Feldstationen haben den Mangel einer punktuellen bis allenfalls quasiflächenhaften Aussage mit großen räumlichen Abständen zueinander.

Dabei sind sich die Bearbeiter darüber im Klaren, daß solch eine aufwendige Erosionsdatenermittlung nicht in beliebig hoher Dichte erfolgen kann. Daraus ergibt sich auch der Rückgriff auf Kartierungstechniken und Einfachmeßtechniken mit flächendeckender bzw. quasiflächhafter Aussage.

Bis heute spricht die Frage nach der geeigneten räumlichen und zeitlichen Dichte solcher Messungen ein offenes Problem an. Natürlich ist diese vom angestrebten Untersuchungsziel wie auch vom geoökologischen Landschaftstyp abhängig. Gerade die Arbeiten auf den von Basel aus untersuchten geoökologisch unterschiedlichen Gebieten Napf, Jura und Hochrheintal haben dazu wichtige, demnächst zu publizierende Erfahrungen vermittelt (ROHRER 1985).

Als Minimum für die Zeitdauer der Messungen sind für mitteleuropäische Klimabereiche bei Normalverlauf der Witterung drei Meßjahre anzunehmen. Vier Jahre genügen bereits für eine repräsentative Gebietsaussage. Längerfristige Untersuchungen haben für die Grundlagenforschung Bedeutung. Eine praxisbezogene Aussage, bei der Grobdaten, Kartierungsfakten und Berechnungen (z. B. Erodibilität) im Vor-

dergrund stehen, kann schon nach drei bis vier Jahren vorgenommen werden. In anderen Klimazonen und Landschaftstypen stellt sich die Problematik anders dar. Das zeigten die Untersuchungen der Berner Arbeitsgruppe in Äthiopien.

Die zeitliche und räumliche Heterogenität der erfaßten Abtragungsergebnisse erschwerte die Bodenerosionsforschung. Werte aus der Testlandschaft Hochrhein über das Möhliner Feld (Tabelle 2) belegen diesen Umstand deutlich.

Die Einzelereignisse zeigen entsprechend dem Kontinuumcharakter geowissenschaftlicher Phänomene eine große Variabilität, die sich aber bei genügend langer Meßdauer auch in ihrer Wertigkeit („Normalfall“/ „Extremfall“) abschätzen läßt. Darauf weisen die Ergebnistabellen vom Möhliner Feld hin (Tabelle 3).

Die Untersuchungsebene der *Experimente* hat immer noch Zusatzcharakter, obwohl diese zahlreiche wichtige Ergänzungen der Beobachtungen und Messungen in der Natur erbringen. Das Hauptproblem ist der große Aufwand, z. B. bei der Beregnung. Dabei wird unterstellt, daß die Niederschlagssimulation auch eine solche

		Winterhalbjahr (November 82 – April 83)				Sommerhalbjahr (Mai 83 – Oktober 83)				Summe 1983			
davon		insgesamt		davon		insgesamt		davon		insgesamt		davon	
< 100 g	> 100 g			> 100 g	< 100 g			> 100 g	< 100 g			> 100 g	< 100 g
Anzahl	Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	Anzahl
9	21	12	13	0	12	4	4	1	3	16	17	1	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	10	6	6,5	0	6	2	2	1	1	8	8,5	1	7
5	8	4	4,5	0	4	2	2	0	2	6	6,5	0	6
0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	2
39	15	57	61	23	34	20	21,5	12	8	77	83	35	42
5	1	11	12	2	9	1	1	0	1	12	13	2	10
4	0	4	4	0	4	0	0	0	0	4	4,5	0	4
0	3	3	3	0	3	0	0	0	0	3	3	0	3
30	11	39	42	21	18	19	20,5	12	7	58	62,5	33	25
48	36	69	74	23	46	24	26	13	11	93	100	36	57

Normalparzellen (P 10 m ² Flächengröße)										
Ereignis	Niederschlag					Abtrag				
	Uhrzeit		Höhe (mm)	Intensität (mm/min)		Menge (l/10 m ²)	davon Abfluß			
	von	bis		$\frac{I_{30}}{I_5}$	I_{max}		auf P	absolut (l)	% von N	
A 09./10.06.1981	20.00	0.33	10,8	$\frac{0,17}{0,26}$	0,30	108	P 2/1 P 2/2 P 2/3	10,8 6,7 6,5	10,0 6,2 6,0	
B 03.06.1981	20.33	23.10	17,4	$\frac{0,54}{1,75}$	2,10	174	P 2/1 P 2/2 P 2/3	45,2 29,7 33,8	25,9 17,0 19,4	
C 10./11.07.1981	20.30 4.30	24.00 9.20	12,7 79,8	92,5	$\frac{0,17}{0,64}{1,11}{1,16}$	1,40 1,80	925	P 2/1 P 1/1 P 1/2 P 1/3	> 153 > 173 > 178 66	> 16,7 > 18,7 > 19,2 7,1
Miniparzellen (M – 2,5 m ² Flächengröße)										
Ereignis	Niederschlag					Abtrag				
	Uhrzeit		Höhe (mm)	Intensität (mm/min)		Menge (l/2,5 m ²)	davon Abfluß			
	von	bis		$\frac{I_{30}}{I_5}$	I_{max}		auf M (12° geneigt)	absolut	% von N	
A 03./04.02.1981	19.33	6.54	21,2	$\frac{0,06}{0,10}$	0,20	53	→ M 1 ↓ M 2	4,0 7,6	7,5 14,3	
B 03.06.1981	20.33	23.20	20,4	$\frac{0,38}{1,50}$	2,10	51	→ M 1 ↓ M 2	22,4 24,2	43,9 47,5	
C 10./11.07.1981	20.30 4.30	24.00 9.20	12,7 79,8	92,5	$\frac{0,17}{0,64}{1,11}{1,16}$	1,40 1,80	231,3	→ M 1 ↓ M 2	94,7 90,5	40,9 39,1

Die Daten geben zugleich einen Grobüberblick über die Abtragsraten im Untersuchungsgebiet.

A = „Normalfall, unterer Bereich“;

B = „Normalfall, oberer Bereich“;

C = „Extremfall“.

I_{30} , I_5 bezeichnen die Niederschlagsintensität innerhalb 30 Minuten bzw. 5 Minuten Zeitdauer. Die Pfeilsignaturen bezeichnen die gewählte Bodenbearbeitungsrichtung auf den Miniparzellen quer oder längs zur angegebenen Gefällsrichtung. Die Differenz der Niederschlagsdaten für die Normal- und Miniparzellen des Normalfalles B resultiert aus dem Bezug der Werte auf unterschiedliche, einige Kilometer entfernt gelegene Testparzellen.

Tabelle 3

Beispiele von Abtragsereignissen der Testlandschaft „Hochrheintal“ (H – Möhliner Feld) auf Normal- und Miniparzellen, die sich durch längere Meßdauer gewissen Ereignistypen zuordnen lassen (Autor: R.-G. SCHMIDT).

ist, das heißt, es wird ein möglichst natürlicher Niederschlagseffekt angestrebt. Die geeignete technische Lösung dafür stellt wohl jene Anlage dar, die SCHMIDT (1980, 1982, 1983 b) in der Baseler Forschungsgruppe konstruierte und testete (Photo 2).

Das Betreiben der Anlage auf denselben Testflächen, die der natürlichen Bodenerosionsmessung dienen, scheint der entscheidende Vorteil der Anlage zu sein. Ihr Einsatz wird ab 1985 stärker forciert. Der wünschenswerte Einsatz in allen Testlandschaften verbietet sich durch die

Erosionsmasse (g)	Materialmenge		Abtragsdichte (g/l)
	(g/10 m ²)	(kg/ha)	
10 949	181		17
6 753	57		9
6 656	178		28
51 998	6 840		151
32 045	2 387		80
38 423	4 633		137
> 258 219	> 105 042		< 687
> 216 926	> 44 098		< 255
> 207 766	> 29 981		< 168
72 992	7 271		< 111

Erosionsmasse (g)	Materialmenge		Abtragsdichte (g/l)
	(g/2,5 m ²)	(kg/ha)	
4 040	76	304	19
7 567	12	48	2
24 508	2 130	8 520	95
27 283	3 059	12 236	126
107 933	13 248	52 992	140
102 347	11 837	47 348	131

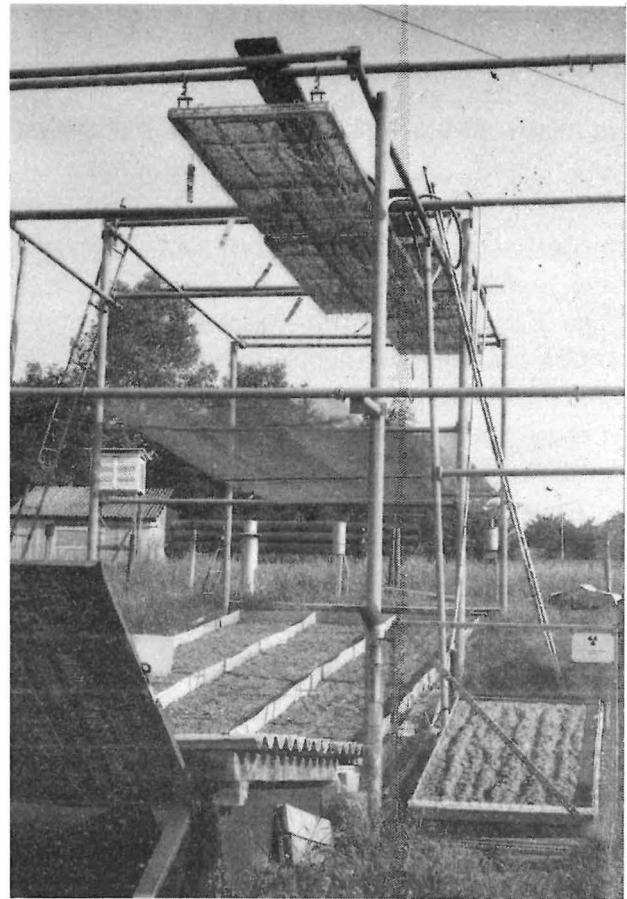


Photo 2
Testfläche T 1 / Möhliner Feld mit einer der beiden kippbaren Miniparzellen und der arbeitsbereiten Beregnungsanlage. Es wird jeweils nur eine der drei 1 × 10 m-Parzellen, die jeweils unterschiedliche Bearbeitungsrichtungen und -zustände aufweisen, beregnet. Die zwei nicht-beregneten Parzellen werden abgedeckt. Ein Windschutz am Gerüst verhindert das Abdriften der Niederschläge. Im Vordergrund links der Unterstand, in dem sich die Ablaufbleche der drei Parzellen und die Auffangtonnen befinden. Im Hintergrund meteorologisches Meßgerät.

damit verbundenen umfangreichen Anforderungen an die Infrastruktur.¹

Auf den Einsatz einer Beregnungsanlage im Labor verzichteten die Bearbeiter, um die Natürlichkeit der Randbedingungen nicht aufzugeben, die im Labor praktisch nicht zu simulieren sind. Zudem haben die Feldexperimente eine Ergänzungsfunktion, um die methodischen Lücken im Konzept, die sich u. a. auch aus den Witterungsbedingungen fast zwangsläufig ergeben, zu schließen. Soll Bodenerosionsforschung nicht zum technischen Spiel werden, muß die

Experimentierebene eine unter anderen Arbeitsebenen bleiben – und zwar mit eindeutig ergänzendem Charakter.

1 Damit soll ganz bewußt vorschneller Kritik begegnet werden, die am grünen Tisch formuliert wird. Daß die Bodenerosionsmessungen im Baseler Raum überhaupt in der hier angedeuteten Intensität und Dauer möglich wurden, ist sowohl dem hohen materiellen Aufwand, aber auch und besonders dem persönlichen Einsatz sämtlicher wissenschaftlicher und technischer Mitarbeiter der Bodenerosions-Forschungsgruppe Basel zu verdanken.

3.3.

Probleme der Labormethodik

In den in Abbildung 4 gezeigten Verfahrensebenen erfolgt die Probenahme von Boden und Substrat, Schwebstoff, Boden- und Oberflächenwasser. Die Proben werden auf chemische und – soweit erforderlich – auch auf physikalische Eigenschaften und Merkmale untersucht. Durch die ergänzenden und zugleich vertiefenden Laboranalysen werden die Bodenerosionsmessungen und -kartierungen im Felde erst zur landschaftshaushaltlichen Aussage verdichtet.

Die Probenahme erfolgt generell an repräsentativen Punkten, an denen Bodenerosion und Wasserhaushalt gemessen werden bzw. dort, wo Leitprofile aufgenommen wurden. Letztere werden einmalig gründlich untersucht, während die Probenahmen auf dem Meßebenenbereich an die Erosionsereignisse gebunden sind. Geoökologische Randbedingungen werden routinemäßig einmal wöchentlich registriert, abgesehen von den selbstregistrierenden Dauermeß- und -schreibeinrichtungen.

Unter normalen Witterungsbedingungen reichen drei- bis vierjährige Untersuchungszeiträume aus, um auch durch Probenahme gebietsrepräsentative Daten zu gewinnen. Darin sind sich Bodenerosionsuntersuchungen und geoökologische Feldmeßreihen ähnlich. Sollen durch Probenahme im Boden- und Wasserbereich alle für das stoffliche Geschehen in der Testlandschaft wesentlichen chemischen und physikalischen Kenngrößen ermittelt werden, dann kann die Probenahme weder in zeitlicher noch in räumlicher Dichte ins Uferlose getrieben werden. Daraus leitet sich der Zwang zu einer Schwerpunktbildung in der Probenahme und im Forschungsansatz generell ab.

Der „Regelkreis Bodenerosion“ (Abbildung 3) gibt den Meßplan vor, der zeigt, welche Größen im Labor ermittelt werden müssen. Er verdeutlicht zugleich die Konzentration auf jene landschaftshaushaltlich wichtigen Größen, die im Rahmen des Funktionsschemas der Bodenerosion eine Rolle spielen. Beeinflußt wird das Stoffmeßprogramm von der jeweiligen Nutzung der Testlandschaft, weil eine direkte Beziehung zu Düngung und sonstigen Stoffeinträgen besteht. Ergebnisse solcher Messungen bieten die

Arbeiten von SEILER (1983) und STAUSS (1983), die beide stark stoffhaushaltlich gewichtet sind.

Die Laborarbeit kann zurückgedrängt werden, wenn der klassische Aspekt der Bodenerosionsuntersuchungen mit Kartierung und Ausmessung der Formen sowie Mengenbestimmungen von Boden- und Substratumlagerungen im Vordergrund steht. Der zunehmendes Forschungsinteresse beanspruchende haushaltliche Charakter des Bodenerosionsvorganges zwingt jedoch dazu, der Stoffhaushaltskomponente immer mehr Rechnung zu tragen, woraus sich der Zwang zu aufwendiger Laboranalytik ergibt.

Besonders im Falle der Laborarbeit stellt sich für den Bearbeiter die Frage des Umfanges der Laborarbeit und der Menge der Daten. Ein Zweckbezug ist auch hier wieder sichtbar. Je enger die Beziehung zu einem praktischen Problem ist, um so eingegrenzter kann auch die Menge der Probenahmen und damit der Laboraten sein. Im Grundlagenforschungsbereich ist ein Vorgehen nach dem Motto „Je mehr Daten, um so besser“ nicht angebracht, hingegen führen programmbezogene ausgewählte Probenahme und Laboranalytik zum Erfolg. Das schließt nicht aus, daß bei der Weiterarbeit sich als irrelevant herausstellende Probenahmen und Laboranalysen sofort zu beenden sind, anstatt sie aus falsch verstandenem „Traditionsbewußtsein“ weiterzuführen. Permanente kritische Überprüfungen des Feld- und Laborforschungsprogrammes sind stets zweckmäßig und sollten routinemäßig erfolgen.

3.4.

Datenprobleme

Die mehrjährigen Untersuchungen in verschiedenen Testlandschaften nach dem dargestellten Arbeitsprogramm ließen allmählich einen „Datenberg“ anwachsen. Bereits die Feld- und Laboraten aus einem einzigen Untersuchungsgebiet stellten den Einzelbearbeiter vor beträchtliche Probleme, die sich aber rasch lösten, als die EDV zum Routinearbeitsinstrument wurde. Trotzdem bleiben zahlreiche Probleme, wie die Auswertung der Schreibstreifen oder die Abspeicherung der Daten, bestehen. Vom Idealzustand einer vollautomatischen Datenerfassung,

-speicherung und -weiterverarbeitung ist die Bodenerosionsforschungsgruppe Basel noch entfernt, weil sie sich auch an ökonomischen Realitäten zu orientieren hat. Gleichwohl wird versucht, so weit wie möglich zu automatisieren, obwohl hierzu erst Anfänge bestehen.

Verfolgt wird die Idee einer *Bodenerosionsdatenbank*, in der auch die geoökologischen und sonstigen Randdaten abgespeichert sind. Der Vorteil einer solchen Datensammlung liegt aus mehreren Gründen nahe:

- Die Daten vermehren sich durch die Ausweitung des Forschungsprogrammes, die Zahl der Bearbeiter und die Dauer der Meßzeiten;
- Überregionale Vergleiche, sollen sie quantitativ ausfallen, sind praktisch nicht mehr „zu Fuß“ machbar, sondern erfordern aufwendigen EDV-Einsatz, speziell auch bei der Nutzung von Fernerkundungsdaten;
- Theoriebeiträge mit quasiquantitativer oder quantitativer Aussage, sowohl im Geoökologie- als auch im Geomorphodynamikbereich, sind nur auf eine große Datenmenge gestützt zu leisten.

Die Speicherung der Daten aus den Einzelarbeitsgebieten ist realisiert, wofür in verschiedenen Arbeiten auch graphische Belege ausgedruckt wurden (vgl. SEILER 1983). Die Koordination der Datenspeicherung aller Arbeitsgebiete unter einheitlichen Prinzipien befindet sich noch in Arbeit. Als erschwerend erweisen sich in der Praxis

- die Wechsel der Bearbeiter in den Dauerarbeitsgebieten (ein administrationsbedingtes Problem mit Folgen für die Qualität der Ergebnisse);
- die Änderungen der Forschungsschwerpunkte von Gebiet zu Gebiet und innerhalb eines Gebietes (mit dem Wechsel der Bearbeiter);
- die laufenden technischen Neuerungen im Gerätesektor (Feldgeräte), die zu anderen und/oder zusätzlichen Daten führen, die mit den vorherigen – „zu Fuß“ ermittelten – rein qualitätsmäßig nicht mehr in Einklang zu bringen sind, woraus sich Datenspeicherungs- und -weiterverarbeitungsprobleme ableiten;
- die Änderungen im EDV-Angebot (Hard- und Software), die zu zeitaufwendigen Umstrukturierungen der bisherigen Datenspeicherungen und -aufarbeitungen führen.

Sämtliche geoökologischen und geomorphodynamischen Forschungsgruppen stehen daher vor dem gleichen Problem: Der wünschenswerte Gesamtüberblick über die Daten aus allen Arbeitsgebieten der jeweiligen Forschungsgruppe läßt wohl noch längere Zeit auf sich warten, weil trotz des EDV-Einsatzes die Heterogenität der Daten und die angedeuteten technischen Randbedingungen weitgehend unveränderbare Größen bleiben. Die euphorischen Erklärungen der Informatiker und der EDV-Anbieter müssen in der Institutsrealität relativiert werden. Der Zweck und die Notwendigkeit des EDV-Einsatzes im Bodenerosionsdatenbereich sind dabei unbestritten. Die Realisierung einer homogenen Datenbank scheitert aber an der Datenheterogenität, die teilweise infrastrukturell und/oder organisatorisch bedingt ist und die sich auch auf den „Gegenstand“ Bodenerosion selbst gründet. Diese ist ein geowissenschaftliches Kontinuum, bei dem schon die Datenermittlung im Felde ein großes technisches und forschungslogisches Problem darstellt.

4. Bodenerosionsforschung und geoökologische Forschung

Ansatz und Methodik zeigen, daß zwischen einer umfassend betriebenen Bodenerosionsforschung und der „reinen“ geoökologischen Forschung kein wesentlicher Unterschied besteht, zumal ja bei der Bodenerosionsforschung ein landschaftshaushaltlich wesentlicher Prozeß in den Mittelpunkt der Untersuchung gestellt wird. Die Ermittlung der geoökologischen Randgrößen unterscheidet sich ebensowenig von landschaftsökologischen Untersuchungen wie die Bestimmung und Einbeziehung des anthropogenen Anteils am Landschaftshaushalt.

Die Bodenerosionsforschung kann keineswegs die landschaftsökologische Forschung ersetzen und deren Rahmen ausfüllen, doch sie kann sich für diese als methodisch anregend erweisen. Gedacht ist hier an den experimentellen Aspekt, der sich bei der Bodenerosion durch die Niederschlagssimulation eher aufdrängt als bei

der landschaftsökologischen Forschung. Auch ließe sich das Konzept der mehrstufigen Methodik, das zumindest schon versteckt in der landschaftsökologischen Forschung existiert, für den geoökologisch-landschaftsökologischen Forschungsansatz weiter ausbauen und diesem zu einer perfekteren, mehr gebietsbezogenen Aussage verhelfen.

Bei neuaufzunehmenden Bodenerosionsforschungen sollte im jeweils konkreten Fall geprüft werden, ob das jeweilige Konzept nicht in Richtung eines landschaftsökologischen Konzeptes auszuweiten wäre. Gerade wegen der starken Ähnlichkeit in Ansatz und Methodik bietet sich diese Ausweitung an, mit der zugleich eine geoökologische Gebietsaussage erzielt werden kann, die sonst rudimentär bleiben müßte.

Die Bodenerosion wird zunehmend als eines der Übel und eine der Ursachen der Hungerkatastrophen in den Entwicklungsländern erkannt. Gleichzeitig ist zumindest dem Bodenerosionsforscher klar, daß es ohne *methodische Einbindung des Bodenerosionsprozesses in den Landschaftshaushalt und in die Landnutzung* nicht geht. Die Landschaftshaushaltsaussage ist also eine Notwendigkeit, um Wirkung und Folgen, aber auch um Bekämpfungsmaßnahmen abzuschätzen. Sicherlich gibt es respektable und zugleich gute Gründe dafür, immer kleinere Feinheiten des Bodenerosionsprozesses zu erforschen. Daraus resultiert aber auch eine zunehmende Entfernung vom geoökologischen Ansatz und schließlich auch von der geographischen Realität des Lebens- und Nutzungsraumes. Geoökologische Bodenerosionsforschung sollte, will sie ihren Realitätsbezug zu den geowissenschaftlichen Kontinua Bodenerosion, Boden und Landschaftshaushalt nicht verlieren, auf eine konkrete topologische Fundierung nicht verzichten. Dieser Maßstabbereich geographischer Forschung erweist sich zudem als unabdingbarer methodischer und arbeitstechnischer Filter für die Feld- und Laborarbeit und zugleich für die Anwendung der Ergebnisse in der landwirtschaftlichen Praxis.

Literatur

BONO, R., und W. SEILER:

Suitability of the Soils in the Suke-Harerge and Andit Tid Research Units (Ethiopia) for Contour Bunding. With 2 Soil Depth Maps 1:10000. – Research Report 4, Soil Conservation Research Project (S.C.R.P.), Ethiopia, P.O. Box 2597. – Addis Abeba, 1984. (1984 a).

–: Erodibility in the Suke-Harerge and Andit Tid Research Units (Ethiopia). With 2 Erodibility Maps 1:10000.

– Research Report 5, Soil Conservation Research Projects (S.C.R.P.), Ethiopia, P.O.Box 2597. – Addis Abeba, 1984. (1984 b).

FORTESCUE, J.A.C.:

Environmental Geochemistry. A Holistic Approach. – Ecological Studies, 35. – New York; Heidelberg; Berlin [West], 1980.

HURNI, H.:

Compilation of Phase I Progress Reports (Years 1981, 1982 and 1983). – Soil Conservation Research Project (S.C.R.P.), Ethiopia, P.O.Box 2597. – Addis Abeba, 1984.

LESER, H.:

Landschaftsökologie. – 2. Aufl. – Stuttgart, 1978.

–: Das Basler Bodenerosionsforschungskonzept: Stand und Perspektiven.

– In: Physiographica. – Basel 5 (1983), S.1...VII. (1983 a).

–: Geoökologie: Probleme, Möglichkeiten und Grenzen geoökologischer Arbeit heute. – In: Geogr. Rundschau. – Braunschweig 35 (1983), 5, S.212...221. (1983 b).

–: Zum Ökologie-, Ökosystem- und Ökotoptbegriff. – In: Natur und Landschaft. – Bonn/Bad Godesberg 59 (1984), S.351...357. (1984 a).

–: Geoökosysteme und ihre Erforschung. – In: Verhandlungen d. Ges. f. Ökologie. – Göttingen 12 (1984), S.577...587. (1984 b).

–: Das neunte „Basler Geomethodisches Colloquium“: Umsatzmessungs- und Bilanzierungsprobleme bei topologischen Geoökosystemforschungen. – In: Geomethodica. – Basel 9 (1984), S.5...29. (1984 c).

–: Fazit zum 9.BGC: „Umsatzmessungs- und Bilanzierungsprobleme bei topologischen Geoökosystemforschungen“. – In: Geomethodica. – Basel 9 (1984), S.171...179. (1984 d).

LESER, H., R.-G. SCHMIDT und W. SEILER:

Bodenerosionsmessungen im Hochrheintal und Jura (Schweiz).

– In: Peterm. Geogr. Mitt. – Gotha/Leipzig 125 (1981), 2, S.83...91.

MOSIMANN, T.:

Methodische Grundprinzipien für die Untersuchung von Geoökosystemen in der topologischen Dimension. – In: *Geomethodica*. – Basel 9 (1984), S.31...65. (1984 a).

–: Landschaftsökologische Komplexanalyse. – Wiesbaden, 1984. (1984 b).

–: Untersuchungen zur Funktion subarktischer, subalpiner und alpiner Geoökosysteme (Finnmark/Nordnorwegen und Zentralalpen). – Basel, 1985. – (*Physiogeographica*; 8)

NAVEH, Z., und A.S. LIEBERMAN:

Landscape Ecology – Theory and Application. – Springer Series on Environmental Management. – New York; Berlin [West]; Heidelberg; Tokyo, 1984.

ROHRER, J.:

Quantitative Bestimmung der Bodenerosion unter Berücksichtigung des Zusammenhanges Erosion-Nährstoff-Abfluß im oberen Langete-Einzugsgebiet (Napfgebiet, östlich Langenau). – Basel, 1985. – (*Physiogeographica*; 6)

SCHMIDT, R.-G.:

Probleme der Erfassung und Quantifizierung von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Bodenerosion (Abspülung) auf Ackerflächen. Methoden und ihre Anwendung in der Rheinschlinge zwischen Rheinfeldern und Wallbach (Schweiz) – Basel, 1979. – (*Physiogeographica*; 1)

–: Probleme der Simulation erosiver Starkregen – Versuche auf Bodenerosions-Testflächen. – In: *Regio Basiliensis*. – Basel 21 (1980), S.174...185.

–: Bodenerosionsversuche unter künstlicher Beregnung. – In: *Zeitschr. f. Geomorphol., Suppl.-Bd.* – Berlin [West]; Stuttgart 43 (1982), S.67...79.

–: Technische und methodische Probleme von Feldmethoden der Bodenerosionsforschung. – In: *Geomethodica*. – Basel 8 (1983), S.51...85. (1983 a).

–: Ein Regensimulator für Feldversuche. – In: *Wasser und Boden*. – Hamburg 35 (1983), S.179...182. (1983 b).

SEILER, W.:

Meßeinrichtungen zur quantitativen Bestimmung des Geoökofaktors Bodenerosion in der topologischen Dimension auf Ackerflächen im Jura. – In: *Catena*. – Gießen 7 (1980), S.233...250.

–: Bodenwasser- und Nährstoffhaushalt unter Einfluß der rezenten Bodenerosion am Beispiel zweier Einzugsgebiete im Basler Tafeljura bei Rothenfluh und Anwil. – Basel, 1983. – (*Physiogeographica*; 5)

STAUSS, T.:

Bodenerosion, Wasser- und Nährstoffhaushalt in der Bodenerosionstestlandschaft Jura I im Hydrologischen Jahr 1982. – Basel (Diplomarbeit) 1983.

TROLL, C.:

Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. – In: *Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde z. Berlin*. – Berlin 1939, S.241...311.

–: Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. – In: *Studium generale*. – Berlin [West]; Göttingen; Heidelberg 3 (1950), 4/5, S.163...181.

–: Landschaftsökologie (Geoecology) und Biogeocoenologie. Eine terminologische Studie. – In: *Rev. roumaine de géol., géophys. et géogr., Série de géogr.* – Bukarest 14 (1970), 1, S.9...18.

Besprechungen

TRÖGER, K.-A. (Hrsg.)

Abriß der historischen Geologie.

718 Seiten, 132 Abbildungen, 48 Tafeln und
Photos, 28 Tabellen und 27 Schemata.

Akademie-Verlag: Berlin, 1984.

Der „Abriß der historischen Geologie“ liegt in der Tradition der deutschsprachigen Lehrbücher der Historischen Geologie, die in unserem Jahrhundert mit den Namen E. KAYSER, S. v. BUBNOFF und R. BRINKMANN verbunden ist. Nach Umfang und Form setzt der „Abriß“ die „Einführung in die Erdgeschichte“ von S. v. BUBNOFF fort, deren 3. Auflage 1956 ebenfalls im Akademie-Verlag erschien. Seitdem fehlte ein entsprechendes Lehrbuch in unserem Land, sieht man von den ausführlichen Darstellungen der Erdgeschichte in der „Entwicklungsgeschichte der Erde“ aus dem Brockhaus-Verlag (5. Aufl. 1981, Hrsg. R. HOHL) ab.

Dem Autorenkollektiv unter K.-A. TRÖGER mit H.-D. KAHLKE (Quartär), H. KOZUR (Perm, Trias, Tertiär), K. RUCHHOLZ (Silur, Devon, Karbon) und A. WATZNAUER (Präkambrium) ist für die sorgfältige Arbeit zu danken, die nach einem Zeitraum von 30 Jahren einer Neufassung der „Einführung“ v. BUBNOFFS gleichkommt. Der Hauptteil des Buches (Kambrium, Ordovizium, Jura, Kreide sowie die Kapitel „Allgemeine Grundlagen“ und die Zusammenfassungen) wurde vom Herausgeber verfaßt. Des weiteren zeichnete er zahlreiche, zumeist auf die mitteleuropäische Kreide bezogene Schemata und 42 Tafeln mit den Leitfossilien der verschiedenen Systeme. Der Herausgeber hat sich sehr bemüht, dem Werk einen einheitlichen Charakter zu verleihen. Ein Vorhaben, das bei der Vielfalt der Quellen nur schwer bis zur letzten Konsequenz zu realisieren war. Bei einem Redaktionsschluß am 31.12.1980 ist es verständlich, daß teilweise die Literatur nur bis 1975 ausgewertet wurde, so daß manche bereits überholte regionale Darstellungen dem Buche zugrunde liegen. Dies trifft z. B. für das mitteleuropäische Kambrium und Ordovizium zu.

Die größte Schwäche des Buches, das als Lehrbuch konzipiert wurde, ist nach Ansicht des Rezensenten die unentschlossene Haltung der Autoren gegenüber dem modernen Mobilismus. Die Ankündigung, daß die Paläotektonik ein Teilgebiet der Historischen Geologie sei, reicht nicht. Hierunter ist mehr zu verstehen als nur die tektonischen Methoden für die Zeitbestimmung oder der Hinweis „daß für wesentliche Etappen der erdgeschichtlichen Entwicklung die Paläogeographie auch unter dem Blickwinkel des sea-

floor-spreading dargestellt wird“. So gesehen, ist der Abriß ein Rückschritt gegenüber der „Erdgeschichte“ v. BUBNOFFS, der mit seinem Werk den wissenschaftlichen Fortschritt auf dem Gebiete der Historischen Geologie mitbestimmte. Im „Abriß“ wird der Trend der modernen geowissenschaftlichen Entwicklung nicht transparent. In diesem Zusammenhang kann auch kritisiert werden, daß die Bedeutung der Sedimentationsraten kaum hervorgehoben wird, geschweige denn, BUBNOFF als Einheit für die Sedimentationsraten Erwähnung findet. Zu den Grundlagen der Lithostratigraphie gehört die WALTHERSche Regel, die in keinem modernen Lehrbuch mehr unerwähnt bleibt. Warum gerade aber in einem Lehrbuch des Landes, in dem JOHANNES WALTHER wirkte?

Schließlich noch einige Bemerkungen zur Illustration: Die Wiedergabequalität der Photographien ist zumeist so schlecht, daß man besser auf sie verzichtet hätte. Abhilfe könnte wohl nur ein Tafelteil mit Kunstdruckpapier bringen. Die Beifügung einer Beilagenmappe in der gewählten Form verdient die Bezeichnung „Notbehelf“. Der Verzicht auf Klapptafeln ist ein üblich gewordenes Zugeständnis der Autoren, dem dann Verständnis gegenüber angebracht ist, wenn technisch einwandfreier Ersatz gefunden wird. Im vorliegenden Fall sind wohl Autoren und Verlag gleichermaßen zu kritisieren. Bei zahlreichen Tabellen wäre zugunsten der Leser (Studenten!) weniger mehr gewesen.

Mit den kritischen Hinweisen folgt der Rezensent der Bitte des Herausgebers im Vorwort. Er möchte jedoch auch nicht versäumen, Autoren und Verlag für dieses langerwartete, notwendige Buch in der Hoffnung zu danken, daß bald eine 2. Auflage die notwendigen Verbesserungen und Aktualisierungen ermöglichen wird.

M. SCHWAB

Zusammenfassung

Ausgehend von dem Verfahren nach KILLE (1970) zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mittels Niedrigwasserabflüssen, werden weitere statistische Methoden bei der hydrologischen Auswertung verwendet. Die Anwendung des Medians (Z), des Modalwertes (D) und des Quartilabstandes (QA) erwies sich als brauchbar. Diese Berechnungsgrößen führen zu einer Verbesserung der Analyse des unterirdischen Abflusses. Die beschriebenen Methoden eignen sich besonders für regionale prognostische Untersuchungen und können unter bestimmten Bedingungen bei der hydrogeologischen Erkundung verwendet werden. Diese komplexen statistischen Untersuchungen setzen eine Systematisierung der Einzugsgebiete nach geohydrologischen Gesichtspunkten voraus.

Summary

Mathematical-statistical methods applied to calculating the subsurface run-off in catchment areas

Proceeding from the method of KILLE (1970) to calculate the mean long-term recharge of ground water by low-water-flow, further statistical methods are being used in hydrological evaluation. Application of the central value (Z), the modal value (D) and the quartil interval (QA) has proved workable. These quantities of calculation lead to the analysis of the subsurface run-off being improved. The methods described are suitable especially for regional prognostic studies and can be used in hydrogeological exploration, under certain conditions. These complex statistical investigations presume systematization of the drainage areas according to geohydrological criteria.

Резюме

Математически-статистические методы определения подземных стоков в бассейнах рек

Исходя из метода Килле [1970г.] по определению среднего многолетнего образования грунтовых вод посредством стока меженья, статистические методы используются при гидрологическом подсчёте. Применение медиана [Z], модального значения [D], квертильного расстояния [QA] оказались пригодными. Эти величины определений

Mathematisch-statistische Methoden zur Berechnung des unterirdischen Abflusses in Flußgebieten

Mit 4 Abbildungen und 1 Tabelle im Text

Autor:

Dipl.-Geogr. ANDREAS SCHROETER
VEB Hydrogeologie Nordhausen
Betrieb des
VEB (K) Geologische Forschung
und Erkundung Halle
Rothenburgstraße 12
Nordhausen
5500

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 19...31
VEB H. Haack Gotha 1986

ведут к улучшению анализа подземных стоков. Описанные методы подходят особенно для региональных прогностических исследований и при определённых условиях могут быть использованы при гидрогеологической разведке. Эти комплексные статистические исследования предполагают систематизацию водосборных бассейнов геогеологическими методами.

1.

Einleitung

Wegen der außerordentlichen Bedeutung des Wassers als Voraussetzung für das Leben auf der Erde nimmt die Berechnung von Wasserhaushaltsgrößen eine dominante Stellung in der Wasserforschung ein.

Für die physisch-geographischen Disziplinen, deren praxisorientierte Forschungsrichtungen von zahlreichen Nachbarwissenschaften beeinflusst werden, ergeben sich z. B. wesentliche Forschungsansätze, die im Zusammenhang mit der intensiven Nutzung der Ressource Wasser weiterentwickelt werden müssen. Hier ist die Berechnung des Grundwasserabflusses und der Grundwasserspense von Flußeinzugsgebieten und die Ermittlung der sich zugleich vollziehenden Grundwasserneubildung der Hauptanknüpfungspunkt wissenschaftlicher Diskussionen.

Beiträge dazu leisteten u. a. ALTMANN u. a. (1977), BUSCH und LUCKNER (1972), CHARDABELLAS und DYCK (1963), DYCK u. a. (1978), FRIEDRICH (1954), GABRIEL und ZIEGLER (1977), GLUGA (1970), GLUGA und ENDERLEIN (1975), GLUGA und TIEMER (1971), GLUGA u. a. (1976), GRUNSKÉ (1975), KALWEIT (1953), KORTÜM (1961), LILICH und RICHTER (1976), SCHRÄBER u. a. (1982), SPENGLER (1973) und ZIESCHANG (1965).

Im folgenden wird versucht, an Hand eines bewährten Separationsverfahrens auf der Basis von hydrologischen *MONQ-Meßreihen* verschiedene Möglichkeiten bei der Bestimmung von Grundwasserspense und -neubildungswerten aufzuzeigen. MONQ entspricht dem kleinsten mittleren Tagesabfluß des Monats. Im Rahmen vielfältiger Arbeiten über die Grundwasserneubildung wurde die Entwicklung hydrologischer Berechnungsmethoden u. a. durch KILLE (1970), KRAFT und SCHRÄBER (1982), NATERMANN (1951), WEYER (1972) und WUNDT (1967) vorangetrieben.

2.

Die Auswertung langjähriger hydrologischer MONQ-Reihen mittels statistischer Verfahren zur Bestimmung der unterirdischen Abflußhöhe

2.1.

Vorbemerkungen

Aus den hydrologischen Verfahren wurde als Grundlage für weitere Überlegungen das Separationsverfahren von KILLE (1970) ausgewählt. Diese Berechnungsmethode hat den wesentlichen Vorteil, daß bestimmte Fehlergrößen, wie erhöhte Abflüsse im Winter, Frostperioden, Abflüsse längerer Regenperioden, eliminiert werden und daß eine Trennung in die Abflußarten oberirdischer Abfluß (A_o), Deckschichtenabfluß (A_{hyp}) und Grundwasser- bzw. unterirdischer Abfluß (A_u) vollzogen wird. Dadurch gehen die den Grundwasserabfluß überlagernden Abflußanteile nicht in die Berechnungen ein. Durch die Verwendung des MONQ-Wertes werden die langjährigen hydrologischen Reihen des Pegelnetzes der Wasserwirtschaft für die Grundwasserforschung nutzbar, wobei sie gleichzeitig eine meßtechnische und statistische Sicherheit der Ergebnisse gewährleisten. Das Verfahren eignet sich für die Anwendung im Festgesteinsbereich der Hoch- und Tiefschollen des südlichen Teiles der DDR. Die speziellen Verhältnisse, wie bewegtes Relief, höhere Niederschlagssummen, geringerer Strahlungssaldo, höherer Oberflächenwasserabfluß, geringeres Speichervermögen, überwiegende effluente Bedingungen vom Einzugsgebiet zum Vorfluter, erfordern besondere Methoden für die Berechnung der Grundwasserneubildung. Die im folgenden noch kurz zu beschreibende *MONQ-Kurve* ist indirekt ein Informationsträger für verschiedene hydrologische und hydrogeologische Parameter der Einzugsgebiete.

Bei der Anwendung der nachfolgend erläuterten Vorschläge in der Praxis wird der Vergleich mit anderen hydrologischen Verfahren bzw. mit bekannten Grundwasserneubildungsberechnungen empfohlen. Je nach der Repräsentanz der hydrologischen Werte sollten die Ergebnisse in

prognostische Betrachtungen bzw. in die hydrogeologische Erkundung einbezogen werden.

Entsprechend dem hydrologischen Verfahren von KILLE (1970) wird vom folgenden Grundprinzip ausgegangen (Abbildung 1):

- Die MONQ-Werte werden nach ihrer Größe geordnet und nach der Häufigkeit ihres Auftretens in ein Diagramm eingetragen.
- Eine Ausgleichsgerade, durch die zu hohe Werte eliminiert werden, dient zur Bestimmung des Grundwasserabflusses. Sie trennt sich an einem markanten Punkt von der Kurve und zeigt am Ende der Reihe, über dem Maximum der Meßwerte, die maximale Höhe des unterirdischen Abflusses ($A_{u_{max}}$).
- Der mittlere, langjährige Grundwasserabfluß entspricht dem Median der geordneten Reihe.

Dabei betrachtet KILLE (1970) die MONQ-Reihen als Stichprobenkollektive des Grundwasserabflusses. Bei einer Mindestanzahl der Meßwerte kann von ihnen auf das Verhalten der Grundgesamtheit aller Meßwerte geschlossen werden. Auf die ausführliche Wiedergabe der Gedanken von KILLE (1970) zur stochastischen Betrachtung der MONQ-Werte, wie die Häufigkeitsverteilung von Misch- und Teilkollektiven, die Häufigkeitssummenkurve und die normale Häufigkeitsverteilung der MONQ-Grundgesamtheit, kann an dieser Stelle verzichtet werden.

Im Bereich der Wasserwirtschaftsdirektion Saale-Werra, so in den Oberflußmeistereien Erfurt und Suhl, wurde in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl von hydrologischen Meßreihen aufgestellt. Sie bilden eine wertvolle Grundlage für die nachstehend erläuterten methodischen Vorschläge. Für die Bereitstellung der MONQ-Daten dankt der Autor an dieser Stelle der Wasserwirtschaftsdirektion Saale-Werra. Es sei darauf hingewiesen, daß diese Werte in den „Gewässerkundlichen Jahrbüchern der DDR“ (1954...1984) veröffentlicht werden. Als Meßzeitdauer für die Berechnungen wird der Zeitraum von zwanzig Jahren empfohlen. Dieser Berechnungszeitraum garantiert eine hinreichende statistische Sicherheit. Für die Analyse der langzeitlichen Entwicklung des unterirdischen Abflusses und seiner anthropogenen Beeinflussung sind Vergleiche zwischen gleichlan-

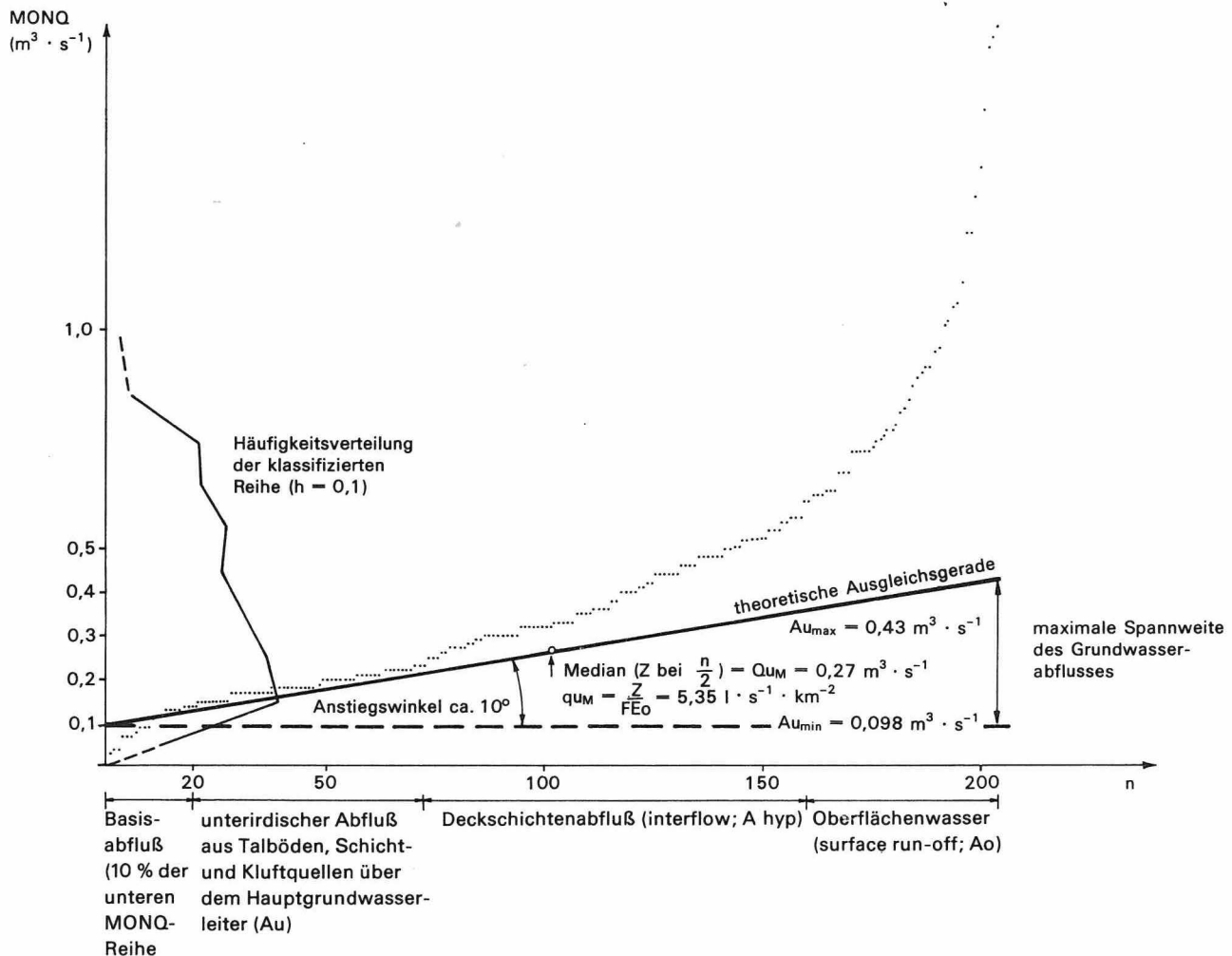


Abbildung 1
Bestimmung von q_{uM} und q_{uD} mittels der MONQ-Kurve ($n = 204$ MONQ)

gen, unterschiedlichen Zeiträumen von Vorteil. Die Mindestlänge einer auswertbaren MONQ-Reihe sollte zehn Jahre betragen.

Die Repräsentanz der Daten wird außerdem durch die Art der Meßeinrichtung (Latten- oder Schreibpegel) und deren Lage am Vorfluter bzw. im Einzugsgebiet beeinflusst. Hinsichtlich dieser Lage sind das Grundwasserdurchflußvermögen an der Meßstelle, die Durchlässigkeit der Schichten unter den quartären Talbildungen sowie das Vorhandensein geologischer Grenzen bzw. tektonischer Störungen zu berücksichtigen.

Für die Beurteilung der Ergebnisse der hydrologischen Auswertung ist eine Einschätzung des Nutzungsgrades der Grundwasserleiter und des Oberflächenwassers in den Einzugsgebieten wichtig. Lage, Verteilung bzw. Größe von Wasserwerken, Talsperren, Wehren u. a. spielen da-

bei eine Rolle. Außerdem sollten in jedem Falle Erkundigungen über die Zuverlässigkeit der Pegelmeßwerte eingezogen werden. So ist von entscheidender Bedeutung, ob innerhalb des Meßzeitraumes die Koordinaten der Meßstelle gleichgeblieben sind.

Die im Abschnitt 2.2. beschriebenen Methoden dienen ausschließlich zur Ermittlung hydrologischer Größen. Sie sagen aber nichts über die Höhe des nutzbaren Anteils von Grundwässern am unterirdischen Abfluß aus. Zwischen diesen Werten gibt es z. T. erhebliche Differenzen, die zukünftig durch verbesserte Erkundungsmethoden und neue Technologien verkleinert werden müssen. Die Vorschläge in den Abschnitten 2.2. bis 2.4. dienen der hydrologischen Auswertung im Sinne eines Beitrages zur Bewertung der frei abfließenden Grundwassermengen.

2.2.

Median (Z) und Modalwert (D) als spezifische Mittelwerte der hydrologischen Auswertung

Für eine umfassende Kennzeichnung des Grundwasserabflusses können bewährte statistische Maßzahlen und Methoden verwendet werden. Die Mittelwerte Median (Z) und Modalwert (D) nehmen hierbei eine zentrale Stellung ein.

2.2.1.

Der Median (Z)

KILLE (1970) weist in seinen Ausführungen auf die Verwendung der Mittelordinate der Ausgleichsgeraden als Maß des mittleren, langjährigen Grundwasserabflusses hin. Diese Mittelordinate ist mit der statistischen Größe des Medians (Zentralwert) gleichzusetzen. Deshalb wird vorgeschlagen, die mit Hilfe des Medians errechneten Werte mit der Fußnote M zu versehen. Dabei entspricht Qu_M dem mittleren langjährigen Grundwasserabfluß in $m^3 \cdot s^{-1}$ und qu_M der mittleren langjährigen Grundwasserspende in $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$. Qu_M läßt sich direkt aus der geordneten MONQ-Reihe ablesen. Bei klassifizierten Daten wird der Median durch Interpolationsansätze berechnet (WEBER 1967). Der Zentralwert kennzeichnet die Größenanordnung der hydrologischen Werte und ist als numerischer Wert in geordneten Datenreihen unabhängig von Extremwerten des mittelsten Gliedes. Er ist zeitunabhängig und wird in der empirischen Statistik auch „wahrscheinlicher“ Wert genannt. Bei Qu_M -Werten ist die Anzahl der vom Median abweichenden Glieder im oberen und unteren Teil der MONQ-Verteilung gleich groß. Der Median weist ein Minimum der Summe der Abweichungen der Einzelwerte auf. Er erhält deshalb bei der vorliegenden Darstellung gegenüber dem arithmetischen Mittel den Vorzug. Qu_M eignet sich zur Kennzeichnung des Mittelwertes der nach unten und oben offenen hydrologischen Niedrigwassermeßwertreihen und hat somit eine besondere Bedeutung für die Bestimmung des mittleren unterirdischen Abflusses. Die Ausführungen werden in Abbildung 1 veranschaulicht.

2.2.2.

Der Modalwert (D)

Die ermittelten Größen Qu_D bzw. qu_D entsprechen den Kenngrößen des unterirdischen Abflusses, die mit Hilfe des Modalwertes (Dichtemittel) berechnet werden. Mit Qu_D wird eine typische hydrologische Größe des Grundwasserabflusses für ein unterirdisches Einzugsgebiet berechnet. Qu_D und qu_D entsprechen den am häufigsten vorkommenden Grundwasserabflußwerten bzw. Grundwasserspenden. Zur Bestimmung des Dichtemittels müssen die MONQ-Daten klassifiziert werden. In der Klasse mit der größten Häufigkeitszahl liegt der Modalwert. Er wird also durch Klassengrenzen numerisch charakterisiert. Mit zunehmender Anzahl der MONQ-Werte pro Klasse tritt die Häufigkeitsstelle der hydrologischen Meßgrößen deutlicher hervor. In diesem Fall ist die Anwendung von Qu_D und qu_D von Vorteil (Abbildung 1). Entsprechend den spezifischen Bedingungen des Einzugsgebietes treten sowohl Reihen mit einer als auch Reihen mit mehreren Häufigkeitsstellen auf.

Als methodisches Beispiel für eine hydrologische Reihe mit einer Häufigkeitsstelle dienen die MONQ-Werte eines Pegels, der den Abfluß eines rund 50 km² großen Einzugsgebietes registriert. Die Abflüsse stammen aus Porphyriten, Porphyren, Tuffen, Sedimenten der Molasse und geosynklinaler Gesteine. Die Meßstelle selbst steht in den z. T. mit Schotterkörpern bedeckten verfestigten Tafelsedimenten im Mittelgebirgsvorland.

Bei der Berechnung von Qu_D gilt:

$$Qu_D = x_g + \frac{fn_0 - fn_{-1}}{f2n_0 - fn_{-1} - fn_{+1}} \cdot h$$

Dabei sind:

x_g	untere Grenze der am stärksten besetzten MONQ-Klasse
fn_0	Häufigkeitszahl der stärksten Klasse
$fn_{-1}; fn_{+1}$	Häufigkeitszahlen der Nachbar-klassen
h	Klassenbreite

$$Qu_D = 0,1 + \frac{39 - 10}{78 - 10 - 37} \cdot 0,1$$

$$Qu_D = 0,1 + 0,0935$$

$$Qu_D = 0,1935$$

Der häufigste Grundwasserabfluß Qu_D beträgt rd. $0,194 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ und entspricht einer Grundwasserspende von $3,8 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Bei einem Median Qu_M von $0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($qu_M = 5,351 \cdot \text{s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) beträgt die Abweichung zwischen Qu_M und Qu_D $0,076 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Der Unterschied von $1,56 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ zwischen qu_M und qu_D kennzeichnet die Asymmetrie der Verteilung der MONQ-Reihe. Daraus lassen sich indirekt Rückschlüsse auf die Abflußbedingungen, wie auf das Retentionsvermögen der Gesteine oder die Klüftigkeit, ziehen. Je kleiner die Differenz zwischen Modalwert und Median ist, desto symmetrischer ist die Verteilung der Grundgesamtheit der MONQ-Werte. Das würde z. B. auf einen relativ konstanten Grundwasserabfluß hinweisen. Der Betrag von Qu_D wird dabei nicht von der Größe aller einzelnen Werte und Klassen, sondern durch Größenunterschiede und -verhältnisse an einer für die Reihe charakteristischen Stelle beeinflusst. Die abseits von den größten Häufungen auftretenden Werte, welche die Aussage über das Grundwasserangebot manipulieren könnten, werden durch die Modalwertberechnung eliminiert. Qu_D tritt in Klassen mit größeren Klassenbreiten deutlicher hervor. Durch seine Vorteile wird das Dichtemittel zum zweiten wichtigen Parameter der Auswertung von Niedrigwasserabflüssen.

2.3.

Der Quartilabstand als Streuungsmaß des mittleren langjährigen Grundwasserabflusses

Mit der Berechnung des mittleren langjährigen Grundwasserabflusses Qu_M stellt sich die Frage nach der Variabilität dieser Größe. Die überwiegend asymmetrischen, linksschiefen MONQ-Verteilungen machen es notwendig, ein Streuungsmaß zu verwenden, das auf den spezifischen Mittelwert Z abgestimmt ist. Hierfür eignet sich der Quartilabstand QA (Hälftespielraum). Die Varianz s^2 bzw. die Standardabweichung s können nur bei annähernd symmetrischen Verteilungen angewendet werden. Dabei sollte das arithmetische Mittel \bar{x} der MONQ-Reihe gleich D und Z sein.

Klasse	Klassengrenzen		Häufigkeitszahl	kumulative Häufigkeitszahl
	untere uk_i	obere ok_i	f_i	f_{ci}
1	0	5	3	3
2	5	10	61	64
3	10	15	102	166
4	15	20	98	264
5	20	25	53	317
6	25	30	28	345

Tabelle 1

Klassifizierung der MONQ-Reihe für die Berechnung von Q_1 und Q_3 . Die Maßeinheit für uk_i und ok_i ist $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Der Quartilabstand QA liegt zwischen dem unteren Intervall Q_1 und dem oberen Intervall Q_3 . Unterhalb von Q_1 liegen 25% und über Q_1 75% der Meßwerte. Unter Q_3 befinden sich 75% der Berechnungsgrößen. Der Quartilabstand QA liefert eine unabhängige Variabilitätsangabe des unterirdischen Abflusses. QA bezieht sich auf den von extremen Werten unabhängigen Median.

Bei der Berechnung des Quartilabstandes gilt:

$$QA = Q_3 - Q_1$$

$$Q_1 = x_{q_1 0} - \frac{\frac{3n}{4} - \sum_i^k = qu_{1+1} \cdot f_i}{f_{q_1}} \cdot h$$

$$Q_3 = x_{q_3 0} - \frac{\frac{n}{4} - \sum_i^k = qu_{3+1} \cdot f_i}{f_{q_3}} \cdot h$$

Dabei sind:

$x_{q_1 0}; x_{q_3 0}$ Klassenobergrenzen von q_1 bzw. q_3

h Klassenbreite

$\frac{3n}{4}; \frac{n}{4}$ 75% bzw. 25% aller Werte oberhalb von q_1 bzw. von q_3

$f_{q_1}; f_{q_3}$ Häufigkeitszahlen der Klassen q_1 bzw. q_3

$\sum_{i=q_{1+1}}^k \cdot f_i; \sum_{i=q_{3+1}}^k \cdot f_i$ Summe der Häufigkeitszahlen der Klassen über q_1 bzw. q_3

An einem Beispiel wird die Bestimmung von Q_1 , Q_3 und QA demonstriert.

Der Pegel registriert die Abflüsse eines rd. 6000 km^2 großen Einzugsgebietes. Im Meßzeit-

raum 1946...1981 (345 MONQ-Werte) wurden folgende Grundwerte ermittelt:

$$\begin{aligned} Q_{u_M} &= 16,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ Q_{u_D} &= 15,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ q_{u_M} &= 2,70 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \\ q_{u_D} &= 2,46 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} \end{aligned}$$

Ausgangspunkt der Berechnung der unterirdischen Abflußhöhe A_u in $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$ bildete der q_{u_M} -Wert, wobei $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2} = 31,53 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ entsprechen. Grundlage der Berechnung von Q_1 und Q_3 ist die Klassifizierung der MONQ-Reihe, wie sie die Tabelle 1 zeigt.

Die Ermittlung der Lage der Werte Q_1 und Q_3 in verschiedenen Klassen der MONQ-Reihe erfolgt durch

$$\begin{aligned} Q_1 &= \frac{n}{4} = \frac{345}{4} = 86,25 \text{ und} \\ Q_3 &= \frac{3n}{4} = 258,75. \end{aligned}$$

Daraus ergibt sich, daß Q_1 in der dritten Klasse und Q_3 in der vierten Klasse liegt. Die Berechnung von Q_1 , Q_3 und Q_A geschieht wie folgt:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 15 - \frac{258,75 - 179}{102} \cdot 5 \\ Q_1 &= 11,09 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ Q_3 &= 20 - \frac{86,25 - 81}{98} \cdot 5 \\ Q_3 &= 19,73 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} Q_A &= 19,73 - 11,09 \\ Q_A &= 8,64 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Zwischen Q_1 und Q_3 liegen 50% der Grundwasserabflußwerte. Das entspricht einer Schwankung der Grundwasserspendenwerte zwischen 3,17 und $1,78 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ bei einem q_{u_M} -Wert von $2,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

2.4.

Vergleichsparameter und die Ermittlung von Grundwasserspendenwerten in Teilabschnitten der Einzugsgebiete

KILLE (1970) regt an, daß der Anstiegswinkel der Ausgleichsgeraden als Parameter der geohydrologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet

verwendet werden kann. Dies ist durchaus denkbar, setzt aber voraus, daß die Menge der MONQ-Werte (n) und der Beobachtungszeitraum bei direkten Vergleichen zwischen verschiedenen Gebieten nicht voneinander abweichen. Außerdem müssen Einzugsgebietsgröße und Gebietsniederschlag berücksichtigt werden. Wie bei der Bewertung von Q_{u_M} und Q_{u_D} sollte die Heterogenität bzw. die Homogenität des physisch-geographischen Milieus der Flußgebiete beachtet werden. Unter den gleichen Einschränkungen läßt sich die Spannweite des unterirdischen Abflusses (Abbildung 1) als Vergleichsgröße berechnen. Hierbei wird das Verhältnis zwischen dem Minimum und dem Maximum des unterirdischen Abflusses nach der Proportion

$$A_{u_{\max}} : A_{u_{\min}} = x : 1$$

betrachtet. Die oben erwähnte Ausgleichsgerade liefert im oberen Bereich der MONQ-Kurve bei der Ermittlung des Maximums des Grundwasserabflusses ($A_{u_{\max}} = Q_{u_{\max}}$) relativ sichere Angaben, da mit ihrer Hilfe die oberirdischen und hypodermischen Abflußanteile eliminiert werden. Analog zum oberen Bereich kann der untere Bereich der Ausgleichsgeraden bzw. der MONQ-Kurve als Minimum des unterirdischen Abflusses angesehen werden. Bei der Übernahme der niedrigsten Werte und bei deren anthropogener Beeinflussung besteht die Gefahr der Verfälschung der Meßergebnisse. Deshalb wird darauf orientiert, daß das arithmetische Mittel eines gleichlangen Teiles bzw. einer gleichgroßen Menge der unteren geordneten MONQ-Kurve verwendet wird. So könnte man z. B. die ersten 10% der Meßreihe für die Berechnung benutzen (Abbildung 1). Zur Darstellung und Auswertung der Ergebnisse hydrologischer Verfahren können Übersichtsdiagramme für die verschiedenen Flußgebiete dienen, in denen z. B. Gebietsniederschläge und Grundwasserspenden unter Beachtung der Einzugsgebietsgröße dargestellt und verglichen werden. Dabei ist es von Vorteil, die Höhe der Grundwasserspende in $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$ anzugeben, um einen direkten Vergleich zwischen Jahresniederschlagssummen und unterirdischem Abfluß zu gewährleisten.

Mittels der statistisch gesicherten Größen Q_{u_M} und q_{u_M} ist es möglich, Grundwasserspen-

denwerte von Teilgebieten zu berechnen. Deren Flächengrößen richten sich nach der Anordnung und Dichte der Pegel im Gesamteinzugsgebiet. Das Prinzip der Berechnung wird durch folgende Beziehungen beschrieben:

$$qu_{M \text{ Teilgebiet}} = \frac{Qu_{M \text{ Hauptpegel}} - \sum Qu_{M 1...n}}{FE_{O \text{ Hauptpegel}} - FE_{O 1...n}}$$

Dabei entspricht $Qu_{M 1...n}$ den mittleren, langjährigen Grundwasserabflüssen der Teileinzugsgebiete innerhalb des Gesamtflußgebiets. Qu_M Hauptpegel ist die Grundwasserabflußhöhe am Hauptpegel. Analog dazu entsprechen $FE_{O 1...n}$ und $FE_{O \text{ Hauptpegel}}$ den oberirdischen Einzugsgebietsgrößen der Teileinzugsgebiete bzw. des Gesamtflußgebietes. Somit bezieht sich der errechnete qu_M -Wert der Teilgebiete auf ein Areal, das zwischen Hauptpegel des Flußgebietes und Meßstellen der Teileinzugsgebiete liegt.

3. Zur regionalen Systematik geohydrologischer Einheiten

3.1. Regionale Gliederung geohydrologischer Einheiten

Der Grundgedanke dieser Gliederung ist die Verbindung der komplex wirkenden Geofaktoren unter dem Aspekt der Analyse des unterirdischen Abflusses. Ausgehend von den hydrogeologischen Verhältnissen sollten besonders die klimatischen Gegebenheiten, aber auch andere Faktoren, z. B. das Relief, berücksichtigt werden. Auf eine Erläuterung dieser geohydrologischen Einflußgrößen muß hier verzichtet werden. Von großer Bedeutung ist außerdem die Einbeziehung des von der Wasserbewirtschaftung bestimmten anthropogenen Nutzungsgrades und der hydrochemischen Verhältnisse in den Einzugsgebieten. Selbstverständlich gibt es auf Grund der Unterschiedlichkeit der Einflußgrößen Überschneidungen in der Wirkung der physisch-geographischen Faktoren. Dies ändert aber nichts an der Verwendbarkeit der ermittelten Grundwasserabflußgrößen in der wasserwirtschaftlichen Planung.

Die Verwendung von hydrologischen Werten der Wasserwirtschaft hat u. a. den Vorteil, daß die MONQ-Reihen laufend aktualisiert werden können. Es wurde vermieden, direkte Korrelationen zwischen Niederschlagssummen und Abfluß in bezug auf bestimmte Gesteinsarten bzw. stratigraphische Abteilungen herzustellen, wie sie z. B. von GABRIEL und ZIEGLER (1977) vorgeschlagen wurden. Solche auf Analogieschlüssen beruhenden Verallgemeinerungen sind zwar für ihre Bestimmungsräume eine gute Arbeitsgrundlage, sollten aber regional durch Abflußmessungen und hydrologische Verfahren bestätigt werden. Hier spielt natürlich auch die räumliche Größenordnung, in der das Untersuchungsgebiet analysiert wird, eine Rolle.

Die Gründe für eine notwendige Überprüfung der Ergebnisse der Grundwasserneubildungsberechnung liegen in der komplexen Wirkung der Geofaktoren auf den unterirdischen Abfluß. Zu diesen gehören die geomorphologischen Verhältnisse, die regionalen Fazieswechsel in gleichen stratigraphischen Einheiten, die Tektonik, die Subrosion, die Flächenanteile der Grundwasserstauer und Grundwasserleiter im Einzugsgebiet, der Grundwasserübertritt von einem in den anderen Grundwasserleiter, die Grundwasserzufuhr aus Fremdgebieten, der Gewässernetztyp, die pedologischen Verhältnisse, der Grundwasserhaushalt insgesamt, die Klimaelemente Niederschlag, Verdunstung, Temperatur und Wind und die Flächennutzung. Mit zunehmender Größe des Untersuchungsgebietes wächst die Heterogenität der physisch-geographischen Einflußgrößen und damit die Notwendigkeit spezifischer regionaler Untersuchungen in den Teileinzugsgebieten.

Die folgende Gliederung geht davon aus, daß im thüringischen Raum 3 Typen von geohydrologischen Einheiten des unterirdischen Abflusses auftreten. Die in der Gliederung verwendeten Abkürzungen entsprechen der TGL 25234/04. Sie geben die in den geohydrologischen Einheiten vorkommenden bzw. bestimmenden stratigraphischen Systeme, Gruppen und Abteilungen an. Um detaillierte vergleichende Analysen und Schlußfolgerungen über den Grundwasserabfluß erarbeiten zu können, wird mit Hilfe dieser Systematik eine regionale Untergliederung in stratigraphisch-petrographische Komplexe und

in Flußgebiete vorgenommen. Dabei müssen die oben genannten Geofaktoren sowie die oberirdischen Einzugsgebietsgrößen berücksichtigt werden. Zum Abfluß und zur Analyse geohydrologischer Faktoren Thüringens wird auf die ausführlichen Darstellungen von BAUER (1959) und ZIEGLER (1979) verwiesen.

Die räumliche Gliederung in die Einheiten A, B und C wurde unter Berücksichtigung des derzeitigen Pegelnetzes der Wasserwirtschaft im thüringischen Raum aufgestellt:

A – geohydrologische Einheit der präkambrischen und paläozoischen Gesteine der Mittelgebirge;

B – geohydrologische Einheit der verfestigten Sedimente des Tafelstockwerkes der Mittelgebirgsvorländer (Mischtypen mit starkem Mittelgebirgseinfluß);

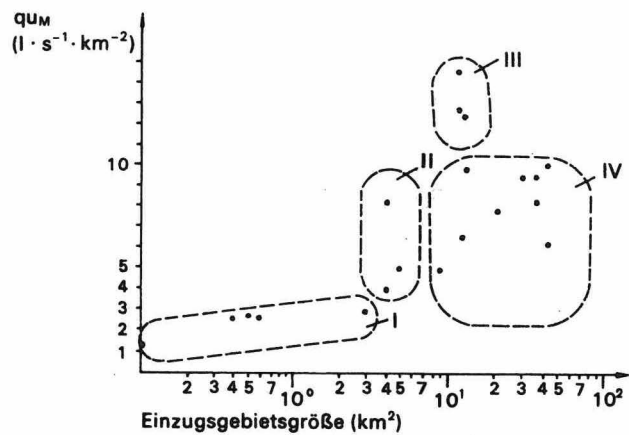
C – geohydrologische Einheit der verfestigten Tafelsedimente.

Innerhalb der geohydrologischen Einheit A treten die Gesteine des Proterozoikums (PT), des Kambrium (E), des Ordoviziums (O), des Silurs (S), des Devons (D), des Karbons (C) und des Perms (P) auf. Die hydrologischen Verhältnisse der Einzugsgebiete der Einheiten B und C werden durch die Sedimente des Zechsteins (PO), der Trias (T) und untergeordnet des Jura (J) und der Kreide (K) bestimmt. Regional gewinnen quartäre Sedimente für den unterirdischen Abfluß an Bedeutung.

3.2.

Bemerkungen zum unterirdischen Abfluß in den geohydrologischen Einheiten

Aus den Abbildungen 2...4 ist die differenzierte Verteilung der Höhe des unterirdischen Abflusses und der Grundwasserspenden in den verschiedenen geohydrologischen Einheiten ersichtlich. Erinnert wird in diesem Zusammenhang an die oben kurz umrissenen Wirkungen der geohydrologischen Faktoren, die für die Typen A, B und C an dieser Stelle nur skizzenhaft dargestellt werden können. Eine Übersicht der Verteilung von q_{UM} in den Flußgebieten von A gibt die Abbildung 2. Die Begrenzungslinien der Werte dieser Abbildung verdeutlichen einen zusammenfassenden Überblick. Die dargestell-

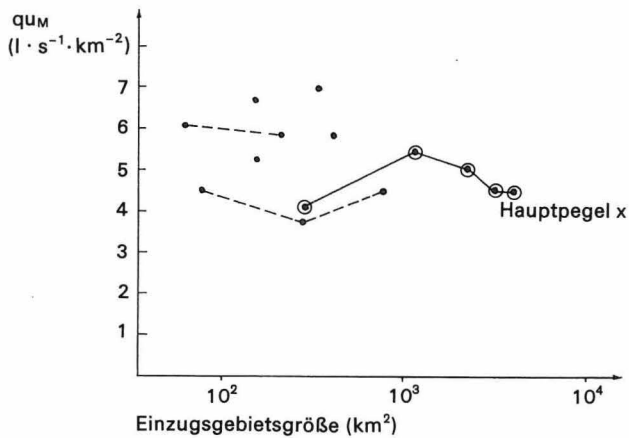


- I Kleinstzugsgebiete mit mittleren Niederschlags-summen (Grauwacke, D 3)
- II Kleinstzugsgebiete mit hohen Niederschlägen (Porphyre und Tuffe, z. T. Molassesediment, PU)
- III Kleinstzugsgebiete mit hohen Niederschlägen (Porphyre und Tuffe, PU)
- IV heterogene Einzugsgebiete mit mittleren bis hohen Niederschlägen (metamorphe Gesteine, Granite, Vulkanite, Molassesedimente u. a.)

Abbildung 2

Verteilung von q_{UM} in verschiedenen Flußgebieten der geohydrologischen Einheit A

ten Größen basieren auf den Ergebnissen hydrologischer Separationsverfahren und lassen keine direkte Korrelation zu den Gebietsniederschlägen und den Gesteinsarten bzw. den Geofaktoren erkennen. Auffallend ist die Abnahme der Höhe des unterirdischen Abflusses in Abhängigkeit von der Einzugsgebietsgröße der Einheit A. So ist z. B. die Differenz der unterirdischen Abflußpendenhöhe zwischen den Kleinstzugsgebieten (unter 10 km^2) und den mittleren Einzugsgebieten von A ($10 \dots 20 \text{ km}^2$) bei annähernd gleichen Jahresniederschlags-summen in der Regel groß (Abbildung 2). Mit zunehmender Größe der Einzugsgebiete der Einheit A nimmt die Anzahl der geohydrologisch wirksamen natürlichen Faktoren im allgemeinen zu, z. B. durch die Menge der wasserführenden Kluffzonen oder durch die Flächen-größe der Schuttdeckserien. Analog dem höheren Niederschlagsangebot und der zunehmenden Anzahl grundwasserführender Elemente erfolgt eine Retention bzw. eine Verzögerung des unterirdischen Abflusses. Dieser Umstand hat bei Trockenwetterbedingungen höhere MONQ-Werte zur Folge, die auch von den Pegeln registriert werden. Es ist selbstverständlich, daß die errechneten q_{UM} -Werte nicht für jeden



- ⊙—⊙ Einzugsgebiet des zentralen Hauptvorfluters in den verfestigten Tafelsedimenten mit starkem Mittelgebirgseinfluß
- Teileinzugsgebiet mit mindestens 2 Meßstellen
- Teileinzugsgebiet mit einer Meßstelle

Abbildung 3
Verteilung von q_{uM} in den geohydrologischen Einheiten B und C

Punkt des Einzugsgebietes präzise gelten. Zieht man den von BAUER (1959) für die Hochlagen der Thüringer Gebirge mitgeteilten Wert des mittleren oberirdischen Abflusses von $30 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ heran, so ergibt sich für den mittleren langjährigen unterirdischen Abfluß ein Anteil von 42...49% am oberirdischen Abfluß. Diese relativ hohen Werte deuten an, daß ein Teil des abfließenden Niedrigwassers in der Einheit A kein echtes Grundwasser im Sinne eines nutzbaren Vorkommens ist. Hier vollzieht sich z.T. eine Vermischung des Deckschichtenabflusses und des echten Grundwassers. Die geohydrologische Funktion der periglazialen Schuttdecken wird in diesem Zusammenhang unterschätzt. Bei der Bewertung des unterirdischen Abflusses in der Einheit A muß außerdem die Rückhaltefunktion von bewaldeten Flächen beachtet werden.

Innerhalb der zum Typ A ausgewerteten hydrologischen Messungen fällt auf, daß die q_{uM} -Werte stark voneinander abweichen. Bei ähnlichen klimatischen Bedingungen sind die Ursachen dafür im unterschiedlichen Zerklüftungsgrad und in den verschiedenen Gesteinseigenschaften begründet. So liegen z.B. die Werte bei einem größeren Flächenanteil von Molassesedimenten, Vulkaniten und Tuffen höher als in den von Graniten und metamorphen Gesteinen

eingenommenen Arealen. Oft entspricht dort der q_{uM} -Wert dem von q_{uD} , was auf ein relativ ausgeglichenes Abflußverhalten schließen läßt. Die Höhe der unterirdischen Abflüsse im Typ A, besonders in den Leelagen der Hochschollen, dokumentiert die enge Korrelation zwischen Niederschlag und Grundwasserspense.

Allgemeines Merkmal der Einheit B ist die Abwandlung des unterirdischen Abflusses durch Grundwasserversenkungen und Grundwasserzufuhr aus Fremdgebietern. Unter der Voraussetzung, daß die abfließenden Grundwasser größerer Quellen an den Pegeln der Wasserwirtschaft neben anderen Grundwassermengen mitregistriert werden, kann man den Anteil dieser Grundwasseraustritte am gesamten Grundwasserabfluß der Einzugsgebiete bei Kenntnis der mittleren Quellschüttung annähernd bestimmen. Durch die hydrologische Auswertung wurde im thüringischen Raum ein Anteil der größeren bekannten Quellen von rd. 32...35% am gesamten unterirdischen Abfluß der jeweiligen Flußgebiete ermittelt. Das gilt für die Einzugsgebiete des Typs B und C. Der meßbare mittlere Grundwasserabfluß in B ist unterschiedlich hoch. Die Ursachen liegen in den verschiedenen Niederschlagssummen, z. B. bei Luv- und Leewirkung, in der Tektonik der Gebirgsränder, in der räumlich differenzierten Fazies gleicher stratigraphischer Serien bzw. Abteilungen (z. B. zwischen Nord- und Südthüringen) und in den differenzierten geomorphologischen bzw. hydrographischen Verhältnissen. Starke Abwandlungen erfährt der unterirdische Abfluß außerdem durch die an den Mittelgebirgsrändern vorhandenen löslichen sulfatischen und karbonatischen Gesteine des Zechsteins.

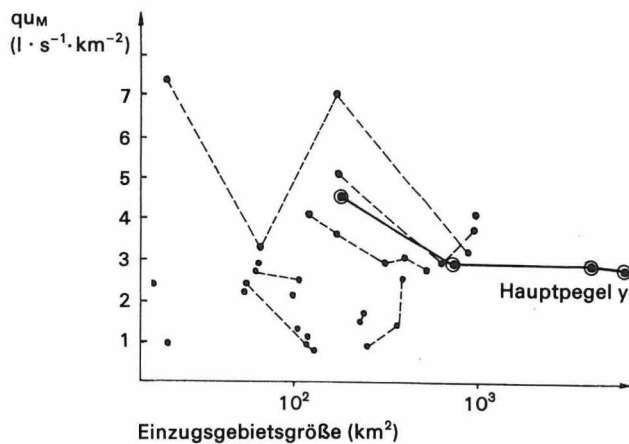
Unter der geohydrologischen Einheit C werden Einzugsgebiete zusammengefaßt, die verschiedene geologische Gesteinskomplexe bzw. stratigraphische Einheiten der Tafelsedimente in sich vereinigen. Deshalb müssen hier die unterirdischen Abflußanteile verschiedener stratigraphischer Stufen komplex betrachtet werden. So ist es z. B. oftmals in Buntsandsteingebieten notwendig, die Grundwasserabflüsse des Muschelkalkes, besonders die der Schichtquellen an Schichtstufen, und die Grundwasserabflüsse des Oberen Buntsandsteins, die z. T. an die Aus-

laugung der Gipse gebunden sind, zu berücksichtigen.

Durch die veränderten klimatischen Bedingungen in Trockengebieten fällt die hydrologisch meßbare Abflußspende q_{uM} innerhalb von C bis auf ca. $1,0 \text{ l s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ab. Errechnet man für diese Gebiete den absoluten Trockenwetterabfluß mit Hilfe des arithmetischen Mittels der unteren geordneten MONQ-Reihe (10% der kleinsten MONQ-Werte), so ergibt sich eine minimale Grundwasserspense von $< 0,5 \text{ l s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Voraussetzungen sind eine Jahresniederschlagssumme $< 550 \text{ mm}$, eine hohe Verdunstungsrate, das Vorhandensein versickerungshemmender Grundmoränendecken bzw. eine flächenhafte Lößbedeckung. Die Gültigkeit eines Grundwasserspensewertes von rd. $1 \text{ l s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ für klimatische Trockengebiete ohne Grundwasserzufuhr kann mit Hilfe einer q_{uM} -Berechnung für den Raum zwischen den Pegeln der Teileinzugsgebiete und dem Hauptpegel des Flußgebietes bestätigt werden (vgl. Abschnitt 2.4.).

In der Einheit C entstand durch die komplexe Wirkung verschiedener Geofaktoren ein stabiles hydrologisches Regime. Innerhalb des Abflußvorganges der Flußgebiete der verfestigten Tafersedimente nehmen z. B. die unterirdischen Einzugsgebiete der regenreichen verkarsteten hohen Randplatten des Muschelkalkes eine dominante Stellung ein. Aus diesen Gebieten vollzieht sich der unterirdische Abfluß auf Klüften und Störungszonen überwiegend beckenwärts. Im Beckeninneren werden die Sedimente des Keupers geohydrologisch wirksam. An ihren Ausstrichbereich sind bedeutende Quellaustritte gebunden. Ein Vergleich der q_{uM} -Werte der einzelnen Einzugsgebiete von C in größeren Beckengebieten mit höhergelegenen Randplatten und ohne höhergelegene Randplatten, besonders des Muschelkalkes, verdeutlicht ihre Grundwasserzufuhrfunktion innerhalb des Abflußregimes.

Durch die Auswertung der Hauptpegel können wertvolle Richtgrößen zur Berechnung der Höhe des unterirdischen Abflusses ermittelt werden. Dabei sind die Werte Q_{uM} und q_{uM} großer Einzugsgebiete für das gesamte Flußgebiet repräsentativ, da sich die verschiedenen Einflußgrößen ausgleichen. Durch Eliminierung



- Einzugsgebiet des zentralen Hauptvorfluters eines Beckens verfestigter Tafersedimente mit randlichem Mittelgebirgseinfluß (Erläuterung zur Abb. 4 siehe Abschnitt 3.2.)
- Teileinzugsgebiet mit mindestens 2 Meßstellen
- Teileinzugsgebiet mit einer Meßstelle

Abbildung 4
Verteilung von q_{uM} in den geohydrologischen Einheiten B und C

der mittleren langjährigen Grundwasserabflüsse der Einheit A in bezug auf die Q_{uM} -Werte der Einheit C kann der Q_{uM} -Wert des Hauptpegels überprüft werden (vgl. Abschnitt 2.4.). In den Abbildungen 3 und 4 sind verschiedene Flußgebiete von B und C zusammengefaßt und zu ihren Hauptpegeln in Beziehung gesetzt worden. Dabei stellen die einzelnen Punktssignaturen Grundwasserspensewerte einzelner Teilgebiete von B bzw. C mit jeweils einer Meßstelle dar. Die durch Liniensignaturen verbundenen Werte in den Abbildungen 3 und 4 verdeutlichen die Situation in größeren Einzugsgebieten mit mehreren Pegeln. Es zeigt sich, daß die obengenannte Ausgleichswirkung des Gesamteinzugsgebietes in bezug auf die q_{uM} -Werte erst am Hauptpegel eintritt. Generell können im thüringischen Raum analog den hydrographischen und den klimatischen Bedingungen zwei große unterirdische Abflußgebiete unterschieden werden, die ungefähr den oberirdischen Einzugsgebieten entsprechen (Hauptpegel x und y der Abbildungen 3 und 4). In diesen Abbildungen ist weiterhin die Höhe des mittleren langjährigen Grundwasserabflusses in den einzelnen Flußgebietsabschnitten erkennbar, wobei eine regionale Auswertung in diesem Rahmen nicht möglich ist. Deshalb ist eine ge-

nauere Erläuterung der einzelnen Grundwasserspendenwerte in den Teileinzugsgebieten nicht sinnvoll.

Abschließend muß betont werden, daß die Möglichkeiten der quantitativen Analyse des unterirdischen Abflusses, aber auch die Untersuchung des Abflußverhaltens von geohydrologischen Einheiten sowohl methodisch als auch regional noch nicht ausgeschöpft sind. Hier ergeben sich noch vielfältige Forschungsansätze, die in der Zukunft verfolgt werden sollten.

Literatur

- ALTMANN, K., u. a.:**
Methoden zur Bestimmung der Grundwasserneubildungsrate. – In: Geol. Jahrb. – Hannover C 19 (1977), S. 3...98.
- BAUER, L.:**
Beiträge zur Hydrogeographie Thüringens. Teil A: Vergleichende Untersuchungen der Geofaktoren, die Wasserhaushalt, Abflußverhalten und hydrologischen Charakter der Flüsse und ihrer Einzugsgebiete bestimmen. – Jena (Habil.-Schr.) 1959.
- BUSCH, K.F., und L. LUCKNER:**
Geohydraulik. – Leipzig, 1972.
- CHARDABELLAS, P.E., und S. DYCK:**
Wege zur Ermittlung der nutzbaren Grundwasserreserven. – In: Ber. d. Geol. Gesellsch. d. DDR. – Berlin 8 (1963), 3, S. 245...262.
- DYCK, S., u. a.:**
Angewandte Hydrologie. Teil 2. – Berlin, 1978.
- FRIEDRICH, W.:**
Lysimetermessungen und andere gewässerkundliche Verfahren zur Ermittlung der Grundwassererneuerung. – In: Zeitschr. d. Dt. Geol. Gesellsch. – Hannover 106 (1954), S. 41...48.
- GABRIEL, B., und G. ZIEGLER:**
Zur Berechnung des Grundwasserdargebots in triasischen Gesteinen des Thüringer Beckens. – In: Zeitschr. f. angewandte Geol. – Berlin 23 (1977), 11, S. 574...579.
Gewässerkundliches Jahrbuch d. DDR. Abflußjahre 1950...1980. – Hrsg.: Meteorologischer und Hydrologischer Dienst der DDR, ab Abflußjahr 1960 Inst. f. Wasserwirtschaft Berlin. – Berlin, 1954...1984.
- GLUGLA, G.:**
Zur Ermittlung der Grundwasserneubildung unter Berücksichtigung der Beziehung zwischen Wärme- und Wasserhaushalt. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin 20 (1970), 12, S. 397...403.
- GLUGLA, G., und R. ENDERLEIN:**
Zur Bestimmung des innerjährlichen Gangs der Grundwasserneubildung. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin 25 (1975), 12, S. 404...408.
- GLUGLA, G., und K. TIEMER:**
Ein verbessertes Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin 21 (1971), 10, S. 349...353.
- GLUGLA, G., u. a.:**
Das Programm RASTER – ein effektives Verfahren zur Berechnung der Grundwasserneubildung im Lockergestein. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin 26 (1976), 11, S. 377...382.
- GRUNSKÉ, K.-A.:**
Methodische Gesichtspunkte bei der Berechnung der Grundwasserneubildung. – In: Zeitschr. f. angewandte Geol. – Berlin 21 (1975), 3, S. 114...119.
- KALWEIT, H.:**
Der Wasserhaushalt. – 2 Bde. – Berlin, 1953.
- KILLE, K.:**
Das Verfahren MOMNQ – ein Beitrag zur Berechnung der mittleren langjährigen Grundwasserneubildung mit Hilfe der monatlichen Niedrigwasserabflüsse. – In: Zeitschr. d. Dt. Geol. Gesellsch., Sonderheft Hydrogeologie, Hydrochemie. – Hannover, 1970, S. 89...95.
- KORTÜM, F.:**
Der Zusammenhang zwischen dem Wärme- und Wasserhaushalt und sein Einfluß auf die Grundwasserneubildung. – In: Wasserwirtschaft-Wassertechnik. – Berlin 11 (1961), 8, S. 354...357.
- KRAFT, W., und D. SCHRÄBER:**
Grundwasserspendenschlüssel und ihre Anwendung bei der Ermittlung des Grundwasserdargebots in Festgesteins-Grundwasserleitern. – In: Zeitschr. f. angewandte Geol. – Berlin 28 (1982), 4, S. 153...161.
- LILLICH, W., und W. RICHTER:**
Abriß der Hydrogeologie. – Stuttgart, 1976.
- NATERMANN, E.:**
Die Linie des langfristigen Grundwassers (AuL) und die Trockenwetterabflußlinie (TWL). – In: Die Wasserwirtschaft, Sonderheft 41. – Bielefeld, 1951, S. 12...14.
- SCHRÄBER, D., u. a.:**
Zur Grundwasserdynamik in klüftigen Festgesteinen. – In: Zeitschr. f. angewandte Geol. – Berlin 28 (1982), 1, S. 37...43.
- SPENGLER, R.:**
Beiträge zur Ermittlung der Grundwasserneubildung und des Grundwasserdargebots im Lockergesteinsbereich, dargestellt am Parthegebiet. – Halle (Diss. A) 1973.
Stratigraphische Skala der DDR. – TGL 25234/04.

WEBER, E.:

Grundriß der biologischen Statistik. – 6. Aufl. – Jena, 1967.

WEYER, K. U.:

Ermittlung der Grundwassermengen in den Festgesteinen der Mittelgebirge aus Messungen des Trockenwetterabflusses. – In: Geol. Jahrb. – Hannover C 3 (1972), S. 19...144.

WUNDT, W.:

Eine Schätzung des frei abflußfähigen Grundwasservorrates. – In: Gas- und Wasserfach. – München 108 (1967), 34, S. 953...961.

ZIEGLER, G.:

Beitrag zum Grundwasserabfluß im Thüringer Festgestein. – Halle (Diss. A) 1979.

ZIESCHANG, J.:

Die Berechnung des natürlichen Grundwasserdargebots für die Grundwasserlagerstätten des Mittleren Buntsandsteins. – In: Zeitschr. f. angewandte Geol. – Berlin 11 (1965), 3, S. 131...135.

Die in den Abbildungen dargestellten bzw. im Text aufgeführten statistischen Berechnungsgrößen basieren z. T. auf MONQ-Werten 1961...1981, die den Haupttabellen der Durchflüsse der Oberflußmeistereien Erfurt und Schleusingen entnommen wurden.

Besprechungen

JUBELT, R., und P. SCHREITER
Gesteinsbestimmungsbuch.

198 Seiten, 105 Bilder, 44 Tabellen, 4 Beilagen.
7., durchgelesene Auflage.

Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie:
Leipzig, 1984.

Die 7. Auflage dieses Buches ist der Nachweis für das große Interesse, das Gesteine und Minerale gegenwärtig finden, und es ist dem Verlag dafür zu danken, daß er in 12 Jahren sieben Auflagen dieses Buches herausgebracht hat. Die nunmehr von P. SCHREITER durchgesehene 7. Auflage basiert auf der 5., überarbeiteten Auflage (1980). Eine Neuerung war dort die Einführung des DDR-Standards für die Gesteinsbezeichnungen. Leider wird auch in der neuen Auflage dem Leser die Bezugsmöglichkeit dieses Standards durch das Zentrale Geologische Institut, 1040 Berlin, Invalidenstr. 44, nicht mitgeteilt.

Da der Abschnitt Gesteinsbeschreibung mit seinen Abbildungen P. NIGGLI folgt, vergeben sich die Autoren die Gelegenheit, heimische Gesteinsgefüge exemplarisch abzubilden. Insgesamt gesehen kann die Bildauswahl zum Abschnitt Gesteinsentstehung nicht befriedigen, da Abbildungen von den Bildungsräumen und Bildungsumständen der Sedimentite und Metamorphite fehlen.

Neu ist der von P. SCHREITER entwickelte Bestimmungsschlüssel für die Gesteine, der eine graphische Umsetzung des in der 5. Auflage vorgestellten Bestimmungsschlüssels nach HANS-GEORG PAPE darstellt. Nach Auffassung des Rezensenten ergänzen sich beide Schlüssel, so daß es zu bedauern ist, daß dem Leser nicht beides in einer Auflage zur Verfügung steht. Es ist hier nicht der Platz, zu zeigen, daß nicht alle Wege im Bestimmungsschlüssel das ausgewiesene Gestein charakterisieren. So ist z. B. der Kieselschiefer nicht „ungerichtet massig“ und nicht „ausschließlich hell“ oder läßt er, wenn der „überwiegende Mineralbestand nicht erkennbar“ ist (S. 61), dann doch „Quarzeinsprenglinge erkennen“ (S. 69), die „nicht vorhanden sind“ (S. 70). Da kann schon der Laie leicht verwirrt das schwierige Suchen aufgeben. Hilfreich wären z. B. Hinweise neben den Gesteinen auf die entsprechenden Abbildungen im Tafelteil. Die Gegenüberstellung von Dünn- und Anschliff ist sehr günstig, doch sind die Erläuterungen zu knapp und nicht immer eindeutig. Platzfragen scheiden aus, denn die steten Wiederholungen „geschliffen und poliert“, „rechts unten“ usw. sind überflüssig, da auf Tafel I erläutert.

Der Hauptteil, Gesteine von A–Z, ist geeignet, die erwähnten Unklarheiten zu beseitigen. Das handliche und preiswerte Buch verdient Verbreitung nicht nur bei den naturwissenschaftlich Interessierten, sondern auch bei den Geowissenschaftlern der verschiedensten Richtungen.

M. SCHWAB

SAWKINS, F. J.

Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics. Minerals and Rocks Vol. 17 (Hrsg.: P. J. WYLLIE)

XIV, 325 Seiten, 173 Abbildungen.

Springer-Verlag: Berlin [West], Heidelberg, New York, Tokyo, 1984.

In den geologischen Wissenschaften besteht nicht selten ein Widerspruch zwischen den theoretischen Vorstellungen zur Metallogenese und den praktischen Arbeiten zur Suche und Erkundung der Rohstoffe. In Mitteleuropa hat sich die Geosynkinaltheorie so bewährt, daß sie noch heute eine wesentliche Grundlage für die Suche nach den Erzlagerstätten darstellt. Plattentektonische Vorstellungen gewinnen in unserem Land nur langsam Bedeutung für metallogenetische Forschungen, so daß der vorliegende Titel dazu beitragen kann, Vorurteile abzubauen.

Der Autor – Hochschullehrer am Department für Geologie und Geophysik an der Universität Minnesota – hat zahlreiche der von ihm berücksichtigten Lagerstätten selbst besucht und betrachtet es als eine Aufgabe seines Buches, die Widersprüche zwischen den alten geologischen Vorstellungen und den modernen globaltektonischen Erkenntnissen zu reduzieren und die Fragen der Metallogenese in Verbindung mit ihren physikochemischen, lithologischen und tektonischen Bildungsbedingungen vorzustellen. Der Autor versucht sein Ziel dadurch zu erreichen, daß er die plattentektonischen Bildungsbedingungen stets am realen Beispiel – der Lagerstätte – beschreibt, ein Vorzug des Buches. Dem Gegenstand des Buches entsprechend, liegt der Schwerpunkt bei den magmatischen Lagerstätten. Der Umfang verbietet die detaillierte Darstellung der verschiedenen Lagerstätten, doch gestatten ca. 1000 Literaturzitate das schnelle Auffinden der gewünschten Einzelheiten.

Das Buch gliedert sich nach plattentektonischen Merkmalen in drei Teile. Die Lagerstättentypen werden den konvergenten und den divergenten Plattengrenzen und im dritten Teil den Kollisionen zugeordnet. Bei den Vorkommen an den konvergenten Plattengrenzen werden unterschieden: die Metallanreicherungen an den zentralen Inselbögen (z. B.

Porphyry-Erze, kupferführende Brekzien, Skarnerze, Goldlagerstätten), an den Innenseiten der zentralen Inselbögen (z. B. die Erzlagerstätten des Andenorogens), an den inselbogenebenen Riften (sulfidische polymetallische Lagerstätten) und die Lagerstätten der fore-arc-Bereiche.

Im Zusammenhang mit den divergenten Plattengrenzen werden die Lagerstätten der ozeanischen Kruste (u. a. die Sulfid- und Chromiterze der Ophiolithgürtel) behandelt. Die Erzanreicherungen der kontinentalen Kruste werden auf kontinentale hot-spots bezogen (z. B. Bushveld, Sudbury, Stillwater-Komplex). Unterschieden werden die Vorkommen in Verbindung mit den frühen Stadien der kontinentalen Riffe (z. B. die Kupferlagerstätten von Sambia und Norilsk) und den späteren Stadien der Riftbildung (u. a. die Sulfiderze des Roten Meeres, von Broken Hill und Neu-Braunschweig, des Rammelsberges; die proterozoischen Bänder-Eisenerze und Urankonglomerate). Die granitgebundenen Zinn- und Uranerze werden mit den Kollisionsprozessen in Verbindung gebracht. Abschließend werden Vorstellungen zur Perspektive der Erzlagerstätten erkundung im Bereiche von Lineamenten und Transformstörungen behandelt.

Das anregend geschriebene Buch besitzt seinen Wert in der vergleichenden Darstellung der Lagerstätten unter einem aktuellen regionalgeologischen Aspekt. In den Details bietet es zahlreiche Ansätze zu Diskussionen, die aber das generelle Anliegen des Buches nicht berühren.

M. SCHWAB

Zusammenfassung

Der Beitrag analysiert die Standortverteilung und Grundflächennutzung der halleschen Industrie. Die Bewertung der Flächennutzung erfolgt über Kennwerte zur städtebaulichen und ökonomischen Nutzungsintensität sowie zur Flächenproduktivität. Die hierarchische und funktionsspezifische Erfassung und Bewertung der Flächennutzung liefert wichtige Anhaltspunkte für die territoriale Rationalisierung und Planung der Industrieflächen einer Stadt. Die Standortverteilung der Industrie der Stadt Halle wird für das Jahr 1983 festgestellt. Die wichtigsten Entwicklungstendenzen der industriellen Flächennutzung bis zur Gegenwart werden thesenhaft zusammengefaßt.

Summary

Studies of the efficient utilization of the Halle industrial area

The article analyses the siting and acreage utilization of the industry in Halle. Areal utilization is evaluated with the aid of characteristic data dealing with town construction and economic utilization intensity and with areal productivity. Hierarchical and function-specific logging and evaluating of areal utilization provides important clues to territorial rationalisation and the planing of a town's industrial areas. The siting of industry in the town of Halle is ascertained for 1983. The important trends in industrial areal utilization up to the present are summarized as theses.

Резюме

Исследования по рациональному использованию галльских промышленных площадей

Статья анализирует распределение месторождений и использование основных площадей галльской промышленности. Данные землепользования представляются для градостроительной и экономической интенсивности, а также для продуктивности площадей. Иерархический и функционально-специфический учёт и оценка землепользования представляют собой исходную точку для территориальной рационализации и планирования промышленных площадей города. О распределении местонахождения промышленности города Галле на 1983г. составляется анализ. Наиважнейшие тенденции развития промышленного использования площадей до настоящего времени обобщаются.

Untersuchungen zur rationellen Nutzung der halleschen Industrieflächen

Mit 3 Abbildungen und 1 Tabelle im Text

Autor:

Dr. WOLFGANG WALOSSEK
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Sektion Geographie
Wissenschaftsbereich Ökonomische Geographie
Heinrich-und-Thomas-Mann-Straße 26
Halle (Saale)
4020

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 33...47
VEB H. Haack Gotha 1986

1.

Vorbemerkung

Dieser Beitrag knüpft an die Untersuchungen zu den Industriegebieten, zur Entwicklung der Standortverteilung der Industrie und zur Bewertung der industriellen Flächennutzung der Stadt Halle an (WALOSSEK 1974, 1980, 1982). Nachfolgend wird die Flächennutzung der halleischen Industrie näher analysiert und es werden Möglichkeiten zur rationelleren Nutzung der Industrieflächen aufgezeigt. Dabei bedarf es klarer Termini zur Flächennutzung. Der hierarchische Aufbau der Flächennutzung von einer homogenen Nutzflächenart bis zum städtischen Funktionsgebiet der Flächennutzung wurde bereits vorgestellt (WALOSSEK 1978). Wenige notwendige Begriffe zur Erfassung und Bewertung der Flächennutzung der Industrie werden zum besseren Verständnis der dargelegten Probleme am Schluß erläutert.

2.

Standortverteilung, Struktur und Funktion der städtischen Produktionsstätten

Eine Analyse der Standortverteilung der halleischen Industrie (WALOSSEK 1981) erbrachte folgende Ergebnisse:

- In den zentralen Bereichen der Stadt sind die Standortbedingungen für die Industriestandorte ungünstig.
- Die Produktionskapazitäten der Betriebe sind stark zersplittert.
- Die bestehende funktionale Mischung von Arbeiten und Wohnen hat negative Auswirkungen auf die Arbeits- und Lebensbedingungen der Bevölkerung.
- Es fehlen Kapazitäten im Bereich der technischen Infrastruktur.
- Die Intensität der Flächennutzung in den relativ gut erschlossenen peripheren Industriegebieten der Stadt ist zu gering.
- Es bestehen Mängel in der städtebaulichen Einbindung, dem Flächenzuschnitt und dem bautechnischen Zustand von Industriestandorten in zentralen Bereichen der Stadt.

Für die Einschätzung der räumlichen Entwicklungsbedingungen der Industrieflächen sind Analysen über Struktur und Funktion der Standorte sowie über Intensität und Effektivität der Flächennutzung der Produktionsstätten unerlässlich. Das betrifft besonders die großstädtischen Ballungkerne, um deren positive territoriale Struktureffekte nutzbar zu machen und negative Auswirkungen zu minimieren. Sowohl die rationelle territoriale Organisation der Industrieflächen als auch die positiven regionalen Kombinationen und Überlagerungen von geeigneten Funktionen sind vordringliche Aufgaben der Flächennutzungsplanung. Damit soll insbesondere die infrastrukturelle Ausstattung der Ballungsgebiete als positiver Agglomerationseffekt genutzt werden. Jede neue Standortgenehmigung ist in der Regel mit einer Änderung der Flächennutzung verbunden. Sie muß besonders in städtischen Agglomerationsräumen als ein Instrument zur sparsamen Inanspruchnahme der Ressource Fläche und zur Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der Bevölkerung eingesetzt werden. Die Einschätzung der räumlich unterschiedlichen regionalen Entwicklungsbedingungen der Produktionsstandorte setzt eine differenzierte Analyse der rezenten Nutzungsverhältnisse einschließlich deren Bewertung voraus. Ferner müssen wissenschaftlich begründete Leitbilder über anzustrebende Flächennutzungsstrukturen für einzelne städtische Funktionsgebiete in Abhängigkeit von der gesamtstädtischen Flächennutzungsproblematik erarbeitet werden.

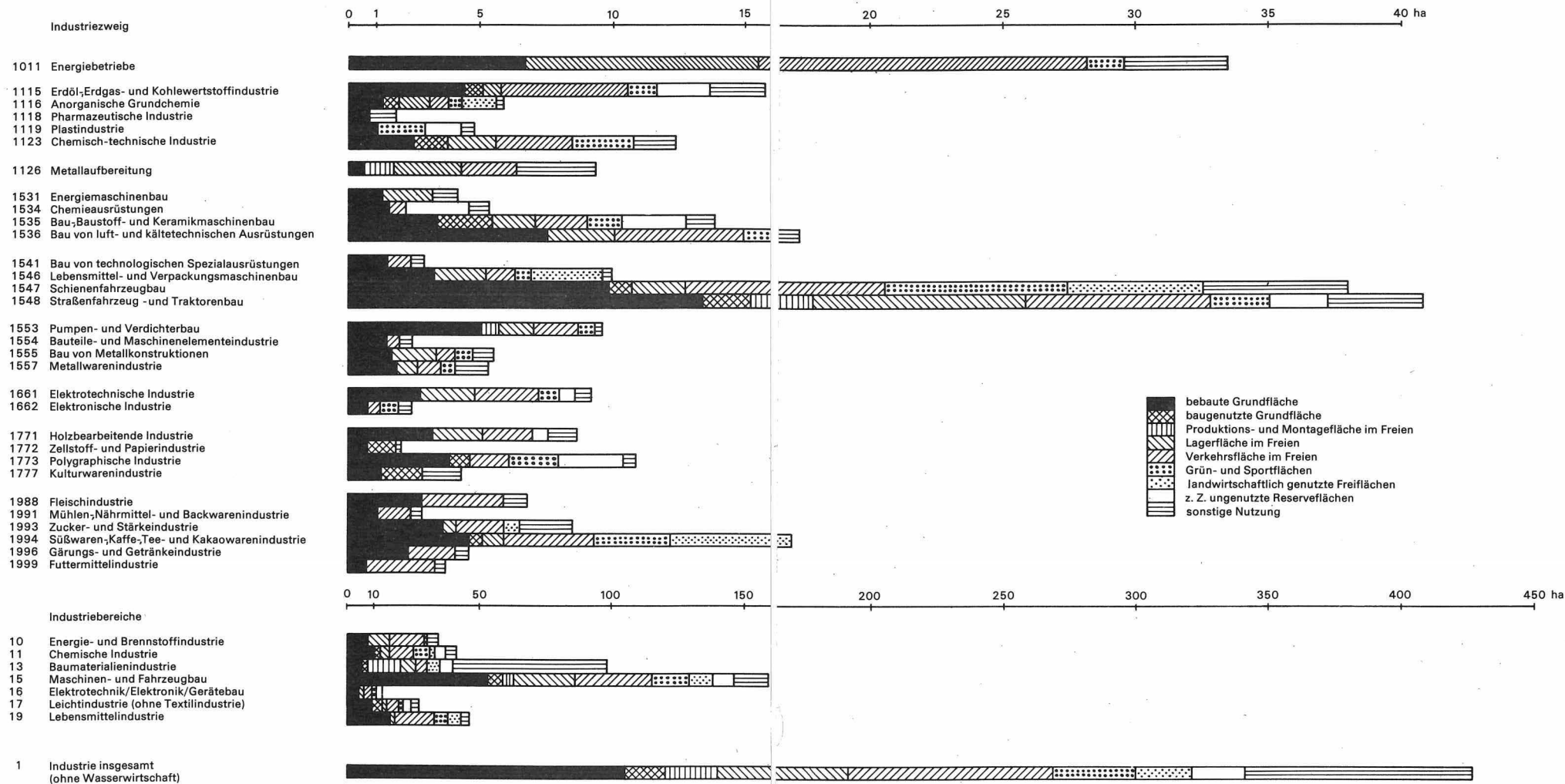
Die Stadtrandzone mit ihrer großen Nutzungsdynamik verlangt eine sehr sorgfältige Flächennutzungsplanung hinsichtlich der Bebauung, der Flächenumwidmungen und der Nach- und Folgenutzungen. Dabei ist auch die möglichst lange Erhaltung der Flächen mit Bodennutzungsarten anzustreben. Durch ihre zusätzliche Funktion als Reserveflächen lassen sich gegebenenfalls planerische Fehlentscheidungen bzw. Disproportionen innerhalb von Funktionsgebieten in Stadtrandlage korrigieren. Die Bilanzierung der flächenrelevanten zweiglichen Standortanforderungen und der gebietsspezifischen Standortbedingungen ist Voraussetzung für eine optimale Einordnung neuer Nutzungsträger. Diese Aufgaben sind in-

nerhalb eines städtischen Ballungskernes komplex zu lösen. Die Mikrolokalisierung ist dabei eng mit den jeweiligen Flächennutzungsverhältnissen verbunden. Die territorialen Vorteile der Ballungskerne (Agglomerationsvorteile) müssen vor allem durch eine intensive und effektive industrielle Flächennutzung konsequent genutzt werden (WALOSSEK 1982, 1985). Dies erfordert u. a. eine optimale Nutzung der knapp bemessenen Ressource Fläche. Standortangebote für Produktionsstätten, die einer rationellen Standortverteilung der Produktivkräfte und damit der proportionalen Gestaltung der Territorialstruktur von Ballungskernen dienen, sind nur möglich, wenn die konkreten Flächennutzungsverhältnisse ausreichend bekannt sind. Besondere Aufmerksamkeit muß der Erfassung und Beseitigung der standörtlichen Zersplitterung von Produktionsflächen in Städten gewidmet werden. BÖHNISCH (1973) stellte fest, daß langfristige Planungen der Standortverteilung der Produktion erst effektiv werden, wenn sie auf wissenschaftlichen Prognosen basieren, die den gesellschaftlichen Bedürfnissen und den realen volkswirtschaftlichen Möglichkeiten entsprechen. Dies gilt besonders für die Standortplanungen in solchen Städten, die Bestandteile von Ballungsgebieten sind. Die erforderlichen Effektivitätsberechnungen zur wissenschaftlichen Begründung von Standortentscheidungen in diesen Städten sind von komplexer Art. Dabei spielen Fragen der städtischen Flächennutzung eine zentrale Rolle. Da von der Industrie vielfältige Impulse auf andere Wirtschaftsbereiche ausgehen und die Industrie einen wesentlichen städtebildenden Faktor darstellt, ist die komplexe Analyse der industriellen Flächennutzung ein wichtiges Instrument. Untersuchungen zur Flächennutzung der Industrie im Ballungsgebiet Halle–Leipzig zwischen Bitterfeld und Naumburg haben ergeben, daß innerhalb des Ballungskernes größere Unterschiede in der Intensität der Flächennutzung vorhanden sind als zwischen dem Ballungsfeld und dem Ballungsrandgebiet (WALOSSEK 1982; Terminologie nach MOHS, SCHMIDT und SCHOLZ 1972).

Mit Hilfe von ökonomischen und städtebaulichen Intensitätsdaten der Flächennutzung lassen sich Ballungsgebiete so stark differenziert darstellen, daß die Strukturen der Ballungs-

kerne und der Ballungsfelder sichtbar werden. Sogar kleinere Gemeinden sind bezüglich ihrer Flächennutzung relativ stark differenzierbar. Als Bezugseinheiten dienen die Funktionsflächen und Funktionsgebiete der Flächennutzung (WALOSSEK 1978). In den Ballungskernen können aber auch inselhaft Funktionsgebiete eingelagert sein, deren Dichtewerte denen des Ballungsfeldes entsprechen. Teilweise sind sie sogar mit den Werten des Ballungsrandgebietes identisch. Die Kenntnis der realen Nutzungsverhältnisse auf der Basis von Standorten ist ein wichtiges Ausgangskriterium für die Lösung von Flächennutzungsproblemen. Auf dieser Maßstabebene muß dem Zusammenhang zwischen Naturraumausstattung und Flächennutzung in den städtischen Teilgebieten größere Beachtung geschenkt werden, damit Flächenumwidmungen auch unter ökologischen Aspekten geplant werden können. Dies erfordert z. B. eine Berücksichtigung der natürlichen nutzungsbeeinflussenden Faktoren (KRAUSE u. a. 1977) bei der Erweiterung von Industriegebieten. Die strukturelle und funktionelle Entwicklung der städtischen Teil- bzw. Funktionsgebiete gebietet vor allem bei der städtebildenden Industrie deren optimale Standorteinbindung. Dabei müssen aber die Nutzflächen als natürliche Grundflächen und Geschoßflächen differenziert Berücksichtigung finden.

Struktur und Funktion (auch von Flächen) bedingen einander (Struktur und Funktion, 1970) und erweisen sich bei Flächennutzungsuntersuchungen als besonders eng miteinander verbunden. Die Struktur der Flächennutzung kennzeichnet die inhaltliche Zusammensetzung und die räumliche Anordnung von einzelnen Nutzflächenarten und -gefügen und ist von der Funktion, die diese Struktur zu erfüllen hat, abhängig. Aus der Struktur der Flächennutzung lassen sich Rückschlüsse auf die Funktionstüchtigkeit eines Gebietes ziehen. Die Funktion ist definiert durch den Zweck, die Aufgabe oder den Aufgabenkomplex, den die Flächennutzungsstruktur zu erfüllen hat. Mit der Lokalisation einzelner Nutzflächenarten und -gefüge soll eine bestimmte Funktion erfüllt werden, die wiederum einem Zweck bzw. einer Gesamtleistung dient, wie z. B. der industriellen Produktion. Eine derartige Funktionsfläche der in-



Industriezweige < 5 ha der Stadt Halle:

1121 = Gummi- und Asbest-Industrie, 1224 = Schwarzmetallurgie, 1327 = Vorfertigung der Bauwirtschaft, 1532 = Bau von Bergbausausrüstungen, 1537 = Werkzeugmaschinenbau, 1551 = Landmaschinenbau, 1775 = Konfektionsindustrie, 1776 = Leder- und Schuhwarenindustrie, 1883 = Erzeugung textiler Flächengebilde, 1995 = Obst- und gemüseverarbeitende Industrie

Abbildung 1
 Grundflächen-Nutzung nach Industriezweigen (ab 0,5 ha) und Industriebereichen (ab 5 ha) der Stadt Halle/S.

Industriellen Produktion setzt sich in Abhängigkeit vom Finalprodukt aus einzelnen Nutzflächenarten und -gefügen zusammen. Die Anordnung von Nutzflächenarten, Nutzflächengefügen und Funktionsflächen kennzeichnet somit die „räumliche Struktur“ der Flächennutzung. Die Struktur der Funktionsflächen oder der Flächen von Nutzungsträgern läßt sich bewerten. In einem städtischen Funktionsgebiet dominieren gleichartige Funktionsflächen, die aber unterschiedliche Strukturen besitzen können. Der

Stadt- bzw. Territorialplanung obliegt die Optimierung der territorialen Struktur der Funktionsflächen und Funktionsgebiete in Zusammenarbeit mit den Nutzungsträgern. HOFMEISTER (1972) betont zur Verwendung des Funktionsbegriffes in der Stadtgeographie, daß Struktur und Funktion zwei Aspekte ein und desselben Objektes sind. Die Struktur wirkt auf die Funktion dergestalt zurück, daß bestimmte Strukturen als Kopplungen von Nutzflächenarten die beabsichtigte Funktion in unterschiedli-

cher Qualität erfüllen. Funktionen werden in der Regel durch menschliche Tätigkeiten realisiert, die infolge ihrer Raumrelevanz mit den Nutzungen von natürlichen Grundflächen und künstlichen Erweiterungsflächen identisch sind. Die vom Institut für Industriebau der Bauakademie der DDR gemeinsam mit dem Rat der Stadt Halle 1970 vorgelegte Gliederung Halles in städtische Funktionsgebiete (Halle/S. Analyse städtischer Funktionsgebiete, 1970) kann unter Berücksichtigung vorstehender Aus-

führungen nicht in vollem Umfang befriedigen. Eine wissenschaftlich fundierte Stadtplanung setzt die großmaßstäbige Erfassung und Abgrenzung von Funktionsgebieten voraus. Durch die Bindung von gesellschaftlichen Funktionen an den Raum bzw. den Standort oder die Fläche ist die funktionale Analyse und Differenzierung der Städte auch Gegenstand geographischer Forschung.

3. Analyse und Bewertung der Industrieflächen

Die von WALOSSEK (1981) publizierte Standortverteilung der Industrie der Stadt Halle (Stand: 1968/70) mit ihren 595 Einzelstandorten wird in Abbildung 1 näher analysiert. Man erkennt bei der Flächennutzung der Industrie sowohl insgesamt als auch in den Bereichen und Zweigen, wo Reserven bei der Intensivierung der Flächeninanspruchnahme vorhanden sind. Aus Dimensionsgründen wurde der Zweig Baustoffindustrie (1326¹) nicht dargestellt. Er ist für das Territorium der Stadt Halle mit dem Industriebereich Baumaterialien-Industrie (13) identisch, da nur dieser eine Zweig vorhanden ist. Die Grundflächen-Nutzung der Baumaterialien-Industrie ist dem unteren Teil der Abbildung 1 zu entnehmen. Der hohe Anteil der „sonstigen Nutzung“ ist vor allem auf die ehemaligen Rohstoff-Abbauflächen dieses Bereiches zurückzuführen. Dies wirkt sich auch auf die Flächenbilanz der Industrie insgesamt aus. Die Abbildung 1 veranschaulicht deutlich, daß die beiden Fahrzeugbau-Zweige (1547, 1548) neben den Energieversorgungsbetrieben mit Abstand über die größten Grundflächen verfügen. Auffallend ist bei einigen Industriezweigen (1115, 1123, 1534, 1535, 1546, 1547, 1773, 1994) der beachtliche Anteil an Flächen, die nicht der Produktionsfunktion dienen. Bezogen auf die gesamten Industrieflächen der Stadt sind dies über 36% der Grundflächen. Ohne die Baumaterialien-Industrie sind es noch etwa 27%. 22,6%, d.h. fast ein Viertel aller Grundflächen, dienen dem Verkehr. Auch dies ist bereits ein Hinweis auf potentielle Reserven für die

Flächenplanung. Der Anteil der bebauten Flächen ist mit 25%, ohne die Baumaterialien-Industrie mit 30%, für einen städtischen Ballungskern relativ gering. Fast 43% der Bruttogeschoßflächen sind der Produktionsfunktion zuzuordnen. Dieser Wert ist relativ hoch, wenn man bedenkt, daß die Industriebereiche Elektrotechnik (16) und Lebensmittel (19) Werte unter 33% aufweisen. Weitere wesentliche Aussagen lassen sich in Verbindung mit ökonomischen Kennzahlen wie folgt zusammenfassen:

- Fast die Hälfte der bebauten Industrieflächen nutzt der Maschinen- und Fahrzeugbau (15). Mit etwa einem Drittel aller Grundmittel und 45% der Arbeitskräfte der halleschen Industrie erzielte dieser Bereich rd. 40% der Nettoproduktion der Stadt.
- Trotz eines Flächenanteils von etwa 8% an der totalen Nutzfläche, rd. 20% aller Grundmittel und 6% der Industriebeschäftigten entfallen auf die Energieversorgung (10) nur etwa 5% der Nettoproduktion der halleschen Industrie.
- Im Vergleich zum prozentualen Flächenanteil liegt der Produktionswert der chemischen Industrie bei einem relativ hohen Grundmittelanteil sehr niedrig.
- Zweigbedingt realisiert die Baumaterialien-Industrie bei 23% Grundflächenanteil nur etwa 2% der Nettoproduktion, wobei sie etwa 7% der industriellen Arbeitskräfte beschäftigt und über fast 4% der Industrie-Grundmittel der Stadt verfügt.
- Die Leichtindustrie ohne Textilindustrie (18) hebt sich durch ihren hohen Arbeitskräfteanteil von den übrigen Industriebereichen ab (über 11%), wobei der Anteil der Produktionsarbeiter ca. 13% beträgt. Sie verfügt über 6% der industriell genutzten Grundflächen und über 10% der Bruttogeschoßflächen der halleschen Industrie.
- Die Lebensmittelindustrie (19) vereinigt über 20% der industriellen Bruttogeschoßflächen

1 Die im Text, in Abbildung 1 und Tabelle 1 verwendeten Ziffern zur Bezeichnung der Industriezweige (vierstellig) und -bereiche (zweistellig) wurden aus der Betriebssystematik der Staatlichen Zentralverwaltung für Statistik (1966) entnommen. Sie werden in Kapitel 6, Abbildung 1 und Tabelle 1 erläutert.

auf sich. Sie erzeugt bei einem Arbeitskräfte- und Grundflächen-Anteil von 11% rd. 15% der industriellen Produktion der Stadt.

Neben diesen ausgewählten zweig- und bereichsspezifischen Erkenntnissen über die Flächennutzung der halleschen Industrie, die im Detail bei WALOSSEK (1982) dargestellt sind, sollen noch einige Ergebnisse zur Bewertung der Flächennutzung nach den Kriterien der städtebaulichen und ökonomischen Nutzungsintensität sowie der Flächen-„Produktivität“ erörtert werden. Abbildung 2 veranschaulicht die Parameter und Arbeitsschritte zur Ermittlung der Effektivität der Flächennutzung.

Beim Bebauungsverhältnis als einem Parameter der *städtebaulichen Nutzungsintensität* weisen die meisten Wirtschaftsgruppen der Stadt deutlich höhere Werte gegenüber den Orientierungswerten der Bauakademie der DDR auf. Wie die Analyse städtischer Funktionsgebiete zeigt, liegt dies an der Vielzahl der Einzelstandorte der Industrie, die ausschließlich Geschößflächen nutzen. Nimmt man Industriezweige und -bereiche oder sogar die gesamte Industrie der Stadt als Basis, so verschiebt sich dieses positive Merkmal immer stärker in das Gegenteil. Mit einem Wert von 22,4% ist das Bebauungsverhältnis der halleschen Industrieflächen insgesamt viel zu gering. Vergleicht man das Bebauungsverhältnis und die Geschößflächendichte der Industriezweige der Stadt Halle mit denen, die in der „Anordnung über Flächenbedarfsnormative für Investitionen der Industrie und Lagerwirtschaft . . .“ (1982) gefordert werden, so ergeben sich bei den Zweigen in der Regel hohe Intensitätswerte für die hallesche Industrie. Besonders positiv heben sich die Zweige 1118, 1121, 1224, 1327, 1532, 1537, 1554, 1775, 1776, 1991, 1993 sowie 1996 bei der Geschößflächendichte ab. Das Bebauungsverhältnis zeigt fast immer höhere Intensitätswerte als die Geschößflächendichte, ein Zeichen unzureichender Überbauung der Industrieflächen. Geringere Intensitätswerte gegenüber den Normativen zeigen beim Bebauungsverhältnis die Zweige 1326, 1552, 1661, 1662, 1777, 1994, 1998 und bei der Geschößflächendichte die Zweige 1326, 1551, 1552 und 1777. In diesen Industriezweigen werden trotz der breiten Streuung der Normativvorgaben die geforderten Mindestwerte nicht er-

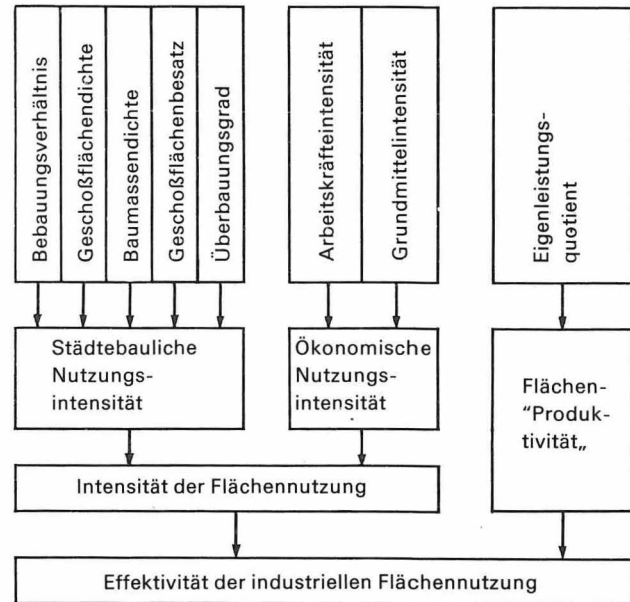


Abbildung 2
Schema zur Ermittlung der Effektivität der industriellen Flächennutzung zur Lokalisation der Industriebetriebe

reicht. Diese liegen fast ausnahmslos niedriger als die Orientierungswerte der Bauakademie der DDR. Die Ursachen für sehr hohe und niedrige Werte in der Stadt Halle sind z. T. in der historisch herausgebildeten lokalen Standorteinbindung der Zweige zu suchen. Das hohe Bebauungsverhältnis einzelner Wirtschaftsgruppen ist ferner lokal bedingt und somit nicht zu verallgemeinern. Analoges gilt für die Geschößflächendichte. In der Regel liegen die wichtigsten Quotienten zur städtebaulichen Nutzungsintensität der Industriebereiche 16, 17 und 19 (Abbildung 1) über den Durchschnittswerten der Stadt.

Zur Einschätzung der *ökonomischen Nutzungsintensität* wurden alle Kennwerte der Arbeitskräfte- und Grundmittel-Intensität für die Grundflächen und totalen Nutzflächen der Zweige und Bereiche der Industrie auf Standortbasis errechnet. Da in der Literatur häufig statt der Arbeitskräfte-Intensität der reziproke Wert in Form des Arbeitskräfte-Flächenbesatzes bzw. des Flächenbedarfs je Arbeitskraft (AK) für Wirtschaftsgruppen ausgewiesen ist, wurde auch dieser Quotient (m^2/AK) für Vergleichszwecke ermittelt. Sieht man einmal vom Industriebereich 13 ab, so entfallen für die Stadt Halle auf eine Arbeitskraft der Industrie etwa 82 m^2 Grund- bzw. 95 m^2 totale Nutzfläche.

Daraus ergibt sich eine Arbeitskräfte-Intensität von rd. 105 Ak/ha totale Nutzfläche und 122 AK/ha Grundfläche. Diese städtischen Durchschnittswerte werden maßgeblich vom hohen Grundflächenanteil des Maschinen- und Fahrzeugbaus geprägt. Der nur 3% der Industrie-Grundfläche der Stadt einnehmende Industriebereich 16 (Elektrotechnik u. a.) weist die vierfache Arbeitskräfte-Intensität auf. Der Wert für die 11% der Industrie-Grundfläche in Halle einnehmende Lebensmittelindustrie liegt um ein Drittel unter dem städtischen Durchschnitt. Die Intensitätswerte sind für zweigspezifische Aussagen nur bei ausreichender statistischer Masse repräsentativ, ansonsten liefern sie lediglich für die lokale Planung Anhaltspunkte zur Einschätzung der Flächennutzung. Zieht man die Angaben aus der internationalen Literatur heran, so läßt sich eine starke Streuung der Arbeitskräfte-Intensitätsdaten selbst innerhalb einer Wirtschaftsgruppe und eines Industriezweiges feststellen. Überprüfungen von Beispielen aus der DDR zeigten sogar bei gleicher Fertigungstechnologie noch sehr starke Unterschiede der Werte. Zweigspezifisch lassen sich für die Arbeitskräfte-Intensität kaum Grenzwerte angeben. Auch die Richtwerte der Bauakademie haben eine so große Schwankungsbreite, daß sie den Charakter von Orientierungswerten kaum noch besitzen.

Die Fertigungstechnologie beeinflußt maßgeblich den Grundmittelwert der Betriebe. Deshalb sollten Arbeitskräfte- und Grundmittel-Intensität als Bestandteile der ökonomischen Nutzungsintensität stets im Zusammenhang gesehen werden. Die Streuung der Kennwerte der ökonomischen Nutzungsintensität ist viel geringer als die der Arbeitskräfte-Intensität. Trotzdem überrascht vor allem die Tatsache, daß fast alle Wirtschaftsgruppen und Industriezweige, die über eine hohe Arbeitskräfte-Intensität verfügen, auch bei der Grundmittel-Intensität an führender Stelle anzutreffen sind. Grundmittel- und Arbeitskräfte-Intensität schwanken aber innerhalb der Industriezweige so stark, daß sich kaum verallgemeinerungswürdige Aussagen treffen lassen.

Die *Eigenleistungs-Intensität* (Flächen-„Produktivität“) als flächenbezogene Kennzahl hängt letzten Endes auch von den jeweiligen

Arbeitskräften und Grundmitteln ab. An anderer Stelle wurde bereits betont (WALOSSEK 1980, 1982), daß die Waren- oder Bruttoproduktion für die Bewertung der Flächennutzung bestenfalls für zweigspezifische Untersuchungen verwendet werden sollte. Bedingt auch durch die sehr unterschiedlichen Eigenleistungsanteile in den einzelnen Wirtschaftsgruppen schwanken die Quotienten der Flächen-„Produktivität“ sehr, sogar innerhalb eines Industriezweiges. Die meisten Wirtschaftsgruppen der halleschen Leichtindustrie zeigen relativ hohe Flächen-„Produktivitäts“-Werte.

4. Konsequenzen für die Standortplanung und rationellere Nutzung der Industrieflächen

Die folgenden Erkenntnisse wurden bei der Erfassung und Bewertung der industriellen Flächennutzung der Stadt Halle gewonnen. Eine generelle Verabsolutierung der Ergebnisse ist nicht beabsichtigt, da neben der Flächennutzung noch weitere Faktoren die Standortplanung der Produktionsstätten wesentlich beeinflussen. Stellt man die Probleme der Flächennutzung in den Mittelpunkt der Betrachtung, so ergeben sich einige Konsequenzen für die industrielle Standortplanung der Stadt Halle. Die Planungsentscheidungen für die Industrieflächen einer Stadt sollten stets nur auf der Grundlage gesamtstädtischer Untersuchungen erfolgen und nicht auf Analysen einzelner Funktionsgebiete beruhen. Insbesondere muß dem Zusammenhang zwischen der Naturraumausstattung der Städte einschließlich der Randgebiete und ihrer Flächennutzung größere Beachtung geschenkt werden. Vor der Planung extensiver Stadterweiterungen muß eine Abwägung ökonomischer und ökologischer Aspekte erfolgen. So sollten die Qualität der Böden und die ökologischen Ausgleichsfunktionen randstädtischer Freiräume bei der Lokalisation neuer Industriestandorte und bei Erweiterungen von Industriegebieten wesentlich stärkere Berücksichtigung finden. Disproportionen bei der

strukturellen Einordnung der Industrie beeinflussen die Funktionstüchtigkeit der Einzelstandorte und städtischen Teilgebiete. Im Zusammenhang mit der rationellen Nutzung der Naturressourcen verdienen die Probleme der Bodennutzung insofern eine besondere Beachtung, als der Rückgang der landwirtschaftlichen Nutzflächen und die rasche Ausdehnung der bebauten Flächen vor allem in den Stadtrandzonen der Ballungskerne z. T. große Ausmaße erreicht haben. Eine ausreichende Kenntnis über Bodengüte, ökologische Vorrangflächen und rezente Nutzungsverhältnisse kann dazu beitragen, das rasche Anwachsen des Flächenbedarfs, insbesondere des Verkehrswesens, der industriellen Produktion und der Dienstleistungen, und den Neuaufschluß von Flächen zum Zwecke der Bebauung zu reduzieren. Jede Funktion stellt spezifische Anforderungen an die Naturraum-, Standort- und Lageeigenschaften einer potentiellen Funktionsfläche. Die natürlichen Bedingungen als nutzungsbeeinflussende Faktoren und die infrastrukturelle Ausstattung städtischer Teilgebiete setzen Prämissen für jede Flächenumwidmung. Werden diese Einflußgrößen bei der Planung nicht ausreichend berücksichtigt, kann es zu Beeinträchtigungen bei der Nutzung der umgewidmeten Flächen oder der Nachbarflächen kommen. Zugleich werden wesentliche Reserven für die territoriale Rationalisierung verschenkt.

Ein gesondertes Problem sind die Anforderungen solcher Betriebe, die in städtischen Rekonstruktions- und Mischgebieten liegen. Generell ist eine räumliche Verflechtung der Funktionen Arbeiten und Wohnen anzustreben, wenn die Arbeitsstätten das Wohnen nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigen. Die Lösung derartig komplexer Planungsaufgaben berührt fast alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens. Betriebszersplitterungen führen in der Regel zu erhöhten Transportanforderungen und zu einem größeren Arbeitskräftebedarf.

Außer den natürlichen müssen die demographischen, technisch-ökonomischen und sozialen Bedingungen in den Funktionsgebieten bei der Flächennutzungsplanung berücksichtigt werden. Es sollten Leitvorstellungen für die Flächennutzung der städtischen Funktionsgebiete erarbeitet werden. Alle Änderungen der Flä-

chennutzung im Funktionsgebiet müssen Bausteine zur Realisierung der angestrebten Nutzungsstruktur sein. Die wachsenden Anforderungen an die Fläche haben eine Nutzungsintensivierung zur Folge, bei der die gebietstypischen natürlichen, landeskulturellen, technischen, sozialen und ökonomischen Gesichtspunkte Rahmenbedingungen sind. Das hat Konsequenzen für die Einordnung der Industrieflächen, denn selbst in großstädtischen Ballungskernen sind noch erhebliche Flächenreserven für die industrielle Nutzung vorhanden. Dieser Tatbestand ist auch ein Ergebnis der Analyse der halleschen Industrieflächennutzung. Zahlreiche Industriestandorte sind für volkswirtschaftlich vorteilhafte räumliche und die funktionale Verflechtung von Arbeiten und Wohnen geeignet. Insbesondere Flächen entlang der Hauptverkehrsstrassen am Stadtrand sind stärker als bisher Betrieben mit umfangreichen Liefer- und Absatzbeziehungen vorzubehalten. Hierbei nimmt das Schienennetz für Großhandels- und rohstoffintensive Industriestandorte eine Sonderstellung ein. Die zuständigen territorialen Planungsorgane sollten stärker als bisher von den konkreten Gegebenheiten jedes einzelnen Industriestandortes bei Entscheidungen bezüglich einer zunehmenden Ver- bzw. Entflechtung von Produktionsstätten ausgehen. Die bestehenden Industriegebiete in Stadtrandlage weisen gegenwärtig eine zu geringe Flächennutzungsintensität auf.

Nach diesen generellen Aussagen folgt die Erörterung einiger weiterer Konsequenzen speziell für die Flächennutzung der halleschen Industrie, von der entscheidende Impulse für die Gesamtentwicklung des großstädtischen Ballungskernes ausgehen. Die Fortschreibung der Nutzungsverhältnisse auf Standortbasis ist unabdingbare Voraussetzung für die Entscheidung über zusätzliche Flächenforderungen der Nutzungsträger. Den höchsten Flächenbedarf hat nicht die Industrie der Stadt Halle, sondern haben Handel, Dienstleistungseinrichtungen und Betriebe des kulturellen und sozialen Bereiches (WALOSSEK 1982).

Der Mehrbedarf an Flächen, den die Industrie angemeldet hat, kann in starkem Maße durch die rationellere territoriale Organisation und intensive Nutzung der vorhandenen Flä-

chen gedeckt werden. Ferner sollte beachtet werden, daß auch aus den Industriegebieten in Stadtrandlage geeignete Standorte und Funktionsflächen in zentrale Bereiche der Stadt verlagert werden können. Dadurch läßt sich ein zusätzlicher Flächenfonds für die Rekonstruktion der peripheren Industriegebiete schaffen. Auf eine höhere Geschoßflächendichte ist zu achten. Bei der Zuführung von Grundflächen gebührt den profilbestimmenden Betrieben der Industriegebiete der Vorrang, wenn deren gegenwärtige Grundflächen-Nutzung hohe Intensitäts- und Effektivitätswerte aufzeigt.

Störende Überlagerungen der Funktionen Produzieren und Wohnen sind besonders im Industriegebiet Zentrum-Süd der Stadt Halle anzutreffen. Entflechtung und räumliche Ordnung der Funktionen sind ein dringendes Erfordernis und Voraussetzung zur weiteren Entwicklung der Produktion, der Dienstleistungen, des Verkehrs und der Wohnfunktion bei Auflockerung der Bebauung in diesem Altbaugbiet.

Wie Abbildung 1 zeigt, sind fast 40% der Industriegrundflächen Nutzflächenarten, die für die Industrie nicht charakteristisch sind. Die Hälfte der städtischen Industriegrundflächen weist ein Bebauungsverhältnis $> 15\%$ auf. Lediglich rd. 30 ha Industrieflächen zeigen ein Bebauungsverhältnis $> 40\%$ und liegen damit um etwa 100% über dem Stadtdurchschnitt (22%). Dieser Anteil ist viel zu gering. Hier liegen Reserven für die Intensivierung der industriellen Flächennutzung.

50 Betriebe mit ca. 210 ha und 80 Standorten, deren Effektivitätswerte mit $> 15\%$ unter dem Durchschnittswert der Stadt liegen, sind 27 Wirtschaftsgruppen zuzuordnen. Sie beschäftigen rd. 5000 Arbeitskräfte. Der überwiegende Anteil dieser Betriebe befindet sich in den günstig gelegenen Industriegebieten Nord und Ost.

Es ist bemerkenswert, daß häufig die Nutzungsträger mit einer wenig effektiven Flächennutzung durch Störwirkungen zur Umweltbelastung des Ballungskernes Halle überproportional beitragen. Diese Betriebe sind es aber auch, die andererseits etwa 78% von den rd. 50 ha zusätzlich benötigter Grundflächen bis 1990 fordern, während die Betriebe mit effektiver Flächennutzung weniger als 3 ha beanspruchen.

In der Regel nehmen Intensität, „Produktivität“ und Effektivität der industriellen Flächennutzung vom Stadtzentrum zu den Randgebieten hin ab. Aus den hohen Effektivitätswerten der zentral gelegenen Funktionsgebiete darf nicht geschlossen werden, daß hier die Industrie über optimale Nutzungsverhältnisse verfügt.

Die Untersuchungen der industriellen Flächennutzung der Stadt Halle belegen, daß eine extensive Ausweitung der Industrieflächen zur Zeit auch bei Berücksichtigung der Arbeitskräfte- und Bevölkerungsentwicklung der Stadt ungerechtfertigt ist. Forderungen nach einer Flächenausweitung einzelner Betriebe sind jedoch teilweise zu vertreten. Das bedeutet aber nicht, daß auch künftig keine neuen Industrieflächen benötigt werden. Die territoriale Rationalisierung der städtischen Industrie im Zusammenhang mit der Rekonstruktion der Standorte ist nur möglich, wenn zur Lösung dieser Problematik zusätzlich Flächen bereitgestellt werden. Die Industrie stellt dabei aber auch Flächen zur Verfügung, die vordringlich dem weiteren Ausbau der dienstleistenden Wirtschaft dienen sollten.

Der Algorithmus zur Ermittlung der Effektivität der industriellen Flächennutzung wird gesondert publiziert (WALOSSEK 1986).

5. Fortschreibung der Standortverteilung der Industrieflächen bis 1983 und Einschätzung der Entwicklungstendenzen

Die von WALOSSEK (1981) veröffentlichte Karte der Standortverteilung der haleschen Industrie mittels einer industriebereichsspezifischen Signaturmethode und die Zuordnung der Standorte zu städtischen Funktionsgebieten bildet die Grundlage für die in der Abbildung 1 dargestellte Grundflächennutzung.

Von 1968 bis 1983 verringerte sich die Anzahl der Industriestandorte auf dem Territorium der Stadt Halle von 595 auf 552. Wird der Stadtkreis Halle-Neustadt (Funktionsgebiet 32) mit einbezogen, so erhöht sich diese Anzahl auf 556. Die Tabelle 1 weist alle Produktionsstätten

Funktions- gebiet Nr. ²	Standorte von Produktionsstätten		Industriebereiche ³									
	insgesamt	darunter Industrie	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	74	39	10	1	-	2	1	14	2	2	1	6
2	32	14	-	1	-	-	-	5	5	2	-	1
3	121	62	2	-	-	1	-	19	12	19	2	7
4	26	9	-	1	-	-	-	5	-	2	-	1
5	304	124	1	6	-	1	2	52	8	34	6	14
6	59	27	-	1	-	-	-	2	3	6	-	15
7	138	63	-	6	-	1	-	38	6	7	-	5
8	8	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
9	10	3	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-
10	30	18	3	-	-	-	-	14	-	-	-	1
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	18	15	-	3	-	1	2	5	-	2	1	1
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	58	27	-	9	1	-	-	15	-	2	-	-
15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	8	5	1	-	-	1	1	-	-	-	-	2
18	12	6	-	-	-	-	-	3	-	1	-	2
19	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	213	99	3	6	-	-	3	59	-	8	2	18
21	15	7	-	-	-	1	-	6	-	-	-	-
22	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	9	8	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-
24	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	9	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
26	3	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
27	6	5	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-
28	6	3	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	10	7	-	1	-	-	-	4	-	1	-	1
32	40	4	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
33	25	7	2	-	-	-	-	3	-	-	-	2
34	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	1 251	556	22	36	1	9	10	259	36	92	13	78

² Funktionsgebiete Halle und Halle-Neustadt:

Industriegebiete: 1 (Nord), 7 (Zentrum Süd), 14 (Süd), 20 (Ost); Wohngebiete: 8, 9, 12, 19, 25, 28, 30, 31, 32;

Erholungsgebiete: 23, 29, 33; Agrargebiete: 13, 17, 18, 22, 24, 27; Verkehrsgebiete: 34;

Gebiete ohne Dominanz einer Funktion: 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 15, 16, 21, 26;

Lage der Funktionsgebiete: vgl. WALOSSEK 1981, S. 81

³ Industriebereiche < 5 ha Grundfläche der Stadt Halle

12 = Metallurgie, 14 = Wasserwirtschaft, 18 = Textilindustrie, übrige: vgl. Abb. 1

Tabelle 1

Produktionsstätten von Halle und Halle-Neustadt, gegliedert nach Industriebereichen und Funktionsgebieten
(Stand 1.1.1983)

von Halle und Halle-Neustadt, gegliedert nach Funktionsgebieten und Industriebereichen, aus. Spalte 2 enthält die Anzahl der Standorte der Produktionsstätten aller produktiven Bereiche der Volkswirtschaft; Spalte 3 den Anteil der Industrie, aufgeschlüsselt auf die Industriebereiche 10-19. Abbildung 3 zeigt die Lage der in Tabelle 1 ausgewiesenen Flächen. Dabei konn-

ten wegen des Maßstabes nicht alle kleineren Standorte durch Punktdarstellung ausgewiesen werden.

Vergleicht man die Situation von 1968 mit der von 1983, so können folgende Entwicklungstendenzen hervorgehoben werden:

- Eine nennenswerte Reduzierung der Betriebszersplitterung und eine damit verbundene

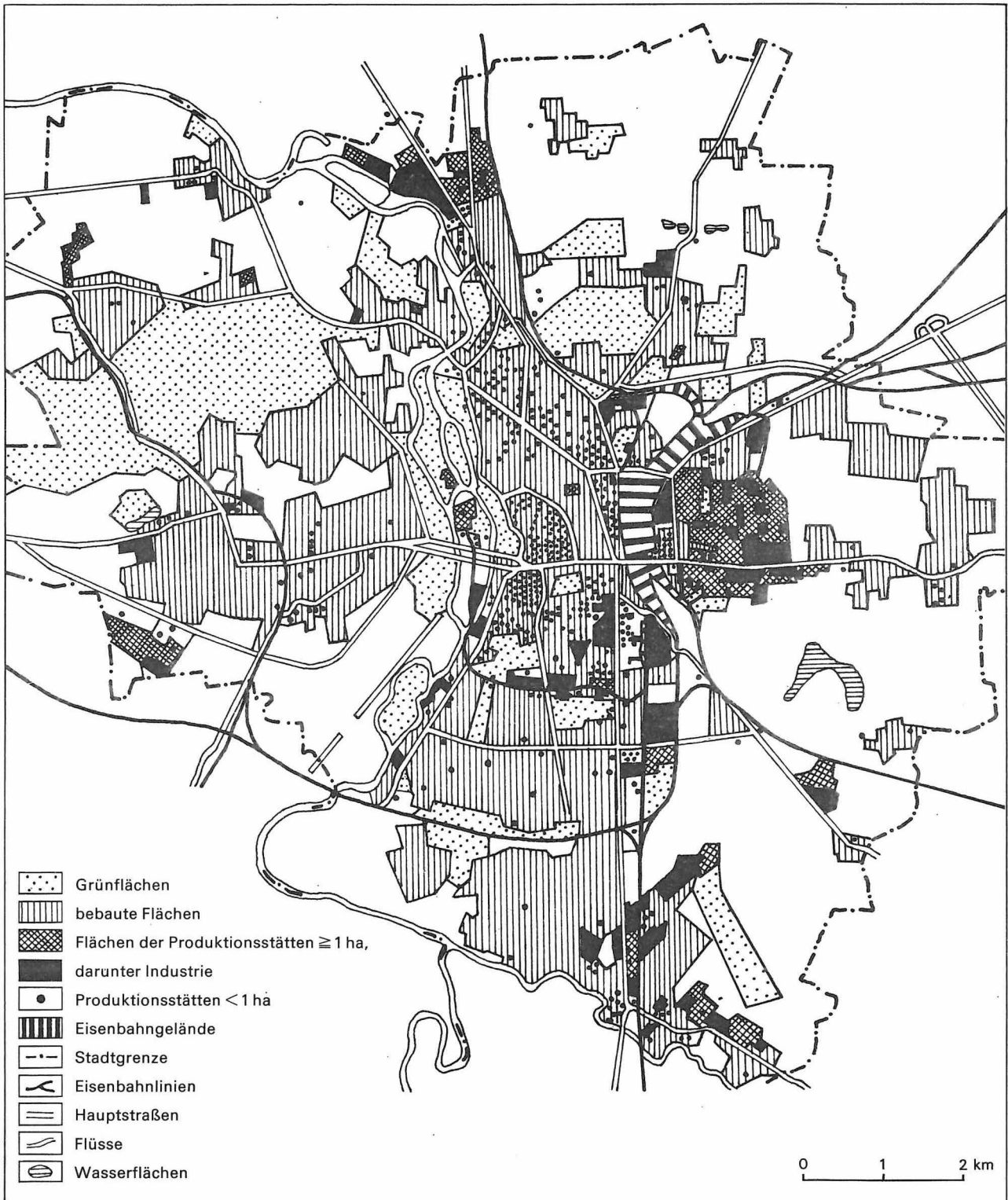


Abbildung 3
 Halle und Halle-Neustadt. Standorte und Flächen der Produktionsstätten

Verringerung der Standortanzahl betrifft vor allem die Industriebereiche 13 bis 17, während sich in den Bereichen 18 und 19 die Standortanzahl erhöhte.

- Die Rekonstruktion von innerstädtischen Teilgebieten war in starkem Maße mit einer Verringerung von Einzelstandorten verbunden (Funktionsgebiet 5). Das betrifft vor allem Standorte der Industrie.
- Im Zusammenhang mit der Kombinatbildung oder der städtebaulichen Rekonstruktion von Teilgebieten wurden einige störende Produktionsstätten aufgegeben. Im wesentlichen blieben aber die dortigen Industriestandorte als stabiles Element der Territorialstruktur erhalten.
- Der Trend zur Konzentration der Zweige hatte nicht in gleichem Umfang die territoriale Konzentration zur Folge. Er führte nur unwesentlich zur Beseitigung der Betriebszersplitterung. Diese ist jedoch nicht generell negativ zu beurteilen.
- Da zahlreiche Neben- und Splitterstandorte als Hauptfunktionsflächen der Produktion nicht mit modernen Technologien zu nutzen waren, führte teilweise zu Flächenumwidmungen. Parallel dazu wurde die ökonomische Nutzungsintensität stark reduziert. Dadurch entstanden z. B. zahlreiche Lagerstandorte mit Beeinträchtigungen der Wohnfunktion in zentralen Bereichen der Stadt.
- Auch in den Industriegebieten der Stadt existieren störende funktionsfremde Nutzflächen, die einer Umwidmung bedürfen. Der dadurch erzielte Flächenfonds könnte der Entwicklung der Industrie in diesen Gebieten dienen. Bei der Flächenvergabe gebührt den begründeten Flächenforderungen von struktur- und profilbestimmenden Nutzungsträgern der Produktion im Industriegebiet bei Nachweis effektiver bestehender Nutzungsverhältnisse der Vorrang.
- Das Verursacherprinzip bei der Beauftragung mit Kosten für Standortverlagerungen behindert die rationelle Nutzung der Ressource Fläche. Auch daraus resultiert teilweise das große Beharrungsvermögen der Industrie selbst an Kleinstandorten.

Die Industrie ist nach wie vor ein wesentlicher stadtbildender Faktor und ein wichtiges Ele-

ment der Gebietsentwicklung. Der These, daß die Industrieflächen sich proportional zu den anderen Baugebietsflächen der Stadt entwickeln, kann nicht generell zugestimmt werden. Dies zeigte die Entwicklung in der Stadt Halle. Die Methoden der Flächenbedarfsplanung der Industrie müssen in Abhängigkeit von der Fertigungstechnologie, der vorgesehenen Lage und dem infrastrukturellen Ausstattungsgrad der Flächen bei Beachtung der ökologischen Bedingungen qualifiziert werden.

Der positive Gesamteffekt, welcher sich aus der Lokalisation von Produktionsstandorten und -komplexen ergibt, ist nicht mit der Summe von Teileffekten, die aus Maßnahmen einzelner Nutzungsträger resultieren, identisch. Die Untersuchungen im Raum Bitterfeld-Halle-Naumburg zeigten, daß die Intensitätswerte der industriellen Flächennutzung in der Regel stärker von der Größe der Siedlungen und der Lage der Industrieflächen in der Stadt und im Ballungsgebiet abhängen, als von den Zweigen.

Die sozialistische Gesellschaftsordnung besitzt gute Voraussetzungen für eine effektive territoriale Organisation des Reproduktionsprozesses. Diese Vorteile wurden in der Vergangenheit noch zu wenig genutzt. Die wissenschaftlich fundierte Flächennutzungsplanung und Investitionstätigkeit zur Realisierung von Gebiets- und Stadtentwicklungskonzeptionen trägt entscheidend zur Effektivität der Territorialstruktur bei. Die intensive Nutzung der Flächen ist ein entscheidendes Kriterium der territorialen Effektivität (WALOSSEK 1985). Dabei dürfen die ökonomischen und ökologischen Erfordernisse der Planung nicht als Gegensätze gesehen werden, sondern sie sollten als gleichberechtigte Prinzipien einer komplexen Gebietsplanung begriffen werden.

6.

Erläuterung ausgewählter Begriffe

Bodennutzung:

Alle Nutzungsarten, bei denen der Boden als Träger der Bodenfruchtbarkeit das Hauptproduktionsmittel für die Produktion von Pflanzen ist.

Bruttogeschößflächen:

Summe der von den Umfassungsmauern begrenzten Raumgrundflächen aller Geschosse von Gebäuden u. a. stockwerkgegliederten ingenieurtechnischen Hoch- und Tiefbauten. Die Bruttogeschößfläche eines Geschößbauwerkes errechnet sich aus der Summe aller Vollgeschößflächen einschließlich der zurechenbaren Teile des ausgebauten Dachgeschosses.

Flächenumwidmung:

Änderung der Flächennutzung oder Flächenfunktion. Die Umwidmung erfolgt in der Regel im Zusammenhang mit der Änderung des Nutzungszieles oder der Nutzungsträger.

Folgenutzung:

Die nach erfolgter Flächenumwidmung neu beginnenden Nutzungen, räumlich charakterisiert durch neue Nutzflächenarten, Nutzungsgefüge und Funktionsflächen.

Funktionsflächen:

Abgrenzbare Grundflächen und/oder künstliche Erweiterungsflächen, bestehend aus einem oder mehreren Nutzungsgefüge(n), die in ihrer Gesamtheit der Erfüllung einer gesellschaftlichen Funktion dienen.

Funktionsgebiete der Flächennutzung:

Zusammenfassung von Funktionsflächen der Siedlungen, die hauptsächlich charakteristisch sind für die Nutzung des Territoriums zur Erfüllung einer gesellschaftlichen Grundfunktion (Hauptfunktion).

Industrie-Standorte:

Flächen, deren Nutzungsträger Industriebetriebe sind.

Nachnutzung:

Die im langfristigen Prozeß der Flächenumwidmung eines Gebietes stattfindenden befristeten zwischenzeitlichen Nutzungen von Flächen.

Natürliche Grundfläche:

Ausschnitt der Erdoberfläche, unabhängig von ihrer Nutzung. Die Grundfläche ist naturgegeben. Sie ist unverlegbar und nicht vermehrbar, folglich nur begrenzt verfügbar.

Nutzflächenarten:

Grundflächen und Geschößflächen einheitlicher Flächennutzungsart, deren weitere Untergliederung unter dem Aspekt der Nutzung entweder nicht möglich oder nicht sinnvoll ist, da diese funktional untrennbar auf engstem Raum miteinander verkoppelt sind.

Nutzungsträger:

Personen, Personengruppen, staatliche Organe, Organisationen, Betriebe, Kombinate u. a. Vertreter des gesellschaftlichen Lebens, die Nutzungsrechte für Flächen besitzen.

Grundfläche:

Ausschnitt der Erdoberfläche als natürliche Ressource, unabhängig von ihrer Nutzung. Sie ist unverlegbar und nicht vermehrbar, folglich als tragender Grund und Wirkungsfeld der Aktivitäten der Gesellschaft nur begrenzt verfügbar.

Produktionsstätten:

Betriebsstandorte von Wirtschaftsbereichen der materiellen Produktion, Dienstleistungen u. a. Zweigen der Volkswirtschaft, die bezüglich ihrer Standortansprüche und territorialen Auswirkungen industrieeähnlichen Charakter haben.

Reserveflächen:

Für bestimmte Nutzungsträger bzw. Funktionen zu deren räumlicher Erweiterung ausgewiesene Grund- und Bruttogeschößflächen. Reserveflächen können zwischenzeitlich andersartig genutzt werden. Sie dienen aber primär der langfristigen, planmäßigen Entwicklung bestimmter Funktionen in dafür vorgesehenen Gebieten.

Totale Nutzfläche:

Flächenstatistischer Begriff für die gesamte zur Verfügung stehende Fläche eines Nutzungsträgers, Grundstückes oder beliebig begrenzten Gebietes. Sie errechnet sich aus der natürlichen Grundfläche plus den Bruttoflächen in Gebäuden und anderen stockwerkgegliederten Hoch- und Tiefbauten abzüglich der von ihnen eingenommenen bebauten Grundfläche, d. h. aus der Summation aller für eine Nutzung zur Verfügung stehenden Grundflächen und künstlichen Erweiterungsflächen.

Die Begriffe zur Bewertung der Flächennutzung aus Abbildung 2 sind bei WALOSSEK (1982 und 1986) erläutert.

Literatur

- Anordnung über Flächenbedarfsnormative für Investitionen der Industrie und Lagerwirtschaft vom 22. Juni 1982. – In: Gesetzblatt d. DDR, Teil II, Nr. 28 v. 30. 7. 1982, S. 529...530. – Berlin, 1982.
- Betriebssystematik. –
Staatliche Zentralverwaltung für Statistik. – Berlin, 1966.
- BÖNISCH, R.:
Die Wechselbeziehungen von territorialer Prognostik und Planung in der Standortoptimierung. – In: Wiss. Zeitschr. d. Hochschule f. Ökonomie Bruno Leuschner Berlin. – Berlin 18 (1973), 3, S. 108...116.
- Halle/S., Analyse städtischer Funktionsgebiete. – Deutsche Bauakademie. Institut für Industriebau, Halle/Saale. – Halle, 1970 (unveröff.)
- HOFMEISTER, B.:
Stadtgeographie. – 2. Aufl. – Braunschweig, 1972.
- KRAUSE, K.-H., u. a.:
Begriffskatalog zur Flächennutzung (3. Fassung). – Forschungsbericht der Arbeitsgruppe Flächennutzung der Forschungsgruppe Sozialistische Landeskultur an der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. – Halle, 1977 (unveröff.)
- MOHS, G., H. SCHMIDT und D. SCHOLZ:
Die territoriale Konzentration als Problem und Aufgabe der territorialen Sturkturenentwicklung in der DDR. – In: Sozialistische Gesellschaft und Territorium in der DDR. – Gotha/Leipzig, 1972, S. 19...31. – (Wiss. Abhandl. d. Geogr. Ges. d. DDR; 9).
- Struktur und Funktion. – Nova Acta Leopoldina, N.F. – Leipzig, Bd. 35 (1970), Nr. 194.
- WALOSSEK, W.:
Regionale Probleme der Entwicklung der halle-schen Industrie aus der Sicht ihrer Flächennutzung. – In: Wiss. Zeitschr. d. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. Reihe. – Halle 23 (1974), 5, S. 45...51.
- WALOSSEK, W.:
Zur Hierarchie der Flächennutzung aus ökonomisch-geographischer Sicht, dargestellt am Beispiel eines Industriegebietes. – In: Wiss. Zeitschr. d. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. Reihe. – Halle 27 (1978), 4, S. 55...70.
- WALOSSEK, W.:
Zur rationellen Gestaltung der Produktionsstruktur in städtischen Siedlungen aus der Sicht der Effektivität der industriellen Flächennutzung. – In: Zur rationellen Gestaltung der regionalen Produktionsstruktur unter den Bedingungen der Intensivierung der gesellschaftlichen Reproduktion. – Thesen u. Materialien d. wiss. Arbeitstagung am 22. 5. 1980 a. d. Hochschule f. Ökonomie Bruno Leuschner Berlin. – Berlin, 1980, S. 149...155.
- WALOSSEK, W.:
Die Entwicklung der Standortverteilung der Industrieflächen der Stadt Halle (Saale) von 1945 bis 1975 und Probleme ihrer zukünftigen Planung. – In: Hallesches Jahrb. f. Geowiss. – Gotha/Leipzig 6 (1981), S. 75...86.
- WALOSSEK, W.:
Methodologische Grundlagen und Probleme der Erfassung und Bewertung der industriellen Flächennutzung – ein geographischer Beitrag zur Planung einer rationellen Nutzung der Ressource Fläche am Beispiel der Stadt Halle (Saale). – Halle (Diss. A) 1982.
- WALOSSEK, W.:
Beiträge zur territorialen Effektivität für die Bewertung der Flächennutzung der Industrie. – In: Wiss. Zeitschr. d. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. Reihe. – Halle 34 (1985), 3, S. 28...34.
- WALOSSEK, W.:
Zur Bewertung der Flächennutzung der Industrie mit Beispielen aus der Stadt Halle (Saale). – In: Wiss. Zeitschr. d. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. Reihe. – Halle 35 (1986) 4, im Druck.

Besprechungen

RIEGRAF, W., G. WERNER und R. LÖRCHER
Der Posidonienschiefer. Biostratigraphie,
Fauna und Fazies des südwestdeutschen
Untertoarciums (*Lias epsilon*).

195 Seiten, 50 Abbildungen, 12 Tafeln.
Ferdinand Enke Verlag: Stuttgart, 1984.

Ebenso wie das Geiseltal bei Halle (Saale), die Grube Messel bei Darmstadt und die Steinbrüche von Solnhofen-Eichstätt ist der Posidonienschiefer Südwestdeutschlands mit seinen zahlreichen Aufschlüssen eine der bedeutendsten Fossilagerstätten der Welt, ein Paläoökosystem von hohem wissenschaftlichem Rang. Dieses für Geowissenschaftler schier unerschöpfliche Forschungsgebiet, in Sonderheit der „*Lias epsilon*“ bzw. das Untertoarcium, wurde von den Autoren biostratigraphisch-paläoökologisch erfaßt und in dem vorliegenden Titel publiziert.

Zunächst werden die geowissenschaftlichen Arbeiten über das südwestdeutsche Untertoarcium (etwa *Lias epsilon*) seit 1830 bis 1983 aufgelistet, ebenso wie das den Verfassern von Institutionen und Sammlungen zur Bearbeitung bereitgestellte Material. Auch die wirtschaftliche Bedeutung des Posidonienschiefers wird kurz erwähnt. Es folgen die lithologische Unterteilung des *Lias epsilon* und seine historische Entwicklung seit QUENSTEDT 1848 und die biostratigraphische Gliederung in Zonen, Subzonen und Horizonte, in denen sich Anzeichen für schwächere Wasserbewegungen bzw. Wellenschlag, seltener für stärkere Strömungen, finden. Die faziellen Beziehungen zu England, Norddeutschland, Franken und Südfrankreich werden dargelegt und diskutiert. Neueste Erkenntnisse (u. a. ETZOLD 1980, KNITTER 1983), insbesondere der Mikropaläontologie, korrigieren die meist veralteten Vorstellungen über die faziellen Verhältnisse des ehemaligen Untertoarciums oder Posidonienschiefermeeres in Süddeutschland. Anschließend geben die Autoren eine kurze taxionomische Übersicht der bisher bekannten Fauna und Flora des südwestdeutschen Untertoarciums mit den vertikalen Vorkommen der einzelnen Arten in der Terminologie nach HAUFF 1921 sowie mit wichtigen Literaturhinweisen. Es folgen Ausführungen zur Ammonitenbestimmung durch die Autoren, während zur Cephalopodenerhaltung die Arbeiten von SEILACHER et al. 1976 und RIEGRAF 1980 referiert werden. Über die Ammoniten mit Weichteilerhaltung, die relativ häufig gefunden werden, wird ausführlich berichtet, und die irrtümliche Interpretation von LEHMANN 1967, von WETZEL 1969 und MATTHUR 1977, daß dieselben Tintenbeutel besaßen, wird

widerlegt. Sexualdimorphismus vermuten die Autoren bei allen im Untertoarcium Süddeutschlands gefundenen Ammonitengattungen und -arten. Den Abschluß des allgemeinen Teils der Arbeit bildet eine ausführliche lithologische und biostratigraphische Beschreibung der von den Autoren untersuchten 21 Aufschlüsse und Profile, von denen sich auch einige außerhalb des südwestdeutschen Untertoarciums befinden.

Im systematischen Teil des Titels werden sehr detailliert die Funde der Ordnungen Nautilida, Phylloceratina, Lytoceratina, Ammonitina (einschließlich der Anptychen und Aptychen) und Belemnitida (einschließlich der mesozoischen Onychiten-Fanghaken) beschrieben und diskutiert. Das umfangreiche Literaturverzeichnis (432 Titel) weist aus, daß die Autoren im Titel „klassische“ wie neueste wissenschaftliche Arbeiten berücksichtigt haben. Ein geographisches Verzeichnis, ein Sachverzeichnis und ein Verzeichnis der Fossilnamen erleichtern das Auffinden spezieller Fakten. Ein Bildtafelteil schließt die Arbeit ab. Hervorzuheben ist die gute und instruktive Bildausstattung des Titels, die es auch dem Laienpaläontologen ermöglicht, sein gefundenes Fossilmaterial zu determinieren und zu interpretieren. Insgesamt gesehen liegt hier ein Titel vor, der dem Fachwissenschaftler, aber auch dem Fossiliensammler zum Studium und zur Nutzung als Bestimmungs- und Orientierungshilfe sehr empfohlen werden kann.

G. KRUMBIEGEL

Zusammenfassung

Der silurische Ockerkalk des Thüringer Schiefergebirges wurde petrographisch untersucht. Daraus wurden die Bildungsumstände abgeleitet. Es handelt sich um ein bis 60 m mächtiges Tiefwasserkarbonat, bei dem kreideartige Nannoplankton-Schlämme aus Calpionellen, Foraminiferen und Ostracoden durch „Knollen-Stränge“, algenartige Problematica, zu einem Schlamm-Bioherm stabilisiert sind. Kalk-Ton-Turbidite, Crinoiden-Turbidite und Intraklast-Rinnensedimente weisen auf eine hemipelagische Sedimentation nahe des Beckenrandes hin. Intraklasten und crinoidenführende Matrix sind calcitisch-mikritisch und teils kompaktiert, die Knollen-Stränge dolomitisch-sparitisch und früh zementiert.

Summary

On the petrology and genesis of the Thuringian Ockerkalk (Silurian)

The Silurian ochreous limestone of the Thuringian Slate Mountains has petrographically been explored and the circumstances of its formation have been deduced. It is a deep-water carbonate up to 60 m thickness, where chalk-like nannoplankton ooze, made up of calpionellides, foraminifers and ostracoda are stabilized into a mud bioherm by „nodular strings“, algae-type problematical fossils. Lime-clay turbidites, crinoidal turbidites and intraclast debris flow sediments point to hemipelagic basin-margin sedimentation. Intraclasts and crinoid-bearing matrix are calcitic-micritic and partly compacted, the nodular strings are dolomitic-sparitic and early cemented.

Резюме

К петрологии и происхождению тюрингского охристого известняка [силура]

Силурийский охристый известняк Тюрингских сланцевых гор был исследован петрологически. Таким образом были установлены условия образования. Речь идёт о мощном глубоководном карбонате, достигающем 60 м, у которого меловидный нанопланктонный ил из кальционел, фораминифер, остракод посредством жёлваковых линий, являющихся своей образной проблематикой, стабилизировался в ил-биохерн. Известково-глиноземи-

Zur Petrologie und Genese des Thüringer Ockerkalkes (Silur)

Mit 1 Abbildung, 15 Photos und 3 Tabellen im Text

Autoren:

Prof. Dr. habil. ROLF LANGBEIN
Dipl.-Geol. AXEL PRECKER
Ernst-Moritz-Arndt-Universität
Sektion Geologische Wissenschaften
Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 17a
Greifswald
2200

Dr. MICHAEL WEIDLICH
Abmannstraße 29
Berlin
1162

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 49...63
VEB H. Haack Gotha 1986

стые турбиды, криноидные турбиды и внутриобломочные промойные осадки указывают на гемипелагическое отложение осадков вблизи бассейна. Внутриобломочные осадки и криноидная основная масса являются кальцитно-микритными и частично массивными, желваковые линии – доломитово-грубокристаллической карбонатной породой и рано зацементированными.

1. Einleitung

Wichtigste und mächtigste Schichtenfolge des Altpaläozoikums im Thüringer Schiefergebirge ist mit ca. 2000 m das Ordovizium. Es ist eine Folge von grüngrauen und roten Tongesteinen und Feinsandsteinen mit dem Charakter einer marinen und terrestren Molasse, die zusammen mit geringmächtigen kambrischen (?) Schichten eine jungproterozoische Flyschfolge mit syngenetischen Spiliteinschaltungen sowie postgenetischen Porphyren und Graniten überlagert. Proterozoikum und Ordovizium bilden also die silicaklastische Auffüllung eines tiefen Sedimentationstrogens. Zum Abschluß des Ordoviziums treten in der Gräfenthaler Serie sogar charakteristische flachmarine und terrestre Bildungen auf, Hämatitquarzite und Umlagerungsprodukte dieser Verwitterungskruste in Form von Chamosit- und Sideritoolithen.

Diese extrem flache bis terrestre Fazies wechselt schon innerhalb der Gräfenthaler Serie mit bis 500 m mächtigen Tongesteinen. Es kommt also zu einer deutlichen Absenkung des vorher nahezu aufgefüllten Sedimentationsbeckens. Der Lederschiefer, ein feinsandig-schluffiger geröllführender Tonstein, der teils als glaziomarine Drift gedeutet wird (KATZUNG 1961), reicht noch in das Silur hinein. Er wird in der Zone des *Akidograptus ascensus* vom euxinischen Unteren Graptolithenschiefer abgelöst (HOPPE und SEIDEL 1974).

Der Graptolithenschiefer ist neben dem Ockerkalk der zweite Haupt-Sedimenttyp des geringmächtigen (60...80 m) thüringischen Silurs. Dieses wird deshalb als eine Periode vollständiger tektonischer Ruhe aufgefaßt, zumal auch keine magmatischen Aktivitäten bekannt sind. Der Graptolithenschiefer, eine Wechselfolge von bituminösen und pyritreichen euxinischen Tongesteinen und Kieselpeliten, wird nach einer kieselpelitfreien Übergangsfolge, dem Alaunschiefer des Wenlock, im Budnianian vom Ockerkalk abgelöst. Der Ockerkalk reicht etwa von der Zone des *Monograptus scanius* bis *Monograptus transgrediens*. In den Ockerkalk sind noch bituminöse, pyritische und graptolithenführende Tonsteine eingelagert, Kieselpelite und Ockerkalk schließen sich gegenseitig aus.

Der Name Ockerkalk wurde durch GÜMBEL (1863, 1879) in die Literatur eingeführt. „Indem sich durch Verwitterung Eisenoxyhydrat bildet, nimmt der an sich grauliche Kalk einen gelblichen Farbton an oder enthält in konzentrierter Weise Eisen-Ocker-Putzen und Nester Daher ist die Bezeichnung Ockerkalk genommen.“ (GÜMBEL 1879, S. 456).

Infolge der tiefgründigen Verwitterung sind Aufschlüsse selten und die Angaben über Mächtigkeit und Faziesverhältnisse noch unsicher. Im Marmorbruch Wittgendorf südlich von Saalfeld ist in einer 35 × 10 m großen Wand der typische Aufbau gut zu erkennen. Er besteht hier aus einer Folge massiger und plattiger Kalksteinbänke mit schiefrig-mergeligen dünnen Zwischenlagen. Die Lagerung ist im wesentlichen horizontalparallel, mit der Ausnahme von leichten Anschwellungen in einer Art beginnender Biohermbildung (mud mounds).

Da aus dem Raum Wittgendorf-Döschnitz die vollständigsten Profile zu erhalten waren, stützen sich unsere petrologischen Untersuchungen überwiegend auf dieses Gebiet (PREKKER und WEIDLICH 1982). Einbezogen wurden aber ferner Aufschlüsse bei Steinach, Oberloquitz, Saalfeld und Gräfenwarth (bei Schleiz).

Der Ockerkalk wird im Hangenden abgelöst durch bituminöse Tongesteine des Oberen Graptolithenschiefers, in denen die Grenze zum Devon liegt. (Zur genauen Grenzziehung und Feinstratigraphie siehe JAEGER 1959.)

2. Lithotypen des Thüringer Ockerkalkes

Um einen Überblick über Ausbildung und Variationen der bearbeiteten Profile zu gewinnen, wurden makroskopisch unterscheidbare Gefügecharakteristika erfaßt und in Lithotypen gegliedert. Die Lithotypen bildeten die Grundlage der makroskopischen Gesteinsansprache, ihre Verteilung im Profil ist in der Abbildung 1 als ein Beispiel dargestellt. Im folgenden sollen sie kurz beschrieben werden (in Klammern steht die Häufigkeit des Lithotyps).

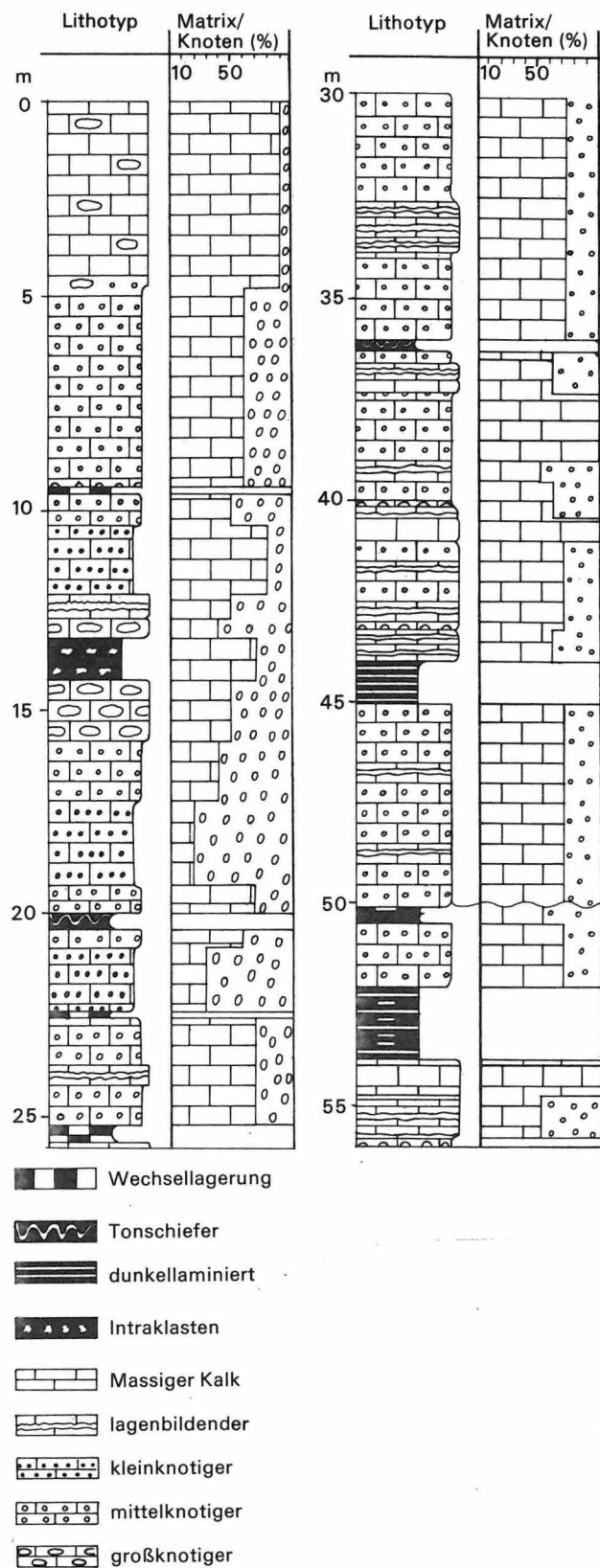


Abbildung 1
Schematisches lithologisches Profil des Ockerkalkes in Thüringen. Abfolge der Lithotypen (jeweils linke Säule) und Knoten-Matrix-Verhältnisse

2.1.

Intraklastenkalk (1 %)

In einer schwarzen Tonsteingrundmasse, die ungeschichtet, stark bituminös und schwach pyritführend ist, sind über 50% Kalksteingerölle eingeschaltet. Die Gerölle sind ungerundet bis kantengerundet, nicht sortiert und nicht eingeregelt (debris flow). Ihre Größe schwankt zwischen einigen Millimetern und einem Dezimeter. Der Kalkstein ist texturfrei, enthält nur wenig Pyrit und keine Makrofossilien. Die einheitlich hellgraue Farbe und mikritische Ausbildung lassen die Gerölle als einheitlichen Gesteinstyp erkennen, der Intraklastenkalk ist monomikt (Photo 1).

2.2.

Zyklische Tonstein-Kalkstein-Wechselfolge (6 %)

Die Zyklen dieser Wechselfolge sind zweigliedrig, mit einem schwarzen, stark bituminösen und pyritführenden Tonsteinband. Die Mächtigkeit der Zyklen wechselt zwischen 3 und 8 cm; ihre Basalgrenze, d. h. die Untergrenze des Tonsteins, ist meist scharf, während die Grenze zum zugehörigen Kalksteinband nach oben hin häufig fließend ist. Im Tonstein finden sich framboidale Pyritanreicherungen. Photo 3 zeigt die typische Ausbildung, die als Turbidit gedeutet wurde.

Wie aus der Abbildung ersichtlich, sind auffallende Erscheinungen in diesem Lithotyp die schon im Kalkband gelegentlich auftretenden Kalkknollen. Gegen ihre Umgebung, einen mittelgrauen Kalkstein, heben sie sich durch ihre hellgraue Färbung ab, die durch eine fast verunreinigungsfreie mikritische und sparitische Karbonatausbildung verursacht wird. Durch ein dünnes, aber durchgehendes Bitumenhäutchen sind sie scharf abgegrenzt. Ihre Größe liegt meist bei wenigen Zentimetern, ihre Form ist im Querschnitt unregelmäßig, von oval bis blumenkohlartig. Es handelt sich allerdings nicht um eigentliche Knoten oder Knollen, sondern um Querschnitte von Strängen mit teils beachtlicher Längserstreckung.

2.3.

Gebänderter Ockerkalk (26 %)

Der gebänderte Kalkstein unterscheidet sich von der Wechsellagerung durch das weitgehende Zurücktreten des Tonsteinanteils. Neben Bändern aus massivem Karbonat liegen solche, in denen die drei Gesteinstypen der Wechselfolge zusammen auftreten: reine Kalksteinstränge, verunreinigte Kalksteinmatrix und Tonsteinzwischenmittel (Photo 4).

Die Kalksteinbänder sind dicht, splittrig und auch verwitterungsbeständig. Eine unregelmäßige Maserung geht auf das Auftreten diskreter Knollenstränge zurück, die nur teilweise ihre bituminösen Häutchen erhalten haben. Durch diese Internstruktur sind die Grenzen der Bänder wulstig bis rippelartig. Die Mächtigkeit der jeweils durch zwei Bänder gebildeten Kleinzyklen reicht bis 20 cm, die Bänderung selbst ist horizontal aushaltend, und auch nach einer randlichen Aufspaltung oder Verschmelzung von Bändern setzt im gleichen Horizont die Bänderung bald wieder ein, so daß ihr wohl eine weitreichende sedimentäre Anlage zukommt. Auch dieser Typ wurde als Kalkturbidit gedeutet.

Photo 1

Intraklastenkalk. Kantengerundete Bruchstücke eines Mikrofossil-Kalkes in stützender Kalksteinmatrix mit Crinoidenschutt (debris flow sediment)

Photo 2

Eng und parallel gefältetes Ton-Karbonat-Gestein (teils grobsparitisch umkristallisiert). Weich-Sediment-Verformung

Photo 3

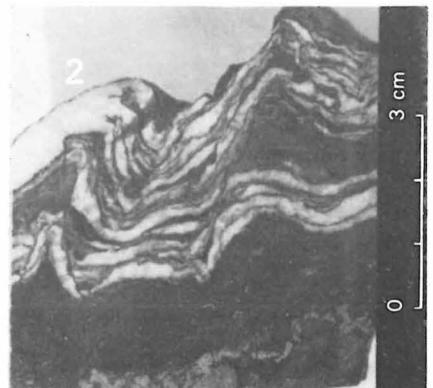
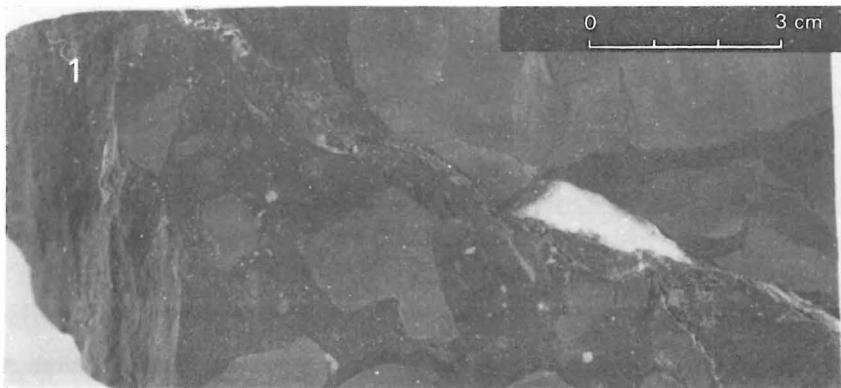
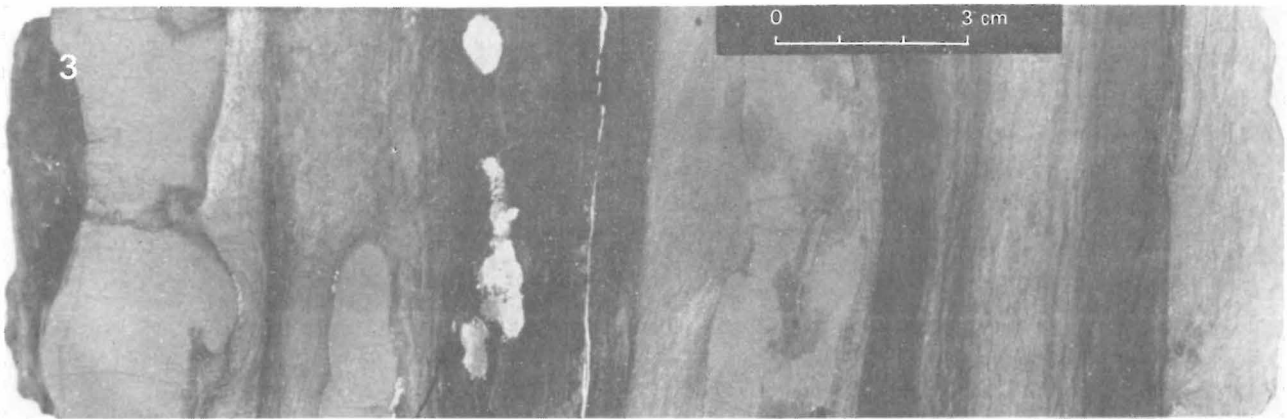
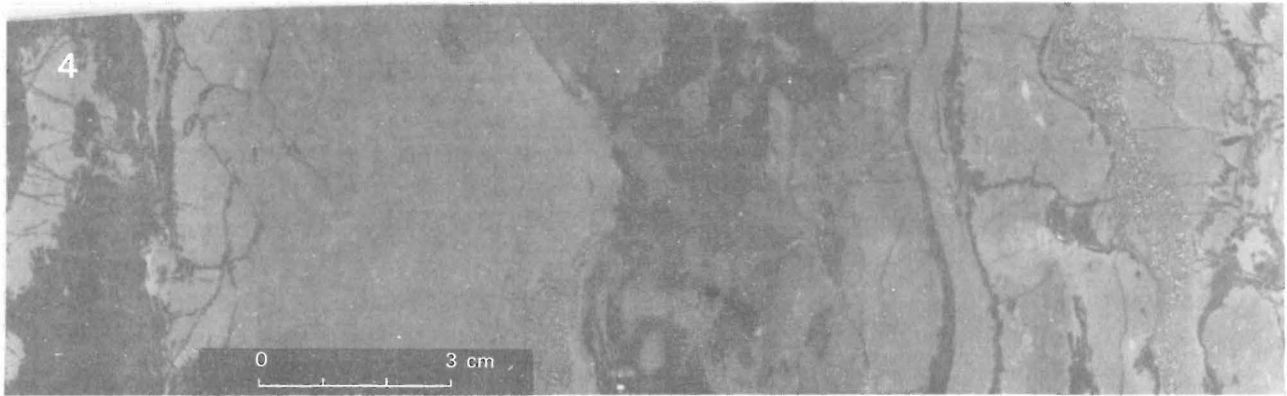
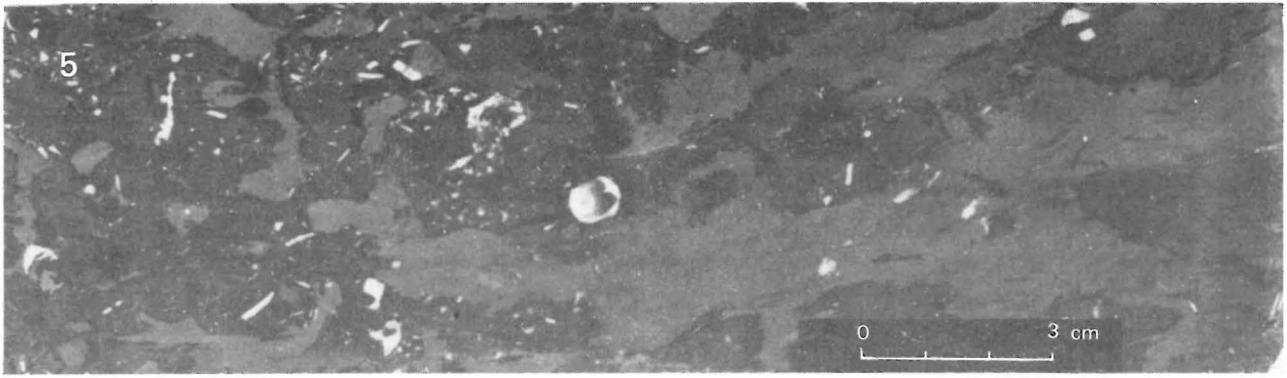
Zyklische Kalkstein-Tonstein-Wechselfolge. Tonsteinlagen (dunkel) mit scharfer Untergrenze und Kalksteinlagen (hell) mit fließender Untergrenze in Wechsellagerung, von isolierten Knollen durchsetzt (marestone-turbidites)

Photo 4

Gebänderter Ockerkalk. Bänder eines mikritischen reinen Kalksteins (oben) und eines aus Knollen und Matrix gebildeten Kalksteins werden durch unscharfe Tonsteinbänder (dunkel) getrennt.

Photo 5

Typischer massiger Ockerkalk, in dem crinoidenreiche Matrix durch Knollen-Stränge (hell, schräg angeschnitten) stabilisiert ist.



2.4.

Knollig-knauriger Ockerkalk (67%)

Der knaurige Ockerkalktyp entwickelt sich aus dem gebändertem Typ bzw. der Wechselfolge mit dem Zurücktreten der tonigen Komponente. Es sind noch zwei Karbonatvarianten auseinanderzuhalten, eine Matrix und die Knollen, beide durch unterschiedlich deutliche Bitumenhäutchen voneinander getrennt. Wie schon beim Wechsellagerungstyp unterscheiden sich Knollen und Matrix deutlich in Farbe und Ausbildung. Besonders auffallend heben sich beide bei beginnender Verwitterung voneinander ab, da die Knollen zuerst rostbraun (ocker) verfärbt werden. Die Matrix besteht aus Mikrit und ist überwiegend calcitisch, nur vereinzelt sind sparitische Flecken eingeschaltet. Pyrit ist feinverteilt oder bildet framboidale Aggregate; bituminöse Substanz ist an den Knollengrenzen besonders angereichert, häufig sind auch Styolithen.

Die Knollen sind von der Matrix durch Bitumen abgegrenzt. Sie „schwimmen“ nur selten einzeln in der Grundmasse, sondern sind meistens aneinandergereiht oder miteinander verzahnt. Die äußere Form reicht dadurch von rundlich über oval zu regellos bizarren Gebilden, ihre Häufigkeit schwankt teils systematisch (Abbildung 1). Nur selten sind die Knollen mikritisch ausgebildet, sondern vorwiegend sparitisch. Wichtigstes Karbonatmineral ist der Dolomit. Die Gehalte an silicaklastischen Verunreinigungen, Pyrit, Crinoidenfragmenten und Bitumen sind deutlich niedriger als in der Matrix. Auffallend ist eine leicht erhöhte Porosität. Der Gesteinstyp wurde als mud mound Sediment gedeutet (Photo 5).

3.

Mineralogisch-petrographische Charakterisierung

Der Mineralbestand des Ockerkalkes wurde röntgendiffraktometrisch an Gesamtproben und Löserückständen ermittelt. Die Karbonatminerale sind danach Calcit und Dolomit (evtl. bis zum Ankerit). Siderit, dessen Vorkommen frü-

her vermutet wurde, ist nicht vorhanden. In verwitterten Proben treten die Eisenminerale Goethit und Hämatit auf, in den Rückständen ist in wechselnder Häufigkeit Pyrit nachzuweisen. Hauptminerale der unlöslichen Rückstände sind Quarz und Muskovit sowie untergeordnet illitische Tonminerale. Einige Proben enthielten gehäuft Chlorit und fast alle Proben in sehr geringen Anteilen Alkalifeldspäte.

Der Gesamtgehalt an unlöslichen Rückständen in den untersuchten 16 Proben schwankt zwischen 7,5% für die relativ reinsten Kalksteine bis zu 30% bei den tonreichen Varietäten. Insgesamt kann für den Ockerkalkhorizont ein mittlerer Gehalt von $17,5 \pm 9,1\%$ an toniger Matrix angegeben werden.

Mikroskopisch sind die Intraklasten calcitisch-mikritisch entwickelt, mit wenig Quarz und Pyrit, einzelnen Mikrostyolithen, einzelnen silifizierten Mikrofossilien und nur an den Grenzen etwas Bitumen. Mikrofossilien können an den Grenzen abgeschnitten sein. Die umgebende Tonsteinmatrix ist tonig-bituminös entwickelt, teils feingeschichtet, mit viel idiomorphem feinverteilttem Pyrit und etwa 30% klastischen Quarzen von Siltgröße (Photo 8).

Die Kalksteinmatrix ist homogen und meist calcitisch-mikritisch entwickelt (Photo 6), nur selten mit sparitischem Dolomit. Der Calcit bil-

Photo 6

Bioklastischer Calcitmikrit, kreideartig, mit Schnitten durch Calpionellen. Dünnschliff, ca. 120fach vergrößert

Photo 7

Bioklastischer Calcitruddit, Crinoiden-Turbidit. Dünnschliff, ca. 30fach vergrößert

Photo 8

Schnitte durch Intraklast (Mitte) und Knollen (oben). Die Unterschiede zwischen verunreinigter mikritischer Matrix, reinem Intraklastenkarbonat mit Mikrofossilien und Styolithen-Saum und den sparitischen Knollen sind deutlich. Dünnschliff, ca. 20fach vergrößert

Photo 9

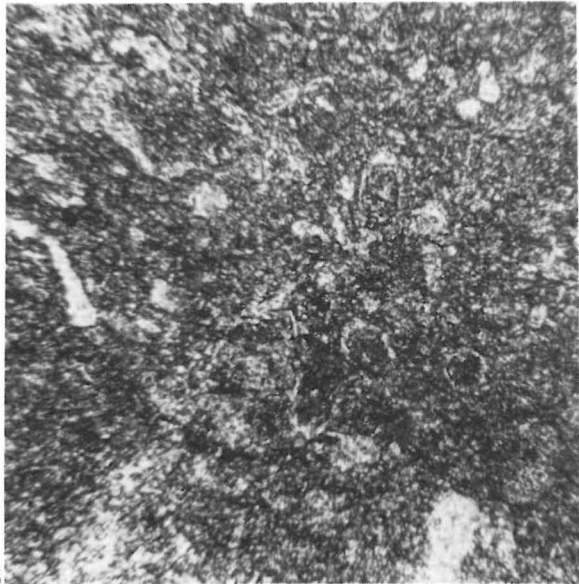
Schnitt durch eine Knölle, randlicher Bitumensaum und Feinstruktur deutlich. REM-Aufnahme, ca. 30fach vergrößert

Photo 10

Feinstruktur eines Bitumensaumes. Die schlauchartigen, verschlungenen Strukturen ähneln Algen-Geweben. REM-Aufnahme, ca. 700fach vergrößert

Photo 11

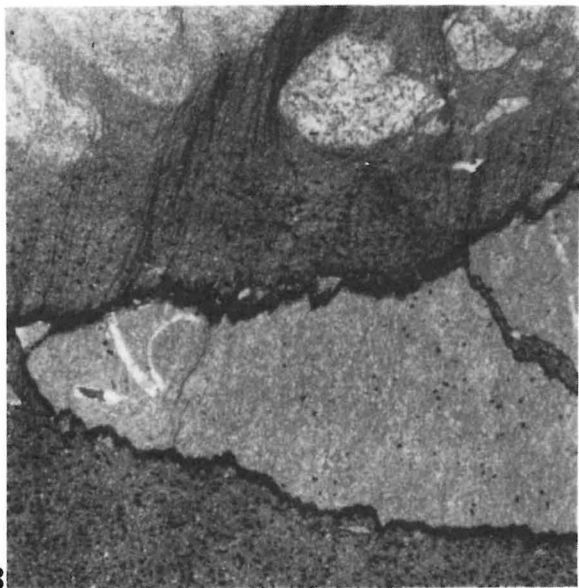
Wie Photo 9, stärker vergrößert. Die zahlreichen feinen Kanäle, die die Porosität bedingen, sind deutlich, stellenweise gebogener Verlauf. REM-Aufnahme, ca. 450fach vergrößert



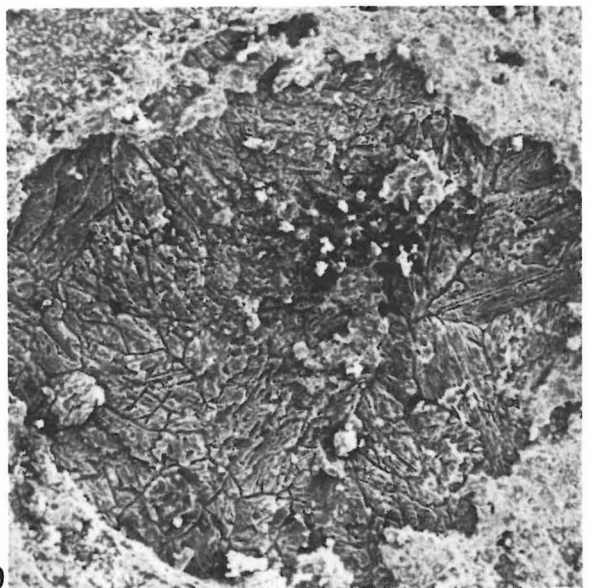
6



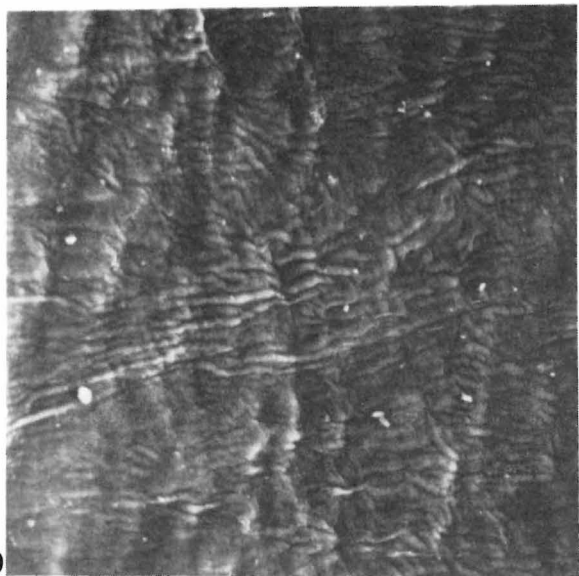
7



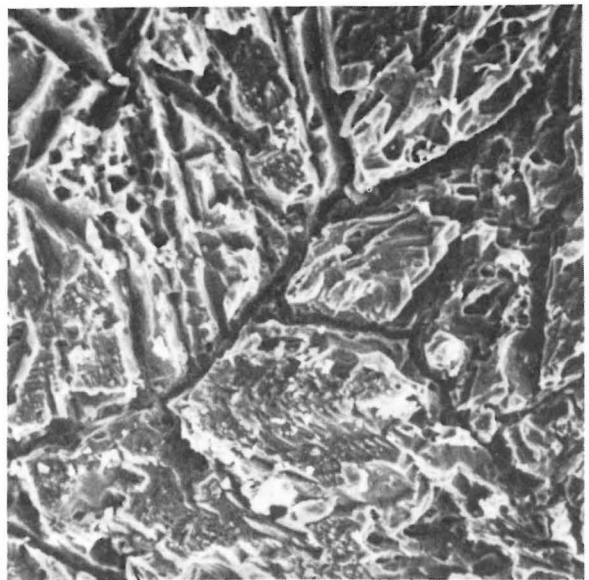
8



9



10



11

det überwiegend Mikro- und Makro-Bioklasten. Quarzsilt, Glimmer, idiomorpher Pyrit, schlierigwolkiges Bitumen und Stylolithen sind deutlich.

Die Knollen sind durch Bitumen randlich begrenzt, wobei feine Häutchen oder auch wolkige bis gewebeartige Streifen auftreten können. Das Karbonat besteht in der Regel aus einem Gemisch von isometrisch-körnigem Calcitmikrit und zuckerkörnigem Dolomitsparit. Vereinzelt treten Calciteinkristalle auf, der Calcit besteht zu einem großen Teil aus Mikrofossilschutt. Sonstige Verunreinigungen sind deutlich geringer verbreitet als in der Matrix.

Dolomit und Calcit wurden im Dünnschliff durch Anfärbereaktionen unterschieden. Dabei zeigte sich, daß sowohl im Dolomit als auch im Calcit Eisenkarbonat eingebaut ist. Die Verteilung des Dolomites ist deutlich spätdiagenetisch. Kennzeichnend ist das bevorzugte Auftreten in den Knollen, das Auftreten an Stylolithen der Matrix, in sparitischen Inseln mit interkristallinem Bitumen und in epigenetischen Kluftausfüllungen.

4. Geochemische Untersuchungen

Zur Charakterisierung der Zusammensetzung wurden an einigen Proben mit Hilfe der Atomabsorptions-Spektrophotometrie die wichtigsten karbonatbildenden Elemente bestimmt. Da sich weder Grundmasse und Knoten exakt trennen lassen noch das sulfidische Eisen vollständig eliminiert werden konnte, kommt den Ergebnissen nur Übersichtscharakter zu. Die Analyseergebnisse zeigt Tabelle 1.

Um einen Überblick über die ungefähre Verteilung der Elemente zwischen Knollen und Karbonatmatrix zu erhalten, wurden die Proben, in denen Knollen auftreten, den Proben, die nur Matrix enthalten, gegenübergestellt (Tabelle 2). Es ergibt sich als Tendenz: Magnesium und Eisen sind in den Knollen auf mindestens das Dreifache gegenüber der Matrix angereichert, d. h. Dolomit bevorzugt die Knollen. Strontium ist in den Knollen abgereichert. Mangan zeigt keine Unterschiede zwischen Matrix und Knollen.

Probe	CaCO ₃ (%)	CaMg (CO ₃) ₂ (%)	FeCO ₃ (%)	Mn (g/t)	Sr (g/t)
Intraklastenkalk	76,9	5,0	0,75	350	130
Wechselagerung	65,9	4,2	0,78	230	135
Massiger Kalkstein	75,4	4,2	0,76	450	240
Gebänderter Kalkstein	75,8	7,3	1,2	215	155
Gebänderter Kalkstein, Matrix	28,1	19,4	6,8	330	50
Kleinknolliger Kalkstein	76,7	6,7	0,82	400	140
Mittelknolliger Kalkstein	83,8	4,8	0,83	242	115
Mittelknolliger Kalkstein, Matrix	42,9	3,2	0,84	325	50
Mittelknolliger Kalkstein	81,9	6,3	1,2	280	215
Mittelknolliger Kalkstein	79,9	4,8	0,9	240	155
Mittelknolliger Kalkstein, Matrix	44,5	17,5	4,5	218	85
Mittelknolliger Kalkstein	75,7	6,7	1,1	423	245
Großknolliger Kalkstein	76,0	6,0	0,8	325	145
Großknolliger Kalkstein, Matrix	30,1	34,7	5,0	173	50
Dunkelgrauer Kalkstein	62,0	16,7	4,5	558	110
Hellgrauer Kalkstein	74,5	6,3	0,9	260	130

Tabelle 1
Analysen des Karbonatanteils im Ockerkalk

Vergleicht man die karbonatbildenden Elemente im Ockerkalk mit Kalkstein-Durchschnittswerten aus der Literatur (Tabelle 3), dann zeigt sich, daß Calcium, Magnesium und Eisen im normalen Rahmen liegen. Auffallend sind dagegen die relativ sehr geringen Gehalte bei Mangan und Strontium von jeweils nur einem Drittel bis Viertel der Durchschnittswerte. Versucht man aus diesen beiden Werten Rückschlüsse auf den Bildungsraum zu ziehen, kommt man zu widersprüchlichen Ergebnissen. Strontium ist in Karbonaten vor allem an den Aragonit gebunden. Unsere niedrigen Werte schließen damit eine stärkere Aragonitbildung während der Sedimentation und Zementation aus, sprechen für eine frühe Diagenese unterhalb der ACD-Linie (Aragonit Compensation

Element	Grundmasse	Knollen	Verhältnis Knollen/ Grundmasse
Calcium	19,9 %	31,6 %	1,6
Magnesium	0,83 %	2,2 %	2,75
Eisen	0,46 %	1,6 %	3,5
Mangan	292 g/t	312 g/t	1,1
Strontium	170 g/t	100 g/t	0,6

Tabelle 2
Vergleich von Elementgehalten in der Grundmasse und in knollenreichen Lagen

Depth) des Knollenzements, also für Tiefsee-Milieu. Beim Mangan müßten für euxinische und anärober Bereiche aber hohe Gehalte zu erwarten sein (WEDEPOHL 1970 : 500 g/t für flachmarine, 2000 g/t für tiefmarine Bildungsbereiche). Jedoch haben SHANMUGAM und BENEDICT (1983) gezeigt, daß hohe Gehalte an vulkanische Einflüsse gebunden sind. Unser Wert, der mit 300 g/t etwa so hoch wie im rezenten Coccolithenschlamm des Atlantik liegt, würde damit insbesondere die tektonisch-vulkanische Ruhe im Silur widerspiegeln.

5. Verwitterung des Ockerkalkes

Da der Ockerkalk seinen Namen dem Verwitterungsprodukt Ocker verdankt, seien hier noch einige Bemerkungen zur Verwitterung angefügt.

Die namensgebende Verfärbung zu „Ocker“ setzt sehr schnell ein, sobald Feuchtigkeit und Sauerstoff auf den Kalkstein einwirken. Die grauen Partien sind dabei an die Grundmasse gebunden, während die Knollen sich anfärben. Ursache dieser differentiellen Färbung des primär einheitlich grauen Gesteins sind die erhöhten Eisengehalte und Porositäten im Dolomit (und Ankerit?) der Knollen. Farbnuancen in der Grundmasse sind durch unterschiedliche Bitumen- und Pyritgehalte bedingt.

Die leuchtende Färbung, die dem Ockerkalk seinen Reiz als Baustein verleiht, ist nur für die ersten Stadien typisch. Sie weicht bald einem unscheinbaren Gelbgrau, wie es für verwitterten Dolomit typisch ist. Auffallend ist, daß die Knollen, in denen die Verwitterung begann, zu-

nächst durch den Limonit verkrustet sind und über die Grundmasse herausragen, später jedoch nur noch aus Mulm bestehen und zu Hohlräumen auswittern.

So ergibt sich folgende Reihenfolge der Verwitterungserscheinungen:

- rostfarbene Knollenstränge in leuchtend grauer Grundmasse,
- unscheinbar gelbgraue kompakte Kalksteine,
- Kalksteine mit heraustretenden braunen Knollenstrukturen,
- Kalksteine mit Höhlungen (Kramenzelkalke) und
- Mulm und Farberden.

6. Die biogenen Komponenten der Kalksteine

Die Kalksteinmatrix des Ockerkalkes und die Knollenstränge bestehen aus biogenem Detritus. Die Hauptmasse liegt in geringer Partikelgröße vor, doch findet sich auch ein deutlicher Anteil bis 100 µm Durchmesser und auch Fossilien bzw. ihre Bruchstücke bis 400 µm Durchmesser. Eindeutig zu erkennen sind als häufige bis gesteinsbildende Fossilien Calpionellen, Calcisphären, Ostracoden und Foraminiferen. Als einziges gesteinsbildendes Makrofossil kommen Crinoiden hinzu.

Die Calpionellen, Protozoen der Klasse *Ciliata* PETRY 1852 (?), haben glockenförmige bis U-förmige dünnschalige calcitische Gehäuse einer Größe von meist unter 50 µm. Sie sind

Tabelle 3
Vergleich der karbonatbildenden Elemente des Ockerkalkes mit Karbonatdurchschnitten

	Karbonat-bildende Elemente des Ockerkalkes	Karbonatdurchschnitte nach	
		WEDEPOHL (1970)	RÖSLER und LANGE (1975)
Calcium	26,3 %	31,5 %	30,2 %
Magnesium	1,4 %	2,6 %	4,7 %
Eisen	0,9 %	1,4 %	0,4 %
Mangan	300 g/t	700 g/t	1 100 g/t
Strontium	130 g/t	450 g/t	610 g/t

leicht zu erkennen und in großer Anzahl vorhanden (Photo 6). Bekannt sind sie bereits aus dem Silur Gotlands durch MANTEN (1971). Die Lebensweise dieser Tintinniden ist marinplanktonisch, so daß sie zum Nannoplankton zu rechnen sind. Interessanterweise schließen sich Tintinniden und Radiolarien gegenseitig aus (FLÜGEL 1982), was auch im Thüringer Silur deutlich wird. Bei den Foraminiferen überwiegen kugelige Formen. Nähere Bestimmungen wurden an silifizierten Formen vorgenommen. Sicher erkannt wurden dabei Vertreter der Gattungen *Hyperammina* BRADY 1878, *Psammosphära* SCHULZE 1875, vermutliche Vertreter der Gattungen *Blastamina* EISENACK 1932 und *Saccamina* SARS 1869 sowie evtl. der Gattung *Amphitremoida* EISENACK 1937. Zur Lebensweise dieser Foraminiferen kann gesagt werden, daß die rezenten Vertreter dieser Familien nach MORTON (1930) typische Tiefwasserformen darstellen.

Ostracoden wurden ebenfalls als silifizierte Formen in Löserückständen bestimmt, kalkschalige Formen sind aber im Gestein vor allem auch als Schill sehr häufig. Die bestimmten Formen gehören zu den Gattungen *Semibolbina* JORDAN 1964, *Parabolbina* SWARTZ 1936, *Acanthoscapha* ULLRICH und BASSLER 1923, *Beecharella* ULLRICH 1891, *Berounella* BOUCEK 1936 und *Tricornia* BOUCEK 1936. Zur ökologischen Bedeutung von silurischen Ostracoden gibt es bisher kaum Bemerkungen. Typisch für unsere Formen sind die Bestachelung und Bedornung der röhrenförmigen Fortsätze vieler Ostracoden, eine Dominanz der *Podocopida* MÜLLER 1894, viele kleine glattschalige Ostracoden, das Fehlen von Beyrichien und von Entomozoen. Die Ostracodervergesellschaftung kann damit dem (devonischen) Thüringer Ökotyp zugeordnet werden, den BLUMENSTENGEL (1963, 1977) als „kalkig-tonige, hemipelagische Fazies“ beschreibt.

Conodonten wurden ebenfalls in einigen Exemplaren gefunden. Es sind Vertreter der Gattungen *Prinonognathus* PANDER 1856 (= *Priognathus* FAY 1959), *Lonchodina* BASSLER 1925 und *Hindeodella* ULLRICH und BASSLER 1926.

Von jeher ist das gehäufte Auftreten von Crinoiden im Thüringer Ockerkalkprofil aufgefallen (Photo 7). Sie werden bereits von GÜMBEL

(1863) und RICHTER (1869) erwähnt. VOLK (1955) hat im Profil von Steinach drei Bänke oder Horizonte mit Crinoiden beschrieben. Seit einer Bestimmung von zwei Kelchfunden bei Gräfenthal werden sie der Gattung *Scyphocrinitis* ZENKER 1833 zugeordnet (*Scyphocrinushorizonte*). Für diese Gattung kann man keine Schlüsse über den engeren Lebensraum ziehen, vielmehr wird ihnen eine freischwimmende Lebensweise zugewiesen (KROEMMELBEIN 1977). Weitere Makrofossilien sind verschiedentlich gefunden worden, doch meist nur in einzelnen Exemplaren und vor allem in den tonigen Zwischenschichten. Sie sind nicht gesteinsbildend.

Zur Verbreitung der Crinoiden im Ockerkalkprofil haben wir detaillierte Untersuchungen angestellt. Nach der makroskopischen Aufnahme eines nahezu vollständigen Profils konnten die Funde drei Crinoidenhorizonten zugeordnet werden. So wurden die Angaben VOLKS (1955) bestätigt. Doch war dabei auffallend, daß damit die Gesamtmächtigkeit der Horizonte über 40% der Profilmächtigkeit betrug. Die nähere Untersuchung mit Hilfe von Dünnschliffen zeigte dann auch, daß Crinoidenbruchschill über den gesamten Ockerkalk verteilt ist, vielleicht mit zwei Besonderheiten: einer Anhäufung bis zu einem Crinoiden-Packstone im oberen Profildrittel (Photo 7) und dem Auftreten einer crinoidenfreien Zone im unteren Drittel.

Die Gehalte an gesteinsbildendem Mikrofosildetritus und Nannoplankton wurden durch Schliffanalysen ermittelt. Danach schwankt der Partikelanteil, in 65 Schliffen gemessen, zwischen 30% und 75%. Er ist also in vielen Fällen gerüstbildend. Deutlich heben sich zwei Maxima heraus. Das erste liegt bei $68 \pm 6\%$ und ist

Photo 12
Knollen-Stränge (Problematica) im Querschnitt gesehen. Die aufrechte Orientierung ist z. T. deutlich.

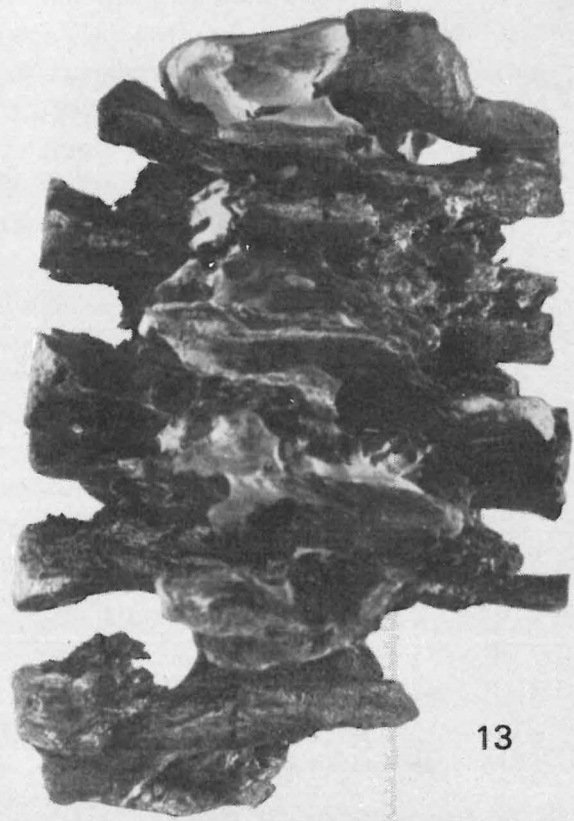
Photo 13
Knollen-Stränge (Problematica) parallel zur Längsrichtung gesehen (präparierte Probe). Die Parallelorientierung sowie der wechselnde Durchmesser sind zu erkennen.

Photo 14
Knollen-Stränge (Problematica) im Karbonat-Schlamm-Gestein, teils herauspräpariert

Photo 15
Knollen-Stränge in der Aufsicht. Die Verzweigungen sind deutlich.



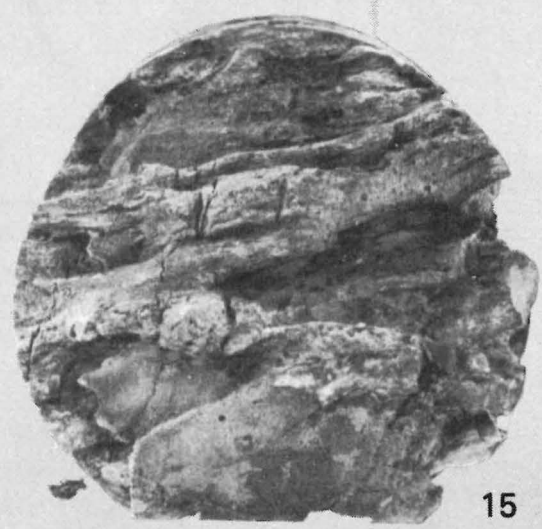
12



13



14



15

0 3 cm

typisch für die calcitische Matrix, das zweite liegt bei $40 \pm 8\%$, wenn man die grundmassenreichen Proben eliminiert, bei etwa 33%. Es ist typisch für die Knollenstränge. Aus diesen Werten lassen sich Schlußfolgerungen auf den Zeitpunkt der Zementation ableiten. So ergibt sich für die Knollen eine Minus-Zement-Porosität von 67%, was nach den Werten von SCHOLLE (1977) für pelagische Kalksteine einer nur geringen Versenkungsteufe zur Zeit der Zementierung entsprechen würde. Für die Kalkmatrix ergibt sich eine Minus-Zement-Porosität von 32%, entsprechend einer Versenkung um 1500 m zur Zeit der Zementierung. Danach stellen die Knollen einen frühdiagenetischen Zementit dar, während mit der Kalkmatrix ein Kompaktit vorliegt, der erst in größeren Teufen seine Porosität verlor.

7. Struktur der Knollenstränge

Auch die Knollenstränge selbst sind unseres Erachtens biogene Bildungen. Der Durchmesser der Stränge ist variabel. Er beträgt zwischen etwa einem und vier Zentimetern. Ovale Formen überwiegen, doch sind außerdem sowohl kreisrunde als auch pilzförmige, blumenkohlartige und bizarre Querschnittsformen möglich. Die Schnitte ähneln einerseits Stromatactis, andererseits auch Planolites. Im Unterschied zu Planolites sind ovale Querschnitte mit ihrem größten Durchmesser senkrecht zur Schichtung orientiert (Photo 12). Die Längsrichtung zeigt schnelle und unregelmäßige Wechsel der Durchmesser (Photo 13). Die Stränge wurden bis zu einer Länge von 1,50 m beobachtet, erreichen aber meist nur mehrere Dezimeter. Relativ häufig sind Verzweigungen, und zwar immer nur einfache und nur eine Verzweigung pro Strang (Photo 15). Die Verzweigungen liegen mit beiden Ästen angenähert in der Schichtung. Die auffallendste Erscheinung ist wohl aber die, daß alle Stränge subparallel liegen und deutlich in einer Richtung eingeregelt sind (Photo 13 und 14), wie dies bereits aus dem Unterdevon beschrieben worden ist (LANGBEIN und MEINEL 1985). Abgesehen von der vorwiegenden Dolomitisation bestehen die Knollen aus dem glei-

chen Mikrofossildetritus wie die Matrix. Eine wesentlich frühere Zementierung ist der einzige Unterschied. Die Bitumenhäutchen, die die Knollen abgrenzen, stehen sicher in Beziehung zu den Problematica. Sie haben eine submikroskopische Internstruktur (Photo 10), die an die Struktur von *Girvanella*, einer (problematischen) Alge, erinnert. Internstrukturen im Knotenstrang sind undeutlich. Die gebogenen Kanäle (Photo 9, 10, 11), die die Porosität bedingen, könnten als solche gedeutet werden. Da sich die Problematica deutlich von den ähnlichen Bildungen Stromatactis und Planolites unterscheiden, bezeichnen wir sie als *Planolitoides*.

8. Diskussion und Schlußfolgerungen

8.1. *Planolitoides*

Für die Deutung der Problematica sind drei Varianten in Betracht zu ziehen:

- a) die Knollenstränge stellen anorganische, diagenetische Gefüge dar,
- b) es handelt sich um Ichnofossilien in der Art von Planolites,
- c) die Knollenstränge stellen pflanzliche Reste dar, in denen nur noch die bituminöse Haut erhalten ist, während die heutige Struktur vom Steinkern gebildet wird.

Gegen die erste Möglichkeit sprechen insbesondere die Längserstreckung, die dichotome Aufspaltung, die subparallele Anordnung und die schichtungsnormale Ausrichtung der längeren Querschnittsachse. Gegen eine Ichnofossilableitung sprechen die Längsausrichtung, der unregelmäßige Durchmesser im cm-Bereich sowie die einfachen und orientierten Verzweigungen. Deshalb halten wir die dritte Deutungsvariante für die wahrscheinlichste. Es könnte sich um Schläuche syphoner Algen (oder Schwämme?) handeln, die auf dem Boden strömungsgeregelt, sedimentbindend und mit Sediment gefüllt, frühdiagenetisch zementiert wurden. Magnesiumreicher Zement und beobachtete Mikritisierungen von Fossilresten könnten mit der Algentätigkeit gut in Einklang gebracht werden. Die Orientierung der Stränge ergibt

sich zwanglos aus dem orientierten Wachstum der Verzweigungen und der schichtparallelen Ablagerung der Äste unter dem Einfluß konstanter Bodenströmung. Unklar muß der eigentliche Bildungsraum bleiben, ob auf dem Boden liegend, ob aufrecht im Sediment stehend oder planktonisch. Syphonale Algenstadien sind vor allem von Chlorophyten (Syphonocladales) und Phaeophyten (z. B. rezente Laminariales) bekannt. Dabei liegen für die Braunalgen, die kein Gerüst abscheiden, diese höchsten Entwicklungsstadien schon im Paläozoikum, so daß eine solche Deutung als wahrscheinlich erscheint. Die verschiedenen Andeutungen von Strukturen können auf unterschiedliche Gewebestrukturen von Cortex und Medulla bezogen werden.

8.2.

Bildungsraum und Sedimentationsmilieu

Bei der Besprechung der einzelnen Tiergruppen wurde bereits auf ihren ökologischen Aussagewert eingegangen. Die wichtigste Gerüstsubstanz des Ockerkalkes besteht aus Calpionellen (tiefmarin, Beckenfazies), Foraminiferen (Tiefwasserformen), Ostracoden (hemipelagische Formen) und vor allem kleinkörnigem Nannoplankton. Die Vorkommen von Crinoiden (schwimmende Formen) und die der planolitesartigen *Problematica* stehen einer Deutung als offen marine Bildung nicht entgegen, andere Fossilgruppen sind nur untergeordnet vertreten. Das häufigste dieser nicht gesteinsbildenden Makrofossilien, der Cephalopode *Orthoceras*, ist ebenfalls offen marin und liegt in Steinkernerhaltung vor, d. h. seine primär aragonitische Schale wurde am Meeresboden aufgelöst und zwar unterhalb der ACD-Linie. Sedimentologische Merkmale lassen sich einem pelagischen bis Beckenrand-Bildungsraum zuordnen. So entsprechen die gebänderten Tonstein-Kalkstein-Wechselfolgen, die gehäuft und in bis zu 1 m mächtigen Horizonten im Profil auftreten, Turbiditeinschaltungen in pelagischen Kalksedimenten (SCHOLLE, ARTHUR und EKDALE 1983). Die Intraklast-Horizonte, die nur vereinzelt und in gleichen Profilen, aber nicht im gleichen Niveau auftreten, werden etwa 0,5 m mächtig und können als debris flow, als

„Zufuhrkanäle“ von Turbiditen, als Ausläufer von Rutschmassen-Verteilungskanälen (fan distributary channels) angesehen werden (COOK und MULLINS 1983). Schließlich finden sich auch die für Rutschungserscheinungen typischen Weich-Sediment-Verfaltungen (soft sediment sliding, Photo 2) sowie die für Beckensedimente typischen feinlaminierten Tongesteine.

Überlegungen zur Strontiumverteilung im Ockerkalk schließen sich einer Tiefwasser-Deutung an. Die durchgehend graue Farbe des Ockerkalkes, ein hoher Bitumengehalt und Anhäufungen von Pyrit deuten an, daß während der gesamten Ockerkalk-Sedimentation eine oxidierende, eigentlich pelagische Tiefseefazies nicht erreicht wurde.

Als Bildungsraum des Ockerkalkes nehmen wir aufgrund der genannten Merkmale das Abyssal an, den Tiefschelf-Bereich zwischen karbonatfreier Kieselpelit-Sedimentation unterhalb der CCD-Linie und der von Flachwasserschutt bestimmten aragonitführenden und aragonitzementierten Karbonatsedimentation oberhalb der ACD-Linie. Häufige Turbiditlagen deuten auf eine Nähe zum Beckenrand mit distalen Turbiditen und Hangrutschmassen hin.

8.3.

Das Sedimentationsmodell des Ockerkalkes

Nimmt man für das Silur (und untere Devon) in Thüringen weitgehende tektonische Ruhe an, dann muß das Sedimentationsbecken, das die entsprechenden Sedimente aufnahm, bereits im höchsten Ordovizium angelegt worden sein. Die Gesamtmächtigkeit der Sedimente läßt sich nur angenähert abschätzen. Bis zum Ende des Unterkarbons betrug sie etwa 2500 m. Berücksichtigt man noch den Mächtigkeitsverlust durch die Tongesteinskompaktion (ca. 400 m) und eine Mindesthöhe des Wasserspiegels über den im höheren Unterkarbon auftretenden proximalen Turbiditen von etwa 200 m, ergibt sich für das Sedimentbecken eine wahrscheinliche ursprüngliche Tiefe von etwas über 3000 m. Die Sedimentation in diesem epikontinentalen Becken begann mit dem Lederschiefer, den man als glaziomarine Drift-Sediment auffassen kann. Als nächstes folgte eine pelagische Kaltwasser-

Sedimentation mit Kieselfauna und Graptolithen in einer Graptolithenschiefer-Kieselschiefer-Wechselfolge, die unterhalb der CCD-Linie oder Calcit-Lysocline abgelagert wurden. Durch Sedimentauffüllung oder Temperaturänderung geriet der Meeresboden inzwischen in den Tiefbereich zwischen Calcit-Sättigung und Aragonit-Untersättigung, und es kam zur erhöhten Produktion und Erhaltung von karbonatischer Nannoplanktonfauna sowie zur benthonischen Aktivität von Organismen. Es überwog die in-situ-Ablagerung, doch sind auch Anzeichen von Resedimentation zu finden, wie häufige Turbidite und seltene Fließbreccien, matrixgestützte Aufarbeitungsbreccien als Rinnenfüllungen. Die kreideartigen Kalkschlamm-sedimente sind stark von strömungsbedingten Umlagerungen abhängig, so daß die Mächtigkeiten wechseln konnten. Trotz tektonischer Unsicherheiten müssen daher die Maximalmächtigkeiten für den Ockerkalk (bisher 30 m) wohl verdoppelt werden. Eine lückenhafte frühdiagenetische Zementation durch Magnesiumcalcit ohne durchgehende Hartgründe fand statt, die übrigens typisch ist für kreideartige Kalkpelite in der Nähe der Lysocline, da die Calcitübersättigung sehr gering war, aber für Dolomit (bzw. $MgCO_3$) noch deutliche Übersättigung bestand. Durch die Anhäufung von strangförmigen organischen Bildungen wurde der Kalkschlamm bis zur Bildung von Schlamm-Biohermen (mud mounds) stabilisiert, so daß sich geneigte Schichtung einstellen konnte (foresets). Eine konstante Bodenströmung bewirkte zwar eine Einregelung der Problematica, war aber nicht reich genug an Sauerstoff, so daß während der gesamten Ockerkalk-Sedimentation im Sediment reduzierende Verhältnisse herrschten.

Die diagenetische Entwicklung des Ockerkalkes war determiniert durch die lückenhafte Zementation in der Nähe der Oberfläche. Die Knollenstränge hatten bereits früh ihre endgültige geringe Porosität erreicht, während der Kalkschlamm der Matrix mit zunehmender Überlagerung kompaktiert und vermutlich erst im Karbon mit beginnender Drucklösung am Karbonat und Zementation mit eisenreichem Calcit im Restporenraum von etwa 30% endgültig verfestigt wurde.

Literatur

- BLUMENSTENGEL, H.:
Zur Mikrofauna des Thüringer Ockerkalkes. – In: Geologie. – Berlin 12 (1963), S. 349...354.
–: Zur Ostrakodenfauna des thüringischen Tentakuliten-Knollenkalkes. – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 326 (1977), S. 11...23.
- COOK, H. E., und H. T. MULLINS:
Basin Margin. – In: SCHOLLER, BEBOUT, MOORE (ed.): Carbonate Depositional Environments. – In: Amer. Ass. Petrol. Geol. Memoir. – Tulsa 33 (1983).
- FLÜGEL, E.:
Microfacies Analysis of Limestones. – Berlin [West]; Heidelberg; New York, 1982.
- GÜMBEL, C. W.:
Über Clymenien in den Übergangsgebirgen des Fichtelgebirges. – In: Paläontographica. – Stuttgart 11 (1863), S. 85...165.
–: Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges mit dem Frankenwalde und dem westlichen Vorland. – Gotha, 1879.
- HOPPE, W., und G. SEIDEL (Hrsg.):
Geologie von Thüringen. – Gotha/Leipzig, 1974.
- JAEGER, H.:
Graptolithen und Stratigraphie des jüngsten Thüringer Silur. Berlin, 1959. – (In: Abh. d. Dt. Akad. d. Wiss., Kl. Biol.; 2)
–: Das Silur in Thüringen und am Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges. – In: 2. Int. Arbeitstg. Silur-Devon-Grenze, Symp.-Bd. – Stuttgart, 1962, S. 108...135.
- KATZUNG, G.:
Die Geröllführung des Lederschiefers an der SE-Flanke des Schwarzburger Sattels. – In: Geologie. – Berlin 10 (1961), S. 778...802.
- KROEMMELBEIN, K.:
Brinkmanns Abriß der Geologie. – Bd. 2. – Stuttgart, 1977.
- LANGBEIN, R., und G. MEINEL
Zur Petrologie des Thüringer Tentakulitenknollenkalkes (Devon). – In: Hallesches Jahrb. f. Geowiss. – Gotha/Leipzig 10 (1985), S. 55...69.
- MANTEN, A. A.:
Silurian Reefs of Gotland. – In: Development of Sedimentology. – Amsterdam 13 (1971).
- MORTON, R. D.:
Ecologic relations of some Foraminifera. – In: Bull. Scripps Inst. Oceanogr. Techn. – Berkeley 9 (1930), S. 331...338.
- PRECKER, A., und M. WEIDLICH:
Beiträge zur Genese des Thüringer Ockerkalkes. – Greifswald (Diplomarbeit) 1982.

RICHTER, R.:

Das Thüringische Schiefergebirge. – Zeitschr. d.
Dt. Geol. Ges. – Berlin 21 (1869), S. 341...443.

RÖSLER, H.J., und H.LANGE:

Geochemische Tabellen. – Leipzig, 1975.

SCHOLLE, P.A.:

Chalk diagenesis and its relation to petroleum ex-
ploration. – In: Amer. Ass. Petrol. Geol. Bulletin. –
Tulsa 61 (1977), S. 982...1009.

SCHOLLE, P.A., M.A.AARTHUR und A.A.EKDALE:

Pelagic. – In: SCHOLLE, BEBOUT, MOORE (ed.):
Carbonate Depositional Environments. – In: Amer.
Ass. Petrol. Geol. Memoir. – Tulsa 33 (1983).

SHANMUGAM, G., und G.L.BENEDICT:

Manganese Distribution in the Carbonate Fraction
of Shallow and Deep Marine Lithofacies, Middle
Ordovician, Eastern Tennessee. – In: Sedimentary
Geology. – Amsterdam 35 (1983), S. 159...175.

VOLK, M.:

Der Ockerkalk am Schwarzburger Sattel und seine
Fauna aufgrund erweiterter Aufsammlungen. – In:
Geol. Bl. NE-Bayern. – Erlangen 5 (1955).

WEDEPOHL, K.H.:

Geochemische Daten von sedimentären Karbona-
ten und Karbonatgesteinen in ihrem faziellen und
petrogenetischen Aussagewert. – In: Verh. d. Geol.
Bundesanstalt. – Wien 4 (1970), S. 692...705.

Besprechungen

FLEISSNER, H., und A. RÖDIGER

Das ewige Meer.

Seit 500 Millionen Jahren Wiege des Lebens.

118 Seiten, 52 Farbphotos,

83 Schwarzweißphotos, 1 Zeittafel.

Kosmos, Franckh'sche Verlagshandlung:
Stuttgart, 1984.

Die ältesten Lebewesen auf unserer Erde bewohnten ausschließlich die Ozeane, und bereits vor mehr als einer halben Milliarde Jahren gab es hier eine ungeheure Vielfalt von Tieren und Pflanzen, wie durch Funde von Fossilien belegt ist. In der zweiten Hälfte des Erdaltertums setzte dann die Entwicklung des Lebens aus dem Meer heraus auf das Land ein und auch die der Meeresbewohner wurde fortgeführt. Ebenso sind gegenläufige Entwicklungen bekannt. So kehrten einzelne Landtiere wieder zum Wasserleben zurück. Der vorliegende Titel schildert das heutige Leben im Meer und stellt es dem längst vergangenen, dem vorzeitlichen, uns nur noch anhand von Fossilfunden bekannten, gegenüber (Aktualitätsprinzip). Der rezente Formen- und Artenreichtum des Lebens in unseren Meeren konnte sich nur entwickeln, weil die Evolutionsmechanismen und -prinzipien nicht nur für einen eng begrenzten Zeitraum Gültigkeit hatten, Fossilien also Glieder einer Entwicklungskette sind, ohne die die Vielfalt des rezenten Lebens nicht existieren würde.

Die Autoren wenden sich mit ihrem Buch vornehmlich an bio- und geowissenschaftlich interessierte Laien. In sehr einprägsamer Weise wird im Kapitel „Vom Leben in Kolonien“ die Entwicklung der Korallen von den Solitärformen im Erdaltertum über riffbildende, weltweit verbreitete Formen im Ordovizium und Silur bis zum Niedergang im Perm dargelegt. Es werden die heute nur in warmen tropischen, flachen und gut durchlüfteten Gewässern lebenden Formen beschrieben. In äquivalenter Manier sind u. a. Moostierchen, Graptolithen und Stromatoporen abgehandelt. Im Abschnitt „Wohnungen: Schalen, Gehäuse, Röhren“ spannt sich der Bogen von präkambrischen Mollusken über ordovizische Orthoceren, im Devon bis zur Kreide vorherrschende Ammoniten, tertiäre, z. T. noch heute existierende Schneckengattungen bis zu den bis in die Gegenwart mit wenigen Arten überlebenden Nautiliden und Brachiopoden. Als „Tiere in Ritterrüstung“ werden Gliederfüßler und Stachelhäuter beschrieben. Die Wirbelsäule als zentrales Stützelement unterscheidet die Chordatiere von allen übrigen Stämmen des Tierreiches. Auf diese Grundkenntnis bauen die Autoren die Ausführungen

im Abschnitt „Wirbeltiere“ auf und aus. Ausgehend von den Agnathen über die Placodermen werden u. a. die Fische abgehandelt, ohne jeweils die Evolution von den fossilen zu den rezenten Formen aus dem Auge zu verlieren, womit auf Grundvoraussetzungen für die Entwicklung von Meeres- und Landtieren hingewiesen wird. „Vom Schwimmen, Laufen und Treibenlassen“ der Tiere, letztendlich als Ergebnis des Zwanges zur Anpassung an neue Lebensräume und Lebensweisen, handelt das folgende Kapitel. „Orientierungshilfen: Vom Tasten, Fühlen, Hören, Sehen“ werden im nächsten Kapitel behandelt. Sie sind für das Überleben der Tiere äußerst bedeutsam. Je komplexer die Lebensformen sind, desto kompliziertere Organe werden entwickelt, beispielsweise die beim Hai für die Aufnahme chemischer Reize. Bei allen Stämmen der Meeresbewohner, von den Schwämmen bis zu den Walen, gibt es Arten, die sich von Plankton ernähren. Diese seit jeher sehr spezialisierte Ernährungsweise wird im Abschnitt „Planktonfresser und ihre Fangmethoden“ sehr anschaulich dargelegt. Die Riesenhaie hatten Zähne von beeindruckender Größe, die u. a. von den Autoren als „Werkzeuge und Waffen“ gewertet werden, während z. B. dem Rochen Dornen und Stacheln an der Schwanzwurzel als Waffen dienen (über Jahrmillionen hinweg genutzte Verteidigungswaffen der Stachelhäuter!). Scheren und Zangen der Krebstiere bewähren sich seit über 200 Millionen Jahren zum Ergreifen und Zerkleinern der Beute. Das letzte Kapitel, „Seitenblick“, läßt den Leser den Atem der Evolution beim Tauchen in einem tropischen Korallenriff spüren und führt ihn so zu den Fragen, wie wohl einst die Welt der Urmeere aussah, das Zusammenleben funktionierte, welche Funktion Buntheit und Vielgestaltigkeit hatten und welchem Zweck sie heute dient. Und hierin liegt wohl das Hauptanliegen des Titels, anzuregen und darauf aufmerksam zu machen, welche vielfältigen Probleme die Natur für uns offenhält.

Weiterführende Literatur, eine Systemtabelle, ein Glossarium zoologischer und paläontologischer Fachausdrücke und das Sachregister ermöglichen dem Leser eine Vertiefung der dargebotenen Thematik.

Der Titel, für Laien ausgelegt, ist aber auch Fachleuten zu empfehlen, nicht zuletzt wegen der Ausstattung mit hervorragenden Schwarzweiß- und Farbphotos.

G. KRUMBIEGEL

Zusammenfassung

Eine von K. ZAGORA 1968 beschriebene Ostrakodenfauna aus dem jüngsten Unterdevon Ostthüringens wird unter Beachtung paläoökologischer und sedimentologischer Aspekte interpretiert. Es handelt sich um eine marine Flachwasserfauna, die vor der Einbettung in einen tieferen (bathyalen) Meeresraum transportiert worden ist.

Summary

Neritic Ostracoda in the youngest Lower Devonian of Thuringia

Ostracoda fauna of the youngest Lower Devonian of East Thuringia, described by ZAGORA in 1968, is interpreted in consideration of paleoecological and sedimentological aspects. It is a marine neritic fauna transported to a deeper (bathyal) sea area before being embedded.

Резюме

Мелководные остракоды в ранний девонский период Тюрингии

Описанная ЗАГОРОЙ в 1968г. фауна остракодов из раннего девонского периода восточной Тюрингии рассматривается при соблюдении палеоэкологических и седиментологических аспектов. Речь идёт о морской мелководной фауне, которая перед отложением была перенесена в более глубокое [батимальное] морское пространство.

Flachwasser-Ostrakoden im jüngsten Unterdevon von Thüringen

Mit 1 Abbildung und 3 Photos im Text

Autoren:

Dr. KARL ZAGORA
Dr. INGRID ZAGORA
Leningrader Straße 39
Grimmen
2320

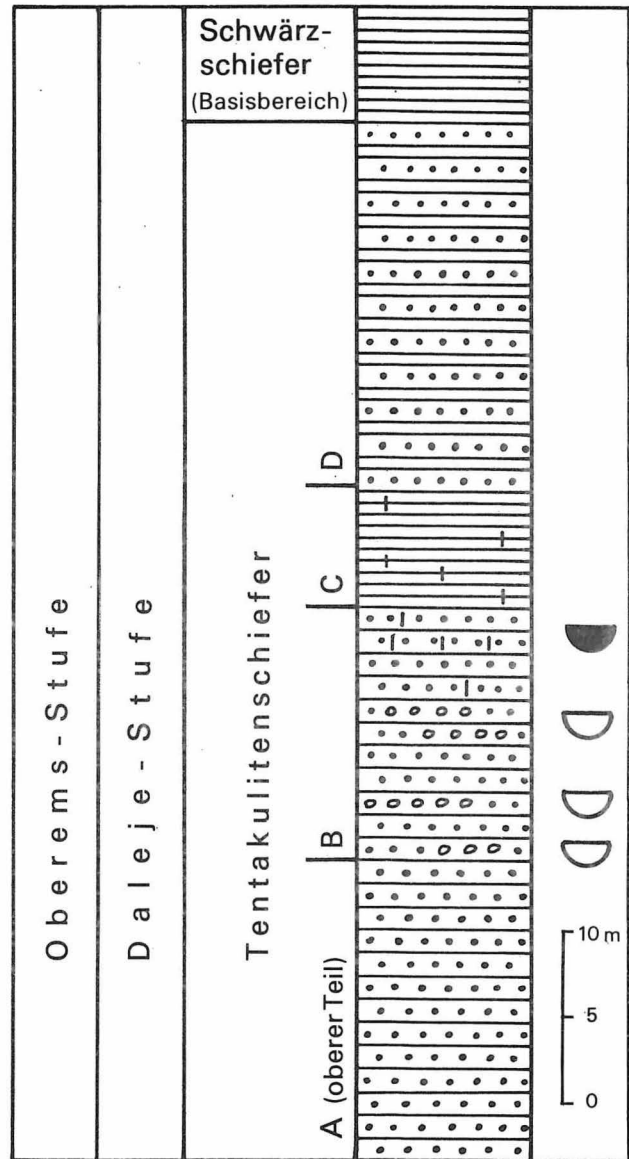
Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 65...75
VEB H. Haack Gotha 1986

1. Einführung

Im Jahre 1968 wurde von K. ZAGORA eine Ostrakodenfauna aus dem Grenzbereich Unter-/Mitteldevon Ostthüringens beschrieben, deren Zusammensetzung sich erheblich von der aller anderen aus dem thüringischen Devon bekannten Ostrakodengemeinschaften unterscheidet. Nach Vergleichen mit rezenten Ostrakoden (PURI u. a. 1964) wurde diese Gemeinschaft bereits damals als marine Flachwasserfauna gedeutet und die Unterschiede zu den anderen devonischen Ostrakodenfaunen Thüringens als Ausdruck einer faziellen bzw. ökologischen Differenzierung angesehen. Für diese Auffassung können nunmehr weitere Argumente erbracht werden. Ferner wird am Beispiel dieser Ostrakodenfauna gezeigt, daß bei der paläogeographischen Interpretation biologische und lithologische Fazieskriterien im Komplex bewertet werden müssen, da eine getrennte Auswertung zu falschen Schlußfolgerungen führen kann.

2. Fundumstände

Die Ostrakoden stammen aus Linsen bzw. Lagen kalkig-sandiger Gesteine in Litho-Abschnitt B der Tentakulitenschiefer und Nereitenquarzite (Abbildung 1). Dieser Profilabschnitt ist durch relativ hohen Quarzanteil, relativ große Dicke der Quarzitlagen (häufig mehrere Zentimeter) und Einlagerungen von fossilführenden Konglomeraten und der bereits erwähnten kalkig-sandigen Gesteine gekennzeichnet. Die Konglomerate sind seit mehr als 100 Jahren bekannt; sie werden gewöhnlich als „RICHTERSche Konglomerate“ oder „Konglomerate der Nereitenschichten“ bezeichnet (VOLK 1961). Umfangreiches Material aus den „RICHTERSchen Konglomeraten“ befindet sich in der VOLK-Sammlung des Geiseltalmuseums der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Es wurde zum Vergleich mit herangezogen. Die kalkig-sandigen Gesteine (sandige Biosparite bis kalkige Sandsteine) enthalten außer Ostrakoden vor allem Tentakuliten und Echinodermerreste, alle meist verkieselt und deshalb mit Monochlor-



- quarzitisch gebänderte bzw. quarzitstreifige Tonschiefer
- feinkonglomeratische Linsen (RICHTERSche Konglomerate)
- Linsen und Lagen kalkig-sandiger Gesteine
- Tonschiefer, z. T. kalkig (mergelig) gebändert
- Niveaus mit Flachwasser-Ostrakoden (hier im Detail ausgewertete Fauna dunkel)

Abbildung 1
Normalprofil des jüngsten Unterdevons im Westteil des Thüringischen Schiefergebirges

essigsäure oder – bei entkalkten Proben – mit Wasserstoffperoxid gewinnbar.

Die interessantesten Aufschlüsse in Abschnitt B der Tentakulitenschiefer wurden von K. ZAGORA 1977 näher beschrieben, darunter

auch die beiden wichtigsten Ostrakodenfundpunkte Creunitz und Schaderthal.

Für die stratigraphische Einstufung des Horizontes sind vor allem Tentakuliten, Brachiopoden und Ostrakoden von Bedeutung. Die Tentakuliten erlauben eine exakte Korrelation mit dem böhmischen Devonprofil (Daleje-Stufe: *cancellata*-Zone und tiefster Teil der *richteri*-Zone; K. ZAGORA 1964, 1977, LÜTKE 1979, CHLUPÁČ 1982 und CHLUPÁČ, LUKEŠ und ZIKMUNDOVÁ 1979). Brachiopoden (Spiriferen der *mosellanus*-Gruppe) und Ostrakoden (*Zygobeyrichia subcylindrica* u. a.) ermöglichen eine Zuordnung zur Oberems-Stufe im Sinne der rheinischen Unterdevon-Gliederung (CARLS u. a. 1972, SOLLE 1972, BECKER und BLESS 1974, MITTMEYER 1974, BECKER und SANCHEZ DE POSADA 1977 u. a.).

3. Zusammensetzung und Erhaltung der Fauna

Von den beiden genannten Fundpunkten liegen ca. 4200 Ostrakodenschalen aus rd. 10 kg Probenmaterial vor. Davon sind etwa 50% bestimmbar (Photo 1...3).

Der nicht bestimmbar Anteil der Fauna besteht zum größten Teil aus merkmalsarmen, glattschaligen Podocopida, zum geringen Teil handelt es sich um schlecht erhaltene Vertreter anderer Gruppen.

Bei den bestimmbar Ostrakoden dominieren ornamentierte Formen (mit Fein- und Grobskulptur). Mit mehr als 1% sind an der Zusammensetzung des bestimmbar Anteils der Fauna folgende Arten beteiligt:

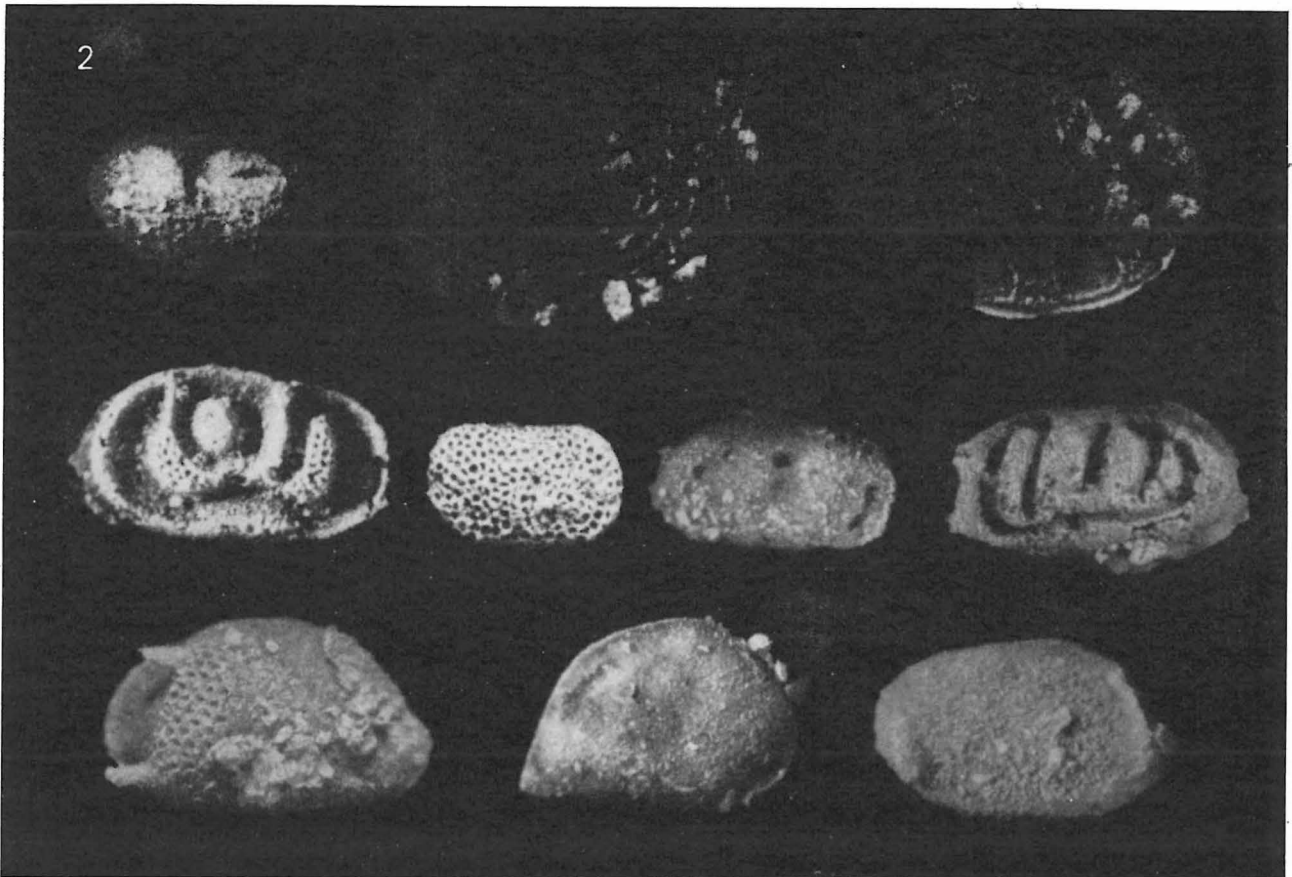
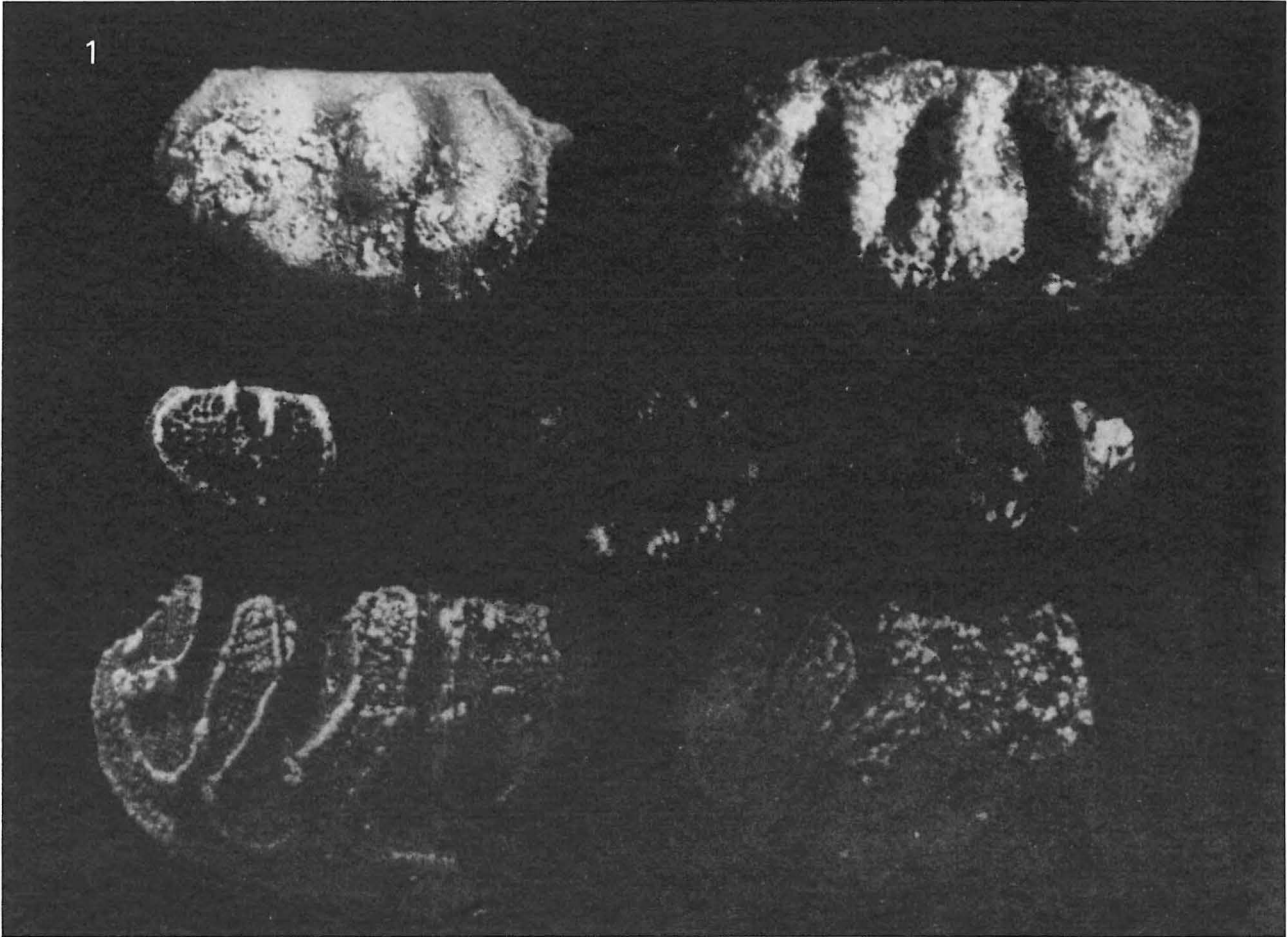
<i>Punctoprimitia</i> cf. <i>simplex</i> (STEWART)	14%
<i>Ponderodictya punctulifera</i> (HALL)	12%
<i>Polyzygia beckmanni antecedens</i> ZAGORA	7%
<i>Healdia kirchbergensis</i> ZAGORA	6%
„ <i>Eriella</i> “ <i>kegeli</i> ZAGORA	6%
<i>Eridoconcha papillosa</i> ZAGORA	5%
<i>Poloniella spriestersbachi</i> ZAGORA	4%
<i>Jenningsina arcuata</i> ZAGORA	3%
<i>Leptoprimitia ornata</i> ZAGORA	3%
<i>Roundyella pokorny</i> (ZAGORA)	3%

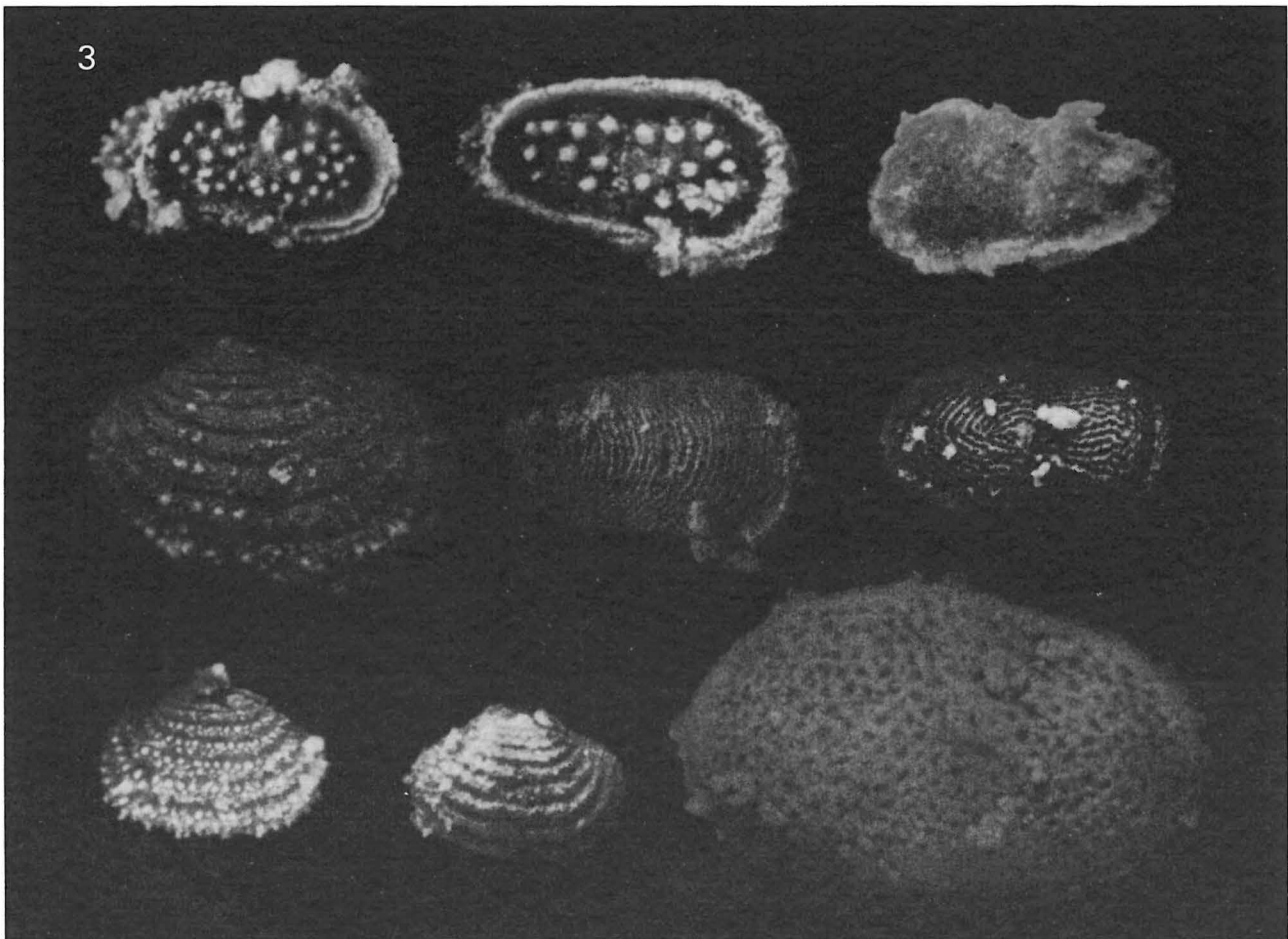
<i>Polyzygia insculpta beckeri</i> ZAGORA	2%
<i>Torella typica</i> ZAGORA	2%
<i>Ctenoloculina cicatricosa</i> (WARTHIN)	2%
<i>Ctenoloculina longivelum</i> ZAGORA	2%
<i>Eridoconcha</i> cf. <i>rugosa</i> ULRICH und BASSLER	2%
<i>Eridoconcha spinosa</i> ZAGORA	1%
<i>Poloniella</i> cf. <i>montana</i> (SPRIESTERSBACH)	1%
<i>Reticestus</i> ? n. sp.	1%
<i>Zygobeyrichia subcylindrica</i> (RH. RICHTER)	1%
<i>Zeuschnerina unispinosa</i> (ZAGORA)	1%
<i>Thlipsurella rabieni</i> ZAGORA	1%
<i>Leptoprimitia granosa</i> ZAGORA	1%
<i>Bufina</i> sp.	1%
<i>Praepilatina praepilata sibirica</i> POLENOVA	1%
<i>Parabolbina kroemmelbeini</i> ZAGORA	1%
<i>Ctenoloculina disjuncta</i> ZAGORA	1%

Weitere 33 Arten haben einen Anteil von weniger als 1%. Insgesamt sind mithin in dem bestimmbar Material 59 Arten vertreten.

Der Anteil der Gattungen beträgt (ebenfalls bezogen auf die Anzahl der bestimmbar Ostrakodenschalen): *Punctoprimitia* 14%, *Ponderodictya* 12%, *Polyzygia* 10%, *Eridoconcha* 9%, *Healdia* 9%, „*Eriella*“ 6%, *Ctenoloculina* 5%, *Poloniella* 4%, *Leptoprimitia* 4%, *Jenningsina* 4%, *Roundyella* 3%, *Torella* 2%, *Bufina* 2%, *Zeuschnerina* 2%, *Zygobeyrichia* 1%, *Reticestus* ? 1%, *Parabolbina* 1%, *Praepilatina* 1%, *Thlipsurella* 1% und *Ulrichia* 1%. Hinzu kommen mit einem Anteil unter 1%: *Kirkbyella*, *Tetrasacculus*, *Semibolbina*, *Loquitzella*, *Ampuloides*, *Tubulibairdia*, *Baschki-rina*, *Aechmina*, *Bairdiocypris*, *Cytherellina*, *Bollia*, *Hollinella*, *Quasillites*, *Tricornina*, *Pribylites* und *Bairdiocypris*.

-Von den genannten Gattungen gehören jeweils ca. 35% zu den Palaeocopida und Metacopida, ca. 20% zu den Podocopida und ca. 10% zu den Platycopida. Eine Gattung (mit 3 Arten; ZAGORA 1966) vertritt die Eridostraca, eine Gruppe, deren Zugehörigkeit zu den Ostrakoden von manchen Autoren bezweifelt wird. Bezogen auf die Anzahl der bestimmbar Ostrakodenschalen ergibt sich in der untersuchten





Photos 1...3

Wichtigste Arten in der charakterisierten Fauna;
ca. 37 : 1; jeweils von links nach rechts und
oben nach unten
(Photos ZAGORA/SCHÖRLITZ)

Photo 1

Zygobeyrichia subcylindrica (18 : 1), *Poloniella*
spriestersbachi,
Torella typica, *Parabolbina kroemmelbeini*, *Poloniella*
cf. *montana*,
Ctenolocolina longivelum, *Ctenolocolina*
disjuncta

Photo 2

Punctoprimitia cf. *simplex*, *Reticestus?* n. sp.,
Ctenolocolina cicatricosa, *Polyzygia beckmanni*
antecedens,
Roundyella pokorny, *Thlipsurella rabieni*,
Polyzygia insculpta beckeri, *Healdia kirchbergensis*,
Praepilatina praepilata sibirica, *Bufina* sp.

Photo 3

Leptoprimitia granosa, *Leptoprimitia ornata*,
Zeuschnerina unispinosa,
Eridoconcha papillosa,
Jenningsina arcuata, „*Eriella*“ *kegeli*,
Eridoconcha spinosa, *Eridoconcha* cf. *rugosa*,
Ponderodictya punctulifera

Fauna folgende Verteilung: Palaeocopida 16%,
Platycopida 20%, Metacopida 51%, Podocopida
2%, Eridostraca 9%. Bei diesen Betrachtungen
muß allerdings berücksichtigt werden, daß die
systematische Stellung einiger Gattungen noch
unsicher ist und daß ein großer Teil der Podoco-
pida unbestimmbar ist und hier nicht mit aus-
gewertet wurde.

Hinsichtlich der Gehäusegröße ergibt sich
folgendes Bild. 10% der vorhandenen Arten er-
reichen eine Größe von mehr als 1,40 mm;
diese Formen sind groß (i. S. von BECKER 1969).
35% der Arten sind mittelgroß (1,40...0,95 mm)
und 55% der Arten sind klein (Schalengröße
unter 0,95 mm).

Von nahezu allen Ostrakoden wurden Scha-
len unterschiedlicher Größe (Wachstumssta-
dien) gefunden, sowie rechte und linke Klap-
pen. Bei sexualdimorphen Arten liegen in der
Regel beide Formen vor.

Die größte aus den untersuchten Proben stammende Ostrakodenschale ist 2,54 mm und die kleinste Schale 0,32 mm lang. Es fehlen von der in Abschnitt B der Tentakulitenschiefer vorkommenden größten Ostrakodenart, *Zygobeyrichia subcylindrica*, in den kalkig-sandigen Gesteinen adulte Klappen. In den „RICHTERSchen Konglomeraten“ dagegen sind diese häufig (Länge bis 4 mm). Ebenfalls nicht vorhanden sind frühe Larvenstadien (unter 0,3 mm Größe), obwohl die Aufbereitungsrückstände in Sieben mit geringer Maschenweite (0,1 mm) geschlämmt worden sind.

Auffällig ist ferner der sehr geringe Anteil vollständiger (doppelklappiger) Gehäuse. Das bestimmbare Material enthält nur 29 Gehäuse (gegenüber mehr als 2000 isolierten Klappen)!

Ein Teil der Ostrakodenschalen ist zerbrochen, wobei in den meisten Fällen aber nicht sicher eingeschätzt werden kann, ob diese Schalen zerbrochen in das Sediment eingebettet wurden oder aber erst später, z. B. bei der Probenaufbereitung, beschädigt worden sind.

Die tektonische Deformation des untersuchten Materials ist in der Regel unbedeutend. Mechanische Abnutzungserscheinungen oder chemische Korrosion sind an den Schalen gewöhnlich nicht feststellbar.

4.

Vergleiche mit anderen Ostrakodenfaunen und paläoökologische Bewertung

Die Ostrakodenfauna aus dem jüngsten thüringischen Unterdevon zeigt in ihrer Zusammensetzung kaum Beziehungen zu den Ostrakodengemeinschaften des tieferen Unterdevons, des tiefen Mitteldevons und des Oberdevons von Thüringen (BLUMENSTENGEL 1959, 1962, 1965, 1977, I. ZAGORA 1967 und K. ZAGORA 1967). Als Gemeinsamkeit kann allenfalls das überall beobachtete Vorkommen unbestimmbarer glattschaliger Podocopida angesehen werden.

Außerhalb von Thüringen dagegen sind vergleichbare Faunen in großer Zahl und aus verschiedenen, z. T. weit entfernten Gebieten bekannt: Polnisches Mittelgebirge, Podolien,

Harz, Rheinisch-Ardennisches Gebirge, Frankreich, Spanien, Nordafrika, östliches Nordamerika (ABUŠIK 1968, 1971, ADAMCZAK 1968, 1971, 1976, BECKER 1964, 1965, 1969, 1971, BECKER und BLESS 1974, BECKER und SANCHEZ DE POSADA 1977, BLUMENSTENGEL 1974, CORYELL und MALKIN 1936, FEIST und GROOS-UFFENORDE 1979, GROOS 1969, KESLING und WEISS 1953, LE FEVRE 1964, MICHEL 1972, STOVER 1956, WARTHIN 1934, WEYANT 1966, 1976). Besonders enge Beziehungen bestehen zu einer aus der Moniello-Formation Asturiens (Nordspanien) von BECKER und SANCHEZ DE POSADA 1977 beschriebenen Ostrakodenfauna (siehe dazu auch BECKER u. a. 1976). Diese Fauna ist mit der hier behandelten thüringischen Fauna nahezu gleichaltrig. Ebenfalls sehr eng sind die Beziehungen zu Ostrakoden aus der Heisdorf-Formation der Eifel (CARLS u. a. 1972, BECKER und BLESS 1974).

Eine gute Grundlage für die paläoökologische Auswertung stellen die von BECKER im Mitteldevon der Eifel und im Devon anderer Gebiete durchgeführten paläoökologischen Untersuchungen dar (BECKER 1969, 1971 und 1979, BECKER in BANDEL und BECKER 1975, BECKER und SANCHEZ DE POSADA 1977). Bei der Ostrakodengemeinschaft aus dem jüngsten Unterdevon Thüringens handelt es sich um eine Fauna des „Eifeler Ökotyps“ im Sinne von BECKER, d. h. um eine marine Flachwasserfauna. Vergleichbar sind – nach Merkmalen wie Artenanzahl, Gehäusegröße und Gehäuseoberfläche – vor allem solche Faunen aus dem Mitteldevon der Eifel, die im offenen und tieferen, relativ küsten- bzw. riffernen Flachmeer gelebt haben („Brachiopoden-Zone“; BECKER 1969).

Damit ergibt sich die gleiche Aussage wie bei der paläoökologischen Analyse der in den „RICHTERSchen Konglomeraten“ enthaltenen Makrofauna (ZAGORA und ZAGORA 1981). Diese Fauna läßt sich gut mit Faunen aus dem jüngeren Unterdevon der Eifel vergleichen, deren Lebensraum das küstenfernere, offene Flachmeer bzw. der Übergangsbereich vom küstenfernen zum küstennahen Flachmeer gewesen ist (FUCHS 1971).

5.

Interpretation unter Beachtung sedimentologischer Aspekte

Wie in Abschnitt 4 dargelegt wurde, spricht alles dafür, daß es sich bei den Ostrakoden aus den kalkig-sandigen Gesteinen in Litho-Abschnitt B der Tentakulitenschiefer Thüringens um eine marine Flachwasser-Fauna handelt.

Diese Aussage steht zunächst im Widerspruch zu folgenden Fakten:

1. Die Ichnofauna (*Nereites*-Fazies) des jüngeren thüringischen Unterdevons spricht für Tiefwasser-Sedimentation (SEILACHER 1967, RODRIGUEZ und GUTSCHICK 1970, MÜLLER 1980, 1981).

2. Die benthonische Schalenfauna (Trilobiten, Korallen u. a.) des im Profil nur wenige Meter über der Ostrakoden-„Fundschrift“ folgenden Litho-Abschnitts C der Tentakulitenschiefer stellt eine Tiefwasser-Fauna dar („Schaderthal-Fauna“; ALBERTI 1960, WEYER 1981, ZAGORA und ZAGORA 1981, CHLUPÁČ 1983).

3. Die übrigen aus dem thüringischen Unterdevon und tiefen Mitteldevon bekannten Ostrakodenfaunen gehören – soweit sie paläoökologisch auswertbar sind – dem „thüringischen Ökotyp“ i. S. von BECKER (in BANDEL und BECKER 1975) an, d. h., es sind Tiefwasser-Ostrakoden.

Eine plausible Deutung dieses Sachverhalts ist nach Ansicht der Verfasser dann möglich, wenn man die Ostrakoden als eine transportierte (allochthone) Fauna betrachtet. Für diese Annahme spricht, daß:

– Schalen adulter Exemplare von *Zygobeyrichia subcylindrica* und früher Larvenstadien generell fehlen, d. h. sehr große und sehr kleine Ostrakodenschalen nicht vorhanden sind (Sortierung nach der „Korn“-größe),

– isolierte Klappen bei weitem überwiegen (so fanden sich in den untersuchten thüringischen Proben beispielsweise von der Gattung *Polyzygia* 215 isolierte Klappen und nur ein einziges vollständiges Gehäuse, während die von BECKER 1964 ausgewerteten Proben aus dem Mitteldevon der Eifel 43 Gehäuse und nur 13 isolierte Klappen von *Polyzygia* enthielten),

– Flachwasser-Ostrakoden im jüngeren Unterdevon Thüringens nur in Linsen und Lagen kalkig-sandiger Gesteine sowie in den RICHTERschen Konglomeraten vorkommen, dagegen nicht in den Tonschiefern und den „normalen“ Nereitenquarziten.

Auf eine schonende Art des Transports und geringe Transportweite deutet die Tatsache hin, daß die Schalen meist keine transportbedingten Beschädigungen aufweisen und daß innerhalb des vorhandenen „Korngrößen“-Spektrums keine merkliche Sortierung nach der Schalenmorphologie, -dicke usw. im Vergleich zu „autochthonen“ Flachwasser-Ostrakodenfaunen erfolgt ist.

Bei Beachtung sedimentologischer Aspekte ist folgende komplexe Interpretation möglich:

1. Die Tonschiefer im jüngsten Unterdevon Thüringens stellen „autochthone“ Tiefwasser-Ablagerungen dar (mit Spurenfossilien vom *Nereites*-Typ). Die „Schaderthal-Fauna“ (kleinwüchsige, z. T. blinde Trilobiten, kleine Einzelkorallen und Brachiopoden usw.) deutet auf eine vorübergehend bessere Belüftung der sonst sauerstoffarmen Bodenwässer hin.

2. Bei den „Nereitenquarziten“ handelt es sich um distale Turbidite mit nicht vollständig entwickelter BOUMA-Sequenz (SEILACHER und HEMLEBEN 1966, KREBS 1979 u. a.). Die geringe Korngröße (Silt, Feinstsand) spricht für geringe Transportenergie der „Trübestrome“ im Ablagerungsraum der Nereitenquarzite; das Relief des Meeresbodens – mit den Lebensspuren – wurde durch die schwache Strömung kaum verwischt. Das siltig-feinstsandige Material stammt aus einem Flachmeer-Areal. In diesem Sinne sollten die petrographischen Untersuchungen von AL-RAWI 1975 interpretiert werden und nicht als Beweis für die Sedimentation der Nereitenquarzite im Flachwasser.

3. Ein Maximum der Turbidit-Sedimentation wurde in dem Zeitraum erreicht, der durch den Litho-Abschnitt B der Tentakulitenschiefer repräsentiert wird. Anteil und Dicke der Quarzitlagen sind größer als in den anderen Profilschnitten. Außerdem treten hier – wenn auch untergeordnet – Einlagerungen von Gesteinen auf, die im übrigen Profil fehlen. Dazu gehören die ostrakodenführenden kalkig-sandigen Gesteine (deren Korngröße die der „normalen“ Ne-

reitenquarzite übersteigt) und die RICHTERSchen Konglomerate. Strömungsmarken an der Unterfläche von Quarzitlagen wurden hier häufig beobachtet, Nereiten dagegen nur selten (Relief des Meeresbodens durch stärkere Strömung vor der „Quarzit“-Sedimentation mehr oder weniger stark verwischt bzw. sogar erodiert!). Stärkere Strömungen belegt auch die oft deutliche Einregelung von Tentakuliten in den kalkig-sandigen Gesteinen. Die Sedimente in Profilabschnitt B der Tentakulitenschiefer können teilweise als proximale Turbidite bzw. sogar als Ablagerungen von „Geröllströmen“ angesehen werden. Die vollständige BOUMA-Sequenz ist aber auch hier nur selten angedeutet. Die möglichen Ursachen dafür werden – bezogen auf vergleichbare Sedimente in den Wissenbacher Schiefern des Sauerlandes – von LANGENSTRASSEN (1972) diskutiert.

4. Die Makrofossilien in den RICHTERSchen Konglomeraten sind allochthon (ZAGORA und ZAGORA 1981). Das Vorkommen von transportierten Flachwasser-Organismen (bzw. von deren Hartteilen) in Tiefwasser-Ablagerungen, in proximalen Turbiditen und genetisch mit diesen verknüpften Sedimenten ist aus dem gesamten Phanerozoikum und aus allen Teilen der Welt bekannt (SHEPARD 1963, KUENEN 1964, BROUWER 1967, SZULCZEWSKI 1968, YOUNG 1970, BORNHOLD und PILKEY 1971, LANGENSTRASSEN 1972, CHAMBERLAIN und CLARK 1973, SOLLE 1976, MOUSSA MOUNIR 1977, THIEDE 1981, TASSELL 1981 u. a.). Flachmeer-Faunen können somit nicht immer als Beweis für die Entstehung der betreffenden Sedimente im Flachwasser angesehen werden. Unter diesem Aspekt müssen frühere Auffassungen über die Sedimentation der RICHTERSchen Konglomerate im Flachmeer (z. B. VOLK 1961 und BENTON 1982) korrigiert werden.

5. Die von K. ZAGORA 1968 beschriebene Ostrakodenfauna ist ein interessantes Beispiel für eine aus dem Flachmeer ins Tiefwasser transportierte Mikrofauna. Besonders bemerkenswert ist die Tatsache, daß sich die Zusammensetzung dieser allochthonen Fauna nur unwesentlich von der autochthonen bzw. parautochthonen Flachmeerfaunen unterscheidet. Für die stratigraphische Auswertung können derartige Faunen ohne Einschränkung benutzt werden. Dabei ist

die Verzahnung von Sedimenten, die Flachwasserfossilien enthalten, mit Sedimenten, die eine autochthone (Tiefwasser-) Bodenfauna bzw. pelagische Fossilien führen, häufig für die stratigraphische Korrelation unterschiedlicher Faziesbereiche von Bedeutung. Bei derartigen vor der Einbettung transportierten Faunen handelt es sich nicht um „umlagerte“ Fossilien. Letztere waren bereits in älteren Sedimenten eingebettet und gelangten nach deren Erosion in jüngere Ablagerungen.

6. Die untersuchte Ostrakodenfauna unterstreicht nachdrücklich die genetischen Beziehungen zwischen RICHTERSchen Konglomeraten und den Linsen bzw. Lagen kalkig-sandiger Gesteine in Litho-Abschnitt B der Tentakulitenschiefer. Erstere enthalten die bei größerer Strömungsgeschwindigkeit sedimentierten größeren Lithoklasten (Gerölle) und Bioklasten (Makrofossilien und besonders große Ostrakoden), letztere die bei geringerer Strömungsgeschwindigkeit abgelagerten kleineren Lithoklasten bzw. Mineralkörner (der Sandfraktion) und Mikrofossilien (Ostrakoden, Echinodermenfragmente u. a.). Die Organismenreste stammen in beiden Fällen aus dem gleichen Lebensraum.

Literatur

ABUŠIK, A. F.:

Ostrakoden des Borščov-Horizontes Podoliens (russ.). – In: Biostratigrafija pograničnych otloženij silura i devona. – Leningrad, 1968, S. 49...73.

–: Ostrakoden aus dem Silur und Unterdevon Podoliens (russ.). – In: Paleozoiskie ostrakody iz opornych razrezov Evropejskoj časti SSSR. – Moskau, 1971, S. 7...133.

ADAMCZAK, F.:

Palaeocopa and Platycopa (Ostracoda) from Middle Devonian rocks in the Holy Cross Mountains, Poland. – In: Stockholm Contr. Geol. – Stockholm 17 (1968).

–: On some ostracod assemblages of Middle Devonian rocks. – In: Bull. Centre Rech. Pau – SNPA, 5 suppl. – Pau (1971), S. 787...800.

–: Middle Devonian Podocopida (Ostracoda) from Poland; their morphology, systematics and occurrence. – In: Senckenbergiana lethaea. – Frankfurt a.M. 57 (1976), 4/6, S. 265...467.

- ALBERTI, G.:**
Trilobiten aus den Tentakulitenschiefern (Devon) von Schaderthal (Ost-Thüringen). – In: Mitt. geol. Staatsinst. – Hamburg 29 (1960), S.109...126.
- AL-RAWI, D.:**
Zur Petrographie der Nereitenquarzite (Devon) Thüringens und des Vogtlandes. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 3 (1975), 1, S.71...78.
- BANDEL, K., und G. BECKER:**
Ostracoden aus paläozoischen pelagischen Kalken der Karnischen Alpen (Silurium bis Unterkarbon). – In: Senckenbergiana lethaea. – Frankfurt a.M. 56 (1975), 1, S.1...83.
- BECKER, G.:**
Palaeocopida (Ostracoda) aus dem Mitteldevon der Sötenicher Mulde (N-Eifel). – In: Senckenbergiana lethaea. – Frankfurt a.M. 45 (1964), 1/4, S.43...113.
–: Podocopida (Ostracoda) aus dem Mitteldevon der Sötenicher Mulde (N-Eifel). – In: Senckenbergiana lethaea. – Frankfurt a.M. 46 (1965), 4/6, S.367...441.
–: Ostracoda aus dem Mitteldevon der Sötenicher Mulde (N-Eifel). – In: Senckenbergiana lethaea. – Frankfurt a.M. 50 (1969), 2/3, S.239...271.
–: Paleogeology of Middle Devonian ostracods from the Eifel region, Germany. – In: Bull. Centre Rech. Pau – SNPA, 5 suppl. – Pau (1971), S.801...816.
–: Taxonomie, Paläökologie und Biochronologie paläozoischer Ostracoden Mittel- und Westeuropas. – In: Geol.-Paläont. Inst. Univ. Forsch.-Ber. 1977/78. – Frankfurt a.M., 1979, S.10...17.
- BECKER, G., und M.J.M. BLESS:**
Ostracode stratigraphy of the Ardenno-Rhenish Devonian and Dinantian. – In: Internat. Symp. belg. micropaleont. limits Emsian-Visean, Namur. – Bruxelles, 1974, S.1...14.
- BECKER, G., I. MENDEZ-BEDIA und L. C. SANCHEZ DE POSADA:**
Una fauna de ostracodos de la formacion Moniello (Devonico. Asturias, NW de España). – In: Trab. Geol. – Oviedo 8 (1976), S.105...108.
- BECKER, G., und L. C. SANCHEZ DE POSADA:**
Ostracoda aus der Moniello-Formation Asturiens (Devon; N-Spanien). – In: Palaeontographica, A. – Stuttgart 158 (1977), 4/6, S.115...203.
- BENTON, M.J.:**
Dictyodora and associated trace fossils from the Paleozoic of Thuringia. In: Lethaia. – Oslo 15 (1982), 2, S.115...132.
- BLUMENSTENGEL, H.:**
Über oberdevonische Ostracoden und ihre stratigraphische Verbreitung zwischen Saalfeld und dem Kamm des Thüringer Waldes. – In: Freiburger Forschungs-H. – Berlin C 72 (1959), S.53...107.
- BLUMENSTENGEL, H.:**
Über verkieselte Ostracoden aus dem Tentaculitenknollenkalk (Unterdevon) der Bohrung Mötzelbach 3. – In: Freiburger Forschungs-H. – Berlin C 125 (1962), S.5...32.
–: Zur Taxonomie und Biostratigraphie verkieselter Ostracoden aus dem Thüringer Oberdevon. – Leipzig, 1965. – (Freiburger Forschungs-H.; C 183)
–: Ostracoden aus dem Mitteldevon des Harzes (Blankenburger Zone). – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 298 (1974), S.19...43.
–: Zur Ostracodenfauna des thüringischen Tentaculiten-Knollenkalks (Unterdevon). – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 326 (1977), S.11...23.
- BORNHOLD, B.D., und O.H. PILKEY:**
Bioclastic turbidite sedimentation in Columbus Basin, Bahamas. – In: Geol. Soc. Amer. Bull. – New York 82 (1971), S.1341...1354.
- BROUWER, J.:**
Foraminiferal faunas from a graded-bed sequence in the Adriatic Sea. – In: Proc. Kon. Ned. Akad. Wet., B. – Amsterdam 70 (1967), 3, S.231...238.
- CARLS, P., u.a.:**
Neue Daten zur Grenze Unter-/Mitteldevon. – In: Newsl. Stratigr. – Leiden 2 (1972), 3, S.115...147.
- CHAMBERLAIN, C.K., und D.L. CLARK:**
Trace fossils and conodonts as evidence for deep-water deposits in the Oquirrh Basin of Central Utah. – In: J. Paleont. – Lawrence 47 (1973), 4, S.663...682.
- CHLUPÁČ, I.:**
The Bohemian Lower Devonian stages. – In: Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg. – Frankfurt a.M. 55 (1982), S.345...400.
–: Trilobite assemblages in the Devonian of the Barrandian area and their relations to palaeoenvironments. – In: Geologica et Palaeontologica. – Marburg 17 (1983), S.45...73.
- CHLUPÁČ, I., P. LUKEŠ und J. ZIKMUNDOVÁ:**
The Lower/Middle Devonian boundary beds in the Barrandian area, Czechoslovakia. – In: Geologica et Palaeontologica. – Marburg 13 (1979), S.125...156.
- CORYELL, H.N., und D.S. MALKIN:**
Some Hamilton ostracodes from Arkona, Ontario. – New York, 1936. – (Amer. Mus. Nat. Hist. Novit.; 891)
- FEIST, R., und H. GROOS-UFFENORDE:**
Die „Calcaires à polypiers siliceux“ und ihre Ostracoden-Faunen (Oberes Unter-Devon; Montagne Noire, S.-Frankreich). – In: Senckenbergiana lethaea. – Frankfurt a.M. 60 (1979), 1/3, S.83...187.

- FUCHS, G.:
Faunengemeinschaften und Fazieszonen im Unterdevon der Osteifel als Schlüssel zur Paläogeographie. – In: Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch. – Wiesbaden (1971) 99, S.78...105.
- GROOS, H.:
Mitteldevonische Ostracoden zwischen Ruhr und Sieg (Rechtsrheinisches Schiefergebirge). – Göttingen, 1969. – (Göttinger Arb. Geol. Paläont.; 1)
- KESLING, R. V., und M. WEISS:
Ostracods from the Norway Point Formation of Michigan. – In: Contr. Mus. Paleont. Univ. Michigan. – Ann. Arbor. 11 (1953), 3, S.33...76.
- KREBS, W.:
Devonian basinal facies. – In: Spec. Pap. Paleont. – London 23 (1979), S.125...139.
- KUENEN, PH. H.:
Deep-sea sands and ancient turbidites. – In: Development in Sedimentology – Amsterdam 3 (1964), S.3...33.
- LANGENSTRASSEN, F.:
Fazies und Stratigraphie der Eifel-Stufe im östlichen Sauerland. – In: Göttinger Arb. Geol. Paläont. – Göttingen 12 (1972), S.1...106.
- LE FEVRE, J.:
Succession d'associations d'ostracodes et de conodontes dans le Silurien, le Dévonien inférieur et l'Eifelien de quelques coupes de France et du Sahara. – Rennes, 1964. – (Colloque franc. Stratigr.)
- LÜTKE, F.:
Biostratigraphical significance of the Devonian *Dacryoconarida*. – In: Spec. Pap. Paleont. – London 23 (1979), S.281...289.
- MICHEL, M. PH.:
Polyzygia GUERICH (Ostracoda) in the Devonian of Asturias and Leon (Spain). – In: Leidse Geol. Mededel. – Leiden 48 (1972), 2, S.207...273.
- MITTMEYER, H.:
Zur Neufassung der Rheinischen Unterdevon-Stufen. – In: Mainzer geowiss. Mitt. – Mainz 3 (1974), S.69...79.
- MOUSSA MOUNIR, T.:
Bioclastic sediment gravity flow and submarine sliding in the Jüana Diaz Formation, Southwestern Puerto Rico. – In: J. Sediment. Petrol. – Tulsa 47 (1977), 2, S.593...599.
- MÜLLER, A. H.:
Zur genauen Kenntnis der Ichnocoenose des Nereitenquarzits (Unterdevon) von Thüringen, Teil 1. – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 357 (1980), S.7...24.
–: Zur Ichnologie und Ökologie fossiler und rezenter Tiefsee-Benthonten. – In: Biol. Rdsch. – Jena 19 (1981), 1, S.1...22.
- PURI, H. S., G. BONADUCE und J. MALLOY:
Ecology of the Gulf of Naples. – In: Pubbl. staz. zool. – Napoli 33 (1964), S.87...199.
- RODRIGUEZ, J., und R. C. GUTSCHICK:
Late Devonian – early Mississippian ichnofossils from Western Montana and Northern Utah. – In: Geol. J., spec. iss. – Liverpool 3 (1970), S.407...438.
- SEILACHER, A.:
Bathymetry of trace fossils. – In: Marine Geology. – Amsterdam 5 (1967), S.413...428.
- SEILACHER, A., und C. HEMLEBEN:
Beiträge zur Sedimentation und Fossilführung des Hunsrückschiefers 14. Spurenfauna und Bildungstiefe der Hunsrückerschiefer (Unterdevon). – In: Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch. – Wiesbaden 94 (1966), S.40...53.
- SHEPARD, F. P.:
Submarine Geology. – 2. ed. – New York; Evanston; London, 1963.
- SOLLE, G.:
Abgrenzung und Untergliederung der Oberemmsstufe, mit Bemerkungen zur Unterdevon-/Mitteldevon-Grenze. – In: Notizbl. hess. Landesamt Bodenforsch. – Wiesbaden 100 (1972), S.60...91.
–: Oberes Unter- und unteres Mitteldevon einer typischen Geosynklinal-Folge im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. – Wiesbaden, 1976. – (Geol. Abh. Hessen; 74)
- STOVER, L. E.:
Ostracoda from the Windom Shale (Hamilton) of Western New York. – In: J. Paleont. – Tulsa 30 (1956), 5, S.1092...1142.
- SZULCZEWSKI, M.:
Slump structures and turbidites in Upper Devonian limestones of the Holy Cross Mts. – In: Acta geol. polon. – Warszawa 18 (1968), 2, S.303...324.
- TASSELL, J. K.:
Silver abyssal plain carbonate turbidite: flow characteristics. – In: J. Geol. – Chicago 89 (1981), 3, S.317...333.
- THIEDE, J.:
Reworked neritic fossils in Upper Mesozoic and Cenozoic central Pacific deep-sea sediments monitor sea-level changes. – In: Science. – Washington 211 (1981), 4489, S.1422...1424.
- VOLK, M.:
Eine stark erweiterte Faunenliste der „Konglomerate“ der Nereitenschichten des thüringischen Devons. – In: Geol. Bl. NO-Bayern. – Erlangen 11 (1961), 4, S.204...211.
- WARTHIN, A. S.:
Common Ostracoda of the Traverse group. – In: Contr. Mus. Paleont. Univ. Michigan. – Ann. Arbor. – 4 (1934), 12, S.205...226.

WEYANT, M.:

Représentants de quelques familles d' Ostracodes du Dévonien inférieur de la Normandie. – In: Bull. Soc. Linn. Normandie, 10^e série. – Caen 7 (1966), S.117...141.

–: Les Ostracodes (des schistes et calcaires éodévoniens de Saint Cénére, Massif Armoricaïn, France). – In: Mém. Soc. géol. minéral. Bretagne. – Rennes 19 (1976), S. 167...182.

WEYER, D.:

Bathyale Rugosa (Anthozoa) aus pelagischem Oberem (Unterdevon) im Thüringischen Schiefergebirge. – In: Abh. Ber. Naturkd. Vorgesch. – Magdeburg 12 (1981), 3, S.23...73.

YOUNG, L.M.:

Early Ordovician sedimentary history of Marathon geosyncline, Trans-Pecos, Texas. – In: Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull. – Tulsa 54 (1970), 12, S.2303...2316.

ZAGORA, I.:

Verkieselte Ostracoden aus dem Tentaculiten-Knoillenkalk (Unterdevon) von Ostthüringen. – In: Geologie. – Berlin 16 (1967), 3, S.303...343.

ZAGORA, K.:

Tentaculiten aus dem thüringischen Devon. – In: Geologie. – Berlin 13 (1964), 10, S.1235...1273.

–: Die Gattung *Eridoconcha* ULRICH und BASSLER (Eridostraca) im Mitteldevon von Ost-Thüringen. – In: Paläont. Zeitschr. – Stuttgart 40 (1966), 3/4, S.230...236.

–: Verkieselte Ostracoden aus den Schwärzschiefern (Mitteldevon) von Ostthüringen. – In: Geologie. – Berlin 16 (1967), 6, S. 698...717.

–: Ostracoden aus dem Grenzbereich Unter-/Mitteldevon von Ostthüringen. – Berlin, 1968. – (Geologie; Beiheft 62)

–: Zur Biostratigraphie der Grenzsichten Unter-/Mitteldevon im Westteil des Thüringischen Schiefergebirges. – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 326 (1977), S.119...128.

ZAGORA, K., und I.ZAGORA:

Zur biofaziellen Charakteristik der Tentakulitenschiefer und Schwärzschiefer (Devon; Thüringisches Schiefergebirge). – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 363 (1981), S.127...134.

Besprechungen

VOGEL, K.

Lebensweise und Umwelt fossiler Tiere –
Eine Einführung in die Ökologie der Vorzeit.
Biologische Arbeitsbücher 39.

171 Seiten, 79 Abbildungen, 2 Tabellen.

Quelle und Meyer: Heidelberg, 1984.

Ökologie ist ein Begriff, der sich in voller Tragweite im Laufe der vergangenen 10 bis 15 Jahre im Bewußtsein breiter Bevölkerungskreise fest verankert hat. Dagegen genießt das Gebiet der Palökologie in weit beschränkterem Maße eine gewisse Popularität. Diesen Mangel zu beheben, hat sich der Autor des Titels unter Berücksichtigung neuester wissenschaftlicher Kenntnisse und Erkenntnisse zur Aufgabe gemacht. In leicht verständlicher und einprägsamer Weise ist die Thematik dargelegt, allerdings unter deutlicher Vernachlässigung fossiler Pflanzen, so daß die umfassende Fragestellung der Palökologie „Wie und wo lebten die Organismen der Vorzeit“ nur relativ einseitig beleuchtet wird.

Um den Leser zur Auseinandersetzung mit dem Stoff zu motivieren, bespricht der Autor im 1. Kapitel, was die Kenntnis der Ökologie vorzeitlicher Tiere nützt, und es wird u. a. auf den unverzichtbaren Beitrag zum Verständnis der Evolution, zur Biostratigraphie und zur strukturellen Entwicklung der Erdoberfläche hingewiesen. Am Beispiel von *Mytilus faujasi* aus dem Miozän von Rheinhessen wird u. a. im 2. Kapitel dem Leser deutlich gemacht, daß diese Region seinerzeit von einem Meeresarm erfüllt war und wie man sich die Entstehung von Sedimentationsräumen vorzustellen hat. Im nächsten Abschnitt erläutert der Autor anhand der Brachiopoden, wie eng die Morphologie und darüber hinaus die Evolution von Biomechanik und Physiologie bestimmt werden. Ein weiteres Kapitel beschreibt am Beispiel der Cephalopoden, daß diesen Organismen in Abhängigkeit vom Baumaterial und von der Bautechnik beim Schwimmen und Tauchen Grenzen gesetzt sind. Abschließend wird die Rekonstruktion fossiler Meeresräume (Paläogeographie) anhand des europäischen Jura besprochen. Die fossilen marinen Lebensspuren und ihre Abhängigkeit von der Meerestiefe erlauben den Schluß, daß sich Leben sehr früh auch an extreme Biotope anpassen konnte. Die Entwicklung der Pferde wird dargestellt, um den Zusammenhang zwischen Evolution und Umwelt zu demonstrieren. Das erfolgt mit besonderem Hinweis auf die Fauna der Grube Messel bei Darmstadt, die dann auch als Ausgangspunkt für Betrachtungen über „Siedlungsräume von Organismen und das Wandern

der Kontinente“ herangezogen wird. Die dortigen Beobachtungen dienen im folgenden Kapitel als Basis für Erläuterungen zur Klimageschichte unserer Erde. Es wird hier erfreulicherweise auch auf Pflanzengemeinschaften als Klimazeugen im Tertiär aufmerksam gemacht. Die Saurier, speziell die Dinosaurier, sind durch ihr „plötzliches“ Aussterben von besonderem paläontologischem Interesse, und es werden im 10. Kapitel u. a. Hypothesen und Theorien über die Ursachen dieses Phänomens diskutiert. Der evolutive Übergang von Reptilien zu Vögeln, von einem Lebensraum zu einem völlig anderen, wird dem Leser am klassischen Beispiel des *Archaeopteryx* demonstriert, bei besonderer Berücksichtigung des Zusammenhanges zwischen Physiologie und Körpermechanik. „Der Schritt vom Wasser auf das Land: Wie entsteht eine neue Tiergruppe?“ ist Thema des folgenden Kapitels, in dem u. a. Belege der Evolution von Fischen über Amphibien und Reptilien zu den Säugern abgehandelt werden. Das geschieht mit besonderem Hinweis darauf, daß der Übergang von einer zur anderen Tierklasse sich allmählich vollzieht, unter der Voraussetzung, daß spezielle Prädispositionierungen vorhanden sind. „Was war eher: Form oder Funktion? – Fragen ohne Ende“ diskutiert der Autor zusammenfassend im Schlußabschnitt. Er führt somit zu dem besonderen Anliegen des Titels, dem Leser Palökologie nahezubringen, ihn zu ermuntern, konsequent über Zusammenhänge nachzudenken, und zum Weiterarbeiten an Problemen der Palökologie anzuregen. Ein ausführliches Literaturverzeichnis gibt dafür ausreichende Hilfestellung. Glossar und Sachverzeichnis schließen den Titel ab.

Die knappe und doch klare Fakten- und Problemdarstellung wird durch viele Graphiken hilfreich unterstützt. Trotz der Materialfülle bleibt der rote Faden stets gewahrt. Insgesamt gesehen liegt hier ein Titel vor, der Fachwissenschaftlern, vor allem aber naturwissenschaftlich interessierten Laien die Probleme der Palökologie gut verständlich und anregend darbie tet. Das Buch gehört in jede geowissenschaftliche und biologische Bibliothek.

G. KRUMBIEGEL

Zusammenfassung

Im Bereich der Naumburger Mulde und der Finne-Störung wurden Untersuchungen zur Tafeldeckgebirgsklüftung im Muschelkalk, zur Drucklösung (Stylolithen) und zur Kinematik der (saxonischen) Bruchtektonik ausgeführt. Es können ein älteres, noch von der Diagenese beeinflusstes „epirogenes“ Kluftsystem und ein nach abgeschlossener Gesteinskompaktion entstandenes „fundamentales“ Kluftsystem unterschieden werden. Bildung und Ausrichtung der Drucklösungsvorgänge werden von sedimentologischen Vorzeichnungen (Schichtung, Intraklasten) und der Orientierung der Kluftsysteme beeinflusst, wodurch ihre Stellung als direkte Deformationsanzeigen eine Einschränkung erfährt. Die mesozoische Bruchtektonik überprägt sowohl Kluftgefüge als auch die Drucklösungsformen, und sie ist im wesentlichen durch vertikale Schollenbewegungen zu charakterisieren, die in der Spätphase auch von dabei induzierten Einengungserscheinungen begleitet werden.

Summary

Analysis of the structural development of the Finne-Fault and the Naumburg Through

Investigations into the platform cover jointing in the Muschelkalk Series (Triassic), the pressure-solution (stylolites) and the kinematics of the (Saxonian) faulting tectonics have been carried through within the range of the Naumburg Trough and the Finne-Fault. An older, still diagenesis-influenced „epirogenic“ joint system and a „fundamental“ one, formed after rock compaction had ended, can be distinguished. Formation and orientation of the pressure-solution processes are influenced by sedimentological patterns (bedding, intraclasts) and the orientation of the joint systems, with consequent restriction of their role as direct deformation indicators. The Mesozoic faulting tectonics superposed both the joint structure and the pressure-solution forms, and is substantially to be characterised by vertical block movements, which in the late phase were also accompanied by concurrently induced confinement phenomena.

Analyse der strukturellen Entwicklung der Finne-Störung und der Naumburger Mulde¹

Mit 8 Abbildungen im Text

Autoren:

Dr. HANS JOACHIM FRANZKE
Akademie der Wissenschaften der DDR
Zentralinstitut für Physik der Erde
Telegrafenberg
Potsdam
1500

Dr. GÜNTER HEISE
Goethe-Allee 51
Dresden
8053

cand. geol. HENRY RAUCHE
Straße des Friedens 50
Freiberg
9200

¹ Mitteilung des Zentralinstituts für Physik der Erde
Nr. 1406

Резюме

Анализ структурного развития финне-нарушения и Наумбургской мульды

В районе Наумбургской мульды и финне-нарушения были проведены исследования по трещиноватости платформенного чехла в раковинном известняке, по разобщению воздуха [стилолита] и по кинематике [саксонской] глыбовой тектоники. Можно различить старую, ещё подвергшуюся влиянию диагенеза „эпегеническую“ систему трещин и возникшую после законченной компактности пород „фундаментальную“ систему трещин. Образование и подготовка процессов разобщения давления подвергаются влиянию седиментологических знаков [расслоение, внутриобломочные осадки] и ориентации системы трещин, в связи с чем их положение как признаков деформации ограничивается. Мезозойская глыбовая тектоника превосходит как трещины так и формы разобщения давления и она характеризуется в основном вертикальными движениями глыб, которые в позднюю фазу сопровождаются индуцированным сжатием.

1.

Problemstellung

Die Autoren dieses Beitrages haben versucht, die Ergebnisse der Kluftuntersuchungen von HEISE (1966) dem neueren Stand der Forschung zur Tafeldeckgebirgsklüftung (u. a. Bock 1980) anzupassen und durch die Einbeziehung von Drucklösungsgefügen (Stylolithen) als Indizien für Gesteinsdeformation und durch kinematische Studien an Störungen im Tafeldeckgebirge zu erweitern.

Die Untersuchungen gingen von der Naumburger Mulde aus und wurden auf die Finne-Störung ausgedehnt, so daß die Gefüge im Bereich der bruchtektonisch wenig deformierten Tafel denen einer Störungszone gegenübergestellt werden können.

In Anwendung der Untersuchungen von P. und E. BANKWITZ (zuletzt 1984) deuten die Kluftbilder in Buntsandstein und Muschelkalk des Arbeitsgebietes darauf hin, daß es sich mit Ausnahme der Wellenstreifen und Sigmoidalklüfte (Querplattung) um einfache Zugbrüche mit durchschnittlich geringer Auslenkung der Randkluftsysteme um 10...20 Azimut- und Neigungsgrade zur Hauptkluft handelt (Winkel Beta). Ihre Morphologie zeichnet sich durch relativ ebene, wenig skulpturierte Flächen aus, die nach P. und E. BANKWITZ (1984) energetisch einen Gleichgewichtszustand von Deformations- und Oberflächenenergie ausdrücken. Diese Aussage wäre im Hinblick auf die weiter unten gefolgerten geringen Druck- oder Zugspannungen bei ihrer Genese von Bedeutung.

Für die Zwecke einer Übersichtskarte scheint es zulässig, die generalisierten Kluftlagen darzustellen und die Senkrechten auf den Maxima der auftretenden Kluftscharen – näherungsweise – den Achsen der kleinsten horizontalen Hauptnormalspannung zum Zeitpunkt der Bildung der jeweiligen Kluftscharen zuzuordnen.

Der Schwerpunkt der Analyse liegt in der Untersuchung der Zeitlichkeit, regionalen Verbreitung und Kinematik der untersuchten Rupturenmuster in der Dimension der geologischen Spezialkarte 1:25 000.

2. Kluftgefüge

2.1. *Gemeine Klüfte, Wellenstreifen und Querplattung (Epirogenes Kluftsystem)*

Über Wellenstreifen und Querplattung hat KURZE (1981) zusammenfassend referiert und gefolgert, daß sie den Sedimenten in „wenig verfestigtem Zustand aufgeprägt wurden“. HEISE (1966) betonte die enge genetische Verknüpfung dieser Gefügeformen mit „gemeinen Klüften“, die er in Anlehnung an M. SCHWAB (1965) auf den epirogenen Absenkungsprozeß der Thüringischen Senke bezieht, da sie deren äußeren und inneren Konturen folgen. KURZE (1981) bezeichnet in Anlehnung an SCHMITT (1935) diese Kluftgruppe als Primärklüfte.

Die „gemeinen Klüfte“ im Wellenkalk sind feine, schichtinterne, haarrißartige Klüfte von Dehnungsbruch-Habitus mit feinkristalliner Calcitverheilung.

Es kann auch in unserem Arbeitsgebiet belegt werden, daß „Haarrisse“ und Wellenstreifen noch durch Sedimentgleitung plastisch verformt worden sind und an Intraklasten und Grabgängen im Sediment absetzen, also noch in ein frühes Diagenesestadium zu stellen sind.

Während „gemeine Klüfte“ und Wellenstreifen (Abbildung 1) zwei- oder mehrschalig, meist in orthogonalen Gittern auftreten, ist bei der Querplattung (Sigmoidalklüftung) die N-S- bis NNE-SSW-Schar stark betont, die mit 40...90° nach West, selten nach Ost einfällt. Innerhalb einiger Aufschlüsse, z. B. Steinbruch Balgstädt bei Freyburg/Unstrut, konnte auch der Übergang von West zu Ost einfallender Querplattung beobachtet werden.

Die Querplattung tritt vor allem im unteren Teil des Wellenkalkes bis zur Oolithzone, in der Schaumkalkzone und in den dolomitischen Mergeln des Mittleren Muschelkalkes auf. Sie ist besonders an Zonen mit submarinen Erosionserscheinungen, mit subaquatischen Sedimentzergleitungen im teilverfestigten Zustand (Phacoidisierung) und bei der Bildung von submarinen Gleitfalten (mit stark um die SW-NE-Richtung streuenden Achsenlagen) gebunden.

Nach HEISE (1966) geht mit wachsender sigmoidaler Durchbiegung der Querplattungsklüfte eine proportionale – plastische – Verminderung der Bankmächtigkeit einher, und die Schichtflächen der Querplattungsbanke können eine Gleitstreifung in E-W-Richtung aufweisen, deren Relativbewegung nach Westen gerichtet ist. Das bedeutet, daß vertikale Kompression (Auflast) und laterale Gleitung an der plastischen Ausgestaltung der Querplattung beteiligt gewesen sein müssen. HEISE (1966) beschreibt ferner eine stengelig ausgebildete, schubklüftungsartige Querplattung aus der Naumburger Mulde.

Haarrisse und Wellenstreifen sind Ausgangs- und Zwischenstadium einer Deformationsreihe, die zur Querplattung führt, von den oben genannten Erscheinungen begleitet wird und dem Diagenese-prozeß zuzuordnen ist.

Abbildung 1 verdeutlicht, daß alle drei Gefügeelemente räumlich konform zueinander verlaufen. Das gilt auch für Gebiete mit abweichendem Streichen, zum Beispiel an der Rudelsburg südlich von Naumburg, wo ein Umschwenken aller Gefügeelemente in die N-S/E-W-Richtung erfolgt. Es besteht auch eine gute Übereinstimmung mit den Azimuten der später diesen Rupturen aufgeprägten Drucklösung (H-Stylolithen) und der Primärklüfte (fundamentales Kluftsystem). Ferner ist eine räumliche Beziehung zu den NW-SE-Isopachen des Schaumkalkes und seinen Hauptschüttungsrichtungen (SSW-NNE und WSW-ESE), d. h. mit paläogeographischen Konturen der Thüringischen Senke, angedeutet.

Andererseits schneiden diese syndiagenetischen Flächenscharen diagonal (mit 10...40° Divergenz) die in späteren Entwicklungsstadien entstandenen Sattel- und Muldenstrukturen des Gebietes, und die NNE-Richtungsgruppe setzt unbeeinflusst über die im Deckgebirge erst später ausgeprägte Finne-Störung hinweg, während die WNW-ESE-Rupturengruppe der diagenetischen Klüftung parallel zur Finne streicht.

Im Bildungszeitraum dieser Gefügeelemente (Mittlere bis Obere Trias) existierte die Finne-Störung also weder als Rupturzone noch als Aufsattelung oder Einmuldung im Stile einer Deckgebirgsverfaltung. Wellenstreifen und Querplattung zeichnen die epirogen-taphrogene

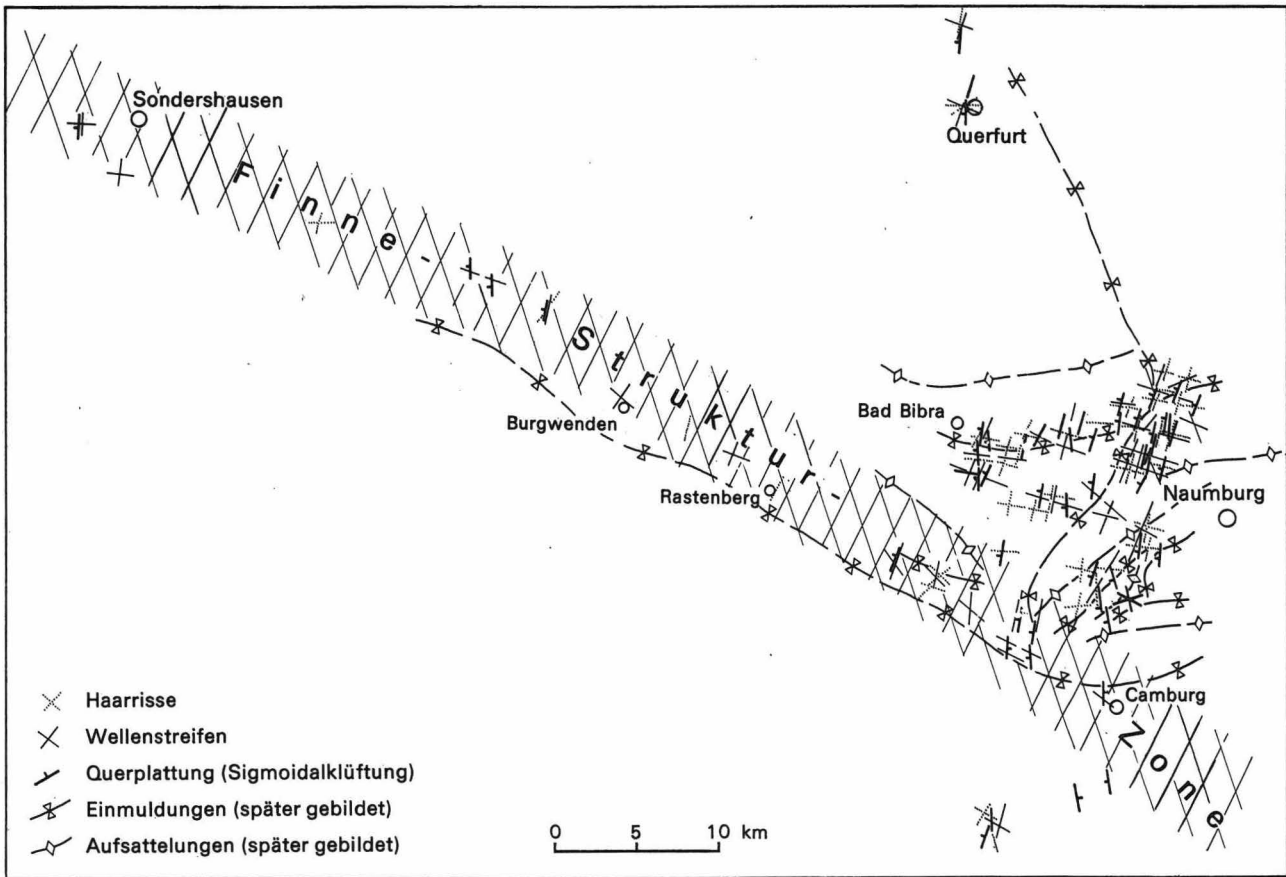


Abbildung 1
Geologische Übersicht mit Arbeitsgebiet und Anordnung des epirogenen Kluftegitters

Einsenkung des triassischen Thüringischen Troges (SSW-NNE) und seine Abtreppung nach Norden nach. Dieses engmaschige, vor allem durch die Wellenstreifen geprägte feine Klufnetz stand als Vorzeichnung für weitere Deformationen zur Verfügung.

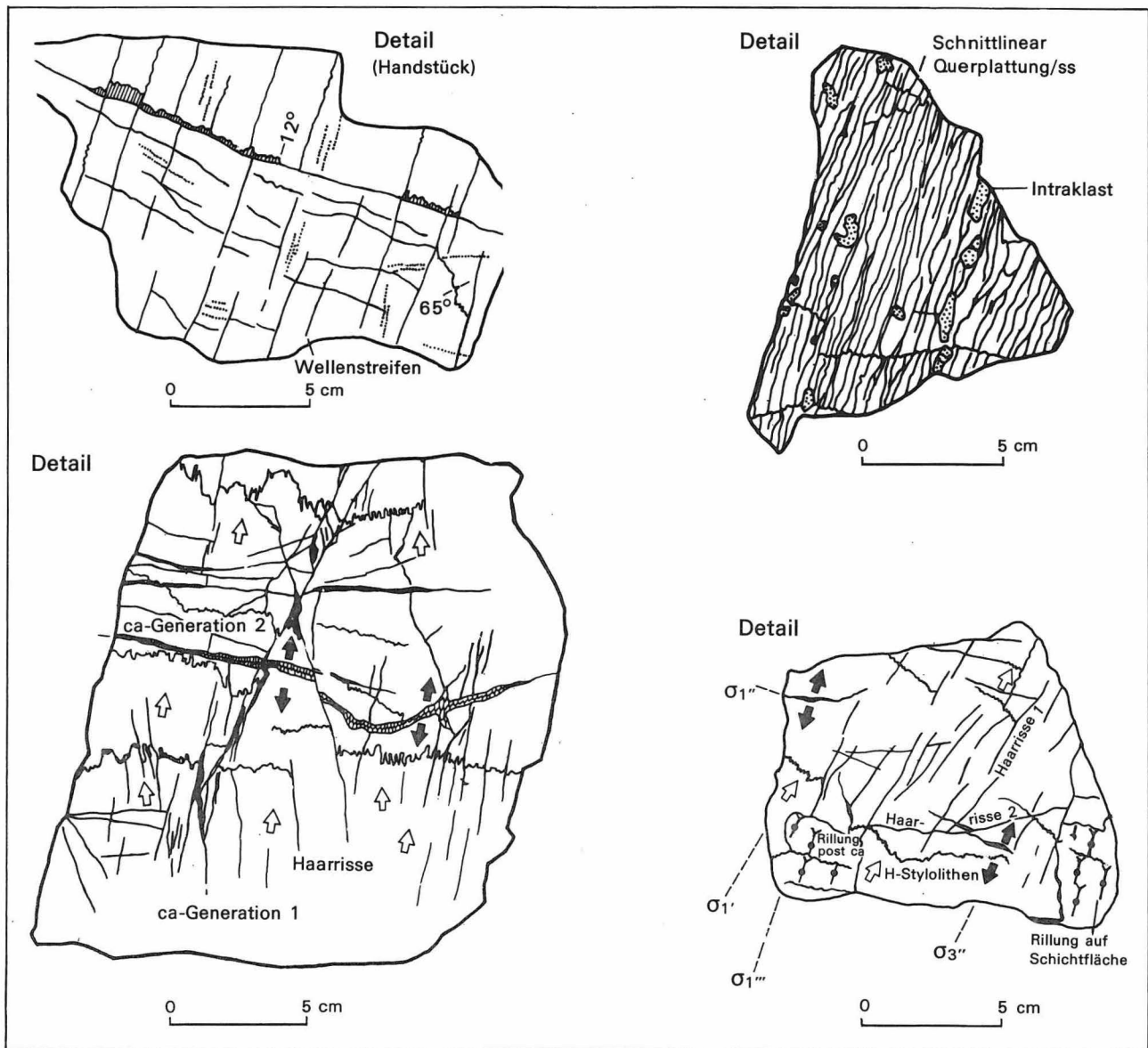
2.2.

Primärklüfte (Fundamentales Klufsystem)

Unter primären oder primärtektonischen Klüften im Deckgebirge verstehen SCHWAB (1965) und HEISE (1966) in Anlehnung an LOTZE (1933) die bankinternen und banknormal ausgerichteten Klüfte, die nach der Kompaktion ab dem Höhepunkt der epirogenen Einsenkung und beim Wiederaufstieg (Bock 1976, 1980) durch weiträumige Durchbiegung der Schichten in den Sedimentationströgen entstehen. Es ist die überwiegende Zahl der Deckgebirgsklüfte, de-

ren Oberflächenform sie als durch Zugbruch entstanden ausweist (P. und E. BANKWITZ 1982, 1984) und von NICKELSEN und HOUGH (1980) und von BOCK (1976, 1980) als „fundamentales Klufsystem“ bezeichnet werden. Die Karte (Abbildung 3) und die Diagramme lassen erkennen, daß das fundamentale Klufsystem vornehmlich, aber nicht ausschließlich orthogonalpaarig auftritt und – angezeigt durch die Ausrichtung der Hauptdurchtrennung in SSW-NNE-Richtung – den Kontruren der triassischen Thüringischen Senke (SEIDEL 1965, WEBER 1977) folgt. Die orthogonale Nebenrichtung, die den gleichen Durchtrennungsgrad wie die Hauptschar erreichen kann, streicht in WNW-ESE-Richtung, also quer zur Längsachse der Senke.

Neben dieser generellen Orientierung auf die Konfiguration der Senke sind auch deutliche geometrische Beziehungen zu den flachen Speziälsätteln und -mulden von einigen Kilometern Spannweite (5...6 km) entwickelt, die



SSW-NNE (Naumburger Mulde), E-W (Rudelsburg, östlich Bibra), SW-NE (zwischen Bad Kösen und Naumburg) und in NNW-SSE-Richtung (südliche Fortsetzung der Naumburger Mulde zwischen Bad Sulza und Apolda) verlaufen.

Der Streifen der sich erst später rapturell ausprägenden Finne-Störung paßt sich insofern dem fundamentalen Kluftgitter an, als die Haupttrichtung senkrecht, die Nebenrichtung parallel zur Störungszone verläuft.

Der Geneseprozess des fundamentalen Kluftsystems ist zwischen Sedimentkompaktion und Formung der mittelspannigen flachen Sattel- und Muldenstrukturen der genannten Richtungen einzuordnen und wird damit von der epiro-

gen-taphrogenen Eintiefung der Thüringischen Senke (WEBER 1977) und von der halotektonisch beeinflussten Sattel- und Muldenbildung kontrolliert. Relativzeitliche Marken für die Genese der fundamentalen Klüfte in Gesteinen der Unter- und Mitteltrias sind die abgeschlossene Kompaktion – wahrscheinlich nach Ablagerung des 400...500 m mächtigen Keupers (kimmerisch) – und die Aufrichtung, kurzweilige Verfaltung und Dislozierung der Schichtverbände in der Oberkreide (austrisch bis subherzynisch). Hierbei wurde das fundamentale Kluftgefüge bereits sekundär verstellt.

Entsprechend seiner Genese zeigt das fundamentale Kluftsystem eine deutliche geometrische Bindung an epirogen-taphrogene Struktu-

ren der Deckgebirgsentwicklung (Thüringische Senke) und auch an die halotektonisch beeinflussten Sattel- und Muldenstrukturen, zum Beispiel an die Naumburger Mulde, deren Kinematik von vertikalen Bewegungen des subsalinen Schollenfeldes bestimmt wird (v. BUBNOFF 1955, S. 14, HESSMANN 1983).

Die Ausrichtung der Kluftgitter wird nach BOCK durch die Form der Sedimentationströge bestimmt, da längs und quer zu den Trogachsen eine unterschiedliche Durchbiegung erfolgt und die im Vergleich zur Auflast (= Sigma 1) geringen und im Betrag zueinander wenig unterschiedlichen (sub-)horizontalen Achsen der mittleren und kleinsten Hauptnormalspannungen (Sigma 2 und 3) längs und quer zur Trogachse orientiert sind. Der gleiche Kräfteansatz ist für die langgestreckten halotektonischen Sattel- und Muldenstrukturen zu postulieren.

Bei der Bildung der einzelnen Kluftscharen erfolgt jeweils ein Abbau zuvor angehäufter Spannungen, so daß die mittlere und kleinste Hauptnormalspannung intermittierend ihren Platz tauschen, die Richtung beider Achsenlagen dabei aber erhalten bleibt. Hierdurch treten wechselnde relative Altersfolgen der Kluftgenerationen auf. Es ist nach BOCK (1980) sogar die gleichzeitige Bildung eines orthogonalen Kluftpaares möglich.

Die von Ausweitung in ESE-WNW-Richtung begleitete taphrogene Einsenkung des triassischen Thüringischen Troges erforderte aber die Hauptorientierung der kleinsten horizontalen Hauptnormalspannung in diese Richtung, das heißt quer zur Trogachse, was durch die Lage der Hauptkluftchar in Trogrichtung (SSW-NNE) auch bestätigt wird.

Wichtig für die zeitliche Stellung dieses Prozesses sind die Untersuchungen von PRICE (1966), nach denen im Anschluß an die epirogene Einsenkung, beginnend beim Wiederaufstieg der Sedimentationströge durch verzögerte Entwässerung der Sedimente infolge ihrer zunehmenden Zementation, erhebliche Porenwasserüberdrücke erzeugt werden können. Anzeichen für die frühzeitig begonnene Zementation sind u. a. die Calcitverheilung des bei der Diagenese gebildeten Kluftinventars (Haarrisse, Wellenstreifen) und die rupturengebundene Drucklösung auf diesen syndiagenetischen Flächen.

Der Porenwasserüberdruck vermindert die angreifenden Druckspannungen um den Anteil, der nicht auf das Porengerüst einwirkt und als hydrostatischer Anteil allseitig die Porenflüssigkeit erfaßt. Die verbleibende effektive, das heißt nur auf das Korngerüst wirkende Druckspannung kann nach HUBBERT und RUBEN (1959) dadurch so weit abgeschwächt werden, daß bis über 80% der Gesteinsauflast kompensiert werden und in einigen Fällen sogar negative Werte (= horizontale Zugspannungen) auftreten können.

Die Position von Sigma 3 wird damit entscheidend für die Orientierung des Kluftgitters, und die geringen Absolutbeträge der effektiven Spannungen erklären weiterhin den Trennbruchcharakter des fundamentalen Kluftsystems.

Für die Abschätzung der Bildungstiefe sind rezente Spannungsmessungen in situ (BROWN und HOEK 1978) zu beachten. Danach herrschen global in der obersten Erdkruste (bis in über 500 m Tiefe) Druckspannungszustände. Übertragen auf unser Beispiel der relativ flachgründigen Thüringischen Senke mit maximal 1700 m Deckgebirge, davon etwa 1000 m Trias, wären bezüglich des Muschelkalks erst nach Anhäufung des Keupers mit 400...500 m Mächtigkeit die optimalen Bedingungen für die Bildung eines fundamentalen Kluftsystems gegeben. Die stärkere Durchtrennung in SSW-NNE-Richtung belegt die generelle Lage der kleinsten horizontalen Hauptnormalspannung in WNW-ESE-Richtung, wobei die intermittierenden Altersverhältnisse zur Gegenrichtung zugleich geringe Betragsdifferenzen anzeigen. Der mit der Kluftbildung verbundene Spannungsabfall reicht damit zur wechselseitigen Bildung der Gegenrichtung aus. Wir folgern daraus weiterhin, daß für die Bildung des fundamentalen Kluftsystems eine von außen auf die Thüringische Senke einwirkende Kompression oder Dilatation nicht erforderlich ist und die Genese der Deckgebirgsklüftung in diesem Raum aus der Dynamik des triassischen Absenkungsprozesses (Hauptabsenkungsstadium nach G. SCHWAB, NÖLDEKE und TESCHKE 1980, Taphrogenese nach WEBER 1977) und den dabei ausgelösten Spannungsdifferenzierungen erklärt werden kann.

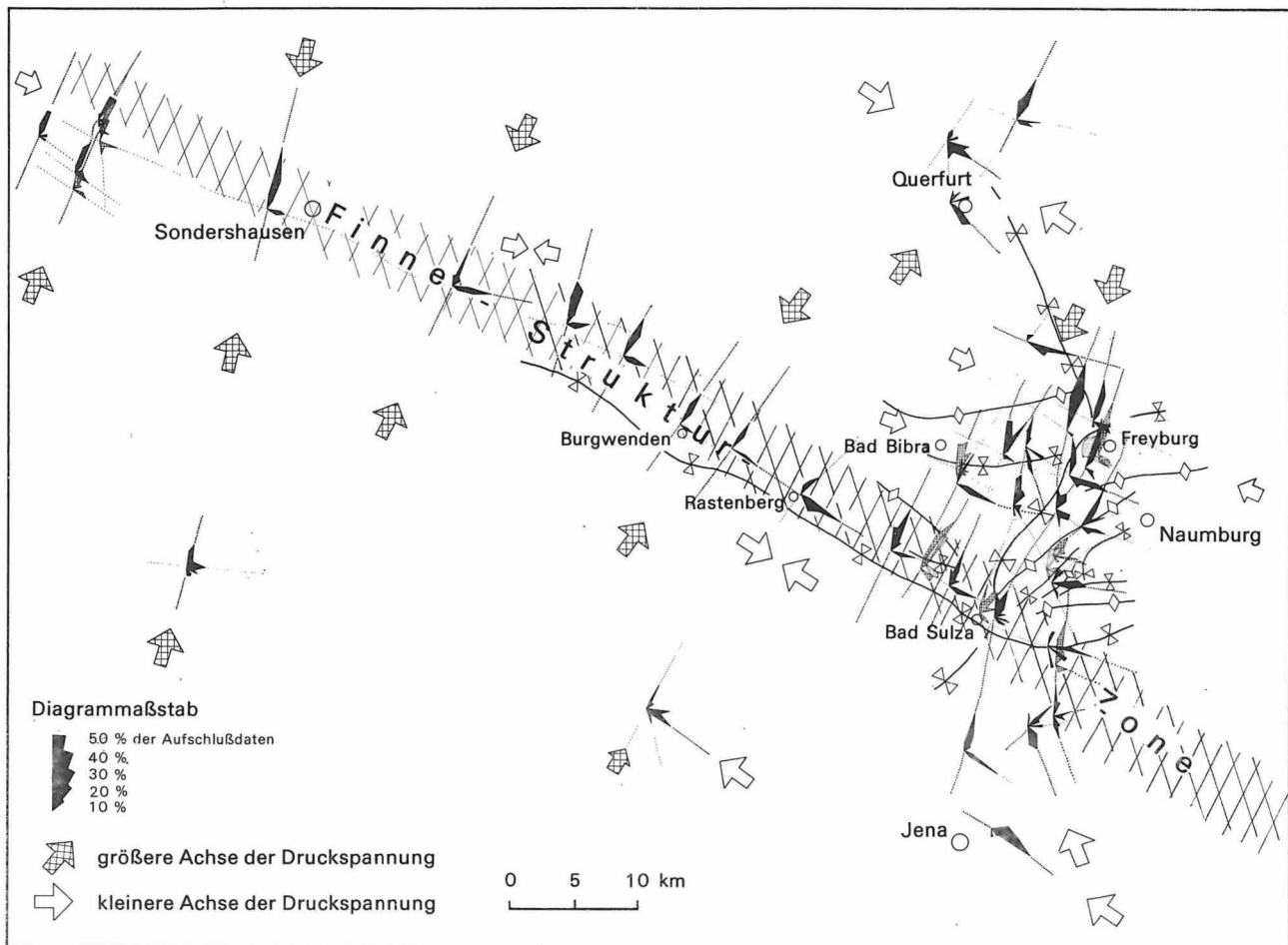


Abbildung 2
Übersichtskarte zur Anordnung der Drucklösung (= horizontale Hauptnormalspannung)

Nach der Paläopollage der Trias (KRS 1979) würden sowohl die Thüringische Senke als auch die mit der Beckendynamik im Zusammenhang stehende Deckgebirgsklüftung eine ursprüngliche meridionale Ausrichtung aufweisen, so daß für ihre Bildung auch die Beteiligung rotationsdynamischer Wirkungen des Erdkörpers in Erwägung zu ziehen sind.

2.3.

Drucklösung

Die Verwendbarkeit von Drucklösungsgefügen zur Deformationsanalyse, besonders in Karbonatgesteinen des Deckgebirges, ist durch zahlreiche methodische Arbeiten und Anwendungsbeispiele untersucht worden. Von einigen Autoren, z. B. WAGNER (1964), SCHRAMM (1967) und MEIER (1984), wurde bereits erkannt, daß sich die Drucklösung eng an den Bildungsprozeß der Kluff- und Störungsgefüge anlehnt bzw. zeitlich

darans anschließt und Flächenbildung die eigentliche Voraussetzung zur rupturengebundenen Drucklösung ist (FRANZKE und JANSSEN 1984, S. 249). Intergranulare Drucklösung wird hier nicht betrachtet.

Unsere Untersuchung zur Drucklösung zielte auf ihre zeitlich-genetische Stellung im Deformationsprozeß des Tafeldeckgebirges und ihren Aussagewert bezüglich der kinematischen Strukturanalyse hin. Die von HEISE (1966) entworfenen Karten der Richtungsverteilung der einzelnen Rupturensysteme wurden deshalb durch eine kartenmäßige Darstellung der Drucklösung ergänzt (Abbildungen 2 und 3). Detailstudien (Beispiele in Abbildung 4) konnten die Stellung der Drucklösung im rupturellen Deformationsablauf der Karbonatgesteine des Muschelkalkes weiter präzisieren.

Hinsichtlich der strukturanalytischen Verwendung der Drucklösungsgefüge sind folgende Beobachtungen wichtig (vgl. Diagramme Abbildung 4 A-E):

- Das während der Diagenese entstandene epirogene Kluftsystem (Wellenstreifen, Haarrisse und Querplattung) wird nachträglich durch Drucklösung suturiert. Auf Schichtfugen (V-Stylolithen) und an Intraklasten im Gestein setzt die Suturierung bereits früher ein.
 - Das epirogene Kluftgitter beeinflusst als intensive Anisotropisierung Anlage und Richtung weiterer Drucklösungsvorgänge.
 - Wesentlicher Träger der rupturgebundenen Drucklösung ist das fundamentale Kluftsystem, dem die Drucklösung ebenfalls nachträglich aufgeprägt wurde. Drucklösung ist damit ein langfristig wirkender Vorgang.
 - Die Intensität der Drucklösung (Zapfengröße und -häufigkeit) wird offensichtlich nicht durch die Intensität tangentialer Einengung, sondern durch Flächenhäufigkeit (Kluftdichte), deren Lösungstransparenz und durch die Lithologie bestimmt.
 - Es existieren keine signifikanten Altersunterschiede zwischen den Richtungsgruppen der H-Stylolithen.
 - Im Bereich der Finne-Störung ist keine Verstärkung der Drucklösung zu erkennen, so daß in ihrer Bildungszeit noch keine klufttektonische Vorprägung der Störungszone anzunehmen ist.
 - Die Ausrichtung der maximalen Drucklösung entspricht mit örtlich geringen Abweichungen der jeweils stärksten Ausbildung des fundamentalen Kluftsystems (meist in SSW-NNE-Richtung).
 - Die Aufrichtung der Schichtverbände in den Deckgebirgsstörungszonen verstellt die vordem subhorizontal orientierten H-Stylolithen.
 - Danach wird die Drucklösung in abgeschwächter Intensität fortgesetzt (H- und Schrägstylolithen, Nadelharnische).
- Obgleich die Drucklösung an sich eine tangentiale Einengung anzeigt, kann ihre Ausrichtung nicht ohne weiteres mit der Lage der Hauptspannungsachsen gleichgesetzt werden, da die starke präexistente Anisotropisierung eine erhebliche Schienung für die Drucklösung bedeutete. Die unterschiedliche Zerteilung des Muschelkalkes in den orthogonalen Hauptrichtungen des epirogenen und fundamentalen

Kluftmusters und die dadurch initiierten unterschiedlichen Zirkulations- und Lösungsbedingungen (NELSON 1981) trugen zur stärkeren Ausprägung der Drucklösung in SSW-NNE-Richtung bei.

Trotzdem ist festzuhalten, daß die geringen Druck- bzw. Zugspannungszustände, wie sie bei der Bildung des fundamentalen Kluftsystems herrschten, durch tangential wirkende Druckspannungen in der Größenordnung der Gesteinsauflast (bis ca. $2 \cdot 10^7$ Pa) ersetzt wurden, die zur horizontal angreifenden Drucklösung am vorhandenen Ruptureninventar führten.

Diese Überformung des Kluftinventars durch Drucklösung ist während des aufsteigenden Astes des epirogenen Zyklus anzusetzen, da hierdurch die Schichttafel angehoben und erodiert wurde und in den Bereich erhöhter Druckspannungszustände gelangte (BROWN und HOEK 1978).

Die Ausrichtung der H-Stylolithenachsen zum epirogenen und zum fundamentalen Kluftsystem zeigt trotz generell guter Übereinstimmung (Abbildung 3) in den Aufschlüssen Links- und Rechtsabweichungen von der senkrechten Lage zur Suturfläche, die beim orthogonalen Flächenpaar gewöhnlich $0...10^\circ$ nicht übersteigen (selten bis 30°), bei diagonalen Kluft- bzw. Suturflächenlagen aber bis über 70° (= Nadelharnische) erreichen können. Es muß also eine eigenständige Überprägung stattgefunden haben, die trotz der vorhandenen Anisotropisierung ihren strukturellen Ausdruck gefunden hat. In Abbildung 2 ist die hypothetische Lage der horizontalen Hauptnormalspannungen des Arbeitsgebietes auf der Grundlage der Drucklösung dargestellt. Die Vorzugsrichtungen der Drucklösung entsprechen generell denen der fundamentalen (und auch der epirogenen) Hauptkluftrichtungen, in der Detaildarstellung sind aber auch Abweichungen zum Kluftgitter erkennbar. Nach einem Modell von P. und E. BANKWITZ (1982) kann man die Detailanordnung der Drucklösungsmaxima als schlängelnden Verlauf der – gedachten – Spannungslinien interpretieren, der durch fazielle und lokale strukturelle Anisotropien bewirkt wurde.

Gemäß einer Vorstellung von LAUBSCHER (1979) erfolgt an diagonal zu angreifenden

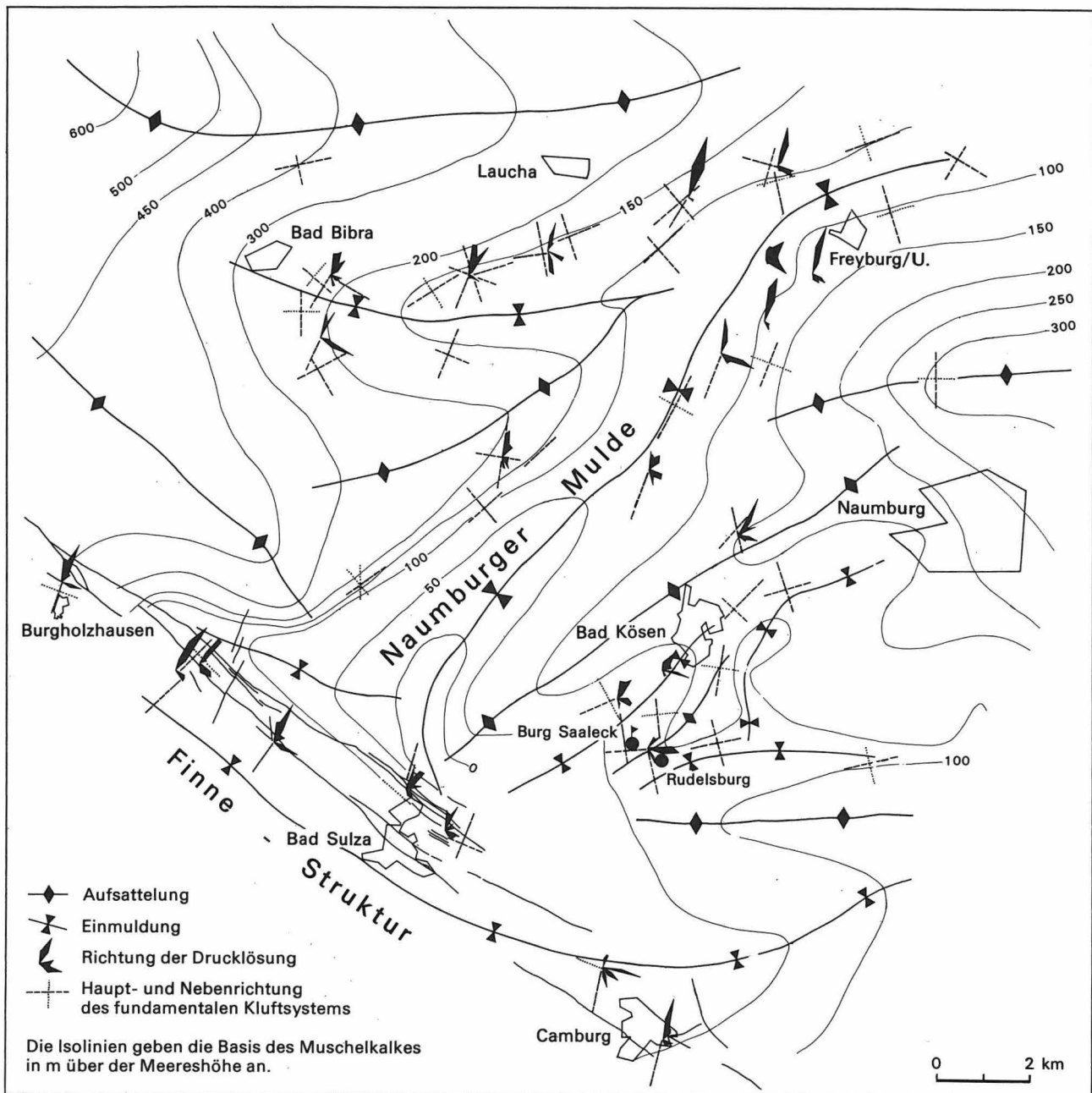


Abbildung 3
Spezialkarte zur räumlichen Beziehung von fundamentaler Klüftung, Drucklösung und Strukturbau

Spannungen orientierten Rupturen (Klüften, besonders aber Störungen) eine Ablenkung des Spannungsfeldes, die eine weitere Erklärung für die Divergenz der Drucklösung an unterschiedlichen Klüftlagen, besonders den diagonal zum orthogonalen Gitter angeordneten, liefert.

Unsere Detailbeobachtungen zu den Drucklösungsgefügen belegen eine gleichzeitige, zweiseitig-kompressive Einspannung der Sedimenttafel nach der Bildung des fundamentalen Klufsystems und vor dem Einsetzen der ruptu-

rellen Phase der saxonischen Bruchtektonik. Dieser orthogonal-zweiachsige Druckspannungszustand, der sich auch bei regionalen Untersuchungen zeigte (FRANZKE und JANSSEN 1984), ist hinsichtlich seiner Dynamik problematisch.

Durch die Untersuchungen zahlreicher Autoren, u. a. HAST (1969), ist bekannt, daß die Erosionsprozesse bei der Heraushebung von Krustensegmenten, so auch von invertierten Sedimentationströgen, eine im Verhältnis zu den

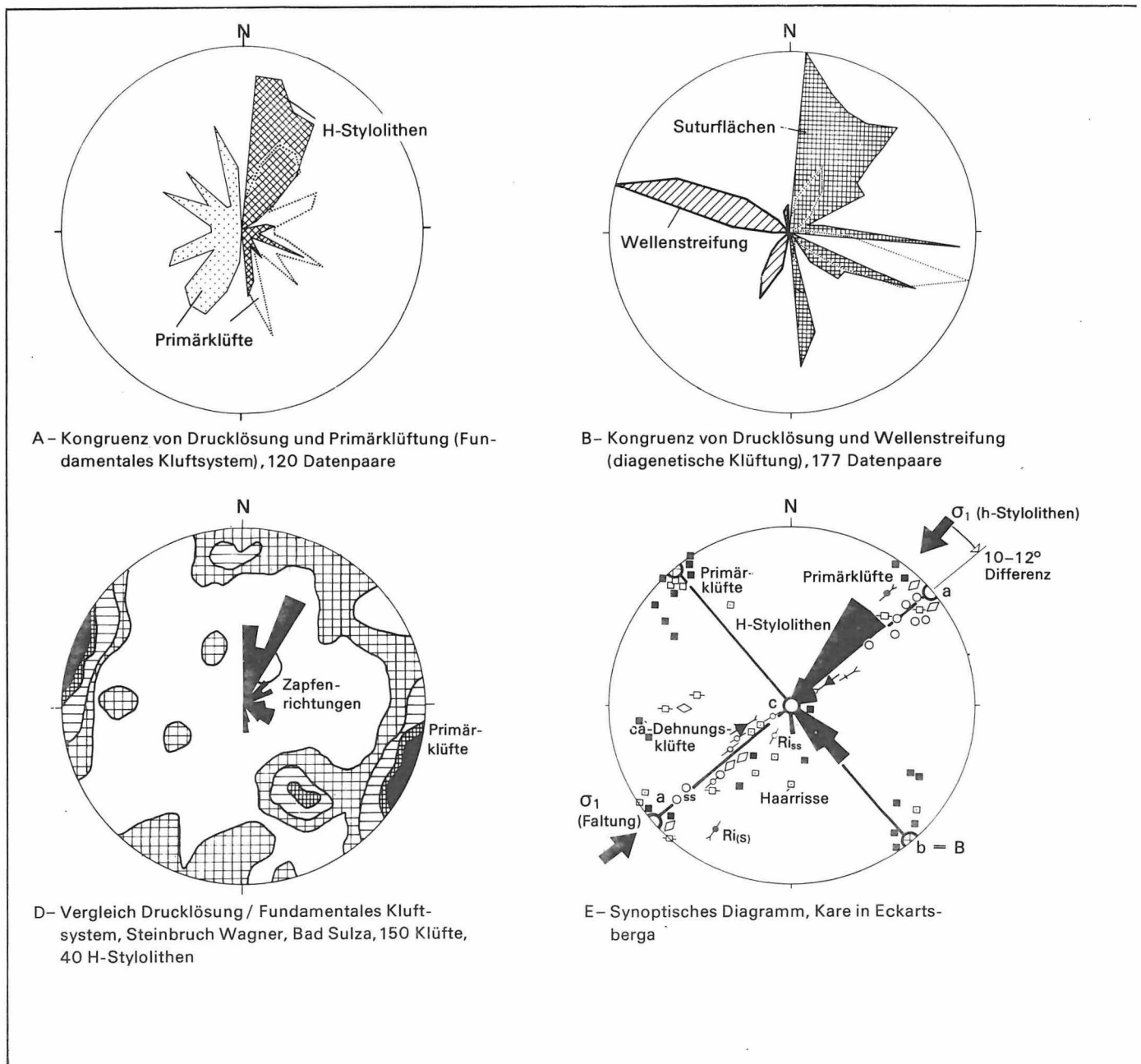


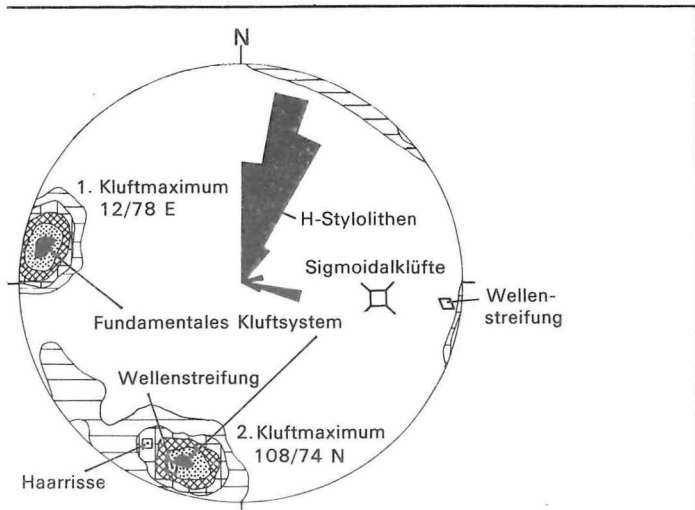
Abbildung 4
Gefügediagramme zur Entwicklung der Finne-Störung

Horizontalspannungen stärkere Abminderung des lithostatischen Auflastdruckes nach sich ziehen, wodurch sich die horizontale Krusteneinspannung in Oberflächennähe relativ vergrößert.

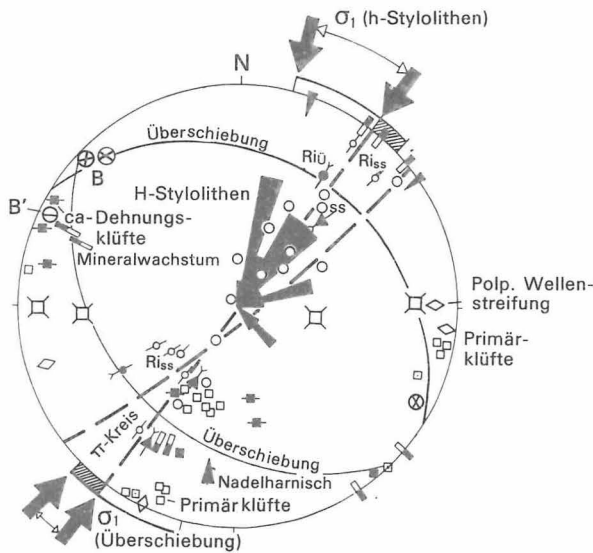
Bezogen auf unser Gebiet ist sogar eine absolute Vergrößerung der effektiven Horizontalspannungen dadurch zu erwarten, daß sich die Porenwasserüberdrücke durch das beim Klüftungsprozeß wachsende Klüftvolumen bereits wieder abbauen, indem dabei vor allem das ef-

fektive Porenvolumen entspannt wird. Damit wird seine den effektiven Druck mindernde, hydrostatische Gegenwirkung wenigstens teilweise aufgehoben. Außerdem führt der Klüftungsprozeß selbst durch den dabei eintretenden Kohäsionsverlust an den Klüftwandungen zu einer Volumenerweiterung und damit zur Druckerhöhung, so daß der Klüftungsprozeß im Ergebnis Druckspannungen aufbaut.

Weiterhin bedingt die lithostatische Entlastung beim epirogenen Aufstieg eine elastizi-



;- Vergleich Drucklösung / Fundamentales Kluftsystem, Sachsenburger Pforte bei Haldungen, 150 Klüfte, 34 H-Stylolithendaten



;- Synoptisches Diagramm, Sonnenburg bei Bad Sulza, Störungsfaltung. Nadelharnische und Gleitspuren auf Schicht- und Störungsflächen belegen Kompression senkrecht zur Finne-Störung. Sigma-1 Lage der epirogenen Drucklösung ist fast identisch.

tatsbedingte Zunahme des Gesteinsvolumens, die sich ebenfalls erhöhend auf die horizontale Einspannung auswirkt, da die Ausweichmöglichkeiten in horizontaler Richtung stärker beschränkt sind.

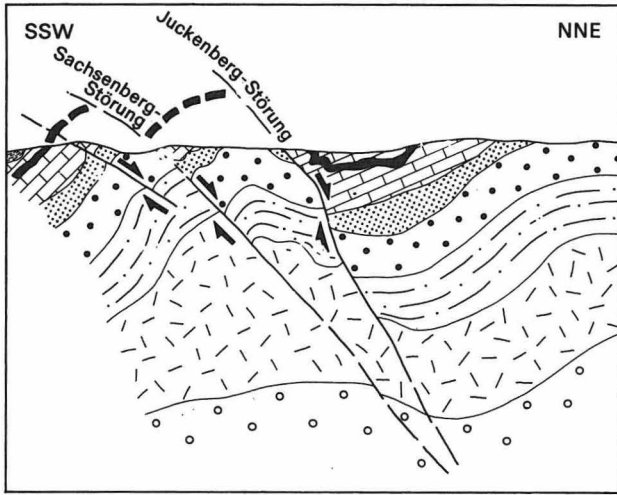
Die Temperaturverminderung bei der epirogenen Heraushebung wirkt diesen Vorgängen zwar entgegen, kann aber bei der niedrigen Temperaturspanne (20–30 K) nur geringen Einfluß erreicht haben. Als Resultat der skizzierten Vorgänge ist eine Erhöhung der hochkrustalen Horizontalspannungen zwischen der Erdober-

fläche und einigen hundert Metern Tiefe zu postulieren. Nach den skizzierten Bedingungen ist die Ausrichtung der horizontalen Hauptnormalspannung quer zu den beiden Scharen des Kluftgitters anzunehmen. Das stimmt mit den Geländedaten überein, wobei die auftretenden relativ geringen Streuungen der Drucklösungsmaxima als Spannungsbrechung im Bereich von inhomogenen Zonen (LAUBSCHER 1979, P. und E. BANKWITZ 1982) zu deuten sind.

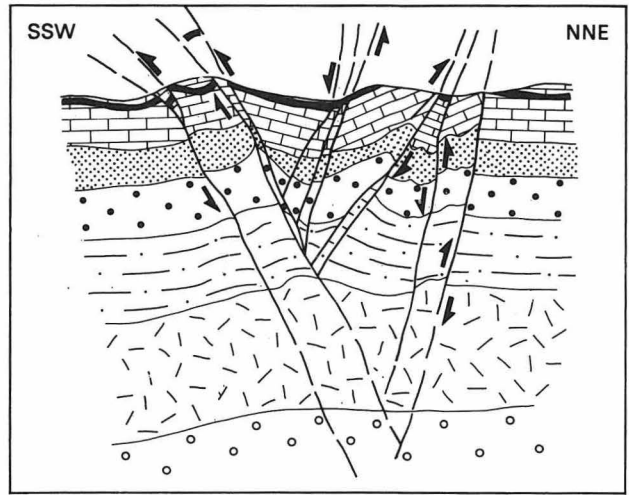
Nach Meinung der Autoren bietet die Bekkendynamik genügenden Raum, die Vorgänge der fundamentalen Deckgebirgszerklüftung und anschließenden Drucklösung als kontinuierlichen Prozeß ortsgebunden zu erklären. Die Beteiligung einer telekinetisch von außen auf das System einwirkenden, tangentialen Kompression (etwa durch Plattenkollision) kann damit zwar nicht ausgeschlossen werden, wird aber von uns nicht als wesentlicher Faktor zur Erklärung dieser Prozesse in der Thüringischen Senke eingeschätzt.

3. Bemerkungen zur Störungstektonik der Finne

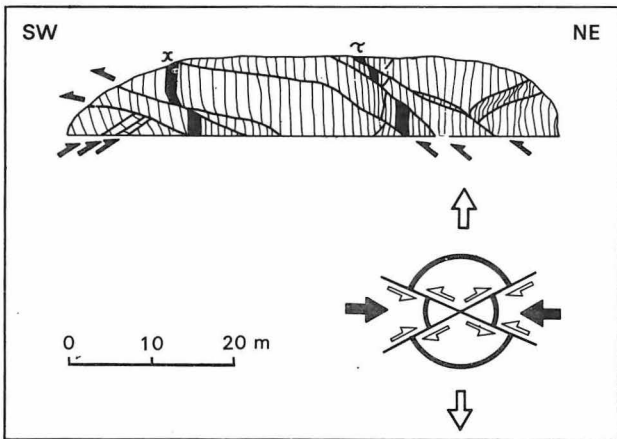
Die Finne-Störung ist die wohl bisher am häufigsten bearbeitete Struktur im Thüringer Becken. Eine umfangreiche Analyse nahm DOLEZALEK (1955) vor. Wie bereits KRZYWICKY (1937) für Südthüringen und MARTINI (1940) für das gesamte Thüringer Becken, kam DOLEZALEK (1955) auch für die Finne-Störung zur Vorstellung einer zweiaktigen Deformation mit anfänglicher Ausweitung in SW-NE-Richtung und anschließender Kompression in gleicher Richtung („überpreßte Zerrungen“). Dieses Konzept für die saxonische Bruchkinematik ist inzwischen weitgehend verlassen worden (u. a. SCHRÖDER 1976, WEBER 1977, ZIEGENHARDT 1979). Die durch Auf- und Überschiebungen gekennzeichnete Endphase der saxonischen Bruchtektonik wird nur noch als Begleiteffekt der vom Antriebsmechanismus her vertikal orientierten Aktivierung der NW-SE-Bruchsysteme gesehen. Bereits v. BUBNOFF (1955) hat in seiner Zusam-



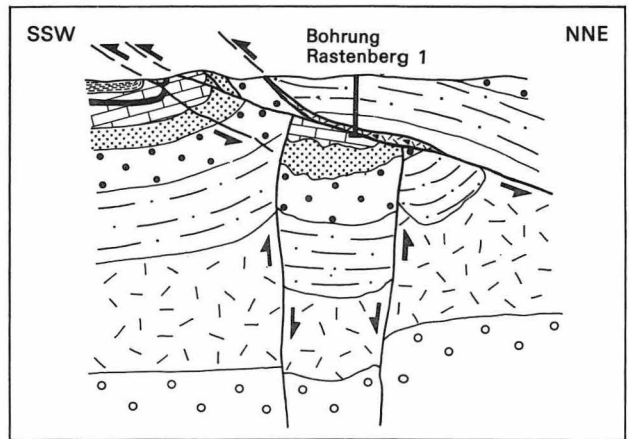
A Eckartsberga



B Bad Sulza

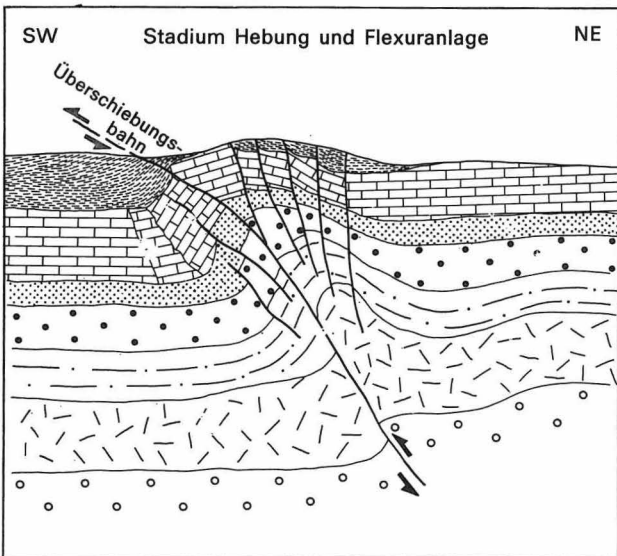


C Bachra

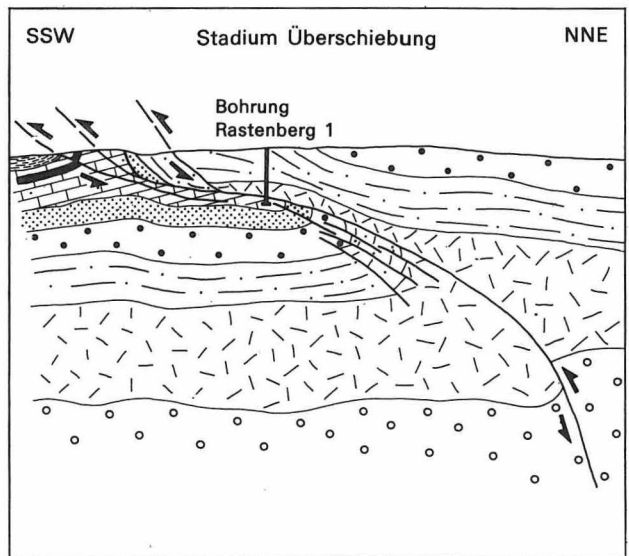


D Rastenberg, Variante 1
(τ - Terebratelzone, χ - Schaumkalkzone)

E Entwicklungsprinzip:



E 1 - Stadium der Hebung und Flexuranlage



E 2 - Stadium der Überschiebung
(entspricht Schnitt Rastenberg, Variante 2)

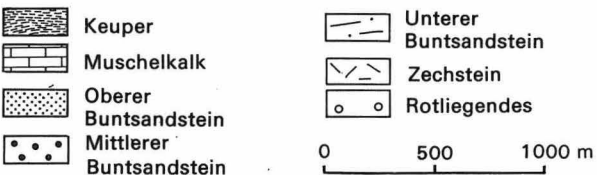


Abbildung 5
Typische Schnitte durch die Finne-Störung;
A, B und D nach DOLEZAL EK (1955), ergänzt

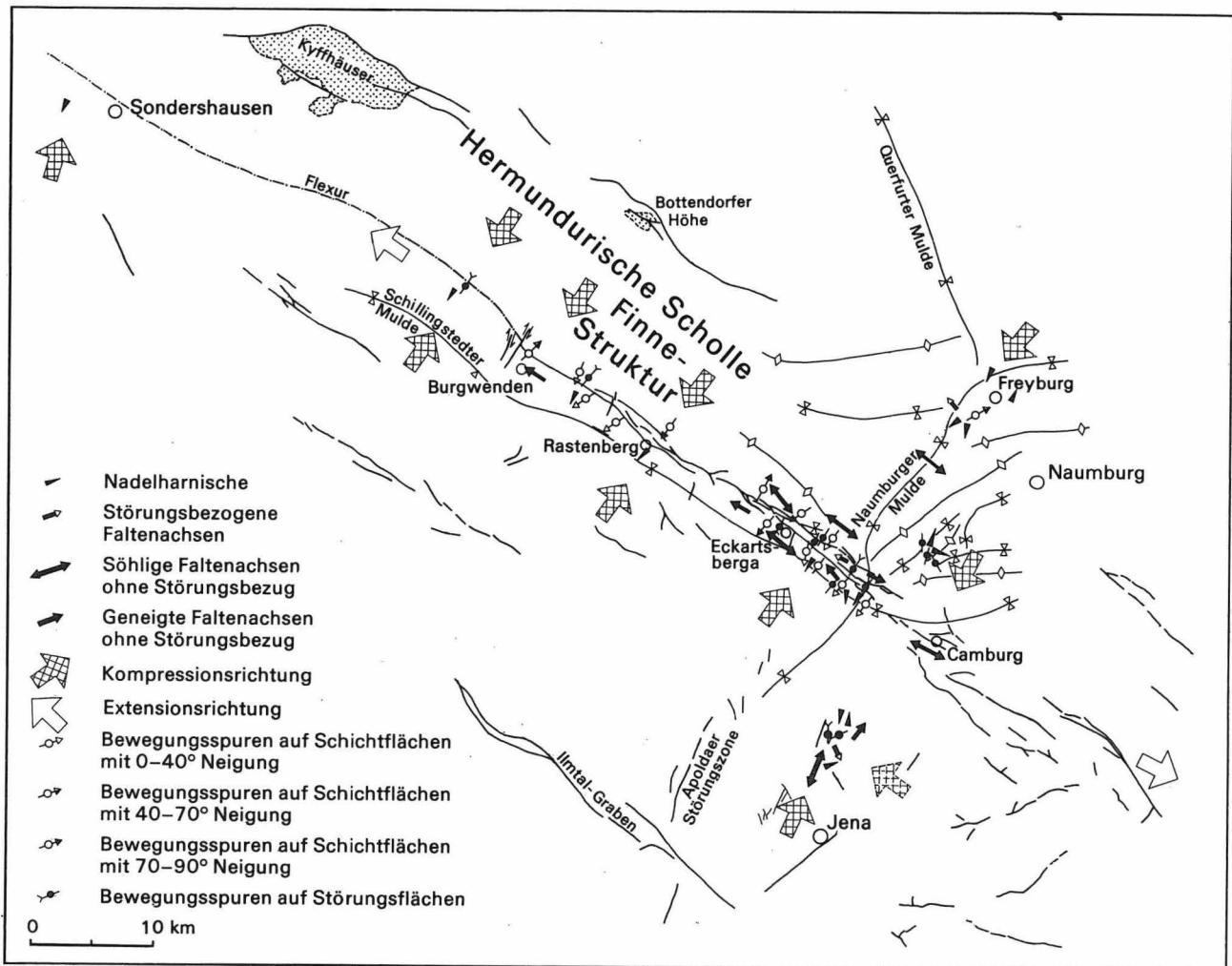


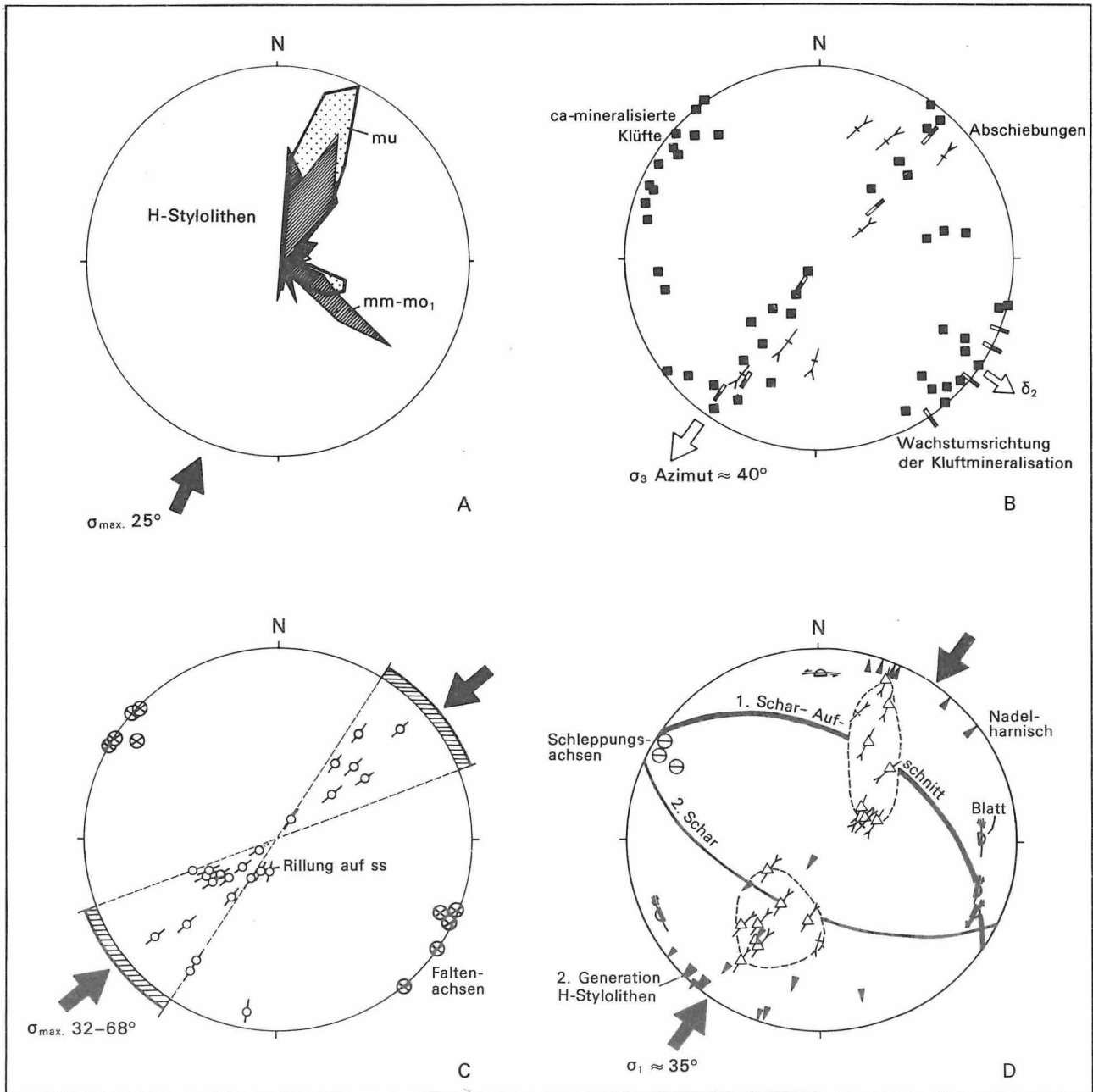
Abbildung 6
Karte der achsialen Strukturen

menfassung der Arbeiten über das Thüringer Becken durch den Hinweis auf den salinartektonisch nicht beeinflussten Schollenbau Schonens gezeigt, wie man sich die Kinematik der saxonischen Bruchtektonik im Präsalinar des Thüringer Beckens vorzustellen hat.

Welche Schlußfolgerungen ergeben sich aus unseren Aufnahmen zu dieser Fragestellung? In Abbildung 5 sind einige Querprofile durch die Finne-Störungszone dargestellt, von denen die Schnitte A bis C den Profillagen von DOLEZALEK (1955, Abbildung 8, Tafel 2, Schnitt 15, Tafel 1, Schnitt 1) folgen. Die Fortsetzungen der Profile nach NE (Naumburger Mulde) und SW (Zentralteil des Thüringer Beckens) zeigen dann sehr flache, ungestörte Lagerung, so daß zuerst festzustellen ist, daß sich intensive Verfaltung und rupturale Deformation auf die Stö-

rungszone konzentrieren. Räumliche Verknüpfung und gleiche Orientierung von Faltungs- und Störungsphänomenen lassen eine gegenseitige Bedingtheit annehmen. In Abbildung 6 sind das Bruchmuster und die linearen Strukturelemente dargestellt. Im Bereich der Finne-Störung ist eine straffe Regelung der Bewegungsspuren auf Schicht- und Störungsflächen senkrecht zum Verlauf der Finne und eine streichende Ausrichtung der Faltenachsen aller Dimensionen (Schleppfalten an Störungsbahnen im dm-...m-Bereich bis zu Verfaltungen mit Wellenlängen im km-Bereich, Abbildung 5) längs dieser Zone gegeben.

Durch den bogenförmig-listrischen Verlauf der Störungen und das jeweilige Anschmiegen der Faltenachsen tritt eine Streubreite der Achsenazimute auf, die der der Störungen ent-



A – Bildung des fundamentalen Kluftsystems und der Drucklösungserscheinungen (Epirogen-/Taphrogenstadium)
 B – Hebung und Dehnung (Flexur- und Abschiebungsstadium)
 C – Einengung und Verfaltung in der Störungszone
 D – Fortgesetzte Einengung mit Überschiebungen, Nadelharnischen, 2. Generation H-Styloolithen und meridionalen Blattverschiebungen

Abbildung 7
 Entwicklungsphasen der Finne-Störung

spricht. Es ist nicht notwendig, dafür mehrere Deformationsakte anzunehmen, wie es DOLEZALEK (1955, Abbildung 2, Diagramm C) tut.

Die Konformität von Biegegleitung auf Schichtflächen (Bildung der Großflexur der Finne, interne Verfaltung) und Bewegungsvorgängen auf den Rupturen läßt uns gleiche Ursachen dieser Prozesse annehmen. Beide Gefüge-

formen sind einen nicht näher eingrenzba- ren Zeitraum ihrer Entwicklung gemeinsam gegan- gen, der in dem hier untersuchten sehr hohen Krustenniveau einer einengungsmodifizierten vertikalen Schollenverstellung entsprach.

Damit ist jedoch nur die Endphase der saxo- nischen Bruchtektonik charakterisiert. Die in der NW-Fortsetzung der Finne folgende Hain-

leite hat die Initialphase der saxonischen Tektonik konserviert. Hier ist eine von NW nach SE immer steiler werdende Flexur entwickelt, die mit wachsendem Hebungsbeitrag nach SE im Raum von Burgwenden schließlich überkippt und zerreißt. Bis zu Neigungen der Schichtfolge von 40...50° nach SW sind in der Flexurzone nur Dehnungsrupturen (Abschiebungen) entwickelt, die den über den plastischen Anteil der Deformation hinausgehenden rupturellen Anteil verkörpern. Hierbei ist die präexistente WNW-ESE-Schar des fundamentalen Kluftsystems, die zur Finne konform verläuft, durch den Verbiegungsvorgang zu Großkluftscharen (Sekundärklüfte bei HEISE 1966) und weiter zu Abschiebungen ausgeformt worden. Infolge der erhöhten Permeabilität dieser Zone und ihrer damit gewachsenen Zirkulationsfähigkeit erfolgte eine topomineralische Karbonatmineralisation des aufgeweiteten Kluft- und Störungsinventars (NW-SE, SSW-NNE). Diese Karbonatmineralisation erstreckte sich bis in die Phase der intensiven Verfaltungen in der Störungszone (Abbildung 7, Diagramm B). Nun wurden die WNW bis NW streichenden Klüfte des fundamentalen Kluftsystems in Sätteln und Mulden fächer- bzw. meilerförmig verstellt, dabei keilförmig geöffnet und mit Karbonat mineralisiert. Dabei wurden die epirogen entstandenen Drucklösungsformen (H-Stylolithen) überkrustet, so daß ihre Altersstellung zum saxonischen Störungsprozeß auch auf diese Weise klar abgegrenzt werden kann. In allen Aufschlüssen überformten die Schicht- und Störungsgleitspuren die Karbonatabsätze, so daß die Störungsaktivitäten den Mineralisationszeitraum überdauerten. Schicht- und Störungsgleitspuren (Nadelharnische bis störungsbedingte Gleitstreifung aus ss- und Störungsflächen) haben zwischen Burgwenden und Bad Sulza raumstete Azimute um 35° (= SW-NE, Abbildungen 4 und 7). Nadelharnische als Form der Drucklösung auf geneigt zur Kompression gerichteten Flächen weisen auf stattgefundenen Bewegungsblockierungen oder allgemein auf Etappen der Bewegungsstagnation und Spannungsakkumulation hin und weisen die Störungsentwicklung der Finne als diskontinuierlichen Prozeß aus. Analog dazu konnte in zwei Aufschlüssen (Rastenberg – im Liegenden des Trochitenkalkes; Bad

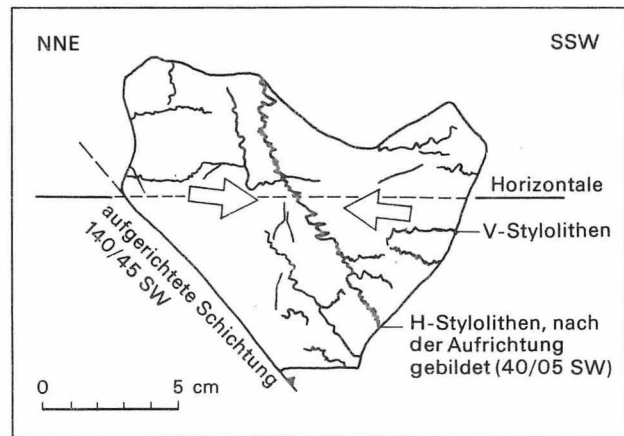


Abbildung 8
Nach der Schichtaufrichtung gebildete H-Stylolithen im Trochitenkalk, Steinbruch Wagner, Bad Sulza: Azimut ca. 40°, sählig

Sulza, Steinbruch Wagner – Trochitenkalk, Abbildung 8) eine Generation von H-Stylolithen nachgewiesen werden, die nach der Aufrichtung des Schichtverbandes gebildet wurde und ebenfalls quer zur Störungszone orientiert ist (Abbildung 7, Diagramm D).

Durch Übergänge zu Nadelharnischen und Gleitstreifen auf Schicht- und Störungsflächen der Finne und durch die einheitliche Ausrichtung und gleiche kinematische Aussage als Einengungsindikationen ist die genetische Verknüpfung dieser Elemente eine logische Konsequenz (ARTHAUD und MATTAUER 1969).

Diesem Bewegungsplan folgen auch die N-S bis NNE-SSW streichenden Störungen, die als links- und rechtsdrehende Blattverschiebungen (Abbildung 7, Diagramm D) die Finne-Störung queren und als laterale Bewegungsschienen bei der Heraushebung der Hermundurischen Scholle gegenüber dem zentralen Thüringer Becken fungierten. Es kam an diesen Querelementen auch zur Abgrenzung von Strukturabschnitten unterschiedlicher Bewegungsintensität und Kinematik, zum Beispiel westlich von Burgwenden als Flexur, östlich davon als Auf- bis Überschiebung, so daß auch ihre mit der Finne-Störung synchrone Aktivierung zu postulieren ist.

An allen Profilen durch die Finne-Störung (Abbildung 5) ist auch aus der Makrotektonik die starke Repräsentanz von Einengungsformen für den Abschnitt zwischen Burgwenden und Bad Sulza ablesbar. Das ist die Zone hoher Sa-

linarmächtigkeiten im Zechstein und in der Trias. Wenn man die Profile bis in das Präsalinar verlängert und die hohe Mobilität der Salinarserien einbezieht, ist die Annahme unterschiedlicher Störungsversätze im Prä- und Postsalinar wahrscheinlich. Insbesondere das Zechsteinsalinar ist dabei als plastisch beweglicher Ausgleichshorizont wirksam. Im Raum von Eckartsberga (zwischen Auerstedt und Burgholzhausen) ist sogar anzunehmen, daß eine der Finne folgende langgestreckte Salinauf-sattelung ohne größeren subsalinaren Störungsversatz der Ausgangspunkt für die Störungsentwicklung im Postsalinar war (Abbildung 5, Schnitt A). Im Raum südöstlich von Rastenberg bis Burgwenden ist ungeachtet der im speziellen mehrdeutigen Lagerungsverhältnisse (Abbildung 5, Schnitte E₁ und E₂) eine SW-vergente Überschiebung von mehreren hundert Metern Schubweite gesichert. Dem entspricht auch die deckenartige Auslappung der Finne-Störung in diesem Gebiet nach Süden. Ihre Entstehung muß analog zum Auf- und Überschiebungsstadium am Nordharzrand (aber mit entgegengesetzter Vergenz) gesehen werden, in dem auch die stärkste Ausprägung der NE-Schollengrenze der Hermundurischen Scholle (u. a. Kyffhäuser-Nordrandstörung) während der höheren Oberkreide erfolgte.

Im Zeitraum zwischen Oberkreide und Alttertiär herrschten nach den Untersuchungen von STEINMÜLLER (1982) im Gebiet der Finne penepainartige Verhältnisse, so daß reliefverursachte Gleitschollentektonik wie am Schimmerwaldvorsprung des Harzes (WUNDERLICH 1953) außer Frage steht. Auch die Neigung der Überschiebungsbahnen nach NE ist der bei gravitativer Gleitung zu erwartenden Gleitrichtung nach SW entgegengesetzt.

Die Entstehung dieser auf das salinare und postsalinare Deckgebirge beschränkten Überschiebungstektonik im mittleren Abschnitt der Finne ist nur unter Einbeziehung der Mobilität des in diesem Abschnitt bis 500 m mächtigen Zechsteinsalinars zu deuten. Analoge Erscheinungen sind von allen saxonischen Störungen beschrieben worden, die die Thüringische Senke in der Zone der hohen Salinarmächtigkeiten schneiden, einschließlich der NE-Randstörung des Thüringer Waldes bei Luisenthal

(GRUMBT 1959). Ausgangspunkt sind vertikale Bewegungen im Subsalinar, die anfangs zu flexurartigen Verbiegungen des hangenden Tafeldeckgebirges und zu Scheitelsprüngen und Abschiebungstrepfen mit Tendenz zur Grabenbildung führten (ZIEGENHARDT 1979). Das Zechsteinsalinar ist in diese Unterdruckzonen migriert, wodurch langgestreckte Salzsättel mit Neigung zur Diapirbildung entstanden. Dieser Prozeß brachte ferner eine wesentliche Erhöhung der Bewegungssensibilität mit sich und bedeutete einen starken geomechanischen Kontrast gegenüber der flach lagernden und ungestörten Schichttafel der Umgebung.

Das belegen auch die Untersuchungen von NACHSEL und FRANZ (1983) in der bisher wenig bekannten NW-Fortsetzung der Finne-Struktur an der Hainleite bei Sondershausen (Wippertalstörung). Hier hat sich durch vertikale Bewegungen der subsalinaren Schollenfelder, von additiv 40 m Versatz gesteuert, eine 600 bis 800 m breite, disharmonische Aufsattelung im Salinar gebildet. Sie glich durch größtenteils plastische Deformation den aus dem Subsalinar kommenden vertikalen Bewegungsimpuls aus, so daß das postsalinare Deckgebirge den geringen präsalinaren Versatz, durch das Salinar bereits gedämpft, noch mit einer leichten Flexur von der Hermundurischen Scholle in das Thüringer Becken hinein ausgleichen konnte.

Die stärkeren Schollenbewegungen im Zentralabschnitt der Finne führten demgegenüber zu intensiveren Mobilisationen des hier noch mächtigeren Zechsteinsalinars und zu seinem zungenförmig gestreckten Aufdringen in der Rupturzone. Durch den Störungsversatz bedingt, grenzt hier der Buntsandstein der Hermundurischen Scholle gegen inkompetenten Keuper der Tiefscholle. Die diapirartigen Salinareinschübe in der Störungszone waren hierbei Schmiermittel und gleichzeitig hydraulisches Medium zur Impulsübertragung zwischen den Schollen. Da die SW-Kante der Hermundurischen Scholle im Zentralteil der Finne-Störung nach NE einfällt, mußten nach dem Zerreißen der anfänglich gebildeten Flexur im postsalinaren Deckgebirge bei fortgesetzter Schollenhebung zwangsläufig Auf- und Überschiebungen mit Vergenz zur Tiefscholle hin entstehen. Infolge plastischer Reduktion beson-

ders des Keupers, von Teilen der übrigen Trias und des Zechsteins der liegenden Tiefscholle durch Auflast und Andruck der Hochscholle konnte die Neigung der Störungsbahnen zum Ausstrich hin schrittweise verringert werden. Diese Beziehung hat sich durch Detailstudien in der Erfurter Störungszone im Bereich der Herrenberge einwandfrei nachweisen lassen und kann auf die Zentralzone der Finne übertragen werden. Die Beteiligung von einengenden Fernimpulsen kann nicht ausgeschlossen werden. Die besprochenen Störungsphänomene sind aber befriedigend durch vertikale oder besser durch im Einfallen der Strukturzone orientierte Bewegungen zu deuten.

Literatur

- ARTHAUT, F., und M. MATTAUER:
 Exemples de stylolites d'origine tectonique dans le Languedoc, leurs relations avec la tectonique cassante. – In: Bull. Soc. geol. France. – Paris 11 (1969), 7, S. 738...744.
- BANKWITZ, P., und E. BANKWITZ:
 Rupturen IV – Praktische Anwendung der Bruchanalyse. – Exkursionsführer Gesellsch. f. Geol. Wiss. – Berlin, 1982.
 –: Die Symmetrie von Kluftoberflächen und ihre Nutzung für eine Paläospannungsanalyse. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 12 (1984), 3, S. 305...334.
- BOCK, H.:
 Einige Beobachtungen und Überlegungen zur Kluftentstehung in Sedimentgesteinen. – In: Geol. Rdsch. – Stuttgart 65 (1976), 1, S. 83...101.
 –: Das fundamentale Kluftsystem. – In: Zeitschr. d. Dt. Geol. Gesellsch. – Hannover 131 (1980), 3, S. 627...650.
- BROWN, E. T., und E. HOEK:
 Trends in relationships between measured in-situ stresses and depth. – In: Int. Journ. Rock. Mech. Sci. and Geochem. Abstr. – Oxford 15 (1978), S. 211...215.
- BUBNOFF, S. v.:
 Der geotektonische Charakter Thüringens. – In: Abh. d. Dt. Akad. d. Wiss., Kl. Math. u. Nat. Wiss. – Berlin 3 (1955), S. 7...28.
- DOLEZALEK, B.:
 Die Finnestörung bei Bad Sulza, Eckartsberga und Rastenberga. – In: Abh. d. Dt. Akad. d. Wiss., Geotektonik. – Berlin 5 (1955), S. 139...173.
- FRANZKE, H. J., und CH. JANSSEN:
 Geologische Interpretation von Druckspannungsmessungen im Tafeldeckgebirge.
 – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 12 (1984), 2, S. 235...254.
- GRUMBT, E.:
 Der Nordostrand des Thüringer Waldes zwischen Ruhlaer Kristallin und Schwarzburger Sattel. – Berlin, 1959.
 – (Abh. d. Dt. Akad. d. Wiss., Kl. Chem., Geol. u. Biol.; 3/1959)
- HAST, N.:
 The state of stress in the upper part of the Earth's crust. – In: Tectonophysics. – Amsterdam 8 (1969), S. 169...211.
- HEISE, G.:
 Die Klüftung der Trias (Muschelkalk und Buntsandstein) in der Naumburger Mulde. – Halle (Diplomarbeit) 1966.
- HESSMANN, W.: Zur strukturellen Formung und Beanspruchung des postvaristischen Deckgebirges im Südwesten der DDR.
 – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 11 (1983), 8, S. 955...971.
- HUBBERT, M. K., und W. W. RUBEY:
 Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting. – I. Mechanics of fluid-filled porous solids and its application to overthrust faulting. – In: Bull. Geol. Soc. Amer. – New York 70 (1959), S. 115...166.
- KRS, M.:
 Implication of statistical evaluation of Eurasian and African Phanerozoic Palaeomagnetic Date. – In: Intern. Geodyn. Proj., Final Report of Czechoslovakia. – Prague (1979), S. 9...19.
- KRZYWICKY, E.:
 Die saxonische Tektonik im Randgebiet des mittleren Thüringer Waldes.
 – In: Jahrb. d. Preuß. geol. Landesanst. – Berlin 58 (1937), S. 778...838.
- KURZE, M.:
 Zum Problem der Entstehung von Wellenstreifen und Querplattung im Muschelkalk. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 9 (1981), 5, S. 489...499.
- LAUBSCHER, H.:
 Elements of Jura kinematics and dynamics. – In: Eclogae geol. Helv. – Basel 72 (1979), S. 467...483.
- LOTZE, F.:
 Zur Erklärung der tektonischen Küfte. – In: Centralbl. Miner., Abt. B. – Stuttgart (1933), S. 193...199.
- MARTINI, H. J.:
 Saxonische Zerrungs- und Pressungsformen im Thüringer Becken. – In: Geotekt. Forsch. – Berlin 5 (1940), S. 125...133.

- MEIER, D.:
Zur Tektonik des Schweizerischen Tafel- und Faltenjura (regionale und lokale Strukturen, Kluftgenese, Bruch- und Falten tektonik, Drucklösung). – Clausthal-Zellerfeld, 1984. – (Clausth. Geowiss. Diss.; 14)
- NACHSEL, G., und E. FRANZ:
Zur Ausbildung der Wippertal-Störungszone im Bereich der Grubenfelder des Kaliwerkes „Glückauf“, Sondershausen. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 11 (1983), 8, S.1005...1021.
- NELSON, R.A.:
Significance of fracture sets associated with stylolite zones. – In: Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol. – Tulsa 11 (1981), S.2417...2425.
- NICKELSEN, R.P., und V.N.D.HOUGH:
Jointing in the Appalachian plateau of Pennsylvania. – In: Bull. Geol. Soc. Amer. – Boulder 53 (1980), S.381...408.
- PRICE, N.J.:
Fault and joint development in brittle and semi-brittle rocks. – London, 1966.
- SCHMITT, P.:
Zur Petrogenese des fränkischen Wellenkalkes. – In: Chemie d. Erde. – Jena 9 (1935), S.321...364.
- SCHRAMM, S.:
Klüfte und Horizontalstylolithen in der südlichen Frankenalb und ihre Stellung in der jüngeren Tektonik Süddeutschlands. – Würzburg (Diss.) 1967.
- SCHRÖDER, B.:
Saxonische Tektonik im Ostteil der Süddeutschen Großscholle. – In: Geol. Rdsch. – Stuttgart 65 (1976), 1, S.34...54.
- SCHWAB, G., W.NÖLDEKE und H.J.TESCHKE:
Zur Entwicklung der Spannungsverteilung im Tafeldeckgebirge der Mitteleuropäischen Senke. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 8 (1980), 3, S.315...332.
- SCHWAB, M.:
Tektonische Untersuchungen im Permokarbon nördlich von Halle/Saale. – Leipzig, 1965. – (Freiberger Forschungs-H.; C 139)
- SEIDEL, G.:
Zur geologischen Entwicklungsgeschichte des Thüringer Beckens. – Berlin, 1965. – (Geologie; Beiheft 14)
- STEINMÜLLER, A.:
Die präpleistozäne Morphogenese des östlichen Thüringer Schiefergebirges und der südöstlich angrenzenden Gebiete. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 10 (1982), 3, S.397...413.
- WAGNER, G.H.:
Kleintektonische Untersuchungen im Gebiet des Nördlinger Rieses. – In: Geol. Jahrb. – Hannover 81 (1964), S.519...600.
- WEBER, W.:
Tiefe Bruchstrukturen der postvaristischen Tafelentwicklung Mitteleuropas und ihre Bedeutung für Magmatismus und postmagmatogene Fluorit-Baryt-Mineralisation. – Leipzig, 1977. – (Freiberger Forschungs-H.; C 329)
- WUNDERLICH, H.G.:
Bau und Entwicklung des Harznordrandes bei Bad Harzburg. – In: Geol. Rdsch. – Stuttgart 41 (1953), S.200...224.
- ZIEGENHARDT, W.:
Zur Entwicklung einiger Vorstellungen über salinartektonisch geprägte germanotype Strukturen. – In: Zeitschr. f. angewandte Geol. – Berlin 25 (1979), 9, S.413...419.

Zusammenfassung

Beobachtungen an Gesteinen des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes führten zu Vorstellungen, die auf Ausschmelzungen des rhyolithischen Magmas in der Spätphase der variszischen Tektogenese bei Temperaturen von $> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ und Drücken von $> 10^9\text{ Pa}$ hinweisen. Die hohen Drücke sind durch den Einbau des „Schwantke-Moleküls“ $\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$ angedeutet. Auf den fleckenhaften Aufbau (Sanidin/Perthit) der Alkalifeldspäte, den Zonarbau der Plagioklase, die thermische Zersetzung intratellurischer Mg/Fe-Dunkelglimmer bei der Extrusion sowie auf den Einfluß der Sauerstoff-Fugazität bei der Pigmentierung der pleochroitischen Höfe durch Ferrioxide wird hingewiesen. Die spätere, aber zum vulkanologischen Vorgang gehörende $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ -Metasomatose und ihre stoffliche Auswirkung auf die Einsprenglinge und Grundmassen der Gesteine durch Bildung von Sericit, Calcit und Plagioklas II (Albit) wird behandelt.

Summary

Genetic and volcanologic considerations based on petrographic studies of minerals of the acid eruptive rock at the Halle paleovolcanic rock complex

Observations at the Halle paleovolcanic rock complex led to conceptions pointing to liquation of the rhyolitic magma in the late phase of the Variscan tectogenesis at temperatures of $> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ and pressures of $> 10^9\text{ Pa}$. The high pressures are indicated by the insertion of the „Schwantke-molecules“ $\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$. Attention is drawn to the spot-type structure (sanidine/perthite) of the alkali feldspars, the zoning of the plagioclases, the thermal decomposition of intratelluric Mg/Fe dark mica in the extrusion, and to the influence exercised by oxygen fugacity in the pigmentation of the pleochroic haloes by ferrioxides. The later $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ metasomatosis, which is part of the volcanic event, and its material effect on the xenocrysts and bases of the rocks by the formation of sericite, calcite and plagioclase II (albite) is dealt with.

Genetische und vulkanologische Betrachtungen an Hand petrographischer Studien an Mineralen der sauren Eruptivgesteine des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes

Mit 11 Photos im Text

Autor:

Dr.-Ing. HANS KARL LÖFFLER
Julian-Grimau-Straße 1
Schkopau 1
4212

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 95...104
VEB H. Haack Gotha 1986

Резюме

Генетические и вулканологические соображения на основе петрографических исследований минералов кислых извержений пород гальского древневулканического комплекса

Наблюдения за породами гальского древневулканического комплекса привели к предположениям, которые указывают на выплавку риометовой магмы в позднюю фазу вариссийского тектогенеза при температуре $> 500^{\circ}\text{C}$ и давлении $> 10^9$ Па. Высокое давление указывает на содержание колеблющейся молекулы $\text{CaAl}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}$. Указывается на пятнистую структуру [санидин] пертит/щёлочного полевого шпата, зональное строение плагиоклаза, термическое разложение интрателлурической тёмной слюды Mg/Fe при экструзии, а также на влияние кислородной фугитивности при пигментации плеохроичных дворинок окисью железа. Рассматривается поздний, но принадлежащий к вулканологическому процессу метасоматоз $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ и его вещественное воздействие на фенокристалл и основные массы пород путём образования серицита, кальцита и плагиоклаза II [альбита].

1. Einleitung

Die Vulkanite und Subvulkanite des Halle-schen Paläovulkanit-Komplexes sind bei genauer Betrachtung durch Kriterien gekennzeichnet, die für eine stärkere Präzisierung des vulkanischen Geschehens, also auch für die Erklärung der Genese dieser Gesteine, geeignet erscheinen.

Als solche werden genannt:

- der Erhaltungszustand der Biotite und die Art sowie der Grad ihrer Veränderung,
- der fleckhaft verschiedene Aufbau der K/Na-Feldspäte,
- das Auftreten von Sanidin neben perthitischen K/Na-Feldspäten,
- der Erhaltungszustand der Ca/Na-Feldspäte (Plagioklase) und die Art ihrer Ausaperung (narbenartige Herauslösungen),
- die Lösungserscheinungen an Quarz sowie dessen Zerstückelung,
- das Auftreten von pigmentierten statt pleochroitischen Höfen um Zirkonkristalle,
- die Ausbildungsverschiedenheiten der Grundmassen.

Dazu kommen Einflüsse, die die primäre Ausbildung überlagern. Hierfür kommt besonders die gegenseitige Beeinflussung im Kontakt der verschiedenen Ergüsse untereinander und beim Aufstieg der Subvulkanite gegenüber bereits vorhandenen Vulkaniten (LÖFFLER und SEYDEWITZ 1978, LÖFFLER 1979) in Frage.

2. Der fleckhaft verschiedene Aufbau der K/Na-Feldspäte und das Auftreten von Sanidin neben perthitischen Feldspäten

Als Einsprenglinge (Phenokristen) kommen in den Vulkaniten und Subvulkaniten des Halle-schen Paläovulkanit-Komplexes orangefarbene K/Na-Feldspäte vor, die unter dem Mikroskop in Dünnschliffen entweder homogen, das heißt glasklar, oder trüb auftreten (Photo 1). Es erscheinen aber auch K/Na-Feldspäte, die fleckige Partien aufweisen. Das bedeutet, daß in einem

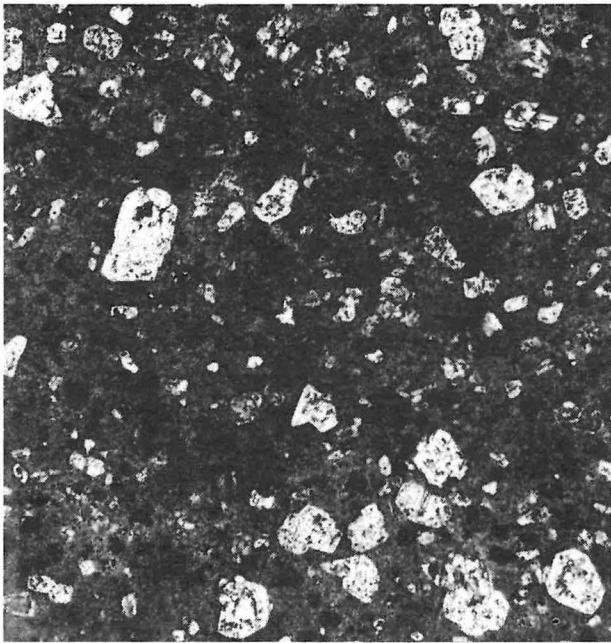


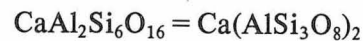
Photo 1
Gefleckte Alkalifeldspäte (klar/trüb) als Einsprenglinge
im Subvulkanit Typ Löbejün.
Anschliff

Kristall glasklare neben trüben Stellen vorhanden sind, wobei es den Anschein hat, als seien die trüben Partien nachträglich aus den glasklaren entstanden. Die glasklaren Stellen haben die Optik des Sanidins, die trüben sind perthitisch entmischert aufgebaut (KAEMMEL, SCHWAB und SEYDEWITZ 1970).

Es muß davon ausgegangen werden, daß die Magmen der Halleschen Vulkanite und Subvulkanite zum Zeitpunkt der Kristallisation der K/Na-Feldspäte unterschiedliche Konzentrationen von Kalium und von Natrium aufwiesen. Dadurch kam es einmal zu Anwachszonen, die kaliumreich, zum anderen natriumreich waren. Dies deutet wiederum auf ein langsames intrakristalles Wachstum der Kristalle hin. Bei den hohen Temperaturen wurde Sanidin neben Natronsanidin bzw. Anorthoklas zonenweise gebildet. Erfolgt der Abkühlungsprozeß der Schmelze langsam, so werden einmal die ausgeschiedenen Kristalle, im besagten Fall die Einsprenglinge, größer, zum anderen werden diese einer Temperung unterworfen. Dabei können sich die im jeweiligen Temperaturbereich möglichen Gleichgewichte zwischen K- und Na-Feldspat einstellen. Das führt infolge der Veränderung der Stabilitätsfelder in den Mischungs-

verhältnissen zu Entmischungen, im besagten Falle zu Perthiten (Photo 2). Natriumreiche Sanidine und Anorthoklas werden, weil sie instabil sind, zerstört und zu Perthiten umgebildet, wobei gleichzeitig der Übergang zur Tieftemperaturoptik erfolgt.

Im Temperatur- und Druckbereich der Bildung der Alkalifeldspäte ist der Einbau von Ca zu berücksichtigen. Als Postulat steht die Übersättigung der Schmelzen an SiO₂ fest. Die Entstehung der Schmelzen wird bei Temperaturen oberhalb von 500 °C stattgefunden haben. Verschiedentlich ist darauf hingewiesen worden, daß Ca bei Temperaturen über 500 °C und bei Drücken größer 10⁹Pa (10 kbar) mit in die hochsilifizierte Stoffkomponente des „Schwantke-Moleküls“ eingebaut wird (SCHWANTKE 1909, CARMAN und TUTTLE 1963, 1967, PHILLIPS 1964). Dies bedeutet, daß



beständig ist und weist darauf hin, daß bei der Bildung der sauren Gesteinsschmelze und der anschließenden Bildung der Alkalifeldspäte auch in der Halleschen Schmelze $t > 500$ °C und $p > 10^9$ Pa geherrscht haben müssen. Dies ist eine bemerkenswerte genetische Aussage, zumal sie einen Hinweis auf die Ausschmelzungsbedingungen der magmatischen Schmelze aus dem Krustenmaterial in der spätvariszischen Phase gibt.

Es wurde schon von der Geschwindigkeit des Durchlaufens von Temperaturbereichen bei der

Photo 2
Perthitisch entmischter Alkalifeldspat als Einsprengling
im Rhyolith des Quetzer Berges,
Stbr. Q 50. Dünnschliff, Nikol x



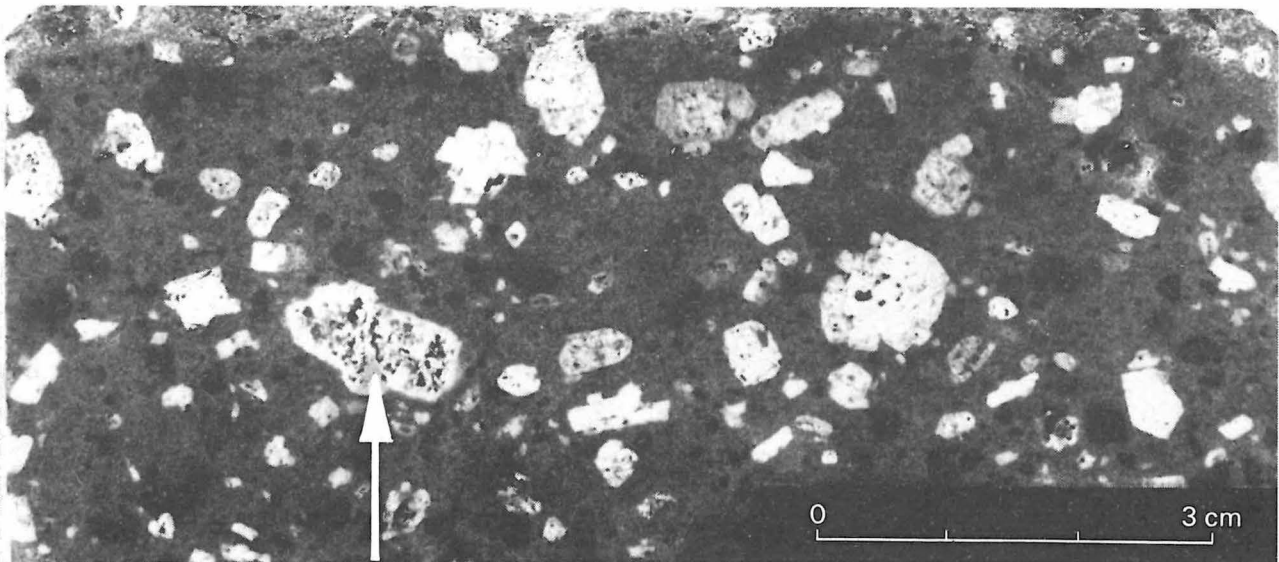
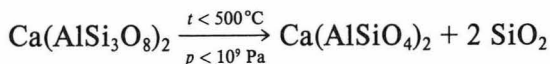


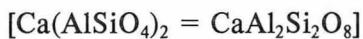
Photo 3
Zonarer Kalknatronfeldspat als Einsprengling im Subvulkanit Typ Löbejün mit ausgeaparter Kernpartie.
Anschliff

Abkühlung von Schmelzen gesprochen. Wenn dies langsam genug geschieht, damit perthitische Entmischungen auftreten können, wird auch der Stabilitätsbereich des „Schwantke-Moleküls“ unterschritten. Es wird gemäß Gleichung 1 zerstört.



„Schwantke-Molekül“ Anorthit Quarz

Quarz und der niedrigere Silifizierungsgrad des Calciumnephelins, d. h. der Anorthit



wird gebildet. Dies bedeutet wiederum, daß im Bereich der Alkalifeldspäte im Kryptobereich Quarz zu erwarten ist.

3. Der Erhaltungszustand der Ca/Na-Feldspäte (Plagioklase) und die Art ihrer Ausaperung

Die Kalknatronfeldspäte sind zonar aufgebaut. Im derzeitigen Erhaltungszustand ist dieser Zonarbau makroskopisch durch eine poröse Innen- und eine homogene Außenzone erkennbar (Photo 3). Infolge der Schwerlöslichkeit von

Calciumverbindungen in silikatischen Schmelzen, also entsprechend der Regel, daß in den Plagioklasen im Moment ihrer Bildung zuerst Ca-reichere Zonen ausgeschieden werden, ist mit Bestimmtheit anzunehmen, daß auch in sauren Gesteinen wie den Rhyolithen des hiesigen Subvulkanittypus der Ca-Anteil, soweit er nicht aufgrund der Löslichkeitsverhältnisse durch den Einbau als „Schwantke-Molekül“ in die Alkalifeldspäte verbraucht wurde, in den Plagioklasen als Anorthitmolekül, bevorzugt also in den Kernen, erscheint.

Aus dem Auftreten und der Entstehung der Kalknatronfeldspäte ist genetisch herauszulesen, daß die Kristallbildung aus der Schmelze sich im Anfangsstadium auf die Ausscheidung von Ca orientiert und Ca-reiche Zonen in den Plagioklasen ausbildet. Der Alkalihaushalt verschiebt sich dabei derart, daß Na bevorzugt als Albitmolekül zu saureren Plagioklasen verbraucht wird und in den Alkalifeldspäten der Na-Anteil abnimmt. Das ist u. a. eine Voraussetzung für die Bildung zonarer Alkalifeldspäte in den Halleschen Eruptiva. Der derzeitige Erhaltungszustand der Kalknatronfeldspäte ist nicht der ursprüngliche. Er ist sekundär aufgeprägt. Dabei muß betont werden, daß sekundär in diesem Falle keinem Verwitterungsvorgang, sondern dem Ablauf eines zweiten vulkanomagmatischen Prozesses entspricht. Durch einen

Hiatus vom primären Erstarrungsprozeß getrennt, erfolgte eine Metasomatose unter Beteiligung von H_2O und CO_2 . Sie bewirkten vereint als H_2CO_3 die Metasomatose und lösten Ca heraus. Dadurch kam es zu der eigenartigen narbenartigen Löcherbildung, der Ausaperung.

4. Der Erhaltungszustand der Biotite und die Art sowie der Grad ihrer Veränderung

Magnesium/Eisen-Dunkelglimmer der Biotitgruppe gehören in sauren Magmen zu den zuerst ausgeschiedenen Mineralen. Die im Halleschen Paläovulkanit-Komplex verbreiteten sauren Effusivgesteine kamen im Magmenzustand bei der Extrusion mit dem Sauerstoff der Atmosphäre in Berührung. Ein extrudierendes saures Magma raucht als Volatile auch Wasserstoff ab. Dieser verbindet sich bei den Extrusionstemperaturen mit Sauerstoff in der Knallgasreaktion zu Wasser. Da dieser Vorgang stark exotherm ist, also Wärme entwickelt, erfolgt eine zusätzliche Aufheizung des extrudierenden Magmas. Diese Feststellungen ermöglichen, wenn gekrackte Biotite in Vulkaniten gefunden werden, zwei genetische Aussagen (Photo 4a und b). Einmal weisen sie darauf hin, daß die Dunkelglimmer bereits vor der Extrusion ausgeschieden waren. Zweitens bewirkt die Aufheizung des ausfließenden Magmas durch die exothermen Gasreaktionen auf Temperaturen von mindestens $1000^\circ C$, daß der Stabilitätsbereich der Biotite überschritten wurde (WINKLER 1976, LÖFFLER 1973). Das Auftreten von Hämatit statt Magnetit bei der Biotitkrackung dokumentiert die herrschende hohe Sauerstoff-Fugazität gemäß Gleichung 2:



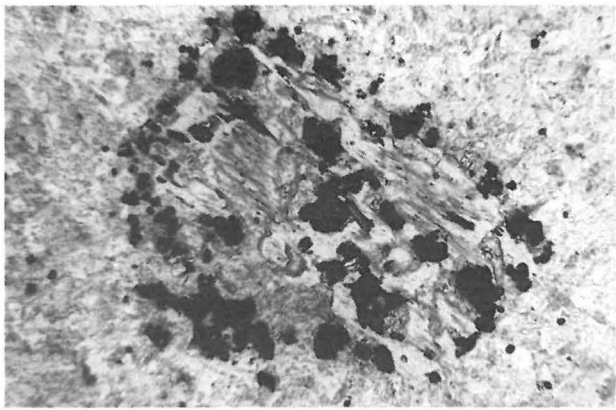
Je nach Stärke der zusätzlichen Aufheizung des Magmas sind die Biotite der Effusiva entweder vollständig oder nur randlich gekrackt. Wenn auch in Subvulkaniten Mg/Fe-Dunkelglimmer mit Opacitkränzen auftreten, so ist dies auf Instabilitätserscheinungen von intratellurisch gebildeten Biotiten beim Aufsteigen in geringere Druckbereiche zurückzuführen.

5. Das Auftreten von pigmentierten statt pleochroitischer Höfe um Zirkonkristalle

Durch die Strahlung der in den Zirkonen, auch in Monaziten eingebauten radioaktiven Elemente werden besonders in Magnesium/Eisen-Dunkelglimmern pleochroitische Höfe erzeugt. Werden diese einer thermischen Beanspruchung unterworfen, so werden sie genauso wie die Biotite gekrackt, und es scheiden sich oxidische opake Erzkörnchen aus (Photo 5a und b). Auch hier ist die genetische Aussage bedeutend. Wenn in Vulkaniten solche pigmentierten Höfe auftreten, müssen bei der Extrusion bereits pleochroitische Höfe vorhanden gewesen sein. Dies bestätigt vor allem, daß die Träger dieser Höfe längere Zeit vorhanden gewesen sein müssen, denn sonst wären diese nicht gebildet worden. Sie sind also intratellurische Erstausscheidungen aus dem Magma, und die Strahlungsträger existierten früher als diese. Pigmentierte Höfe kommen, und dies ist verständlich im Halleschen Paläovulkanit-Komplex, nur in Oberflächenvulkaniten vor, nicht aber in Subvulkaniten. Sie sind also das Produkt der Zusatzerwärmung der Vulkanite durch die Gasreaktionen.

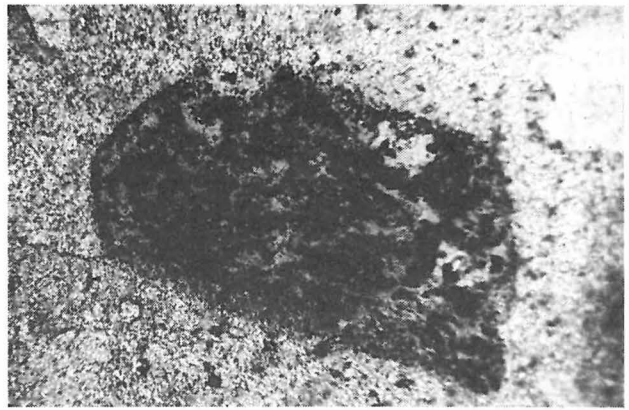
6. Die „Lösungerscheinungen“ an Quarz sowie dessen Zerstückelung

Die sauren Vulkanite und Subvulkanite des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes enthalten in einem hohen Maße Einsprenglinge von Quarz. Diese sind überwiegend zerbrochen (Photo 6). In den Zwischenräumen der Bruchstücke befindet sich Grundmasse in feinstgranularer Ausbildung. Sie vermittelt den Eindruck, als ob die Lava beim Eindringen eine echte flüssige Schmelze von Alkalialuminopolysilikat war, die auf kälteres Material stieß und glasig erstarrte, wobei später infolge eines Temperaturengleiches (Temperung) eine Entga-



4a

0 500 μm



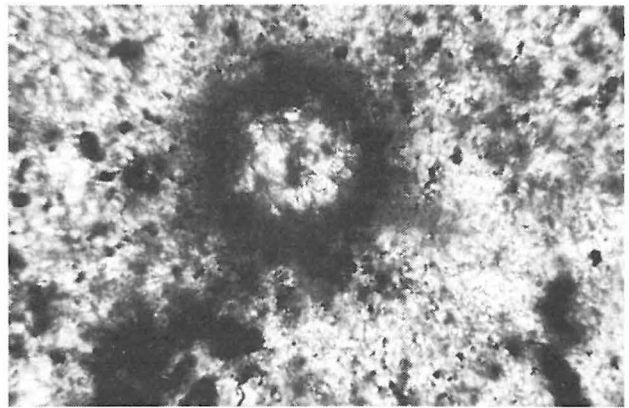
4b

0 500 μm



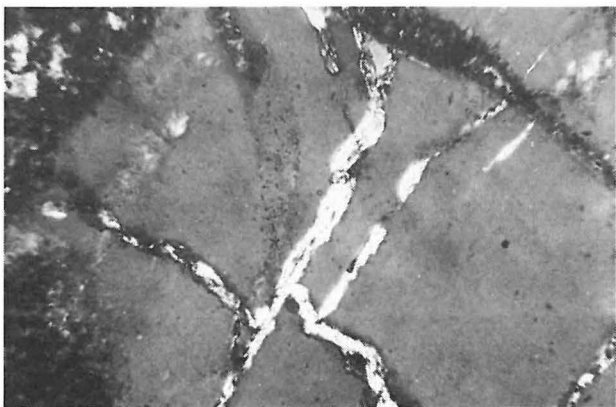
5a

0 100 μm



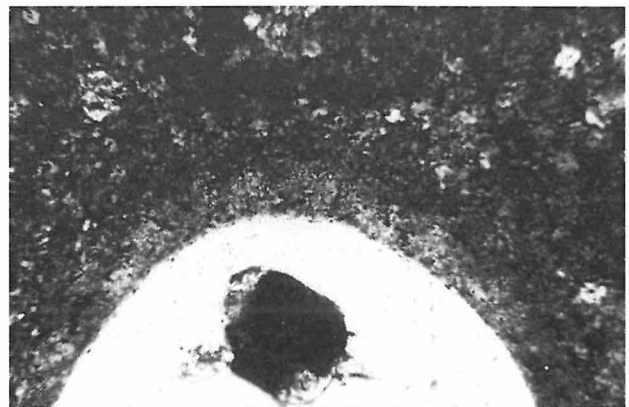
5b

0 500 μm



6

0 200 μm



7

0 200 μm

Photo 4

a) Vollständig thermisch gekrackter Biotit im effusiven Rhyolith vom Petersberg.

Dünnschliff, ohne Nikol

b) Randlich und längs von Spaltrissen unvollständig thermisch gekrackter Biotit im Subvulkanit Typ Landsberg 2,

Stbr. Windmühlenberg bei Schwerz, Sohle 2. Dünnschliff, ohne Nikol

Photo 5

a) Gekrackter, jetzt pigmentierter Hof um Zirkon in gekracktem Biotit. Dunkelrotbrauner effusiver Rhyolith, Stbr. Brömme, Petersberg. Dünnschliff, parallele Nikol

b) Großer Orthit mit schmalen pigmentiertem Hof. Subvulkanit Typ Landsberg 2, Stbr. Windmühlenberg bei Schwerz, Sohle 2. Dünnschliff, ohne Nikol

Photo 6

Zerbrochener Quarz-Einsprengling mit auf den Rissen eingedrungener Grundmasse und vorauseilender fluider Phase, die zu Muskovit kristallisierte. Effusiver Rhyolith des Petersberges, Stbr. „Brömme“. Dünnschliff, Nikol x

Photo 7

Gerundeter Altquarz als Einsprengling mit feinstkörnigem Abkühlungsrand der Grundmasse in symplektischer Grundmasse. Schwarzer Rhyolith des Windmühlenberges bei Schwerz. Dünnschliff, Nikol x

(Photos LÖFFLER/NUGLISCH)

sung in feinste Verwachsungen von Quarz und Feldspat, also eine Rekristallisation, stattfand. Bemerkenswert ist, daß die Bruchstücke der Quarze nicht gerundet, sondern spitzeckig sind. Es hat den Anschein, daß für das Bersten der Kristalle mechanische Momente (Reibung und Spannung) noch im Frühstadium der Magmentstehung verantwortlich zu machen sind. Ob sie Restquarzite aus dem Vorgang der Ausschmelzung des Krustengesteins (RITTMANN 1981) sind, sei dahingestellt. Die Möglichkeit soll aber hier erwähnt werden. Jedenfalls waren sie intratellurisch vorhanden. Eine andere Erklärung bietet sich zur Zeit nicht an. Sprünge in den Quarzkristallen, wie sie als Folgeerscheinung einer Massekontraktion des Gesteins nach der Kristallisation der Grundmasse auftreten und den Quarz mit umgebender Grundmasse als Perlitsprünge erfassen (Abb. 4 in: HAFER-MALZ, KNOTH und LÖFFLER 1980), kommen hierfür nicht in Betracht.

An Quarzen sind auch Lösungserscheinungen zu beobachten. Diese sind als Rundungen und Einbuchtungen erkennbar (Photo 7). Sie treten meist bei extrusiven Vulkaniten auf. Sicher ändert sich die Löslichkeit von SiO_2 in der Schmelze durch Temperatur- und Druckschwankungen vor allem bei eintretendem Wirksamwerden der inkompatiblen, sich durch Migration und Druckentlastung konzentrierenden Volatilen (H_2O). Das heißt im besagten Falle, daß die Löslichkeit sich vergrößert.

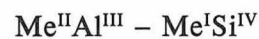
Über die Gründe der unterschiedlichen Ausbildung der Grundmassen bei den Effusiva und den Subvulkaniten des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes ist schon ausführlich berichtet worden. Es kann hier auf LÖFFLER (1983) verwiesen werden.

7. Sericit, Calcit und Plagioklas II (Albit)

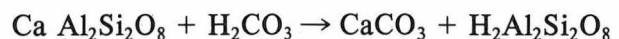
Die bisherigen Ausführungen betreffen Beobachtungen von Vorgängen, die unmittelbar die Extrusion oder Intrusion des erschmolzenen Magmas bis zur Platznahme dokumentieren. Durch einen zeitlichen Hiatus getrennt, er-

scheint ein weiterer Vorgang, der nach der Platznahme und Verfestigung, aber noch vor der restlichen Abkühlung, also bei hohen Temperaturen, ablief. Es ist die Einwirkung von CO_2 und H_2O in der aktiven Form von H_2CO_3 als Metasomatose. Die Temperaturspanne der Metasomatose kann zwischen 350 und 500 °C gelegen haben. Lügen die Temperaturen niedriger, so würden andere, als „Verwitterungs“-Reaktionen anzusehende Vorgänge stattgefunden haben. Daß im späteren Ablauf des Geschehens hydrothermale Tieftemperaturbildungen wie Laumontit, „Petersberg“-Illit etc. auftreten können, ist nicht von der Hand zu weisen. Diese sind jedoch hier nicht gemeint.

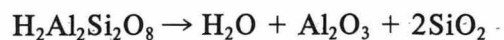
Bei dem Vorgang der Abkühlung wurde bereits der Zerfall des „Schwantke-Moleküls“ in Anorthit und Quarz erwähnt. Der Anorthit ist nur unter Berücksichtigung der Diadochie



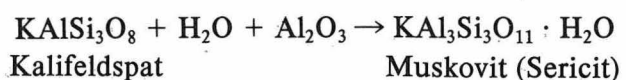
als ein Feldspat anzusehen. Er kristallisiert triklin. Chemisch gesehen ist das Molekül des Anorthits jedoch das Calciumsalz der „Nephelinsäure“ [$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 = \text{Ca}(\text{Al SiO}_4)_2$]. Das läßt chemisch durchaus den Schluß zu, daß sich das Molekül Anorthit gegenüber Angriffen aggressiver Medien anders verhält als die höher silifizierten Moleküle der einwertigen Aluminiumsilikate vom Typ der Alkalifeldspäte. So ist zum Beispiel der Anorthit anfällig gegenüber aktivem $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ als H_2CO_3 . Es kommt zu einem Kationenaustausch gemäß Gleichung 3:



Das entstandene Molekül zerfällt in Wasser, Al_2O_3 und SiO_2 gemäß Gleichung 4:



Unter den gegebenen pt-Bedingungen werden H_2O und Al_2O_3 als in saurem Magma unerwünschte Moleküle sofort vom Molekül des Kalifeldspates abgefangen und gemäß Gleichung 5 wird Muskovit (Sericit) gebildet:



Der Vergleich dieser Erörterungen mit dem mikroskopischen Befund läßt völlige Übereinstimmung erkennen. In den sauren Eruptivgesteinen

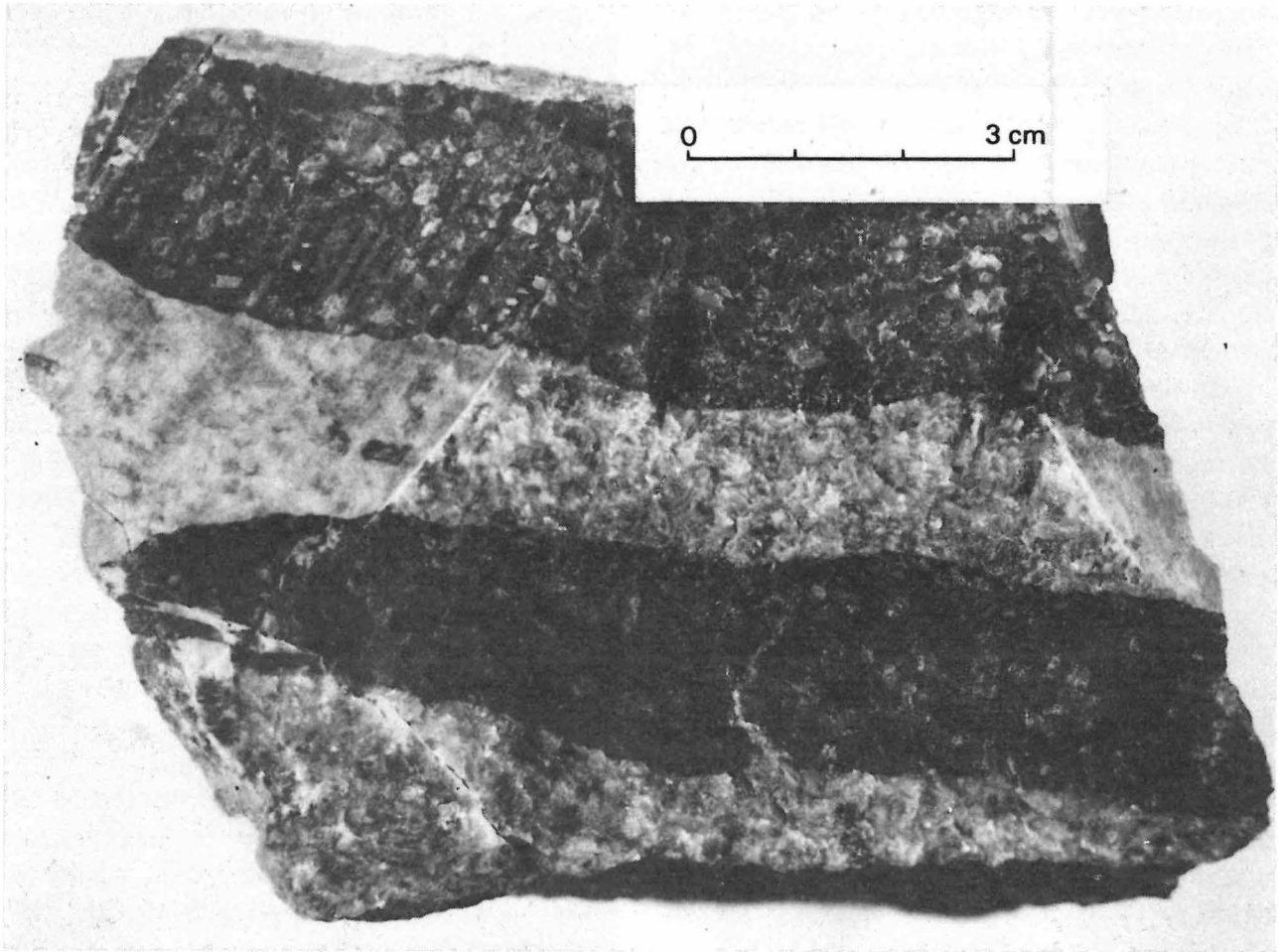


Photo 8
 Calcit-Gänge mit etwas Sericit ohne Exo- oder Endogenbeeinflussung im Vulkanit des Windmühlenberges bei Scherz.
 Anschliff (Photo LÖFFLER/NUGLISCH)

des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes sind Calcit und Sericit in reichlichem Maße als Minerale im Grundgewebe verstreut bzw. als Gängchen oder in Drusen auffindbar (Photo 8). Der Alkalifeldspat, dem das Kaliumaluminosilikat zur Sericitbildung entzogen wird, enthält ja noch gewisse Anteile des Natriumderivats. Dieses ist als Plagioklas II, als Albit bis Oligoklas in Kriställchen sowie als Füllung von Gängchen oder als Kristallrasen auf Klüften zu finden (Photo 9).

Bezogen sich die vorstehenden Ausführungen auf die Ausscheidung der Einsprenglinge und auf die Platznahme der Extrusions- und Intrusionsvorgänge auf diesen, so ist nicht zu übersehen, daß sie sich auch auf die Grundmasse auswirken. Diese ist de facto aus den gleichen Mineralien zusammengesetzt, nur daß diese in der Erscheinungsform aufgrund des Temperaturgefälles beim Durchschreiten der „liquidus/soli-

du“-Phase viel kleiner ausgebildet wurden. Die Auswirkung der Sekundärphase, also der Metasomatose mit CO_2 und H_2O in aktiver Form, ist auf die Grundmassen der Vulkanite und Subvulkanite die gleiche wie die bei den Einsprenglingen beobachtete. Bevorzugt ist in diesem Falle der Verbrauch an Kalifeldspat und die Bildung von Muskovit und Albit II im Gesteinsgewebe. Dies wird im mikroskopischen Bild an dem über den gesamten Grundmassenbereich verstreuten Anfall an Sericit, Calcit sowie in der Neubildung von Plagioklas II (Albit) sichtbar.

8. Diskussion

Auf Grund der petrographischen Studien an Mineralen der sauren Vulkanite und Subvulkanite des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes

sind eine Reihe von Erkenntnissen festzuhalten.

1. Der Einbau von Calcium als „Schwantke-Molekül“ in die Alkalifeldspat-Einsprenglinge der Subvulkanite (intrusive Rhyolithe bzw. Granitporphyre) läßt den Schluß zu, daß nach der Ausschmelzung des Magmas des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes aus Krustenmaterial die Schmelze mit Temperaturen von weit über 500 °C bei einem hohen Druck von mindestens 10^9 Pa in der Nachphase der variszischen Tektonogenese, das heißt im Autun, bereitstand und vor dem Einsetzen der Eigenbeweglichkeit erste komplexe Feldspatkristalle und Dunkelglimmer ausbilden konnte.

2. Die Einsprenglinge der sauren Eruptivgesteine des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes sind Bildungen aus einem schmelzflüssigen Zustand, die entsprechend der Schnelligkeit des Durchfahrens des „liquidus“-Bereiches entweder bei den Vulkaniten klein oder bei den Subvulkaniten größer in Erscheinung treten. Für die komplexen Feldspäte und für die Magnesium/Eisen-Glimmer ist es als zwingend anzusehen, daß sie schon in der Schmelzphase des intratellurischen Stadiums ausgeschieden wurden. Sonst wäre zum Beispiel bei den Magnesium/Eisen-Glimmern die Ausbildung der pleochroitischen Höfe um die in ihnen befindlichen Zirkone nicht möglich, weil die Höfe bei der Extrusion ja zerstört und mit Fe_2O_3 -Pigment versehen werden. Ebenso könnten die Magnesium/Eisen-Glimmer bei der Extrusion gekrackt werden. Die intratellurische Frühbildung und das Vorhandensein einer Aufheizung des Magmas bei der Extrusion infolge der Verbrennung des Wasserstoffs mit dem atmosphärischen Sauerstoff (Knallgasreaktion) auf Temperaturen über die Stabilitätsgrenze der Biotite, das heißt auf 900 bis 1000 °C, sind die Bedingungen für das Auftreten dieser Erscheinungen (WINKLER 1976, JAEGER 1957, LÖFFLER 1973).

3. Bei den Subvulkaniten muß die Abkühlung der Schmelze relativ langsam vor sich gegangen sein. Nur dadurch konnten sich die größeren Einsprenglinge ausbilden. Als die Ausbildung der Grundmasse, d. h. die rasche, kurzfristige Verfestigung der Restschmelze (Alkalialuminopolysilikat) durch Unterkühlung einsetzte, sank die Temperatur noch so relativ langsam ab, daß

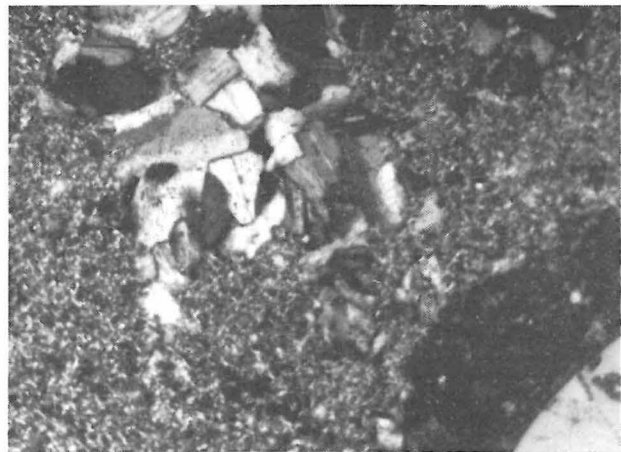


Photo 9

Albit (Plagioklas II) im Vulkanit des Petersberges.

Rechts unten Relikt-Quarz-Einsprengling mit abgeschrecktem Grundmasse-Rand.

Dünnschliff, Nikol x

(Photos LÖFFLER/NUGLISCH)

sich durch Entmischung in Quarz und Feldspat ein mikrogranitisches und kein glasiges Gefüge ausbildete.

Die geringe Geschwindigkeit der Magmenabkühlung wirkte sich auf die schon ausgeschiedenen Einsprenglinge, zum Beispiel die K/Na-Feldspäte, als Temperung aus, so daß sich Gleichgewichtsreaktionen einstellen konnten. Natronanidin und Anorthoklas entmischten sich zu Perthiten.

4. Die Quarz-Einsprenglinge bilden zwei verschiedene Erscheinungen ab. Einmal sind sie im intratellurischen Bereich zerbrochen und könnten als Aufschmelzungsreste aus dem Krustenmaterial (RITTMANN 1981) gedeutet werden. Zwischen den Bruchstücken und um die Kristalle ist die Grundmasse sehr verdichtet (Photo 7, 9). Dies deutet auf Temperaturunterschiede zwischen Schmelze und „alten“ Quarzkristallen hin, die demzufolge tiefer temperiert waren. Zum anderen zeigen sie Perlitsprünge, die auf die benachbarte Grundmasse überspringen (HAFERMAZ, KNOTH und LÖFFLER 1980). Sie sind also als Kontraktionseffekte bei der Abkühlung des bereits verfestigten Gesteins zu werten.

Abschließend sei die Lösungskorrosion erwähnt. Die Rundung der Quarze und die rundlichen Einbuchtungen können einmal als Lösungserscheinungen bei unterschiedlich ausgebildeten Temperaturen und Drücken, aber auch

als Anwacherscheinungen von Quarzsubstanz an Quarzbruchstücken gedeutet werden (RITTMANN 1981).

Literatur

CARMAN J.H., und O.F. TUTTLE:

Experimental verification of solid solution of excess silica in sanidine from rhyolithes. – In: Geol. Soc. Amer. Abstr. Mtg., Spec. Paper Nr. 76. – New York, 1963, S. 33...34.

–: Experimental study bearing on the origin of myrmekite. – In: Geol. Soc. Amer., Abstr. Mtg., Spec. Paper Nr. 115. – New Orleans, 1967, S. 29.

HAFERMALZ, J.-J., W. KNOTH und H.K. LÖFFLER:

Granit als Xenolith im feinkristallinen Porphyry vom Petersberg nördlich Halle. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 8 (1980), 11, S. 1449...1459.

JAEGER, J. C.:

The temperatures in the neighborhood of a cooling intrusive sheet. – In: Amer. J. Sci. – New Haven 255 (1957), S. 306...318.

KAEMMEL, TH., M. SCHWAB und H.J. SEYDEWITZ:

Mineralogische Untersuchungen an Kalifeldspäten der rhyolitischen Gesteine von Scherz. – In: Zeitschr. f. angew. Geologie. – Berlin 16 (1970), 11/12, S. 471...478.

LÖFFLER, H.K.:

Die Instabilität von Biotit im Eruptivgesteinskontakt und ihr Einfluß auf die Umverteilung des Stoffes bei der periplutonischen Kontaktmetamorphose. – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 293 (1973), S. 91...114.

–: Die Petrographie der Porphyry/Porphyr-Kontakte, die Altersfolge der Porphyre am Windmühlenberg südwestlich Scherz und die Porphyre des Quetzer Berges. – Hallesches Jahrb. f. Geowiss. – Gotha/Leipzig 4 (1979), S. 55...68.

–: Die Grundmassen der sauren Eruptivgesteine des Halleschen Paläovulkanit-Komplexes und die Ursachen ihrer Verschiedenzeit. – In: Hallesches Jahrb. f. Geowiss. – Gotha 8 (1983), S. 31...42.

LÖFFLER, H.K., und H.-J. SEYDEWITZ:

Die Paläovulkanite des Windmühlenberges südwestlich Scherz und ihre Beziehungen zueinander. – In: Zeitschr. f. geol. Wiss. – Berlin 6 (1978), 9, S. 1173...1182.

PHILLIPS, E. R.:

Myrmekite and albite in some granites of the New England batholith, New South Wales. – In: J. Geol. Soc. Australia. – Adelaide 11 (1964), S. 49...60.

RITTMANN, A.:

Vulkane und ihre Tätigkeit. – 3. Aufl. – Stuttgart, 1981.

SCHWANTKE, A.:

Die Beimischung von Ca im Kalifeldspat und die Myrmekitbildung. – In: Centralbl. Min. Geol. Paläont. – Stuttgart (1909), S. 311...316.

WINKLER, H. G. F.:

Petrogenesis of metamorphic rocks. – 4. Aufl. – New York, 1976.

Zusammenfassung

Die territorial und zeitlich differenzierte Entwicklung der Bevölkerung stellt eine Ausgangsgröße für die Territorialplanung dar. Dabei sind die zu erwartende Haushaltszahl und -struktur insbesondere für die Planung des Wohnungsbaus wichtige Grundinformationen. Notwendige Voraussetzung für eine Prognose ist die Ermittlung der Einflußfaktoren auf die Haushaltsentwicklung. Neben deren prinzipieller Darstellung wird an Hand der Ergebnisse der Volkszählungen von 1971 und 1981 für den Bezirk Halle eine Wichtung des Einflusses dieser Faktoren auf die Haushaltsentwicklung vorgenommen. Die mit Hilfe einer Standardisierung ermittelten Ergebnisse zeigen, daß neben den Veränderungen von Bevölkerungszahl und -struktur auch das veränderte Verhalten der Bevölkerung hinsichtlich des Lebens in bestimmten Haushaltsarten wesentlich zur Haushaltsentwicklung beigetragen hat.

Summary

On the development of the number and structures of households among the population in the district of Halle between the 1971 and 1981 censuses

The territorially and temporally differentiated population trend represents an output variable for territorial planning. The number and structures of households are important basic information especially for residential building planning. Ascertaining the factors influencing the household trend is a necessary condition of prognosis. Apart from their principal presentation, the influence these factors have on the household trend is weighted for the district of Halle on the basis of both the 1971 and the 1981 census. The results obtained with the aid of standardisation show that the population's changed attitude to living in certain types of households has essentially contributed to the household trend, apart from the changes in the number and structures of the population.

Zur Entwicklung der Haushaltszahl und -struktur der Bevölkerung im Bezirk Halle zwischen den Volkszählungen von 1971 und 1981

Mit 3 Abbildungen und 5 Tabellen im Text

Autor:

Dr. JÜRGEN ROGAHN
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Sektion Wirtschaftswissenschaften
Große Steinstraße 73
Halle (Saale)
4020

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 105...115
VEB H. Haack Gotha 1986

Резюме

К развитию хозяйств и структуры населения округа Галле между переписями населения 1971 и 1981гг.

Неоднородное развитие населения по территории и по времени представляют собой исходный пункт для территориального планирования. Ожидаемое число будущих хозяйств является важной основополагающей информацией для планирования строительства жилья. Необходимая предпосылка для прогнозов – это установление факторов, влияющих на развитие хозяйств. Наряду с его принципиальным представлением на основе результатов переписи населения 1971 и 1981гг. округа Галле исследуется важность влияния этих факторов на развитие хозяйств. Полученные с помощью стандартизации результаты показывают, что наряду с изменением численности и структуры населения также изменившееся отношение населения к жизни в определённых кругах существенно способствовало развитию численности хозяйств.

1.

Einleitung

Aus der Intensivierung des volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses, einer wichtigen Voraussetzung für die weitere Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft, erwachsen höhere Anforderungen an die Leitung und Planung in der Volkswirtschaft. Demographische Analysen und Prognosen stellen dabei auf Grund der Stellung der Bevölkerung im Reproduktionsprozeß wichtige Ausgangspunkte für die langfristige Planung dar.

Dies trifft auch auf die Haushalte der Bevölkerung zu. Unter einem *Haushalt* wird zum einen eine Bevölkerungsgruppe verstanden, die durch das Merkmal des gemeinsamen Wohnens und Wirtschaftens der Personen charakterisiert ist. Diese Begriffsbestimmung ist die Grundlage der statistischen Definitionen der Haushalte, die wiederum als Basis der Ermittlungen von Zahl und Struktur der Haushalte im Rahmen der Volkszählungen dienen. Unter einem Haushalt wird zum anderen der Ort, die Wohn- und Wirtschaftsstätte der Menschen verstanden, in der sie zusammen leben und in der sie unter Nutzung der materiellen Basis des Haushaltes, des Hausrats, individuelle und gemeinschaftliche Bedürfnisse befriedigen. Erst durch diese Definition wird die Bedeutung von Analysen und Prognosen der Zahl und Struktur der Haushalte für die langfristige Planung deutlich.

Als Wohnstätte befriedigt der Haushalt das Wohnbedürfnis seiner Mitglieder. Damit ist verbunden, daß der Haushalt als „Nachfrager“ von Wohnraum in Erscheinung tritt und daß die Zahl der Haushalte den Wohnungsbedarf der Bevölkerung entscheidend bestimmt. Aus den Eigenschaften der Wohnbauten, besonders ihrer Langlebigkeit und eingeschränkten Anpassungs- und Veränderungsfähigkeit, ergibt sich zugleich die Notwendigkeit, die langfristige Haushaltsentwicklung zu berücksichtigen. Dabei ist nicht nur die Zahl, sondern vor allem auch die Struktur, speziell die personelle Struktur der Haushalte von Bedeutung. Mit Hilfe der Informationen über die Haushaltsgrößen kann durch den Wohnungsneubau eine bessere Anpassung der Wohnungsgrößen an die Haushaltsgrößen in den Territorien erreicht werden.

Als Konsumtionsstätte regelt der Haushalt den Verbrauch von Konsumgütern und Dienstleistungen für alle seine Mitglieder. Die Veränderungen der Haushaltsstruktur können dabei einerseits über die Einkommen der Haushalte und andererseits durch die haushaltstypische Bedürfnis- und Ausgabenstruktur Einfluß auf die unterschiedliche Nachfrage nach Konsumgütern und Dienstleistungen haben. Auch die im Haushalt in seiner Eigenschaft als Produktionsstätte erbrachten Leistungen und produzierten Güter besitzen nicht nur für die Gesellschaft Bedeutung, sondern sind auch bei der Volkswirtschaftsplanung zu beachten.

Notwendige Voraussetzung für eine fundierte Prognose der Haushaltsentwicklung ist die Analyse der bisherigen Entwicklung und der ihr zugrunde liegenden Einflußfaktoren. Dabei machen sich territorialspezifische Untersuchungen erforderlich, da bestimmte Kausalzusammenhänge und Wirkungsbedingungen der Bevölkerungsbewegungen im gesamtgesellschaftlichen Rahmen auf Grund der Verdichtung der Daten nur unzureichend erkennbar sind. Darüber hinaus ist es nur durch territorialspezifische Analysen möglich, räumlich differenziert ablaufende Prozesse zu ermitteln.

2. Grundtendenzen der Haushaltsentwicklung im Bezirk Halle zwischen 1971 und 1981

Die Zahl der Haushalte im Bezirk Halle sank von 718 599 im Jahre 1971 auf 711 750 im Jahre 1981. Diesem Rückgang um 6 809 Haushalte (0,9%) steht ein wesentlich deutlicherer Rückgang der Bevölkerung gegenüber. Die Zahl der Wohnbevölkerung nahm im gleichen Zeitraum um 103 527 Personen (5,2%) ab. Wie die Abbildungen 1 und 2 zeigen, gilt für alle Landkreise, daß die überall festzustellenden Bevölkerungsabnahmen deutlich größer waren als die Abnahme der Anzahl der Haushalte. In den Kreisen Wittenberg, Gräfenhainichen, Sangerhausen und Nebra kam es trotz des Bevölkerungs-

rückganges im untersuchten Zeitraum sogar zur Zunahme der Zahl der Haushalte.

Diese Entwicklung erklärt sich aus der generellen Beziehung zwischen Bevölkerungs- und Haushaltszahl. Zwischen beiden besteht kein direkter, zwingender Zusammenhang. Die Bevölkerungszahl steckt, da alle Menschen einem Haushalt angehören, nur die Grenzen der Haushaltszahl ab. Die Zahl der Haushalte kann damit theoretisch zwischen 1 und der Zahl der Bevölkerung liegen. Die konkrete Haushaltszahl ergibt sich vielmehr aus den Strukturen der Bevölkerung sowie aus dem Verhalten der Bevölkerung, sich zu Haushalten zusammenzuschließen und aus der damit entstehenden personellen Größenstruktur der Haushalte.

Die Größenstruktur der Haushalte wird wesentlich durch das Verhältnis von Einpersonenzu Mehrpersonenhaushalten bestimmt. Hier kam es zwischen 1971 und 1981 im Bezirk Halle und in seinen Kreisen zu deutlichen Veränderungen.

Während sich die Gesamtzahl der Privathaushalte im Bezirk nur um 0,9% verringerte, nahm die Anzahl der Mehrpersonenhaushalte um 2,5% ab. Demgegenüber nahm die Zahl der Einpersonenhaushalte um 4,0% zu. Damit erhöhte sich der Anteil der Einpersonenhaushalte an allen Privathaushalten von 24,2% im Jahre 1971 auf 25,4% im Jahre 1981. Eine Zunahme der Einpersonenhaushalte konnte auch in den meisten Kreisen beobachtet werden. Lediglich in den durch sehr starke Bevölkerungsrückgänge charakterisierten Kreisen Bernburg, Eisleben, Naumburg, Hohenmölsen, Weißenfels und Zeitz kam es auch zu Rückgängen der Zahl der Einpersonenhaushalte. Ihr Anteil an allen Privathaushalten erhöhte sich jedoch in allen Kreisen.

Eine Abnahme der Zahl der Mehrpersonenhaushalte war gleichfalls in den meisten Kreisen zu verzeichnen. Lediglich in den Kreisen mit einer Zunahme der Zahl aller Privathaushalte war diese Zunahme auch für die Zahl der Mehrpersonenhaushalte zu beobachten. Dies war in den Kreisen Gräfenhainichen, Nebra, Sangerhausen und Wittenberg der Fall, für die zugleich charakteristisch ist, daß sie die höchsten „durchschnittlichen Haushaltsgrößen“ aufweisen.

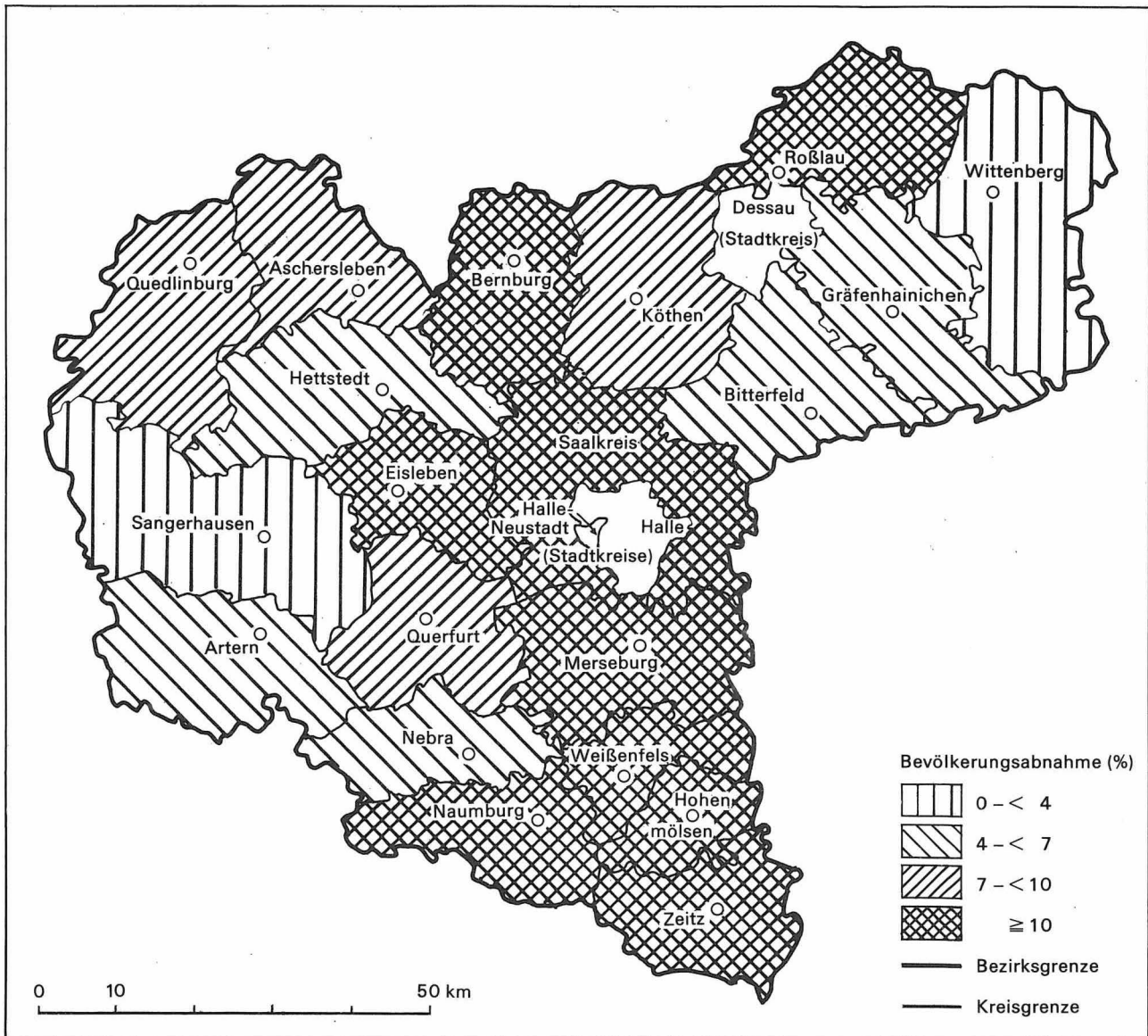


Abbildung 1
Die Entwicklung der Bevölkerung in den Landkreisen des Bezirkes Halle zwischen 1971 und 1981

Die „durchschnittliche Haushaltgröße“ stellt in diesem Zusammenhang eine synthetische, in ihrer Aussagekraft eingeschränkte Kennziffer der Haushaltsgrößenstruktur dar. Die durchschnittliche Größe der Privathaushalte verringerte sich im Bezirk Halle von 2,68 Personen je Haushalt 1971 auf 2,56 im Jahre 1981, die der Mehrpersonenhaushalte im gleichen Zeitraum von 3,18 auf 3,05. Diese Rückgänge der durchschnittlichen Haushaltgrößen konnten auch in allen Kreisen registriert werden. Darüber hinaus waren sie bei geringen Schwankungen um den Wert 0,15 Personen je Haushalt in den Kreisen weitgehend einheitlich. Dadurch blieb die nur

geringe Differenzierung der durchschnittlichen Größe der Haushalte zwischen den Kreisen weitgehend erhalten. Die geringsten durchschnittlichen Größen der Privathaushalte weisen nach wie vor die Kreise Eisleben, Hohenmölsen, Weißenfels und Zeitz auf, die höchsten die Kreise Artern, Gräfenhainichen, Nebra und Sangerhausen.

Die Verringerung der durchschnittlichen Größe der Mehrpersonenhaushalte in allen Kreisen ist Ausdruck der einheitlichen Strukturverschiebungen innerhalb der Mehrpersonenhaushalte. In allen Kreisen nahmen die Anteile der Haushalte mit drei bzw. vier Personen

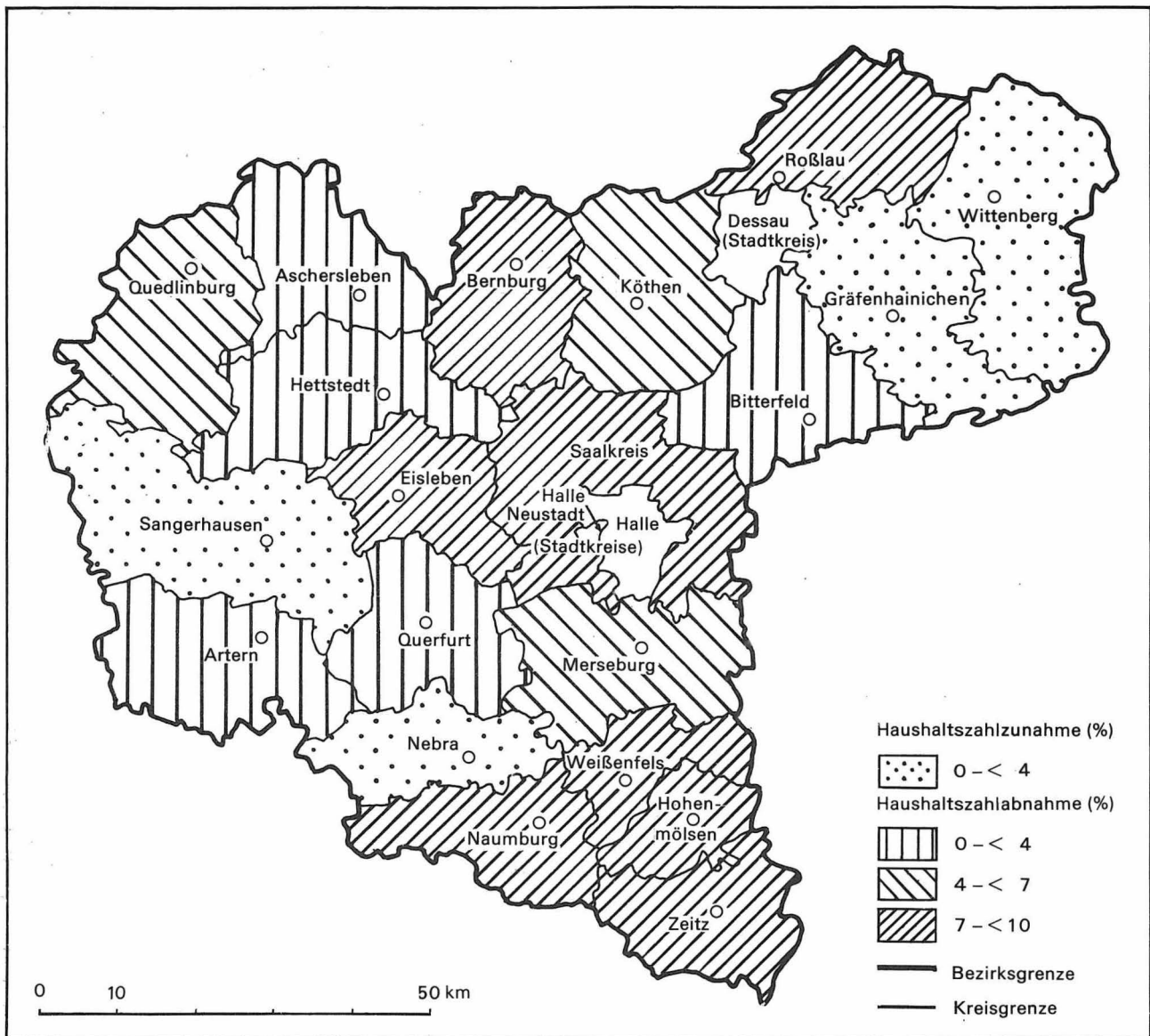


Abbildung 2
Die Entwicklung der Haushaltszahl in den Landkreisen des Bezirkes Halle zwischen 1971 und 1981

zu, die der Haushalte mit fünf und mehr Personen verringerten sich deutlich. Die Veränderungen dieser Anteile für den Bezirk Halle sind in der Tabelle 1 ausgewiesen.

3. Die Einflußfaktoren der Haushaltsentwicklung

Bei der Suche nach den Ursachen für die beschriebenen Tendenzen der Haushaltsentwicklung im Bezirk Halle stellt sich zunächst die

Frage nach den generellen Einflußfaktoren. Dabei wurde bereits festgestellt, daß das Verhalten der Menschen, sich zu Haushalten zuzuschließen, die Haushaltsgrößenstruktur und damit die Haushaltsanzahl bestimmt.

Geht man von einer einzelnen Person mit einem bestimmten Alter, Geschlecht und Familienstand aus, so ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten für die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Haushaltstyp. Betrachtet man aber die Gesamtheit der Personen mit gleichen Strukturmerkmalen, so ergeben sich doch ganz bestimmte gruppenspezifische Verhaltensweisen hinsichtlich der Zugehörigkeit zu bestimm-

Zahl der Personen im Haushalt	Anteile (%)	
	1971	1981
2	38,0	38,0
3	28,7	31,7
4	19,9	21,9
5	7,9	5,8
≥6	5,5	2,6

Tabelle 1
Anteile der Haushalte unterschiedlicher Personenzahl an
der Gesamtzahl der Mehrpersonenhaushalte im Bezirk Halle
1971 und 1981

ten Haushaltstypen. 1981 lebten zum Beispiel im Bezirk Halle 99,7% der männlichen verheirateten Personen im Alter zwischen 40 und 45 Jahren in einem Mehrpersonenhaushalt, nur 0,2% der Personen der gleichen Gruppe in einem Einpersonenhaushalt und 0,1% der Personen in einem Anstaltshaushalt. Aus den gruppenspezifischen Verhaltensweisen und der Zahl der Personen je Gruppe ergibt sich damit die Haushaltsstruktur der gesamten Bevölkerung und zugleich auch die Anzahl der Haushalte. Die Veränderung der Haushaltsstruktur der Bevölkerung zwischen zwei Zeitpunkten ist so das Resultat von Veränderungen des gruppenspezifischen Verhaltens und der Bevölkerungsstrukturänderungen.

Wichtig ist jedoch auch, daß die feststellbaren, tatsächlich realisierten Änderungen des gruppenspezifischen Verhaltens nicht den gewünschten entsprechen müssen. Da die Existenz eines Haushaltes an materielle Bedingungen gebunden ist, entscheiden die Verfügungsmöglichkeiten über diese, insbesondere über den Wohnraum, über die Realisierungsmöglichkeiten des gewünschten Verhaltens hinsichtlich der Zugehörigkeit zu einem bestimmten Haushaltstyp.

Es lassen sich damit drei Hauptgruppen von *Einflußfaktoren auf die Haushaltsstruktur der Bevölkerung, die Haushaltsgrößenstruktur und die Zahl der Haushalte* unterscheiden:

1. *die demographischen Bedingungen*, d. h. die Zahl und die Struktur der Bevölkerung und ihre Veränderungen,
2. *die soziologischen Bedingungen*, d. h. die allgemeinen Verhaltensweisen des Zusammenlebens in bestimmten Haushalten,

3. *die ökonomischen Bedingungen*, d. h. die jeweiligen Realisierungsmöglichkeiten der allgemeinen Verhaltensweisen.

4. Wichtung des Einflusses der Faktorengruppen

Auf Grund des Wirkens mehrerer Einflußfaktorengruppen ergibt sich als Voraussetzung für eine genaue Ursachenforschung und auch für eine Verbesserung der Haushaltsvorausschätzung die Notwendigkeit, den Einfluß der Faktorengruppen zu wichten. Da ein numerischer Nachweis der Unterschiede zwischen gewünschtem und tatsächlich realisiertem Verhalten hinsichtlich des Zusammenlebens in bestimmten Haushalten nur sehr unzureichend möglich ist, mußten die soziologischen und ökonomischen Bedingungen zur Gruppe der nichtdemographischen Einflußfaktoren zusammengefaßt werden. Mit einer Wichtung zwischen demographischen und nichtdemographischen Einflußfaktoren kann der Einfluß von Veränderungen der Bevölkerungszahl und -struktur und der Einfluß von realisierten Veränderungen der Verhaltensweisen auf die Entwicklung von Haushaltszahl und -struktur unterschieden und ermittelt werden.

Diese Untersuchung erfolgte am Beispiel des Bezirkes Halle und an Hand ausgewählter Kreise unterschiedlichen Typs dieses Bezirkes für den Zeitraum zwischen 1971 und 1981. Dabei wurden der Kreis Merseburg als Ballungskreis, Querfurt als Agrarkreis und Sangerhausen als Industrie-Agrarkreis ausgewählt (ROGAHN 1984).

Um den Einfluß einer Faktorengruppe ermitteln zu können, müssen die Wirkungen der anderen Faktorengruppe ausgeschaltet werden. Eine Möglichkeit hierfür bietet die statistische Methode der *Standardisierung* (SCHWARZ 1975). Mit ihrer Hilfe soll der tatsächlichen Haushaltsstruktur der Bevölkerung diejenige gegenübergestellt werden, die sich ergeben hätte, wenn die Bevölkerung nach Zahl und Struktur konstant geblieben wäre. Die einbezogenen Strukturmerkmale bleiben dabei auf die Geschlechts-, Alters- und Familienstandsstruktur beschränkt.

	Zahl der Einpersonenhaushalte			
	Bezirk Halle	Kreis Merseburg	Kreis Querfurt	Kreis Sangerhausen
1971	173 906	11 377	2 697	6 070
1981	180 821	12 457	2 900	6 192
1981 standardisiert	182 511	12 505	3 041	6 108

Tabelle 2
Entwicklung der Einpersonenhaushalte im Bezirk Halle und in ausgewählten Kreisen dieses Bezirkes zwischen 1971 und 1981

Im Rahmen der vorliegenden Ergebnisse der Volkszählungen 1971 und 1981 ist eine Aufgliederung der Wohnbevölkerung nach Alter, Geschlecht, Familienstand und der Art des Haushaltes möglich. Auf Grund dieser Daten lassen sich *Haushaltsartenquoten* berechnen. Diese bezeichnen den prozentualen Anteil der in den jeweiligen Haushaltsarten lebenden Wohnbevölkerung an der jeweiligen Gesamtgruppe der Bevölkerung mit den gleichen Strukturmerkmalen. Unter Haushaltsarten werden hier die drei Grundtypen Einpersonenhaushalt, Mehrpersonenhaushalt und Anstaltshaushalt verstanden. Mit Hilfe der Haushaltsartenquoten soll ermittelt werden, welche Haushaltsstruktur der Bevölkerung sich nach den drei Arten ergeben hätte, wenn es keinerlei Veränderung der Bevöl-

kerungszahl und -struktur im untersuchten Zeitraum gegeben hätte. Durch die Gegenüberstellung dieser standardisierten und der tatsächlichen Entwicklung ist es möglich, den Einfluß demographischer und nichtdemographischer Faktoren zu ermitteln. Darüber hinaus läßt sich der demographische Einfluß nach dem Einfluß von Veränderungen der Zahl und nach dem Einfluß von Veränderungen der Strukturen der Bevölkerung untergliedern.

Die Standardisierung brachte folgende Ergebnisse: Die Zahl der Einpersonenhaushalte nahm in allen Territorien auf Grund von Alters- und Geschlechtsstrukturänderungen der Bevölkerung und durch das gleichzeitige Wirken nichtdemographischer Faktoren zu (Tabellen 2 und 3). Die Strukturänderungen hätten allein nicht ausgereicht, die von der abnehmenden Bevölkerungszahl ausgehenden Veränderungen zu kompensieren. Eine Ausnahme bildete der Kreis Sangerhausen. In den einzelnen Untersuchungsgebieten wirkten die Einflußfaktoren in der gleichen Richtung, im Umfang jedoch territorial differenziert. Dies führte zu unterschiedlich großen Zunahmen der Zahl der Einpersonenhaushalte.

Abbildung 3 zeigt die Veränderungen der Zahl der in verschiedenen Haushaltsarten lebenden Personen im Bezirk Halle nach dem Wirken der Einflußfaktoren. Die Veränderung der Zahl der in Mehrpersonenhaushalten lebenden Personen wurde in allen Territorien zum

Tabelle 3
Einfluß nichtdemographischer und demographischer Faktoren auf die Entwicklung der Einpersonenhaushalte im Bezirk Halle und in ausgewählten Kreisen dieses Bezirkes zwischen 1971 und 1981

Einflußfaktoren	Veränderungen der Einpersonenhaushalte 1981 : 1971							
	Bezirk Halle		Kreis Merseburg		Kreis Querfurt		Kreis Sangerhausen	
	absolut	%	absolut	%	absolut	%	absolut	%
nichtdemographische Faktoren	+8 605	+5,0	+1 128	+9,9	+344	+12,8	+38	+0,6
Änderung der Bevölkerungsstruktur	+8 586	+4,9	+1 585	+13,9	+139	+5,1	+273	+4,5
Änderung der Bevölkerungszahl	-10 276	-5,9	-1 633	-14,3	-280	-10,4	-189	-3,1
insgesamt	+6 915	+4,0	+1 080	+9,5	+203	+7,5	+122	+2,0

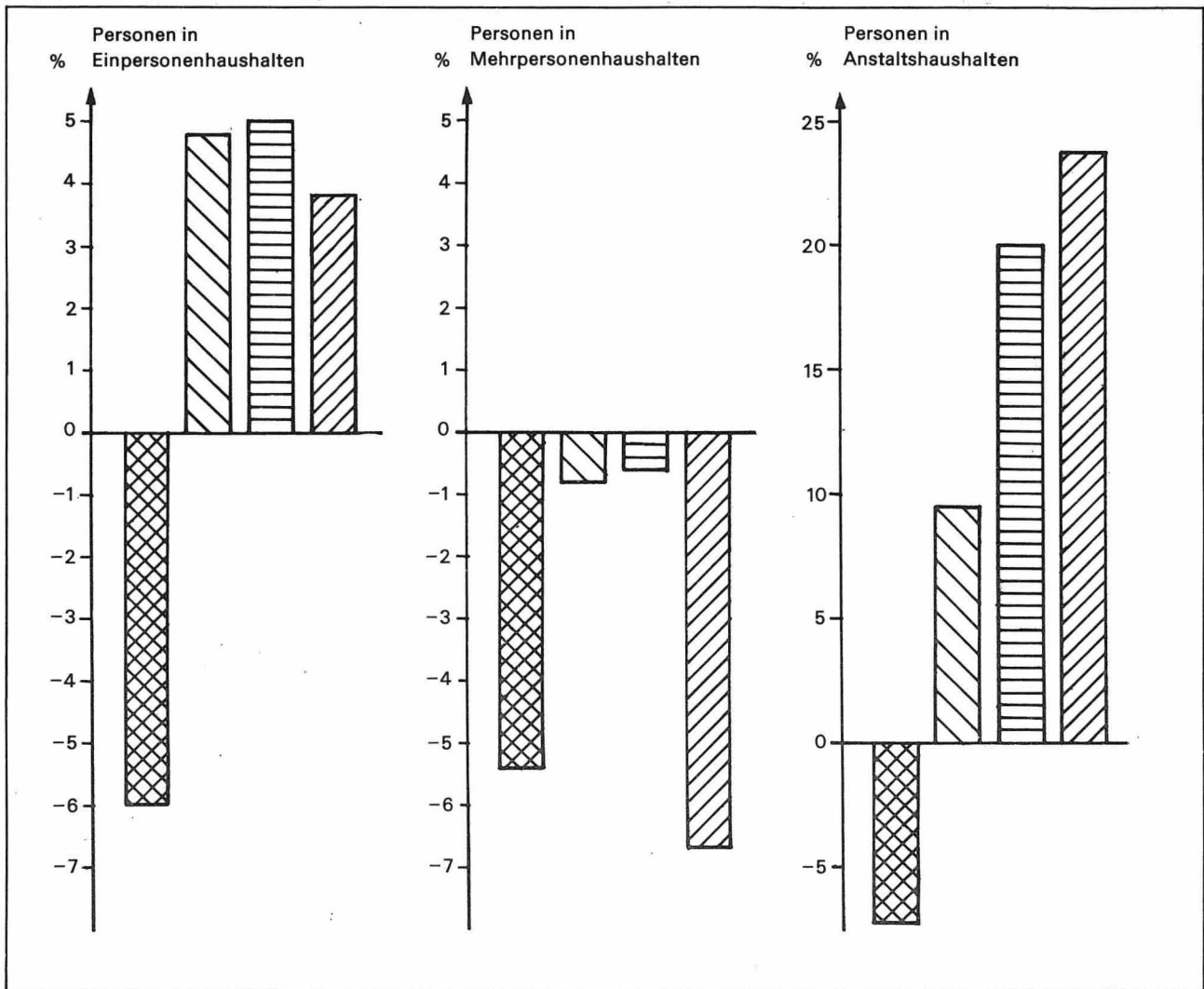


Abbildung 3
Wirkungen der unterschiedlichen Einflußfaktoren auf die Veränderung der Zahl der in den verschiedenen Haushaltsarten lebenden Personen im Bezirk Halle zwischen 1971 und 1981 (%)

überwiegenden Teil durch Veränderungen der Gesamtbevölkerungszahl verursacht. Veränderungen in der Alters- und Geschlechtsstruktur und das Wirken nichtdemographischer Faktoren trugen im Bezirk Halle und den untersuchten Kreisen gleichfalls zu der Abnahme der in Mehrpersonenhaushalten lebenden Personenzahl bei. Besonders groß war der Einfluß nichtdemographischer Faktoren auch auf die Zahl der in Anstaltshaushalten lebenden Personen. Dadurch kam es zu Zunahmen im Bezirk Halle und in den Kreisen Merseburg und Sangerhausen, aber auch zu einer Abnahme im Kreis Querfurt.

5. Wesentliche Ursachen für die Haushaltsentwicklung im Bezirk Halle

Die Wichtigung des Einflusses von demographischen und nichtdemographischen Faktoren auf die Haushaltsentwicklung ergibt, daß die Veränderung der Haushaltszahl von der Entwicklung der Bevölkerungszahl und -struktur abhängig ist. Aus der regressiven Entwicklung der Bevölkerungszahl in allen Territorien erklärt sich der „negative“ Einfluß der Bevölkerungszahl auf die

	Personen in Einpersonenhaushalten (%)	
	1971	1981
Altersgruppe		
unter 18 Jahre	0,1	0,1
18 ... unter 30 Jahre	4,9	7,8
30 ... unter 40 Jahre	3,8	4,4
40 ... unter 50 Jahre	5,4	5,8
50 ... unter 60 Jahre	14,1	11,4
60 ... unter 70 Jahre	32,0	22,7
70 Jahre und älter	39,6	47,8
Familienstand		
ledig	15,5	17,9
verheiratet	3,5	1,8
verwitwet	68,7	64,1
geschieden	12,3	16,2

Tabelle 4
Alters- und Familienstandsstruktur der in Einpersonenhaushalten lebenden Wohnbevölkerung im Bezirk Halle 1971 und 1981

Entwicklung der Haushaltszahl. Es bleibt die Frage, welche Ursachen den von Bevölkerungsstrukturänderungen ausgehenden Wirkungen zu Grunde liegen.

Die natürliche Bevölkerungsstruktur der in Einpersonenhaushalten lebenden Wohnbevölkerung ist, wie Tabelle 4 ausweist, durch einen hohen Anteil von Personen im Alter von mehr als 70 Jahren gekennzeichnet. Für die gesamte Wohnbevölkerung des Bezirkes war zwischen 1971 und 1981 eine deutliche Zunahme des Anteils, aber auch der absoluten Zahl der Personen in dieser Altersgruppe zu verzeichnen. Im Bezirk Halle betrug die Zunahme 13,4%. Damit kann ein wesentlicher Teil der Zunahme der Zahl der Einpersonenhaushalte auf die Zunahme der Anzahl der Personen dieser Altersgruppe zurückgeführt werden. Aber auch die Zunahme der Zahl der ledigen Personen über 18 Jahre, der weiblichen verwitweten Personen über 60 Jahre und der geschiedenen Personen ließ die Einpersonenhaushaltszahl deutlich steigen.

Auf Grund des nur geringen Anteils der in Anstaltshaushalten lebenden Personen wirken die soeben genannten Strukturveränderungen der Gesamtbevölkerung gleichzeitig in Richtung einer abnehmenden Zahl von Personen, die in Mehrpersonenhaushalten leben. Darüber

hinaus wird diese Entwicklung durch den sinkenden Anteil der Personen im Alter unter 18 Jahren an der Gesamtbevölkerung wesentlich geprägt. Diese leben zu über 99% in Mehrpersonenhaushalten.

Die Zahl der in Mehrpersonenhaushalten lebenden Kinder¹ nahm im Bezirk Halle um 19,2% ab. Diese Veränderung hatte keinen Einfluß auf die Zahl der Mehrpersonenhaushalte, prägte aber wesentlich deren Größenstruktur.

Wie Tabelle 5 zeigt, nahm die Anzahl der Haushalte ohne Kinder, mit einem Kind oder zwei Kindern zu, der Anteil der Haushalte mit drei oder mehr Kindern ging in allen Territorien zurück. Sowohl bei den Veränderungen der Anteile als auch bei den noch vorhandenen Unterschieden der Anteilsgrößen in den Kreisen ergeben sich grundlegende Übereinstimmungen mit den Tendenzen der Geburtenfolge zwischen 1971 und 1981. Diese Erkenntnis sowie die Verteilung der Kinder auf die Haushaltsgrößen erlauben den Schluß, daß die territorialen Unterschiede der Größenstruktur der Mehrpersonenhaushalte wesentlich durch die noch vorhandenen regionalen Unterschiede in der Anzahl der Kinder je Familie geprägt werden.

Zwischen Haushalts- und Familienentwicklung besteht dabei eine enge Beziehung. Zur Erfüllung der ökonomischen Funktion der „biologischen Familie“ ist es nicht mehr zwingend erforderlich, daß sie in einer „ökonomischen Familie“, d. h. einem Haushalt, zusammenlebt (BOJARSKIJ 1977). Dieses „Aufspalten“ der früheren Mehrgenerationenfamilien in die gegenwärtig typischen „Zwei-Generationen-Kernfamilien“ hat direkte Auswirkungen auf die Haushaltsgrößenstruktur und die Zahl der Haushalte. Während sich die Zahl der Mehrpersonenhaushalte, in denen zwei Kernfamilien² zusammenleben, im Bezirk Halle weiter verringerte, nahm die Zahl derjenigen Haushalte zu, in denen neben der Kernfamilie noch weitere Personen leben. So ist das Aufsplittungs-

1 Entsprechend der Auswertung der Volks-, Berufs-, Wohnraum- und Gebäudezählung sind Kinder hier die Personen im Alter unter 17 Jahren

2 Kernfamilie = Ehepaar oder Ehepaar und unverheiratete Kinder oder Elternteil und unverheiratete Kinder

Mehrpersonenhaushalte	Bezirk Halle		Kreis Merseburg		Kreis Querfurt		Kreis Sangerhausen	
	1971	1981	1971	1981	1971	1981	1971	1981
ohne Kinder	48,6	50,1	48,5	52,5	47,2	50,5	44,6	49,2
mit einem Kind	26,4	29,3	26,7	28,7	26,0	26,4	26,8	28,0
mit 2 Kindern	15,5	16,9	15,7	15,3	16,0	19,1	17,6	18,6
mit 3 Kindern	5,8	2,8	5,5	2,6	6,3	3,2	6,7	3,3
mit 4 Kindern	2,2	0,6	2,1	0,6	2,6	0,5	2,8	0,6
mit 5 Kindern	0,9	0,2	0,9	0,2	1,2	0,2	1,0	0,2
mit ≥ 6 Kindern	0,6	0,1	0,6	0,1	0,7	0,1	0,6	0,1

Tabelle 5

Zusammensetzung der Mehrpersonenhaushalte nach der Anzahl der Kinder unter 17 Jahre im Bezirk Halle und in ausgewählten Kreisen dieses Bezirkes im Vergleich zwischen 1971 und 1981 (%)

tential von einem Mehrpersonenhaushalt in zwei Mehrpersonenhaushalte kaum noch vorhanden, aber es muß weiterhin mit dem „Aufspalten“ zweier Mehrpersonenhaushalte in drei Mehrpersonenhaushalte gerechnet werden. Darüber hinaus muß die ständig vorhandene Möglichkeit des Ausscheidens einzelner Personen aus Mehrpersonenhaushalten und die damit verbundene Gründung von Einpersonenhaushalten beachtet werden.

Die Zahl und die natürliche Struktur der in Anstaltshaushalten lebenden Personen werden entscheidend durch die ökonomischen und sozial-ökonomischen Besonderheiten der Territorien beeinflusst. Auch die Strukturveränderungen zwischen 1971 und 1981 waren territorial stark differenziert. Als einheitliche Tendenz wurde jedoch festgestellt, daß die Strukturverschiebungen zugunsten der Personen im Alter über 70 Jahren, die zugleich einen hohen Anteil an allen in Anstaltshaushalten lebenden Personen aufweisen (im Bezirk Halle rd. 40%), eine Zunahme der in Anstaltshaushalten lebenden Personen bewirkten.

Die nichtdemographischen Wirkungen als Ausdruck von Verhaltensänderungen hinsichtlich der Zugehörigkeit zu einer bestimmten Haushaltsart waren besonders bei der Entwicklung der Einpersonenhaushalte und der Zahl der in Anstaltshaushalten lebenden Personen von Bedeutung (Abbildung 3). Mit Ausnahme

der 50- bis 60jährigen konnte in allen Altersgruppen zwischen 1971 und 1981 im Bezirk Halle eine Zunahme der Anteile der in Einpersonenhaushalten lebenden Personen beobachtet werden. Dabei stiegen die Einpersonenhaushaltsquoten in den Altersgruppen der Personen unter 40 und über 70 Jahre besonders. Die Personen im Alter von über 70 Jahren haben somit nicht nur auf Grund der Zunahme ihrer Zahl, sondern auch infolge ihres veränderten Verhaltens entscheidend zur Zunahme der Einpersonenhaushalte beigetragen.

Es ist jedoch zu beachten, daß die registrierten Verhaltensänderungen nur Ausdruck der tatsächlich erfolgten Veränderungen sind. Diese stellen aber sowohl das Ergebnis der Änderungen allgemeiner Verhaltensweisen als auch der Möglichkeiten für deren Realisierung dar. Die registrierten Verhaltensänderungen der Personen in den Altersgruppen unter 40 und über 70 Jahre sind somit zum einen Ausdruck der veränderten allgemeinen Verhaltensweisen hinsichtlich des Zusammenlebens mehrerer Generationen in einem Haushalt. Zum anderen beeinflussten auch die Realisierungsmöglichkeiten und dabei besonders die Wohnungsbestandsveränderungen die tatsächliche Entwicklung. Dabei hat die Wohnungsbestandsentwicklung mit Sicherheit die Zunahme der Einpersonenhaushalte mit Personen unter 40 Jahre begrenzt. Dagegen dürfte die Zahl der Plätze in Feierabend-

und Pflegeheimen trotz einer Zunahme um rund 3500 Plätze auf Grund der sehr starken Zunahme der Zahl der Personen im Alter über 70 Jahre um rund 24000 die Zunahme der Einpersonenhaushalte verstärkt und die Zahl der Personen in Anstaltshaushalten begrenzt haben.

Bei einer fundierten Prognose der Haushaltsentwicklung, die ein wichtiger Ausgangspunkt für die Planung der Zahl und Größe der neu zu bauenden Wohnungen ist, müssen diese Zusammenhänge und Tendenzen stets beachtet werden.

Literatur

BOJARSKIJ, A.:

Zur Korrelation der Einkommen in der Familie. – In: Beiträge zur Demographie. – Berlin 1 (1977), S.116.

ROGAHN, J.:

Analyse der territorial und zeitlich differenzierten Entwicklung der Bevölkerung im Bezirk Halle und ihrer Wirkungen auf die Entwicklung der Haushalte der Bevölkerung. – Halle (Diss. A) 1984.

SCHWARZ, K.:

Methoden der Bevölkerungsvorausschätzung unter Berücksichtigung regionaler Gesichtspunkte. – Hannover, 1975.

Sämtliche in Text, Tabellen und Abbildungen ausgewiesenen statistischen Angaben entstammen statistischem Material der Staatlichen Zentralverwaltung für Statistik, Bezirksstelle Halle oder wurden aus diesem vom Autor berechnet.

Besprechungen

BENDER, F. (Hrsg.)

Angewandte Geowissenschaften in 4 Bänden.
Band III: Geologie der Kohlenwasserstoffe,
Hydrogeologie, Ingenieurgeologie,
Angewandte Geowissenschaften in
Raumplanung
und Umweltschutz.

674 Seiten, 470 Abbildungen (davon 23 farbig),
2 Falttafeln, 90 Tabellen.

Ferdinand Enke Verlag: Stuttgart, 1984.

Ein Kollektiv von Praktikern der Geowissenschaften zeichnet für den dritten Band dieses Handbuches, der den Methoden der Erdölgeologie, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie und der Angewandten Geowissenschaften in Raumplanung und Umweltschutz gewidmet ist (vgl. auch die Rezension von Band I in Bd. 9 dieses Jahrbuches, Jg. 1984, S. 142). Jedes der vier Kapitel des vorliegenden Werkes stellt eine in sich abgeschlossene Übersicht dar. Behandelt werden u. a. die Exploration der Kohlenwasserstoffe, die Parameter der Grundwassererkundung und -erschließung, der Ingenieurgeologie in Erd- und Grundbau (Bodenmechanik), im Felsbau (Felsmechanik), im Salzgebirge (Salzmechanik) und im Talsperrenbau. Andere Abschnitte des Buches beschäftigen sich mit der Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen und -speicherräume, dem Grundwasserschutz, der Baugrunddynamik. Während keine Beispiele für die Darstellung der Sachverhalte in ingenieurgeologischen Karten gegeben werden – die Bemerkung „für ingenieurgeologische Karten werden größtenteils die kartographischen Darstellungsmethoden der geologischen, hydrologischen und geomorphologischen Karten verwendet“ ist sehr pauschal – finden sich farbige Beispiele für hydrogeologische Karten. Es fällt aber auf, daß der kartographischen Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit nur geringe Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die Laboruntersuchungsmethoden werden vielfach mit Vergleichszahlen belegt, doch fehlt ein ausgesprochenes Tafelwerk.

Die Leser des Halleschen Jahrbuches für Geowissenschaften interessiert vor allem das Kapitel „Angewandte Geowissenschaften in Raumplanung und Umweltschutz“. Ausgehend von den Begriffsdefinitionen wie sie in der Raumplanung der BRD gebräuchlich sind, wird besonderer Wert auf die Darstellung in Karten für die Raumplanung, z. B. für bodenkundliche Standorte, Baugrundplanung, Grundwassergefährdung, Lagerstätten, schutzwürdige geowissenschaftliche Objekte, vorrangige Nutzung aus geowissenschaft-

licher Sicht, Flächennutzungsplanung und Rohstoffsicherung gelegt. Der Abschnitt „Geowissenschaften im Umweltschutz“ reicht von der Erdbebengefährdung und vom Vulkanismus bis zur Gefährdung der Umwelt durch menschliche Eingriffe, wie die anthropogene Gefährdung durch die Landwirtschaft, die Schwermetallbelastung, den Bergbau, die Industrie und das Gewerbe, durch Deponien, Luftverunreinigung und Besiedlung. Der Leser in der DDR kann erkennen, daß Umwelt- und Territorialgeologie in der DDR einen Vergleich nicht zu scheuen braucht.

Die Aufmachung des Buches entspricht dem im Enke Verlag üblichen Standard.

M. SCHWAB

Kurze Mitteilungen

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 11
Seite 117...119
VEB H. Haack Gotha 1986

Zur geochemischen Differenzierung von Granitoiden der DDR durch Seltene Erden

Seltene Erden werden zur Differenzierung von Granitoiden oft benutzt (z. B. KOVALENKO u. a. 1983). Unsere Untersuchungen mit INAA¹ an unbeanspruchten variszischen und prävariszischen Granitoiden erstrecken sich auf über 1000 Proben aus den meisten Granitoidvorkommen im Südteil der DDR. Die statistische Untersuchung der Analysendaten nach einer Methode von JUST, ZWANZIGER und FROMM 1985 auf der Grundlage von 5 Seltenen Erden und 10 weiteren Elementen ergab 5 Cluster: 1. basische Granitoide, 2. normale Granitoide, 3. normale, entwickelte Granitoide, 4. Übergangsganitoiden und 5. hochdifferenzierte Granitoide (i. allg. leukokrate Seltenelementgranitoide TAUSONS 1977).

Die chondritnormierte Darstellung der Mittelwerte der Seltenerdgehalte in den 5 Clustern der Granitoide der DDR (Tabelle 1, Abbildung 1) zeigt:

1. eine von Cluster 2 bis 5 deutlich zunehmende negative Eu-Anomalie,
2. eine differenzierte Abnahme der leichten Seltenen Erden von Cluster 1 bis 5
3. eine geringe Differenzierung der schweren Seltenen Erden Tb, Yb und Lu; hierbei ist zu beachten, daß Tb und Yb durch INAA nicht sehr genau bestimmt werden können.

Tabelle 1
Mittlere Seltenerdkonzentration (g/t) in den Clustern (Granitoide) 1 bis 5

	1	2	3	4	5
La	60,9	40,3	26,6	25,4	10,5
Ce	125,2	85,7	57,0	57,9	29,3
Nd	62,4	38,4	26,4	30,7	14,4
Sm	8,52	5,75	4,93	5,71	2,83
Eu	1,71	0,97	0,45	0,24	0,15
Tb	0,80	0,78	0,74	0,93	0,58
Yb	2,61	2,83	3,74	4,5	3,3
Lu	0,5	0,53	0,70	0,92	0,74

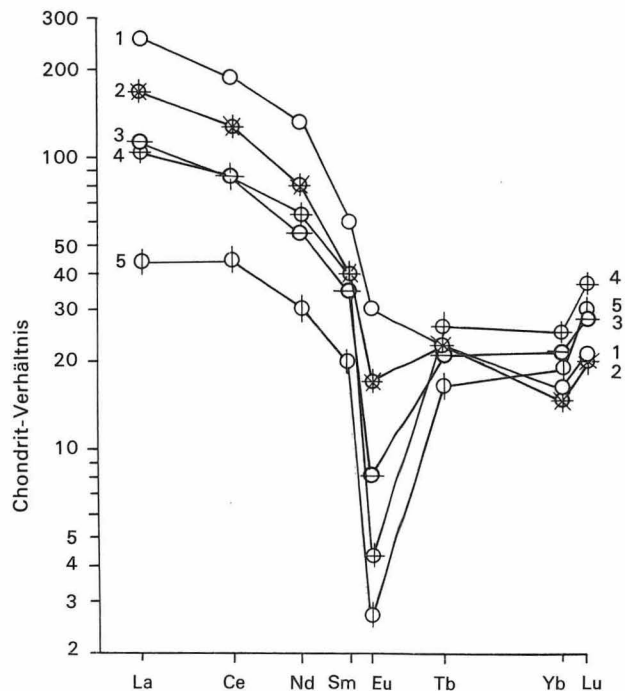


Abbildung 1
Chondritnormierte Gehalte (Mittelwerte) der Seltenen Erden in den Clustern 1 bis 5

Im Cluster 1 sind genetisch sehr verschiedene Typen vertreten, so die Granodiorite der Lausitz und Granitoide des lineamentgebundenen Meißener Plutons (verwandt den I-Graniten; MITCHELL und BECKINSALE 1982 bzw. CHAPPEL und WHITE 1974). Auch Cluster 2 enthält Granitoide verschiedener genetischer Gruppen, so den GM² des Meißener Plutons, Granitoide des Granulitgebirges und wenig spezialisierte Granitoide, z. B. des Harzes und des Erzgebirges. In Cluster 3 sind vor allem etwas differenzierte (= entwickelte) Granitoide der fluorarmen Subformation postkinematischer variszischer Granitoide (TISCHENDORF u. a. 1976) enthalten. In Cluster 5 sind die hochdifferenzierten Granitoide der fluorreichen Subformation, die Seltenelementgranitoide, enthalten. Cluster 4 nimmt eine Übergangstellung zwischen 3 und 5 ein.

Es wird zunächst angenommen, daß die unterschiedliche Differenzierung der Seltenen Erden unterschiedliche petrogenetische Prozesse widerspiegelt, die prinzipiell gleichartig in den

1 Instrumentelle Neutronenaktivierungsanalyse
2 RGW-Standardprobe des Zentralen Geologischen Instituts von Granit Meißen, DDR

	Telnice, ČSSR	Schellerhau	Altenberg 2
La	46,2	29,0	31,0
Ce	95,8	69,3	86,4
Nd	38,0	32,9	39,0
Sm	5,0	6,1	8,2
Eu	0,91	0,26	0,1
Tb	0,47	1,12	1,4
Yb	1,78	6,8	8,5
Lu	0,36	1,5	2,2

Tabelle 2
Seltenerdkonzentrationen (g/t) aus Granitoiden des
Osterzgebirgischen Teilplutons

genetisch verschiedenen Gruppen ablaufen, so z. B. die Abtrennung von Feldspäten, die die leichten Seltenen Erden, besonders stark Eu, abfangen, sowie eine Abtrennung von Akzessorien, in die – summarisch gesehen – alle Seltenen Erden eingehen. Solche Tendenzen, z. B. die Eu-Verarmung, sind auch von silesischen postkinematischen Granitoiden des Schwarzwaldes (BRD) bekannt (EMMERMANN u. a. 1975). Eine für die Analyse magmatischer Tiefenprozesse wichtige Besonderheit ist die starke Differenzierung der Gehalte der Seltenen Erden im Erzgebirgspluton. Im Osterzgebirgischen Teilpluton, dem Elbtallineament benachbart, sind die Gehalte insbesondere der schweren Seltenen Erden relativ hoch (Tabelle 2); im westergebirgischen Teilpluton sind sie niedrig, z. T. sehr niedrig (GERSTENBERGER u. a. 1984). Damit ist ein Hinweis auf partiell unterschiedliche genetische Prozesse in unterschiedlichen Massiven der Seltenelementgranitoide des Erzgebirgsplutons gegeben.

Literatur

CAPPEL, B.W., und A.J.R. WHITE:

Two contrasting granite types. – In: Pacific geology. – Tokyo 8 (1974), S.173...174.

EMMERMANN, R., L. DAIEVA und J. SCHNEIDER:

Petrological significance of rare earth distribution in granites. – In: Contrib. Mineral. Petrol. – Heidelberg 52 (1975), S.267...283.

GERSTENBERGER, H., u. a.:

Zur Charakterisierung der Granite im Westergebirge: Rb/Sr – radiogeochronologische Untersuchungen und Spurenelementkonzentrationen. – In: Freiburger Forschungs-H. – Leipzig C 389 (1984), S.220...246.

JUST, G., H. ZWANZIGER und O. FROMM:

Eine Schnellmethode zur Charakterisierung geologischer Proben mittels rechnergesteuertem INAA Meßplatz und multivariater Statistik. – PREPRINT COMPANA 85, 9. bis 12.7.1985, Jena.

KOVALENKO, V.I., u. a.:

K geochimii redkozemel'nych élementov v intrusivnykh porodach izvestkogo-ščeločnoj serii. – In: Geochimija. – Moskva (1983), S.172...183.

MITCHELL, A.H.G., und R.D. BECKINSALE:

Mineral deposits associated with calc-alkaline rocks. – In: THORPE, A.S.: Andesites – Orogenic andesites and related rocks. – Chichester, 1982.

TAUSON, L.V.:

Geochimičeskije tipy i potencialnaja rudonosnost granitoidov. – Moskva, 1977.

TISCHENDORF, G., u. a.:

On the formational division of acid plutonites and subsequent volcanics in the southern part of the German Democratic Republic as basis of their metallogenetic evaluation. – In: The current metallogenetic problems of Central Europe. – Warszawa, 1976, S.125...140.

Besprechungen

Nordwestdeutsches Oberkarbon.

Beiträge zur Lagerstätten erkundung des nordwestdeutschen Steinkohlengebiets, Teile 1 und 2.

Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalen.

Band 32.

339 Seiten, 94 Abbildungen, 34 Tabellen, 28 Tafeln.

Band 33.

323 Seiten, 93 Abbildungen, 32 Tabellen, 7 Tafeln.

Krefeld, 1984 und 1985.

Der bekannte Kohlengeologe ROLF TEICHMÜLLER, dessen Tod (6. 10. 1983) die internationale Fachwelt zu beklagen hatte, gab die Anregung und die Konzeption für die erneute Darstellung des aktuellen Kenntnisstandes des nordwestdeutschen Oberkarbons. 44 Autoren stellen in 31 Aufsätzen neue Untersuchungsergebnisse zur Stratigraphie, Sedimentologie und Tektonik der flözführenden Schichten, zur Geologie der Kaolin-Kohlentonsteine, zur Kohlenpetrologie und zur Paläogeothermie und Inkohlung dar, von denen nur einige wenige herausgehoben werden können.

Besonderes Interesse verdienen die Aufsätze, die überregionale Vergleiche mit den sich nach Westen und Osten anschließenden Räumen der Niederlande und Belgiens einerseits und der DDR andererseits gestatten. Hierzu gehören die neue farbige Inkohlungskarte der Karbonoberfläche im Maßstab 1:500 000 (M. und R. TEICHMÜLLER, H. BARTENSTEIN), der Schnitt durch das nordwestdeutsche Oberkarbon-Becken vom Ruhrgebiet bis zur Nordsee (G. STANCU-KRISTOFF, O. STEIN), die Übersicht zur Verbreitung der Kohlenflöze des Oberkarbons in Nordwestdeutschland und ihre stratigraphische Einstufung (H. A. HEDEMANN u. a.), paläobotanisch-stratigraphische Untersuchungen im Westfal C-D von Nordfrankreich und Nordwestdeutschland (K. H. JOSTEN, J. P. LAVAIINE) sowie die verschiedenen Aufsätze zur paläogeothermischen Entwicklung von G. BUNTEBARTH, J. KOPPE, V. WEBER, R. und M. TEICHMÜLLER.

Von überregionalem Interesse sind die Beiträge zur Erdgasgenese. Als Maß für den Ablauf der Kohlenwasserstoffgenese wird von M. RADKE u. a. die sehr gute Korrelation zwischen einem definierten Methylphenanthren-Index und dem Reflexionsgrad des Vitrinit hervorgehoben. Mit Hilfe von quantitativen organisch-geochemischen Untersuchungen der schwerflüchtigen gesättigten Kohlenwasserstoffe werden

Anhaltspunkte für das Erkennen und die Beurteilung der Migration von Kohlenwasserstoffen im Mutter- und im Trägergestein dargestellt (D. LEYTHÄUSSER u. a.). Der Einfluß der magmatischen Aufheizung durch das basische bis ultrabasische Bramscher Massiv (Unter- bis Oberkreide) wird durch Inkohlungsmessung mit einem Paläotemperaturgradienten von 65–92 °C/km ermittelt (R. und M. TEICHMÜLLER, G. BUNTEBARTH). Die Fortsetzung der linksrheinischen Aachener Überschiebung nach Osten und ihre Beziehungen zur rechtsrheinischen Satanela-Überschiebung werden von V. WREDE analysiert. Diese Untersuchung beschäftigt sich mit dem Ausklingen bzw. der Begrenzung der Dinant-Decken nach Osten. Entgegen einer Deutung als Wurzelzone einer heute erodierten Decke, weist der Autor auf Erscheinungen hin, die die Satanela-Überschiebung als eine faltungsbedingt entstandene, N-vergente Überschiebung charakterisieren.

Abschließend sei auf die Arbeiten zur Geologie der Kaolin-Tonsteinhorizonte verwiesen, die wichtige stratigraphische Leithorizonte in der 3000 m mächtigen steinkohlenführenden Schichtenfolge darstellen (K. BURGER u. a.) und deren vulkanogene Entstehung durch Relikte von Schmelztuffen belegt wird. (K. BURGER u. G. STADLER). Besondere Aufmerksamkeit verdienen die isotopischen Altersbestimmungen an pyroklastischen Sanidinen (H. J. LIPPOLT u. a.). ⁴⁰Ar/³⁹Ar-Datierungen werden als Eichmarken der geologischen Zeitskala für das Oberkarbon verwendet. Es wird eine Revision der oberkarbonischen Zeitskala empfohlen. Im Vergleich zu den Werten von ODIN und GALE (1982) sind die aus den Altersdatierungen der besprochenen Arbeit abgeleiteten Zeitskalenwerte für die Oberkarbon-Stufengrenzen jeweils um etwa 5 Mio a zu alt (Tabelle).

	Zeitskalenwerte nach ODIN u. GALE (1982)	Vorläufige Alterswerte von H. J. LIPPOLT u. a. (1984)
Autun	290 \pm 10 5 Mio a	300 \pm 1 Mio a
Stefan	300 Mio a	305 \pm 1 Mio a
Westfal	310 Mio a	315 Mio a
Namur	320 \pm 10 5 Mio a	
Dinant		

Beide rezensierten Bände zeichnen sich durch hervorragende Aufmachung und solide Redaktion aus. Durch Namens-, Sach- und Ortsregister wird ihr Inhalt erschlossen.

M. SCHWAB