

HANS RICHTER zum 60. Geburtstag

Am 24. Dezember 1984 beging HANS RICHTER seinen 60. Geburtstag. Dieses Ereignis bietet Anlaß, das vielseitige und engagierte Wirken des Jubilars zu würdigen, das die Entwicklung der Geographie unseres Landes wesentlich geprägt hat.

HANS RICHTER wurde in Annaberg geboren. Nach dem Abitur erfolgte 1942 seine Einberufung zum Militärdienst. Die Nachkriegszeit sieht ihn zunächst als Bauhilfsarbeiter und dann als Neulehrer in Sehma und Annaberg. Nach dem Abschluß eines Lehrerstudiums (Geographie und Physik) an der Pädagogischen Fakultät der Karl-Marx-Universität Leipzig trat er als wissenschaftlicher Assistent bei ERNST NEEF in das Geographische Institut ein. Hier erfolgte nach der Promotion und Habilitation 1960 seine Berufung zum Dozenten für Physische Geographie und 1963 zum Professor mit Lehrauftrag. Mit der Gründung der Sektion Geographie wurde HANS RICHTER zum ordentlichen Professor an die Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg berufen. An beiden Universitäten übte er verantwortliche Leitungsfunktionen aus. Von 1965 bis 1969 war er Prodekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karl-Marx-Universität. Als Stellvertretender Direktor für Forschung der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität (1969...1979) und als Leiter des Wissenschaftsbereiches Physische Geographie (seit 1969) trug HANS RICHTER zur wissenschaftlichen Profilierung dieser Sektion wesentlich bei.

Der wissenschaftliche Entwicklungsweg HANS RICHTERS zeichnet sich durch ein sehr breites Betätigungsfeld aus. Dies findet in mehr als 100 Veröffentlichungen seinen sichtbaren Ausdruck. Dabei lassen sich einzelne Entwicklungsphasen erkennen, die zugleich als durchgehende Linien zu verfolgen sind.

Die Anfänge seiner Forschungsarbeit führen uns in die erzgebirgische Heimat HANS RICHTERS. Er widmet sich hier Fragen der Geomorphologie und Landschaftsgenese, die auch auf das Gebirgsvorland ausgeweitet werden. Spä-



ter dehnt er seine Forschungen auf Probleme des Periglazials, der Lößstratigraphie und der Hochgebirgsmorphologie aus.

Die Arbeit „Der Boden des Leipziger Landes“ (1964) markiert eine neue Forschungsrichtung. Er wendet sich nunmehr der Landschaftsökologie und Naturraumproblematik zu. Nach regionalen Untersuchungen im sächsischen Raum schließen sich theoretische Erörterungen an, die im „Modell des Geokomplexes“ (1968) gipfeln und im „Abriß der Naturraumtypen der DDR“ (1974) ihre großräumige Anwendung finden.

Seit den 70er Jahren bearbeitet HANS RICHTER hauptsächlich Fragen der Landschaftsforschung unter den Aspekten der technogenen Veränderungen des Naturraumes und der Flächennutzung. Mit der Erfassung des landeskulturellen Zustandes des Territoriums und der Systematisierung und Klassifikation der nutzungsgesteuerten gesellschaftlichen Einflüsse auf den Naturraum wird eine Basis für die Ableitung von Maßnahmen zur Erhaltung und Sicherung der Naturressourcen gelegt. Neben ihrer wissenschaftstheoretischen Bedeutung sind diese Arbeiten ein Beitrag für die Anwendung geographischer Forschungsergebnisse in der gesellschaftlichen Praxis. Insbesondere erweisen sie sich bei der Planung und Gestaltung territorialer Prozesse und Strukturen als wesentliche Anregungen.

Ein stetes Anliegen HANS RICHTERS war die Förderung der geographischen Auslandsforschung. So gingen vor allem aus seinen Reisen nach Sibirien, in die Mongolische Volksrepublik, nach Indien, Ägypten und schließlich nach Moçambique zahlreiche Veröffentlichungen mit einem breitgefächerten inhaltlichen Spektrum hervor.

Als Geograph fühlte sich HANS RICHTER auch der Weiterentwicklung der Kartographie verpflichtet. Neben der Autorenschaft wichtiger thematischer Karten ist seine Mitarbeit am „Atlas DDR“, als Mitglied des Herausgeberkollektivs und Mitautor, hervorzuheben. Dieses Atlaswerk ist als wesentlicher Beitrag zur Entwicklung einer nationalen Geographie zu werten und führte zu einer Auszeichnung des Herausgeberkollektivs mit dem Nationalpreis II. Klasse.

Bei allen seinen Arbeiten hat HANS RICHTER den internationalen Kontakt gesucht. Hier seien nur die langjährige Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, die Mitarbeit an Themen oder in Kommissionen des RGW, der IGU und der INQUA genannt.

HANS RICHTER ist ein sehr engagierter Hochschullehrer, der seine Schüler für die Geographie und die wissenschaftliche Arbeit zu begeistern versteht. Die Umsetzung der Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Arbeit und seiner Erfahrungen in die Lehre ist für ihn ein wichtiges Grundprinzip, das auch in der Abfassung mehrerer Lehrbücher seinen Ausdruck findet. Die Betreuung von über 40 Dissertationen, die zur Promotion beziehungsweise zur Habilitation führten, ist Ausdruck seiner Bemühungen um die Entwicklung unseres wissenschaftlichen Nachwuchses. Für dieses Gesamtwirken erfolgte neben zahlreichen anderen Ehrungen seine Auszeichnung mit dem Titel „Verdienter Hochschullehrer“.

Mit seinem reichen Erfahrungsschatz konnte HANS RICHTER in verschiedenen zentralen wissenschaftlichen Gremien der Geographie richtungweisend wirksam werden. Er war Präsident der Geographischen Gesellschaft der DDR und ist heute Herausgeber der Wissenschaftlichen Abhandlungen dieser Gesellschaft. Seit 1977 hat er als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirates für Geographie beim Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen der Entwicklung der Geographie in wichtigen Bereichen entscheidende Impulse verliehen.

Wir wünschen dem Jubilar zu seinem 60. Geburtstag weiterhin Gesundheit, Wohlergehen und ein erfolgreiches Schaffen.

E. MÜCKE

Zusammenfassung

Am 23. November 1984 bestand das Geiseltalmuseum der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg 50 Jahre. Es entwickelte sich von 1934 bis 1984 zu einer national und international bedeutenden Bildungs-, Forschungs- und Kulturstätte. Eine seiner Schwerpunktaufgaben sind Forschungen an altpaläogenen Vertebraten (Säugetiere) eines einmaligen geschlossenen Fundkomplexes, eines Paläoökosystems, aus der größten erdgeschichtlichen Entwicklungsphase der Säugetiere vor etwa 49 bis 47 Millionen Jahren. Ein Abriss über einige wichtige wissenschaftliche Arbeitsergebnisse vermittelt einen Einblick in die wissenschaftshistorische Entwicklung dieser geowissenschaftlichen Einrichtung der DDR.

Summary

50 Years Halle Geiseltalmuseum

On November 23, 1984, the Geiseltalmuseum of Halle-Wittenberg Martin-Luther-Universität has existed for 50 years. From 1934 to 1984 it developed into a nationally and internationally outstanding educational, cultural and research establishment. One of its key assignments is the research after Palaeogene Vertebrata (mammalia) of a unique comprehensive complex of discoveries, a palaeoecosystem, from the largest geological evolutionary phase of mammalia about 49 to 47 million years ago. A survey of some important results of scientific work affords a view of the scientific-historical development marking this geoscientific establishment of the GDR.

Резюме

Галльскому музею Гейзельтальмузеум 50 лет

23 ноября 1984 отмечился пятидесятилетний юбилей музея Гейзельтальмузеум Галльского университета им. Мартина Лютера. С 1934 по 1984 он превратился в национального и международного значения центр образования, исследования и культуры. Одной из его главных задач является изучение палеогеновых позвоночных животных уникального замкнутого местонахож-

50 Jahre Geiseltalmuseum Halle (Saale)

Mit 2 Photos im Text

Autor:

Dr. GÜNTER KRUMBIEGEL
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Sektion Geographie
Wissenschaftsbereich
Geologische Wissenschaften
und Geiseltalmuseum
4020 Halle (Saale)
Domstraße 5

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 3...7
VEB H. Haack Gotha 1985

дения, которое представляет собой палеоэкосистему самой большой фазы развития позвоночных животных в истории Земли, происшедшей приблизительно 49—47 млн. лет тому назад. Очерк некоторых значительных результатов научного труда даёт представление о научно-историческом развитии этого учреждения ГДР, занимающегося науками о Земле.

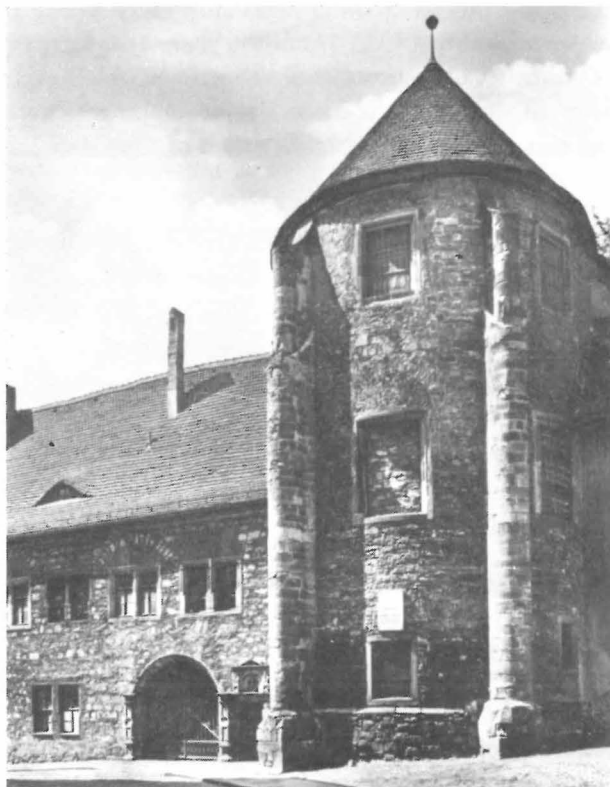
Das heutige Geiseltalmuseum der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg ging am 23. November 1934 aus dem ehemaligen Geologisch-Paläontologischen Institut der Universität Halle als ein Universitätsmuseum hervor. Es umfaßte zur Zeit seiner Gründung speziell den Sammlungskomplex der „Geiseltalsammlung“, der vorwiegend aus Wirbeltieren des Eozäns im Geiseltal bestand (Photo 1).

Die Ausgrabungsfunde aus den Tagebauen des Geiseltales bei Merseburg hatten innerhalb kurzer Zeit einen solchen Umfang und infolge sofortiger systematisch-morphologischer Bearbeitung eine solche wissenschaftliche Bedeutung angenommen, daß man ihnen damals eine eigene, öffentlich zugängliche paläontologische Schausammlung zubilligte. Heute sind in das Geiseltalmuseum auch noch die geowissenschaftlichen Sammlungen des ehemaligen halleschen Geologisch-Paläontologischen und des Mineralogisch-Petrographischen Institutes

Photo 1

Das Geiseltalmuseum in Halle/Saale, Ostchor der Privatkapelle und Eingang zur ehemaligen Residenz des Kardinals Albrecht von Brandenburg (Renaissance-Bauwerk, erbaut 1531...1539)

(Photo W. DANZ)



integriert. Das Museum ist zu einer der bedeutenden geowissenschaftlichen Sammlungen und Ausstellungen der DDR geworden und nimmt national und international als Bildungs-, Forschungs- und Kulturstätte eine wichtige und aktive Stelle im wissenschaftlichen Leben der DDR ein.

Unter den geowissenschaftlichen Museen hat das Geiseltalmuseum eine Sonderstellung inne, da es die alttertiären Fossilfunde, insbesondere die höheren Vertebraten (Säugetiere), und die Ergebnisse ihrer Bearbeitung aus einem einmaligen geschlossenen Fundkomplex, einem Paläoökosystem, sowohl der Fachwissenschaft als auch der Öffentlichkeit zur Kenntnis gibt.

Da das geologische Alter der Geiseltalfunde der Zeit der größten Entwicklungsphase der Säugetiere entspricht, in der die Grundlagen für die Evolution der heutigen Tierwelt gelegt wurden, können an ihnen Wirkungsweisen der Evolution demonstriert werden. Solche Studien werden heute weltweit betrieben, und ihre Ergebnisse gründen sich auf umfassende Vergleiche. Hier stellt das Geiseltalvorkommen für die Zeit des Alttertiärs einen höchst bedeutsamen Bezugspunkt der paläontologischen Forschung von internationalem Rang dar. Hinzu kommt, daß aus der vergleichenden Analyse räumlich und zeitlich relativ nahe beieinander liegender europäischer Fundplätze von Mammalierfaunen, wie Messel, Geiseltal, Buxwiller und Egerkingen, ein vollständiges Gesamtbild der Mammalierfaunen des europäischen Mitteleozäns im Sinne eines erdgeschichtlichen Entwicklungsabschnittes resultiert (HAUBOLD 1982). Ähnliche Aussagen sind mit Hilfe der Wirbellosenfauna des Geiseltales möglich (KRUMBIEGEL 1982). Heute läßt sich die Geiseltalfauna klar in die Abfolge der Säugetierfauna des europäischen Mitteleozäns einbinden, im Gegensatz zu der früheren Ansicht, als man glaubte, daß die Geiseltalfauna einen endemischen Charakter hätte.

Auf der Grundlage der geologischen, biostratigraphischen und palynologischen Untersuchungen im Geiseltal eröffnen sich heute aber auch ganz neue und vor allem praxisbezogene Gesichtspunkte in der Geiseltalforschung. Sie stehen im Zusammenhang mit dem gesteiger-

ten Interesse an der Erkundung neuer mineralischer Rohstoffe in der DDR, speziell mit der Braunkohlenforschung, deren wirtschaftliches Hauptziel die Sicherung der Rohstoffbasis Braunkohle für die Energieerzeugung ist.

Über die Entwicklung der ersten 25 Jahre im Geiseltalmuseum berichteten KRUMBIEGEL 1959, 1970, 1984; MATTHES und KRUMBIEGEL 1960, 1967 und MATTHES 1976. Daher soll hier nur ein kurzer Abriß über die Zeit von 1959 bis 1984 mit den wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnissen gegeben werden. Dieser kann jedoch bei weitem nicht vollständig sein.

Am 9. Oktober 1958 verlor das Geiseltalmuseum seinen Direktor, HANS GALLWITZ (1896...1958), der 1949 die Ausgrabungen in der Fossilagerstätte Geiseltal neu begann und die wissenschaftliche Bearbeitung der Funde stetig und gezielt vorantrieb.

Die Geiseltalforschung ist seit 1959 dadurch gekennzeichnet, daß sich eine internationale Forschungskoooperation entwickelte und daß damit eine bedeutende Qualitätssteigerung erreicht wurde. Sowohl die Ausgrabungen als auch die wissenschaftliche Bearbeitung der Geiseltalfunde erfolgten unter verstärkter Einbeziehung von Wissenschaftlern der sozialistischen Staaten und anderer Länder und mit Hilfe der großzügigen Unterstützung durch das Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen der DDR und die Volkseigenen Betriebe im Geiseltal.

Schon 1966 wurden die ersten Forschungsergebnisse auf einem internationalen Kolloquium vorgetragen (KRUMBIEGEL und SCHMIDT 1966, 1968; MATTHES 1967).

Die detaillierte feinstratigraphische Inventarisierung der Tagebaue ermöglichte nunmehr eine genaue biostratigraphische Einordnung der Wirbeltierfundstellen ins Kohleprofil des Geiseltalflozes, was sich in evolutiven Aussagen mit Hilfe der Säugetiere widerspiegelte (FISCHER 1962). Vorangetrieben wurde die Untersuchung der paläobotanischen Reste, wie Pollen und Sporen, Pteridophyten, Spermatophyten (Symplocaceae, Kautschukreste-Affenhaar, Samen und Früchte), die bisher nur unzureichend untersucht worden waren.

Eine Neubearbeitung erfuhren die bisher nur wenig beachteten, aber als biostratigraphi-

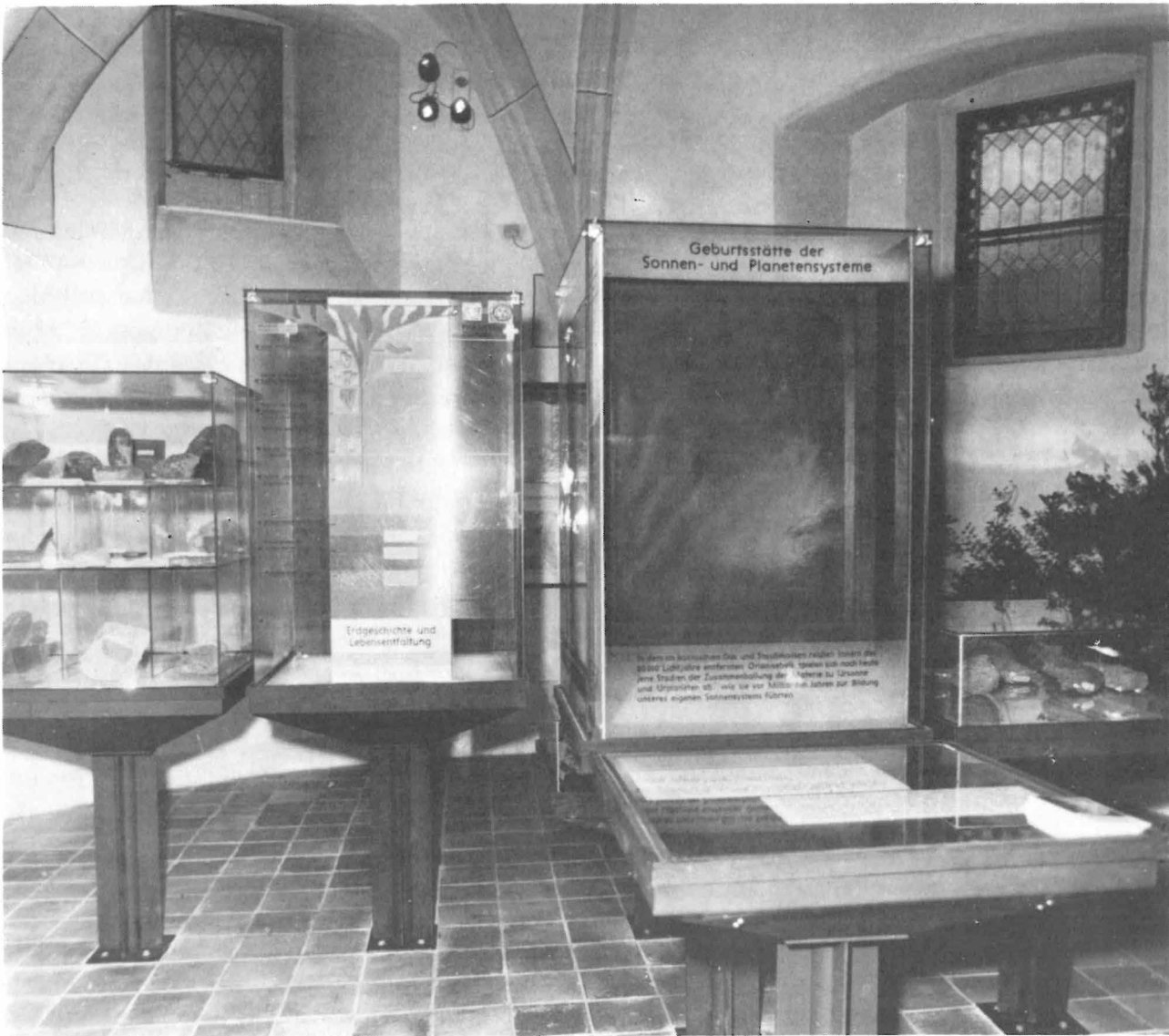


Photo 2
 Sonderausstellungsraum zum Thema „Planet Erde“, eröffnet 1982, in der ehemaligen Sakristei der Residenz des Kardinals Albrecht von Brandenburg, dem heutigen Geiseltalmuseum der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
 (Photo M. MEISE)

sche Zeitmarken und paläoökologische Faziesanzeiger wichtigen Wirbellosen: Mollusken und Arthropoden (KRUMBIEGEL 1962, 1963, 1980; TRIEBEL 1963).

Bei den Wirbeltieren sind es vor allem die Amphibien, speziell die Anuren, die durch HECHT 1962, 1963 und ŠPINAR 1967 taxionomisch revidiert wurden. Ähnliches erfolgte bei den Reptilien: Schildkröten (ZIMMERMANN-ROLLIUS 1967; KRUMBIEGEL 1963). Erstmals für das östliche Mitteleuropa wurden im Geiseltal Dyatrimiformes durch FISCHER 1962 und 1967 nachgewiesen. Die Mammalier wurden durch MATTHES 1967, VALEN 1965 sowie VALEN

und MELLET 1968 (Carnivora), FISCHER 1964 (Lophodontidae) und SIMONS 1961, JAEGER 1967 (Primates) bearbeitet. Bei allen Tier- und Pflanzengruppen traten zahlreiche neue Taxa auf, und es ergaben sich neue biostratigraphische Erkenntnisse.

Nach Auflösung des Geologisch-Paläontologischen Institutes in Halle wurde 1967 das Geiseltalmuseum ein Wissenschaftsbereich der Sektion Biowissenschaften (MATTHES 1976). Die Forschungsarbeit am Geiseltalfoossilmaterial wurde jedoch uneingeschränkt fortgesetzt. 1974 wurden die Ergebnisse erneut auf einem internationalen Kolloquium „Eozäne

Wirbeltiere des Geiseltales“ vorgetragen (MATTHES und THALER 1977). Es lag eine erste monographische Bearbeitung der eozänen Equiden vor (MATTHES). JERZMAŃSKA und OBRHELOVÁ beschrieben neue Knochenfischformen (Amiidae). MLYNARSKI revidierte die Schildkröten (Testudinoides) und HAUBOLD die Sauria (Lacertilia). Vorrangig wurde an der Klärung paläoökologischer Probleme in den Fossilfundstellen gearbeitet (KRUMBIEGEL 1975, 1980).

1975 blickte das Geiseltalmuseum auf 50 Jahre Fossilaustragungen zurück.

Die Zusammenarbeit des Mitarbeiterkollektivs am Geiseltalmuseum mit den Paläobotanikern des Museums für Naturkunde der Humboldt-Universität Berlin schlug sich in einer ersten monographischen Darstellung der eozänen Floren des Geiseltales nieder (Autorenkollektiv – „Eozäne Floren des Geiseltales“ – 1976; RÜFFLE 1982). Diese Untersuchungsergebnisse gaben vor allem Aufschluß über die paläoökologische Zusammensetzung der Pflanzenassoziationen und über deren Anteil am zonaren Aufbau im „Paläoökosystem Geiseltal“.

Eine besondere Aktivierung der wissenschaftlichen Arbeiten am Geiseltalmuseum erfolgte durch die Neugründung des Wissenschaftsbereiches Geologische Wissenschaften und Geiseltalmuseum im Rahmen der Sektion Geographie im Jahre 1977. Die bedeutenden Traditionen der geologischen Wissenschaften in Halle werden in kollektiver Form fortgesetzt. 1982 wurde dieser Wissenschaftsbereich durch die Rückführung der Arbeitsgruppe Mineralogie (ehemaliges Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität) nochmals erweitert.

Inzwischen weist die Bearbeitung der Geiseltalfunde bei zahlreichen Tiergruppen weitere neue Ergebnisse auf (HAUBOLD 1981, 1982), z. B. bei den Aves, Chiroptera, Artiodactyla, Insectivora, Primates und anderen taxonomischen Gruppen, auf deren Bedeutung bereits hingewiesen wurde.

Den derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstand über die Wirbeltierfauna, die Wirbellosenfauna sowie die Flora des Geiseltales geben die Veröffentlichungen von HAUBOLD

1982, RÜFFLE 1982 und KRUMBIEGEL, RÜFFLE und HAUBOLD 1983 und HAUBOLD und KRUMBIEGEL 1984 wieder.

Zusammenfassend läßt sich anlässlich des 50jährigen Bestehens des Geiseltalmuseums sagen, daß es sich aufgrund der bisher erzielten Leistungen zu einer Institution im wissenschaftlichen Leben unserer Gesellschaft entwickelt hat, die in der Erziehung und Ausbildung wissenschaftlicher Kader, in der Weiterführung traditionsgebundener geowissenschaftlicher Grundlagen- und Praxisforschung, in der Bewahrung, Pflege, Erweiterung und im Schutz musealen Kulturgutes sowie bei der bildungspolitischen Propagierung des Kulturerbes national und international eine bedeutende und einflußreiche Stellung einnimmt (Photo 2).

Literatur

(Hier ist von der im obigen Text zitierten Literatur nur die Spezialliteratur angeführt.)

HAUBOLD, H.:

Zur Stellung der Wirbeltierfauna des Geiseltales, insbesondere der Mammalier, im europäischen Mitteleozän. –

In: Zeitschr. geol. Wiss. – Berlin 10 (1982), 12, S. 1539...1551.

HAUBOLD, H., und G. KRUMBIEGEL:

Typenkatalog der Wirbeltiere aus dem Eozän des Geiseltales. – Halle, 1984, S. 1...67.

KRUMBIEGEL, G.:

Wissenschaftshistorische Bestände des Geiseltalmuseums in Halle. – In: Geologie. – Berlin 19 (1970), 6, S. 706...736.

– : 50 Jahre Geiseltalmuseum Halle (Saale). –

In: Hercynia, N.F. – Leipzig 21 (1984), 4, S. 304...309.

KRUMBIEGEL, G., L. RÜFFLE und H. HAUBOLD:

Das eozäne Geiseltal, ein mitteleuropäisches Braunkohlenvorkommen und seine Pflanzen- und Tierwelt. – Wittenberg, 1983. – (Die Neue Brehm-Bücherei; 237)

RÜFFLE, L.:

Florenogenetische und -geographische Bedeutung des Geiseltales. – In: Hercynia, N.F. – Leipzig 19 (1982), 3, S. 300...321.

BESPRECHUNGEN

DYCK, S. und G. PESCHKE
Grundlagen der Hydrologie.

388 Seiten, 230 Abbildungen, 53 Tabellen.
Verlag für Bauwesen: Berlin, 1983.

In diesem Buch ist, wie die Autoren feststellen, der Überblick über das Gesamtgebiet der Hydrologie bei notwendigem Verzicht auf eine ausführliche und tiefgründige Darstellung von Spezialproblemen in den Vordergrund gestellt worden.

Teil 1 beinhaltet neben einer Gegenstandsbestimmung der Hydrologie Angaben zu Wassermessungen, zum Wasserkreislauf und zur Wasserbilanz der Erde, stellt den Zusammenhang zwischen Wasserkreislauf und Energie- und Stoffhaushalt her, erläutert die wichtigsten hydrologischen Prozesse und Systeme (Einzugsgebiet, Boden-Pflanze-Atmosphäre), skizziert die Geschichte der Hydrologie und wertet die Hydrologie in ihrer Bedeutung für die Volkswirtschaft. Der Teil 2 beschäftigt sich mit der Erfassung und der Auswertung hydrologischer Daten, wobei die Darstellung der Hydrometrie (Wasserstandsmessung, Durchflußermittlung, Grundwasserstandsmessung) durch Methoden der „klassischen“ Auswertung (einschließlich gewässerkundlicher Hauptzahlen) und von Wahrscheinlichkeitsanalysen ergänzt wird. In Teil 3 werden die Elemente des Wasserhaushaltes (Niederschlag, Verdunstung, Abfluß, Speicherung im Einzugsgebiet) behandelt, wobei jeweils auf Meß- und Berechnungsverfahren, z. T. auch auf Modellierungsfragen, eingegangen wird.

Die Teile 4 und 5 enthalten Angaben zu den oberirdischen Wässern und zum unterirdischen Wasser. Die fließenden Gewässer werden in ihrem Zusammenhang mit dem Einzugsgebiet (einschließlich geomorphologischer Maßzahlen) und dem Gewässerbett behandelt; hervorzuheben ist die Einbeziehung des Stoffabtrags und -transports durch das Wasser (u. a. auch der Bodenerosion) bis zur skizzenhaften Darstellung des Selbstreinigungsprozesses und der Klassifizierung der Wasserbeschaffenheit. Auch die stehenden Gewässer (einschließlich der Stau- und Tagebauseen) werden durch morphometrische Kennwerte, ihre hydrologische Typisierung sowie hinsichtlich ihres Wärmehaushalts, ihrer Wasserbewegungs- und -austauschprozesse und ihrer beschaffenheitsbezogenen Klassifizierung gekennzeichnet. Die Behandlung des unterirdischen Wassers geschieht getrennt für das Wasser in der Aerationzone und das Grundwasser, wobei die jeweils charakteristischen Kennwerte und die physikalischen Grundlagen der Wasserbewegung im Untergrund, ein-

schließlich des Infiltrationsprozesses und der Kennwerte der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit, erläutert werden.

Teil 6 geht auf die Niederschlags-Abfluß-Beziehungen ein, wobei die Darstellung des Abflußbildungs- und Abflußkonzentrationsprozesses sowie des Durchflußverlaufs in Wasserläufen im Mittelpunkt stehen. Im Teil 7 erfolgt die Behandlung von Extremwerten des Durchflusses in Flüssen (Hoch- und Niedrigwasserereignisse) auf deterministischer und stochastischer Grundlage. Teil 8 rundet mit der Darstellung der Berechnung und Simulation des Wasserhaushalts die Übersicht ab.

Das Buch ist reich mit graphischen Darstellungen und tabellarischen Übersichten ausgestattet; jeder Teil besitzt ein separates Literaturverzeichnis. Ein Sachwörterverzeichnis erleichtert die Orientierung und ein Verzeichnis der häufigsten Abkürzungen, Formelzeichen und Symbole das Verständnis des Buches.

Nun könnte eingewendet werden, daß dieser oder jener Abschnitt zu kurz ausgefallen sei, wie etwa diejenigen zur Geschichte der Hydrologie oder zur Typisierung der Fließgewässer, besonders im Vergleich zur Typisierung der stehenden Gewässer; jeder fachkundige Leser mag dabei andere Wünsche haben, doch wird er nicht umhin können, der gelungenen Übersicht über die Grundlagen der Hydrologie seine Anerkennung zu zollen.

Erstmals liegt in deutscher Sprache ein Buch über die Grundlagen der Hydrologie auf moderner, die Nachbardisziplinen berücksichtigender Basis vor. Seine klare Gliederung, die straffe Textgestaltung, die Ausstattung und nicht zuletzt die theoretische Konzeption des Buches empfehlen es als Lehrbuch für Studierende, die knapp und präzise gehaltene Gestaltung und Textformulierung auch als Handbuch für die Fachkollegen der geowissenschaftlichen Bereiche, benachbarter Wissenschaftsdisziplinen sowie der volkswirtschaftlichen Praxis, insbesondere der Wasserwirtschaft.

K. D. AURADA

Zusammenfassung

Das Auftreten von *Platanus neptuni* (ETT.) BUŽEK, HOLÝ und KVAČEK und *Platanus fraxinifolia* (JOHNSON und GILMORE) WALTHER in Tertiärfloren des Weißelster-Beckens wird nach systematischen, biostratigraphischen und paläoökologischen Gesichtspunkten untersucht. *Platanus neptuni* kommt im Obereozän (Florenkomplex Zeitz), Unteren Mitteloligozän (Florenkomplex Haselbach) und Oberoligozän (Florenkomplex Thierbach) mit unterschiedlicher Häufigkeit und Vergesellschaftung vor. *Platanus fraxinifolia* mit zusammengesetzten, palmaten bis pedaten drei- bis fünfteiligen Blättern tritt nur im Obereozän (Florenkomplex Zeitz) auf. Vergleiche mit weiteren Vorkommen in Tertiärfloren Europas ergeben den derzeitigen Kenntnisstand über Verbreitung und Vergesellschaftung dieser alttertiären Platanen-Arten.

Summary

Occurrence of genus Platanus L. in the Tertiary of the Weissester Basin (Leipzig district, GDR)

The occurrence of *Platanus neptuni* (ETT.) BUŽEK, HOLÝ and KVAČEK and *Platanus fraxinifolia* (JOHNSON and GILMORE) WALTHER in Tertiary floras of the Weissester Basin is investigated under systematic, biostratigraphic and palaeoecologic aspects. *Platanus neptuni* occur in the Upper Eocene (Zeitz floral complex), Lower Middle Oligocene (Haselbach floral complex) and Upper Oligocene (Thierbach floral complex) at varying abundance and paragenesis. *Platanus fraxinifolia* with composite palmate to pedate trifid to pentafid leaves occurs in the Upper Eocene only (Zeitz floral complex). Comparisons with other occurrences in European Tertiary floras demonstrate the present state of knowledge concerning distribution and paragenesis of these Palaeogene genera of plane-trees.

Резюме

Местонахождения рода Platanus L. в третичных отложениях бассейна р. Вейсе Эльстер (округ Лейпциг, ГДР)

Присутствие *Platanus neptuni* (ETT.) BUŽEK HOLÝ и KVAČEK и *Platanus fraxinifolia* (JOHNSON und GILMORE)/WALTHER в третичных флорах бассейна р. Вейсе Эльстер рассматривается с систематической, биостратиграфической и палеоэкологической

Das Vorkommen der Gattung *Platanus L.* in Tertiär des Weißelster-Beckens (Bezirk Leipzig, DDR)

Mit 2 Photos im Text

Autor:

Dr. HARALD WALTHER
Staatliches Museum
für Mineralogie und Geologie
(Forschungsstelle)
8010 Dresden
Augustusstraße 2

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 9...19
VEB H. Haack Gotha 1985

ской точки зрения. *Platanus neptuni* встречается в верхнем эоцене (флористический комплекс Цейц), в нижнем среднем олигоцене (флористический комплекс Хазельбах) и в верхнем олигоцене (флористический комплекс Тирбах) с различной частотой и различным образованием сообществ. *Platanus fraxinifolia* со сложными листьями, состоящими из 3 до 5 частей, встречается только в верхнем эоцене (флористический комплекс Цейц). Сравнения с другими местонахождениями в третичных флорах Европы обнаруживают современное состояние распространения и образования сообществ этих палеогеновых видов платана.

1. Einleitung

Die Gattung *Platanus* L. tritt gegenwärtig mit 10 Arten in wärmeren Teilen der Nordhemisphäre auf (7 Arten in Mexiko, 1 Art im atlantischen Nordamerika, 1 (2) Arten im östlichen Südeuropa bis Kaschmir, 1 Art in Laos und Vietnam). Arealausläufer reichen in tropisch-subtropische Gebiete von Guatemala (*Pl. chia-pensis*) oder Laos (*Pl. kerrii*). Die nördliche Arealgrenze liegt im Gebiet der Großen Seen von Kanada (*Pl. occidentalis*). Fossil kann diese Gattung nach Resten von Sammelfrüchten, Blättern und z. T. nach Hölzern (*Platanoxylon*) in Europa von der Oberkreide (Cenoman) bis ins Pliozän nachgewiesen werden. Fast alle Platanen-Arten zeichnen sich durch charakteristische drei- bis fünflappige Blätter aus. Nur *Platanus kerrii* GAGNEPAIN (1939) besitzt ungeteilte, lanzettlichovale bis ovale Blätter. Durch umfangreiche Untersuchungen der Tertiärfloren des České středohoří (ČSSR) konnten BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK eine neue fossile Platanenart, *Platanus neptuni* (ETT.) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK mit ungeteilten Blättern durch blattanatomische Merkmalskomplexe nachweisen. Daneben wurden auch die männlichen und weiblichen Blütenköpfchen gefunden. In jüngster Zeit wurden weitere Funde von *Pl. neptuni* in Tertiärfloren Mittel- bzw. Südeuropas vom Mitteleozän bis Untermiozän (Karpát) nachgewiesen (KVAČEK 1970, KNOBLOCH 1973, WALTHER 1974, BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK 1976, KNOBLOCH et al. 1975, MAI

Photo 1

- 1...5 *Platanus neptuni* (ETTINGSHAUSEN) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK
 - 1 Basaler Teil eines großen Blattes, Unteres Mitteloligozän, ehemaliger Tagebau Haselbach (Hb 2);
 - 2...3 Blattreste, Borna-Ost (Thierbacher Schichten), Oberoligozän (BOB 278 A, BOB 314);
 - 4 Blattrand, 3 x, siehe 2...3;
 - 5 Dreiteiliges Blatt, Borna-Ost, Oberoligozän, Mißbildung oder Atavismus? (BOB 277 : 2);
- 6...7 *Platanus fraxinifolia* (JOHNSON und GILMORE) WALTHER
 - 6 Holotypus, ehemalige Kiesgrube Klaus, Obereozän (KI 142);
 - 7 Stomata mit einzelliger Haarbasis, 400 x, (KI 142, KL 10/76)



1



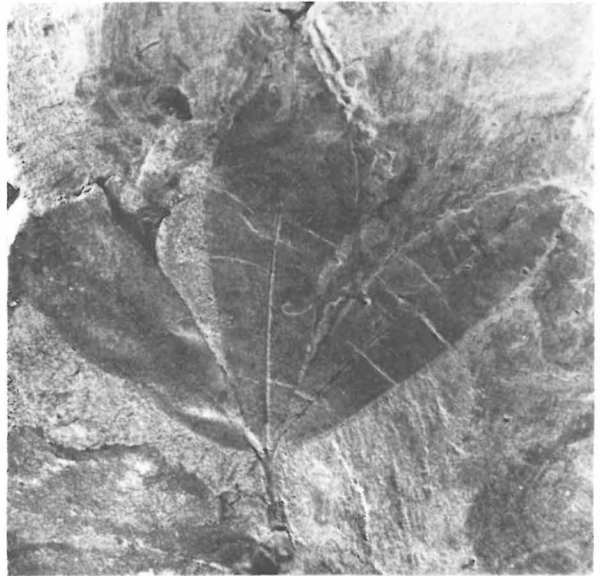
2



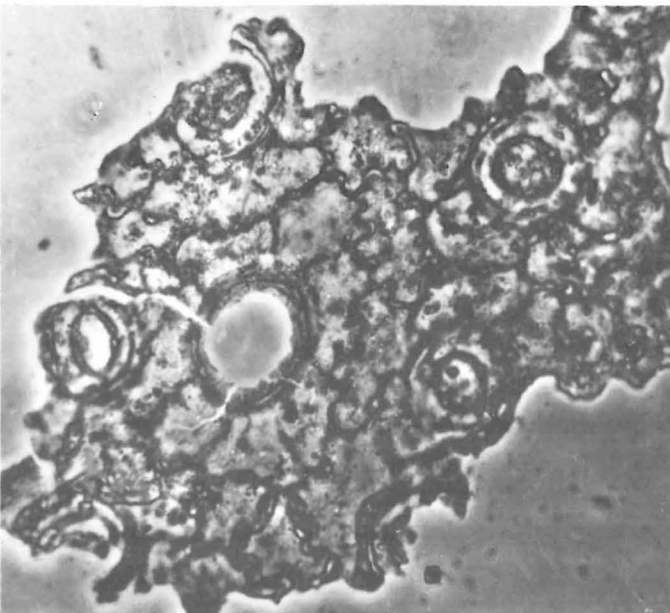
3



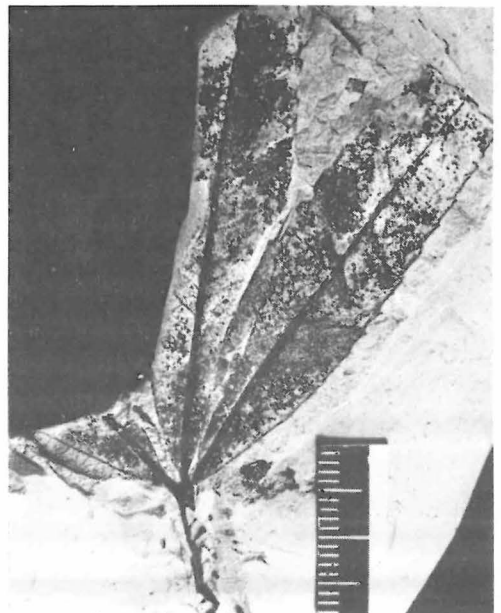
4



5



7



6

und WALTHER 1978, 1983, 1985, HABLY 1979, 1980, 1982, KOVAR 1982, KNOBLOCH und KVAČEK 1982, BŮŽEK et al. 1982). Im Tertiär des Weißelster-Beckens kommt diese Platane vom Obereozän bis Oberoligozän in einigen Floren vor und wird durch Blatt- und Fruchtreste belegt. Eine Bestimmung der in Form und Größe stark variierenden Blätter ist nur durch den Nachweis der charakteristischen unteren Epidermis möglich. Als weitere *Platanus*-Art konnten kleinere zusammengesetzte, palmate bis pedate drei- bis fünfteilige Blätter nach der Struktur der Unterepidermis bestimmt werden, die Analogien zu Blattresten gleicher Form aus einzelnen Tertiärfloren aus dem Paläozän und Oberoligozän Europas zeigen. Nach SÜSS und MÜLLER-STOLL (1977) sind Angaben über Platanenhölzer aus dem Weißelster-Becken unsicher (z. B. *Plataninum* sp. SCHÖNFELD). Weitere Untersuchungen sind abzuwarten. In vorliegendem Beitrag werden hauptsächlich die Blattreste analysiert.

Alle Belege (Blatt- und Fruchtreste, anatomische Präparate) befinden sich in den Sammlungen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie zu Dresden. Für Hinweise und Diskussionen sowie für die Ausleihe von rezentem Vergleichsmaterial ist der Autor folgenden Fachkollegen verpflichtet: D. H. MAI, Berlin; Z. KVAČEK, Prag; P. BAAS, Leiden; M. BOULTER, London und C. HILL, London. Die technischen Arbeiten wurden in bewährter Form durch die Kolleginnen des Staatlichen Museums für Mineralogie und Geologie, Dresden, M. ROTHE, C. SCHULENBERG, M. TREBERT, B. BASTIAN und I. WOßLICK durchgeführt, wofür ihnen an dieser Stelle gedankt sei.

2.

Systematik

2.1.

Platanus neptuni (ETTINGSHAUSEN)

BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK

(Photo 1, 1...5; Photo 2, 1...5)

1866 *Sparganium neptuni* ETTINGSHAUSEN, Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Math. -nat. Cl.,

26 : 31. Taf. 7, Fig. 9...15 (noch 17, 18)-Kučlin (Mitteloligozän)

1967 *Platanus neptuni* (ETTINGSHAUSEN) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK, Monatsber. Dt. Akad. Wiss., 9 (3) : 23...215, Taf. 1...4

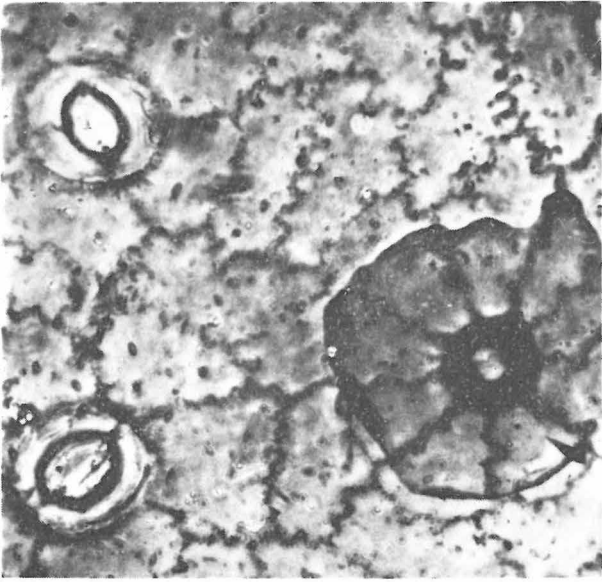
Blätter lanzettlich bis lanzettlich-oval, 3...12 cm lang, 0,8...3,4 cm breit. Blattränder fast parallel verlaufend, zur Spitze und Basis zugespitzt, Basis zuweilen sehr schwach asymmetrisch, Blattstiele nur fragmentarisch erhalten. Rand ab unterem Spreitendrittel unregelmäßig fein gezähnt, Zähnchen spitz, Zahnbuchten gerundet, 5...9 Zähnchen je cm. Nervatur camptodrom bis semicraspedodrom, von randnahen Schlingen führen Äste in Zahnspitzen.

Blattlamina bei großen Blättern (Schattenblätter) dünn, bei mittelgroßen (Sonnenblätter ?) kräftig. Zellen der oberen Epidermis polyedrisch mit stark undulierten Antiklinen, Stärke der Undulation von Blattgröße abhängig, 20...70 μm groß. Einzellige Haarbassen sehr vereinzelt. Zellen der unteren Epidermis etwas schwächer unduliert. Stomata regellos verteilt, anomozytisch, rundlich-oval bis 40,2 μm (25...45 μm) lang und 36,4 μm breit. Porus breit-oval, von bohnenförmigen Schließzellen mit verstärkten Leisten umgeben. Fast kreisförmige peltate Trichome von 40...100 μm Durchmesser, verstreut auftretend, vom Erhaltungszustand abhängig, meist nur auf der Lamina vorkommende einzellige, stark kutinisierte Haarbassen erhalten.

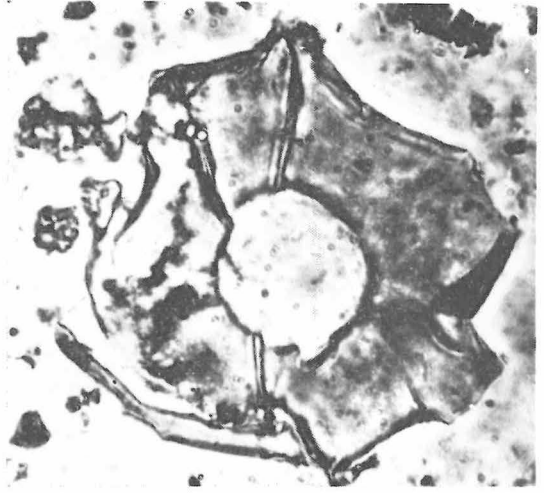
Photo 2

1...5 *Platanus neptuni* (ETTINGSHAUSEN) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK

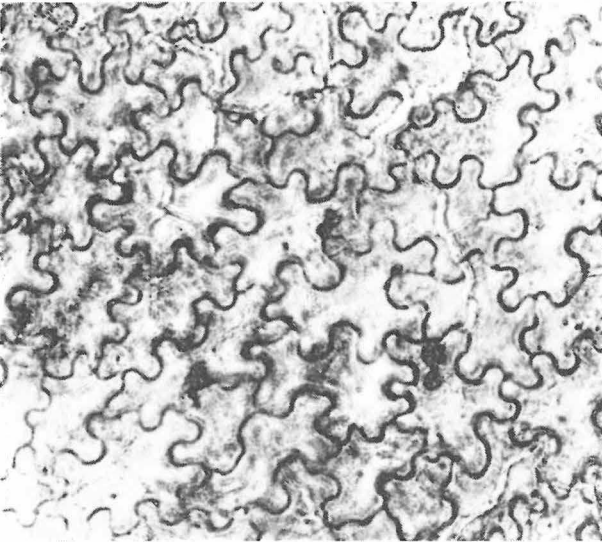
- 1 Untere Epidermis mit peltatem Trichom, ehemaliger Tagebau Haselbach, Unteres Mitteloligozän, 600 x (Hb 2, Hb 143/67);
- 2 Isoliertes peltates Trichom, Tagebau Witznitz, Obereozän, 1000 x (WzE 20, WzE 13/83);
- 3 Obere Epidermis eines größeren Blattes (Schattenblatt?), Borna-Ost, Oberoligozän, 400 x (BOB 131 : 2 f, BOB 1/84);
- 4 Untere Epidermis, Stomata und peltates Trichom, 400 x (siehe 1...3 – BOB 320, BOB 2/84);
- 5 Untere Epidermis (siehe 2), 400 x (WzE 20, WzE 13/83)
- 6 *Platanus kerrii* GAGNEPAIN; Untere Epidermis, Stomata mit einzelligen Köpfchenhaaren (Herb. Leiden), 400 x



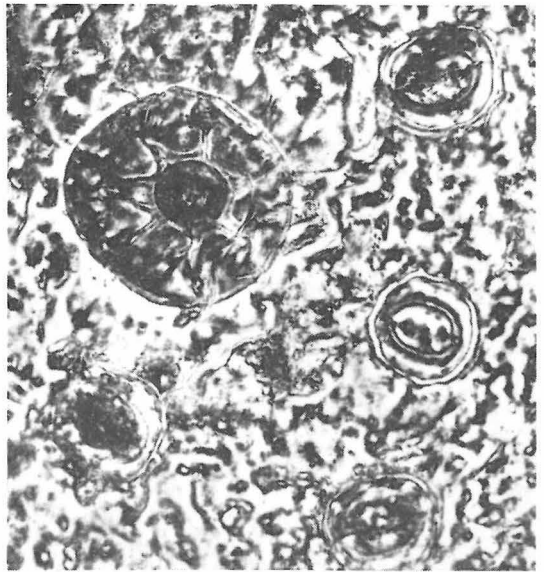
1



2



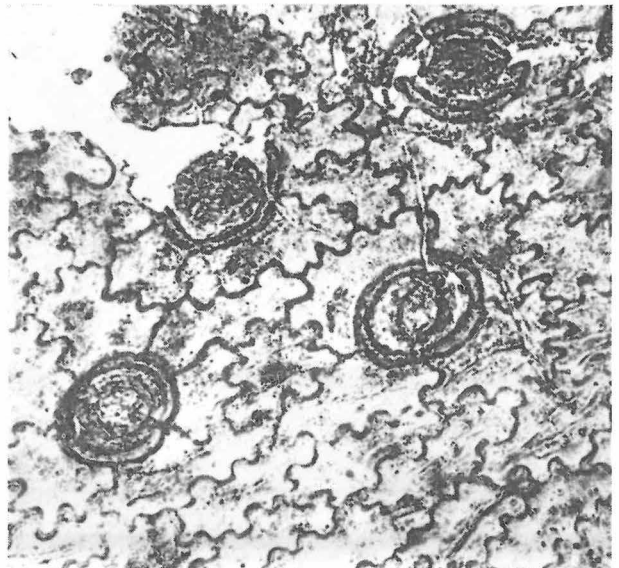
3



4



6



5

In Borna-Ost wurde ein dreiteiliges 5,5 cm langes Blatt gefunden, das in Morphologie und Anatomie völlig mit den ungeteilten Blättern übereinstimmt. Ähnliche Bildungen können auch bei *Platanus kerrii* GAGNEP. (KVAČEK 1970) auftreten, inwieweit sie als Mißbildungen oder Atavismen gedeutet werden können, steht noch offen.

MAI in MAI und WALTHER (1985) konnte mehrere kugelförmige Fruchtköpfchen und männliche Blütenköpfchen aus Floren des Florenkomplexes Zeitz (Obereozän) nachweisen. Bedeutend ist dabei der erste Nachweis reifer Früchte (Borna, Witznitz) von *Platanus neptuni*.

Die Blattmorphologie und die Struktur der Epidermen von *Platanus neptuni* (ETTINGSHAUSEN) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK sind mehrfach beschrieben und diskutiert worden (z. B. KVAČEK 1970, WALTHER in MAI und WALTHER 1978, KOVAR 1982). Trotzdem sind alle weiteren Nachweise für die Kenntnis und für die Verwandtschaftsbeziehungen dieser wichtigen tertiären *Platanus*-Art von großer Bedeutung. Die anatomischen Details der Epidermen wurden durch die Untersuchung zahlreicher unterschiedlich großer Blätter (juvenile Blätter, Sonnen- und Schattenblätter) von allen Fundorten des Weißelster-Beckens mit *Platanus neptuni* unter der Berücksichtigung des unterschiedlichen Erhaltungszustandes (Grad der Fossilisierung) überprüft. Von der Blätterschlufflage im Tagebau Witznitz (Obereozän) konnten von winzigen Resten gezählter, inkohlter Blattsubstanz vorzüglich erhaltene Epidermisstrukturen der Blattober- und -unterseite gewonnen werden. Sowohl auf der unteren Epidermis als auch isoliert wurden zahlreiche einzellige pel-tate Trichome gefunden, die eindeutig als solche anzusprechen sind. Sie besitzen keine Struktur und können keinesfalls als zusammengedrückte kopfförmige Haare „capitate hairs“ (BAAS 1969) interpretiert werden. Andere Haartypen, wie Kandelaber-Haare, die BAAS (1969) zahlreich auf der Blattunterseite von *Platanus kerrii* nachweisen konnte, fehlen. Dagegen konnte vorgenannter Autor nur ein „sessile scale hair“ in seinem umfangreichen Belegmaterial finden. Ausbildung der Zellantiklinen beider Epidermen der fossilen Art

weicht durch deutliche Undulation von denen der rezenten Art stark ab, wovon sich der Autor am Originalmaterial aus Leiden nochmals überzeugen konnte. Lediglich im Typ, in der Form und in der Größe der Stomata besteht weitgehende Übereinstimmung zwischen der rezenten und fossilen Art. Damit wird erneut bewiesen (KVAČEK 1970, HABLY 1982), daß in der Epidermisstruktur keine Übereinstimmung von *Platanus neptuni* und *Platanus kerrii* besteht (Photo 2, Fig. 5). Dagegen sind die Blätter, die Blütenköpfchen und die reifen Früchte in allen morphologischen Details mit *Platanus kerrii* vergleichbar. Trotz der epidermalen Unterschiede, ist nach den derzeitigen Ergebnissen *Platanus neptuni* (ETTH.) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK als tertiärer Vorläufer der heute endemisch in Laos und Vietnam auf Flußhochterrassen vorkommenden *Platanus kerrii* (GAGNEPAIN) anzusehen.

2.2.

Platanus fraxinifolia

(JOHNSON und GILMORE) WALTHER
(Photo 1, 6 und 7)

1921 *Dewalquea fraxinifolia* JOHNSON und GILMORE, Sci. proc. roy. Soc. Dublin 16:327, Taf. 11, Fig. 4...11, Taf. 12, Fig. 3, Text-Fig. 2 – Washing Bay (Oligozän)
Weitere Synonyme MAI und WALTHER (1985)

(?) 1982 *Debeya hungarica* HABLY, Act. Bot. Ac. Scient. Hungaricae, 88:91...111. Acta. Bot. Ac. Scient. Hungar. 28:96, Taf. II, Fig. 8, 10, Taf. III, Fig. 1...3, 5...8, Taf. 9, Fig. 4,5, Taf. 10, Fig. 1...4, Taf. XI, Fig. 1...4, Taf. 12, Fig. 1 – Veröcemaros (Oberoligozän – Egerien)

Blätter zusammengesetzt, palmat bis pedat, drei- bis fünfteilig, gestielt. Distal sich in drei z. T. sehr kurze Stielchen aufteilend (dreiteilige Blätter), äußere sich erneut teilend (fünfteilige Blätter). Blättchen ungleich groß, mittleres bis 6,3 cm lang und 1,4 cm breit, seitliches etwas kürzer, lanzettlich. Zum Apex und zur Basis zugespitzt. Rand ab zweitem Blattdrittel apikalwärts unregelmäßig feingezähnt. Zähnen spitz dreieckig, auf 1 cm Blattrand bis zu 7

Zähnen. Zahnbuchten leicht gerundet. Primärnerv kräftig, Sekundärnerven camptodrom bis semicraspedodrom, Winkel von 36°...50° einschließend. Zum Rande leicht bogiger Verlauf, schlingenbildend, von diesen Ästen in Zahnspitzen mündend.

Obere Epidermis stärker kutinisiert, Zellen polyedrisch mit geraden bis bogigen (Randnähe) bis undulierten (Spreitenmitte) Antiklinen. Zellen 15...35 µm groß. Schildhaarbasen einzellig, verstreut vorkommend. Durchmesser 15...35 µm. Trichome nur fragmentarisch erhalten. Untere Epidermis zarter, Zellen wie Blattoberseite. Stomata anomozytisch, regellos verteilt, rundlich oval, 30...37 µm lang, 26...33 µm breit. Porus breit-oval, Schließzellen mit verdickten Schließleisten, bohnenförmig. Haarbasen verstreut, einzellig, 20...35 µm im Durchmesser.

Vorliegende Blätter stimmen in der Morphologie und Epidermisstruktur völlig mit den von JOHNSON und GILMORE (1921) als *Dewalquea hibernica* JOHNSON und GILMORE und *Dewalquea fraxinifolia* JOHNSON und GILMORE beschriebenen Blattresten aus Tonen der Bohrung Washing Bay (Irland) überein. Sichere Altersdatierungen liegen nicht vor. Nach freundlicher Mitteilung von Dr. M. BOULTER, London, kann z. Z. nur Oligozän angegeben werden. Aus dem Alttertiär von Europa und Kasachstan (UdSSR) wurden in jüngster Zeit Blätter mit „*Dewalquea*-Charakter“ angeführt. Neben *Dewalquea gelindennensis* SAPORTA und MARION (1873) – Paläozän Gelinden (Holland) – werden von MAKULBEKOV (1977) aus dem Paläozän von Kasachstan (UdSSR) *Dewalquea grandifolia* KRASSN. und *D. gelindennensis* SAPORTA und MARION, von KOCH (1963) aus dem Unteren Paläozän Grönlands, *Dicotylophyllum bellum* (HEER) SEW. und CONW. und *Juglandiphyllum denticulatum* (HEER) KOCH beschrieben. HABLY (1982) bestimmt derartig dreiteilige Blätter aus dem Oberoligozän von Veröcemaros (Nord-Ungarn) als *Debeya hungarica* HABLY. Während *Dewalquea gelindennensis* und *D. grandifolia* für einen Vergleich mit *Platanus fraxinifolia* nicht in Frage kommen (MAI und WALTHER 1985), zeigen *Dicotylophyllum bellum* und *Juglandiphyllum denticulatum* morphologische Übereinstimmung zu vor-

liegender Art. Trotz der Ganzrandigkeit der z. T. nur fragmentarisch erhaltenen, zusammengesetzten Blätter von *Debeya hungarica* besitzt auch diese sehr große Ähnlichkeit zu *P. fraxinifolia* (ungleiche Längen der Stiele der Einzelblättchen, Nervatur). Entscheidend ist allerdings die noch ausstehende Epidermisstruktur. *Platanus fraxinifolia* (JOHNSON und GILMORE) WALTHER stellt eine Platane mit zusammengesetzten, palmaten bis pedaten, dreibis fünfteiligen Blättern dar, die aufgrund morphologischer und blattanatomischer Merkmale als Vorläufer von *Platanus neptuni* (ETT.) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK anzusehen ist und nach dem derzeitigen Kenntnisstand sporadisch in einigen paläogenen Floren Europas (Unteres Paläozän – Oberoligozän) auftritt. Mindestens ab Obereozän kommt sie zusammen mit *Platanus neptuni* vor und erlöscht im Oberoligozän (Veröcemaros). Obwohl es sich um eine Form mit typischen kretazischen Blattmerkmalen handelt, wurde sie bisher in keiner Oberkreide-Flora nachgewiesen (MAI und WALTHER 1985).

3.

Vorkommen und Paläoökologie

3.1.

Platanus neptuni

(ETT.) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK

3.1.1.

Florenkomplex Zeitz (Obereozän);

Paläoklima: Subtropisches Klima mit schwach bemerkbarer Wintertrockenheit (MAI und WALTHER 1983).

Tagebau Witznitz, Blätterschlufflage in Erosionsrinne 2 m über Flöz III; Tagebau Born-Ost, tonige Anschwemmung mit Pflanzenresten, 3...4 m über Flöz II; Tagebau Borna, Raff, 2...3 m über Hauptflöz; Tagebau Böhlen, fein geschichtete Abschnitte von organischem Häcksel und Feinsanden im Zwischenmittel wenige Meter über Flöz II.

Alle Floren repräsentieren einen Lorbeer-Koniferen-Wald vom Typ *Athrotaxis*-Laura-

ceen-Wald (MAI und WALTHER 1985) mit absoluter Dominanz der Riesenkonifere *Athrotaxis couttsiae*, der weniger dominante Vertreter folgender Familien zuzuordnen sind: Lauraceen (*Cinnamomum crassipedicellatum*, *Daphnogene lanceolata*, *Laurophyllum acutimontanum*, *L. knauense*, *Phoebe boehleensis*), Ericaceen (*Leucothoe profensis*, *Zenobia eocenica*), Cyrillaceen (*Epacridicarpum colwellense*), z. T. Theaceen (*Eurya dubia*, *E. mudensis*, *Visnea hordwellensis*) und Moraceen (*Becktonia hantonensis*). In diesen Wäldern treten als sommergrüne Auengehölze *Pterostyrax coronatus* (Styracaceen) und *Platanus neptuni* auf, die außer in Witznitz bisher nur karpologisch nachweisbar sind. *Platanus neptuni* stellt nur ein seltenes Akzessorium dieser Floren dar. Lediglich in Witznitz und Borna-Ost tritt sie etwas stärker auf, was aber nur auf einen feuchteren Standort des Lorbeer-Koniferen-Waldes hinweist. So kann im Obereozän nicht von Auenwäldern mit *Platanus* gesprochen werden, wie sie im Mitteloligozän als „*Platanus*“- oder „*Taxodium*“-Auenwälder auftreten.

3.1.2.

Florenkomplex Haselbach (Unteres Mitteloligozän);

Paläoklima: Warmtemperiert, immerfeucht mit deutlichen Jahreszeiten und starker Tendenz zum subtropischen Klima mit Sommerregenzeit (MAI und WALTHER 1983).

Ehemaliger Tagebau Haselbach (Kreis Altenburg), Basishorizont der Haselbacher Tone; Tagebau Schleenhain (Kreis Borna), fossilreiche Tonlinse 15 m über Flöz III in Sand- und Tonserie; ehemaliger Tagebau Beucha (Kreis Borna), Tonlinse, Begleittonne von Flöz IV.

Platanus neptuni (ETT.) BŮŽEK, HOLÝ, und KVAČEK kommt in Haselbach und Schleenhain als Akzessorium im „Mixed-Mesophytic-Forest“ von eindeutig ostasiatischer Verwandtschaft vor, der durch 50 % laurophyllle Arten bei gleichzeitigem Vorhandensein einer beträchtlichen Anzahl laubwerfender (arktoteritärer) Arten gekennzeichnet wird. Nach der Quantität stehen in allen Floren des Komplexes folgende Arten an vorderer Stelle: *Acer haselbachense*, *Carpinus grandis*, *C. medimon-*

tana, *Daphnogene lanceolata*, *Engelhardia orsbergensis*, *Eomastixa rugosa*, *Eurya boveyana*, *Mastixia meyeri*, *Mastixicarpum cacaooides*, *Symplocos kirstei*. Dazu kommen als wichtige Lorbeerwald-Koniferen: *Sequoia abietina*, *Athrotaxis couttsiae* und *Cephalotaxus* ex gr. *harringtonia*. Etwas seltener sind schon: *Pinus palaeostrobis*, *Acer hercynicum*, *Carpinus cordataeformis*, *Daphnogene cinnamomifolia*, *Disanthus bavaricus*, *Engelhardia macroptera*, *Eurya stigmosa*, *Laurophyllum acutimontanum*, *L. pseudoprinceps*, *Litsea phoenicea* (Auswahl, weitere Arten siehe MAI und WALTHER 1978).

In Beucha wird eindeutig ein Auenwald repräsentiert, der als dominante Art *Platanus neptuni* zeigt. Weitere häufige Arten sind: *Alnus kefersteinii*, *Myrica longifolia*, *Taxodium balticum*, *Saururus bilobatus*, *Laurophyllum acutimontanum* und *Liquidambar europaea*. Dieser Auenwald entspricht nicht in jedem Falle dem für den Florenkomplex Haselbach typischen *Populus-Ulmus-Liquidambar*-Auenwald. Die Unterschiede können daraus resultieren, daß Beucha im höchsten Niveau der Haselbacher Serie liegt.

3.1.3.

Florenkomplex Thierbach (Oberoligozän);

Paläoklima: Warmtemperiert, humid mit Verschärfung oder Verlängerung der winterlichen Ruheperiode der Vegetation, starke Neigung zum gemäßigt-feuchten Klima (MAI und WALTHER 1983).

Tagebau Borna-Ost, Bockwitz, Tone (Altwasertone) 20 m über Oberkante von Flöz IV (Thierbacher Schichten). Bemerkenswert für den Florenkomplex Thierbach ist die starke Zunahme des arktoteritären Artenbestandes, der zu Mischfloren aus sommergrünen und laurophyllen Elementen führt, in deren Vorherrschaft arktoteritäre Arten überwiegen. Als dominante Arten der Waldvegetation treten *Betula dryadum*, *Carpinus cordataeformis*, *Cyclocarya cyclocarpa*, *Eurya stigmosa*, *Fagus deucalionis*, *F. „attenuata“*, *Laurophyllum acutimontanum*, *Castanopsis dechini*, *Mastixia amygdalaeformis* und *Platanus neptuni* auf. Innerhalb des Florenkomplexes kann ein *Liquidambar-Populus-Ulmus*-Auenwald ausgeglie-

dert werden, in dem neben *Populus germanica*, *Platanus neptuni* dominiert. Als weitere Arten kommen *Alnus sp.*, *Cyclocaraya cyclocarpa*, *Liquidambar europaea*, *Ulmus cf. drepanodonta*, *U. pyramidalis*, *Taxodium dubium* und *Acer haselbachense* vor. Bemerkenswert ist die große Häufigkeit von *Platanus neptuni*-Blättern unterschiedlicher Größe in Borna-Ost.

3.1.4.

Vorkommen in anderen Tertiärfloren Europas

Platanus neptuni (ETTINGSHAUSEN) BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK kommt in Tertiärfloren Europas vom Mitteleozän bis Untermiozän (Karpat) mit unterschiedlicher Häufigkeit und in verschiedener Vergesellschaftung vor. Nach vorliegenden Untersuchungen und der Einbeziehung der jüngsten Literatur besaß *Platanus neptuni* eine große ökologische Amplitude. Die Stellung von *Platanus neptuni* in den Floren des České středohoří (ČSSR) und von Seifhennersdorf muß noch unberücksichtigt bleiben, da von diesen eine umfassende Vegetationsanalyse noch in Arbeit ist. Im Mittel- und Obereozän der untersuchten bzw. überprüften Floren stellt *P. neptuni* ein selteneres Akzessorium der Koniferen-Lorbeer-Wälder dar (MAI und WALTHER 1985) und zeigt dies auch noch in den Mixed-Mesophytic-Forests des unteren Mitteloligozäns (MAI und WALTHER 1978; Florenkomplex Haselbach; HABLY 1979; Kiscellian Tard Clay). Vor allem in den Floren des oberen Mitteloligozäns und unteren Oberoligozäns (BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK 1967, BŮŽEK, HOLÝ und KVAČEK 1976, BŮŽEK, KVAČEK und WALTHER 1978) kommt *Platanus neptuni* gehäuft vor. Im Oberoligozän stellt *P. neptuni* in einigen Floren (KOVAR 1982; Linz/Niederösterreich und Umgebung; HABLY 1980, 1982; Veröcemasos; MAI und WALTHER 1983; Florenkomplex Thierbach) ein wichtiges Auenwald-Element dar. Im oberen Untermiozän (Karpat) tritt diese Platane wieder als auffälliges Akzessorium in Wäldern vom Übergangscharakter Nothophyll-Broad-leaved Evergreen und Mixed Mesophytic Forests (BŮŽEK, HOLÝ, KONZALOVÁ, KVAČEK und STUHLIK, 1982; Cyprisfolge, Cheb-Becken/ČSSR) oder als thermophiles Element in Waldvegetationen

mit immergrünem Charakter (KNOBLOCH und KVAČEK 1982; Tamsweg) auf.

3.2.

Platanus fraxinifolia

(JOHNSON und GILMORE) WALTHER

3.2.1.

Florenkomplex Zeitz (Obereozän);

Paläoklima: siehe 3.1.1.

(MAI und WALTHER 1983)

Klausä (Kreis Altenburg) ehemalige Kiesgrube, 2 m mächtige Tonbank (schwarz-graue Tone) mit dunkelbraunen Blattresten, 9 m über Grubensohle.

Diese Flora zeigt einen Lorbeer-Koniferen-Wald, in dem typische obereozäne Arten wie *Steinhauera subglobosa*, *Doliosstrobilus taxiformis* und *Dryophyllum furcinerve* dominieren. Als Lauraceen sind *Laurophyllum knauense*, *L. acutimontanum*, *Laurocarpum sp.* und *Daphnogene lanceolata* vertreten. Wichtig ist das gehäufte Auftreten von *Rhodomyrtophyllum sinuatum*. Zusammen mit der Altingiacee *Steinhauera subglobosa* kann auf eine Auenwald- oder Flußbank-Vegetation hingedeutet werden, zu der *Platanus fraxinifolia* gehören könnte. Allerdings sind sich MAI und WALTHER (1985) nach den bisherigen Untersuchungen nicht sicher, ob man aus den laurophyllen Gemeinschaften einen besonderen „*Steinhauera subglobosa*-*Rhodomyrtophyllum*-Auenwald“ herauslösen kann. Das Auftreten von *Platanus fraxinifolia* in nur einer Flora des Florenkomplexes Zeitz mit insgesamt 48 Fundorten weist auf den relikttären Charakter dieser interessanten Art hin.

3.2.2.

Vorkommen in anderen Tertiärfloren Europas

In Washing Bay (Irland) werden von JOHNSON (1941) neben *Platanus fraxinifolia* noch „*Cinnamomum scheuchzeri*“/(*Daphnogene sp.*), *Sequoia couttsiae* (*Athrotaxis couttsiae*), *Populus* sowie *Juglans*-, *Ostrya*-, *Magnolia*-, *Pittosporum*-, *Celastrus*-, *Eleagnus*-, *Eugenia*-, *Andromeda*-, *Arbutus*- und *Diospyros*-Arten ange-

führt. Dazu kommt noch *Platanus hibernica*, eine Platane mit gelappten Blättern (vide: Brit. Mus. Nat. History). Bis auf letztgenannte Art sind nach freundlicher Mitteilung von Dr. M. BOULTER, London, alle Bestimmungen stark anzuzweifeln. Eine Revision ist nicht möglich, da das Belegmaterial mit wenigen Ausnahmen als verschollen gilt.

Die *Platanus fraxinifolia* sehr ähnliche *Debeya hungarica* HABLY (1982) aus der oberoligozänen Flora von Veröcemasos kommt als Reliktform zusammen mit *Platanus neptuni* (dominierend), *Daphnogene lanceolata*, *D. cinnamomifolia*, *D. bilinica*, *Zelkova zelkovaefolia*, *Ulmus* cf. *fischeri*, *Myrica banksiaefolia*, *Acer* sp., *Tilia* sp. und cf. *Calamus noszkyi* vor. HABLY (1982) weist auf den thermophilen Charakter dieser Flora hin, die von ihr als Uferflora des Hügellandes interpretiert wird.

Literatur

- BAAS, P.:
Comparative anatomy of *Platanus kerrii*
GAGNEP. — In: J. LINN. Soc. Bot. — London 62 (1969), S. 413...421.
- BŮŽEK, C., F. HOLÝ und Z. KVAČEK:
Eine bemerkenswerte Art der Familie Platanaceae LINDL. (1836) im nordböhmischen Tertiär. — In: Monatsber. Dt. Akad. Wiss. — Berlin 9 (1967), S. 203...215.
- : Tertiary flora from the Volcanogenic Series at Markvartice and Veseličko near Česca Kamenice (České středohoří Mts.). — In: Sb. geol. Věd. R. Paleont. — Praha 18 (1976), S. 69...132.
- BŮŽEK, C., Z. KVAČEK und H. WALTHER:
Tertiary floras from the surroundings of Kundratice in relation to the volcanic phases of České středohoří Mts. — In: Věst. ÚÚG. — Praha 53 (1978), S. 347...356.
- BŮŽEK, C., F. HOLÝ, M. KONZALOVÁ,
Z. KVAČEK und L. STUHLIK:
Palaeobotanical data on the biostratigraphy and correlation of the deposits of the Cheb Basin (tschechisch). — In: Act. Mont. ÚÚG. — Praha 60 (1982), S. 49...82.
- ETTINGSHAUSEN, C. v.:
Die fossile Flora des Tertiär-Beckens von Bilin I — III. — In: Denkschr. k. Akad. Wiss., math.-nat. Cl. — Wien 26 (1866), S. 1...98; 28 (1868), S. 191...242; 29 (1869), S. 1...110.
- GAGNEPAIN, F.:
Un genre nouveau de Butomacees et quelques especes nouvelles d' Indo-Chine. — In: Bull. Soc. bot. Fr. — Paris 8 (1939), 5/6, S. 300...303.
- HABLY, L.:
Some Data to the Oligocene Flora of the Kiscellian Tard Clay, Hungary. — In: Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung. — Budapest 71 (1979), S. 33...53.
- : *Platanus neptuni* (ETT.) BŮŽEK, HOLÝ et KVAČEK in the Hungarian Oligocene. — In: Act. Bot. Ac. Scient. Hung. — Budapest 26 (1980), S. 299...316.
- : Egerian (Upper Oligocene) Macroflora from Veröcemasos (Hungary). — In: Act. Bot. Ac. Scient. Hung. — Budapest 88 (1982), S. 91...111.
- JOHNSON, T.:
List of Fossil Plants from Co. Tyrone in National Museum, Dublin. — Nat. Mus. Dublin (1941), S. 1...13.
- JOHNSON, T., und J. G. GILMORE:
The occurrence of *Dewalquea* in the coalbore at Washing Bay. — In: Sci. Proc. roy. Dublin Soc. — Dublin II, 16 (1921), S. 323...333.
- KNOBLOCH, E.:
Eine bemerkenswerte Platane des europäischen Tertiärs. — In: Aufschluß. — Heidelberg 24 (1973), 7/8, S. 281...285.
- KNOBLOCH, E., und Z. KVAČEK:
Miozäne Pflanzenreste aus der Umgebung von Tamsweg (Niedere Tauern). — In: Act. Univ. Carol., Geol. — Praha (1982), 2, S. 95...120.
- KNOBLOCH, E., C. BŮŽEK, F. HOLÝ,
Z. KVAČEK, F. NEMEJC und V. SITAR:
Significant megafloral assemblages in the Neogene of Central Europe in Biozonal Divis. of the Upper Tertiary Basins of the Eastern Alps and the West Carpathians. — In: Geol. Surv. Prague. — Praha (1975), S. 87...100.
- KOCH, E. B.:
Fossil plants from the lower paleocene of the Agortdalen (Angmartussut) Area, Cent. Nugssuaq peninsula, Northwest Greenland. — In: Grønlands geol. Unders. Bull. — København 38 (1963), S. 1...120.
- KOVAR, J. B.:
Eine Blätter-Flora des Egerien (Ober-Oligozän) aus marinen Sedimenten der Zentralen Paratethys im Linzer Raum (Österreich). — In: Beitr. Pal. Österr. — Wien 9 (1982), S. 1...209.

KVAČEK, Z.:

A new *Platanus* from the Bohemian Tertiary.
— In: Pal. Abh., Abt. B. — Berlin (1970), 3/4,
S. 435...439.

MAI, D. H., und H. WALTHER:

Die Floren der Haselbacher Serie im Weiß-
elster-Becken (Bezirk Leipzig, DDR). — In: Abh.
Staatl. Mus. Min. Geol. — Leipzig 28 (1978),
S. 1...200.

—: Die fossilen Floren des Weißelster-Beckens
und seiner Randgebiete. — In: Hall. Jb.
Geowiss. — Gotha 8 (1983), S. 59...74.

—: Die obereozänen Floren des Weißelster-Beckens
und seiner Randgebiete. — In: Abh. Staatl. Mus.
Min. Geol. — Leipzig 33 (1985), (im Druck).

MAKULBEKOV, N. M.:

Paleogene Floras of the Western Kazakhstan
and the lower reaches of the Volga River.
— Alma Ata, 1977.

SAPORTA, G. DE, und A. F. MARION:

Essai sur l' état de la vegetation a l' époque
des Marnes Heersiennes de Gelinden. — In:
Acad. roy. Belgique Mém. cour. et sav. etrang.
— Brüssel 37 (1873), S. 1...97.

SÜSS, H. und W. R. MÜLLER-STOLL:

Untersuchungen über fossile Platanenhölzer.
Beiträge zur Monographie der Gattung
Platanoxylon ANDREANSZKY. — In: Feddes Reper-
torium. — Berlin 88 (1977), S. 1...62.

WALTHER, H.,

Ergänzung zur Flora von Seiffhennersdorf
(Sachsen) T. II. — In: Abh. Staatl. Mus. Min.
Geol. — Dresden 21 (1974), S. 143...158.

Besprechungen

SPERLING, W.

Formen, Typen und Genese des Platzdorfes in
den Böhmisches Ländern.

Erdkundliches Wissen, Heft 61

(Geographische Zeitschrift, Beihefte)

187 Seiten, 39 Abbildungen.

Franz Steiner Verlag: Wiesbaden, 1982.

Der Autor behandelt eine Gruppe von Dörfern, deren gemeinsames Merkmal ein freier Platz inmitten der Ortslage ist. Diese Dörfer, die auch im deutschen Sprachbereich weit verbreitet sind, werden an zahlreichen Beispielen, die von Nová Ves im Nordwesten der ČSR bis Nivnice im Südosten reichen, vorgestellt. Zu diesen Dörfern gehören in der ČSR Platzweiler, Rundplatzdörfer, große Angerdörfer, die allerdings, wie SPERLING hervorhebt, eine Zwischenstellung zwischen Platz- und Straßendorf einnehmen, regelmäßige Platzdörfer, Zweizeilendörfer mit großem Zwischenraum, hufeisenförmige Rundreihendörfer (S. 5). Daß der Verfasser ihre Geschichte in den „Böhmisches Ländern“, d. h. in den Ländern der ehemaligen Böhmisches Krone untersucht, ist auf Grund der historisch-geographischen Fragestellung gerechtfertigt. Hinzu kommt, daß diese historischen Territorien weitgehend mit dem Gebiet der ČSR innerhalb der ČSSR übereinstimmen. Ermöglicht wurde ihm diese Arbeit durch die Benutzung der Karten der zweiten Österreichischen Landesaufnahme aus der Mitte des 19. Jh., deren Originale im Wiener Kriegsarchiv lagern.

Die Arbeit ist in vier Kapitel unterteilt und beginnt mit einer Übersicht zum Forschungsstand. Die tschechisch- und deutschsprachige Literatur zu diesem Thema wird bis 1980 vorgestellt und, was für den Interessierten besonders wertvoll ist, in den meisten Fällen noch kurz erläutert. Einige dabei wie auch in den folgenden Kapiteln gebrauchte Formulierungen rufen allerdings die Kritik des Rezensenten hervor, da sie die reale Situation und Entwicklung unzutreffend darstellen. Danach werden im 2. Kapitel, das allein 72 Seiten besitzt, ausgewählte Siedlungen, die gleichmäßig über das Untersuchungsgebiet verteilt sind, behandelt. Es folgt drittens die Diskussion der im 1. Teil aufgestellten Hypothesen anhand der Beispielsiedlungen. Dazu gehört vor allem die Frage nach den Ursachen der Anlage dieser Platzdörfer, die entweder „aus grüner Wurzel“ oder im Ergebnis eines binnenkolonialisatorischen Umbaus“ (S. 12) entstanden sein können. In einem abschließenden Kapitel formuliert SPERLING Überlegungen für die weitere Forschung, verweist auf die Notwendigkeit, den

Flurformen, die in der vorliegenden Arbeit nur randlich erwähnt werden, weitere Studien zu widmen. Die Erhaltung der „kulturellen Werte des alten Dorfes“, zumindest an Einzelbeispielen, die allerdings ein über den Fachwissenschaftler hinausgehendes Verständnis für Geschichte und Erbpflege erfordert, wird, und hier kann man ihm nur zustimmen, für wünschenswert gehalten (S. 182).

Aus der Fülle des gebotenen Materials soll vor allem auf seine Darstellung des Besiedlungsganges in den „Böhmischen Ländern“ verwiesen werden, die manche falsche Vorstellung in der deutschsprachigen Fachliteratur korrigieren hilft. Hier arbeitet der Autor sehr eindrucksvoll heraus, daß die im Gefolge der deutschen feudalen Ostexpansion, SPERLING verwendet hier noch den Begriff der Ostkolonisation, in das Land gekommenen Siedler, deren Zahl er in Übereinstimmung mit tschechischen Autoren als doch recht klein ansieht, auf ein kulturell hochstehendes, durch den von tschechischer Seite bereits weit voran getriebenen inneren Landesausbau sehr wohl erschlossenes Gebiet trafen. Nach den jüngsten Ergebnissen tschechischer Historiker, auf die er sich bezieht, gab es vor dem Erscheinen deutscher Siedler z. B. bereits ein altes böhmisches Siedelrecht und die Dreifelderwirtschaft. Der Beitrag deutscher Siedler, der nur in einigen Landesteilen überhaupt von Gewicht war, stellte lediglich eine letzte Phase des mittelalterlichen Landesausbaues vor der großen Wüstungsperiode dar. Hier wendet sich der Autor auch gegen den früheren Mißbrauch siedlungsgeographischer Arbeiten, um „nationale Besitzstände“ zu manifestieren“ (S. 127).

Wertvoll sind seine umfangreichen Erörterungen zur Genese und Typologie der Platzdörfer und in Verbindung damit seine ausführlichere Diskussion des sogenannten Rundlingsproblems. Viele dieser Rundlinge lassen sich zwanglos auf Typen des Platzdorfes zurückführen und sind Sackgassendörfer, regelmäßige Platzdörfer, Rundplatzdörfer mit radialen Waldhufen, Rundreihendörfer und erst im 18. Jahrhundert planmäßig angelegte Siedlungen.

Platzdörfer können, hier greift der Autor auf eine bereits früher getroffene, das genetische Prinzip beachtende Einteilung zurück, Naturtypen sein, d. h. einen gewachsenen Grundriß besitzen, oder Normtypen darstellen, geplante Siedlungen sein. Zu den Naturtypen zählen die Platzweiler, Sackgassen- und Gassendörfer. Alle übrigen Formen gehören zu den Normtypen. Normtypen „im Altsiedelland können nur durch Umlegungen im Hochmittelalter erklärt werden“ (S. 182).

Seine Befürchtung „einen unproduktiven Historizismus“ (S. 177) zu pflegen, möchte der Rezensent nicht teilen, denn derartige Studien sind unbedingt

erforderlich, wenn wir ein größeres Verständnis für die Genese der Kulturlandschaft erreichen wollen. Ausführlich verweist SPERLING hier auf die Leistungen der tschechischen Fachkollegen. So wie es keinen Zweifel an dem Erfordernis einer Landesgeschichte gibt, ist die Erforschung der Geschichte der Kulturlandschaft ein notwendiger Zweig der historischen Geographie, ja der Geographie überhaupt.

M. LINKE

GEORGI, CH. (Photos) und G. JÜRGAS (Text) Nordwestböhmen.

24 Textseiten, 16 Seiten Farbphotos,
102 Seiten Schwarzweißphotos.

F. A. Brockhaus Verlag: Leipzig, 1983.

Mit seiner Vielzahl reizvoller Photoszenen stellt der durch einen typographisch geschmackvoll gestalteten und flüssig geschriebenen Text ergänzte Bildband die interessante mitteleuropäische Kulturlandschaft im Nordwesten der ČSSR vor. Historische und moderne städtische Architektur und Zeugen ländlicher Bauweise überwiegen im Bildteil, nicht ohne die Einbettung der Siedlungen in die Landschaften der Krušné Hory (Erzgebirge), der Becken von Cheb, Sokolov und Most und der Doupovské hory (Duppauer Gebirge) zu zeigen.

Eindrucksvoll erfaßt werden wichtige geographische Aspekte der Physiognomie dieser strukturell und genetisch unterschiedlichen Gebiete. Berücksichtigt werden auch die an den bekannten Mineralquellen entstandenen berühmten Bäder. Nicht zum Ausdruck kommt die Tatsache, daß dieser Raum auch eines der hochproduktiven Industriegebiete unseres Nachbarlandes ist. Kritisch zu verwenden ist der Textteil in seinen kurzen geowissenschaftlichen Passagen. Mehr Informationen wünscht sich der an der Landesnatur interessierte Leser über Klima und Vegetation, Gewässer und Böden dieser Landschaften. Nicht zutreffende Aussagen, wie die über wesentliche, für die Entwicklung des historischen und gegenwärtigen Bergbaus des Raumes und für seine Heilbäder entscheidenden erdgeschichtlichen Ereignisse, sollten in folgenden Auflagen berichtigt werden (das Variszische Gebirge ist gewiß älter als eine Million Jahre).

Ungeachtet dessen ist der Band als gelungene Illustration charakteristischer Wesenszüge dieses Raumes geographisch interessant und empfehlenswert.

H. KUGLER

Zusammenfassung

Am Beispiel des Döhlener Beckens, im Süden der DDR bei Dresden gelegen, wird die Entwicklung eines kleinen intramontanen und vulkanotektonischen Permosiles-Beckens erläutert. Über dem zusammenbrechenden Dach eines ausfließenden Magmenherdes bildeten sich vier Sediment-Großzyklen. Im zweiten und dritten Zyklus entstanden in Flachmooren Steinkohlenflöze unter komplizierten geochemischen Bedingungen. Mächtigkeitsschwankungen der Schichtpakete und lithofazielle Differenzierung der Flözbänke fixierten die synsedimentären Bewegungen. Das Spektrum tektonischer Elemente ist weit gefächert. Besonders wird die seismische Entstehung sedimentärer Gänge, der Kämme, erläutert. Ein Entwicklungsschema korreliert Sedimentation und tektonische Aktivitäten. Es wird versucht, die Ursachen der Beckenbildung sowie den Ablauf der tektonischen Ereignisse zu erklären.

Summary

Dislocations in the Lower Permian Döhlen Basin near Dresden. A contribution concerning the lithofacial and tectonic development of an intramontane volcanotectonic basin

The development of a small intramontane and volcano-tectonic Permo-Carboniferous basin is explained with the Döhlen Basin, situated in the south of the GDR near Dresden, taken as an example. Four sedimentary large cycles formed above the caving roof of a welling-out magma hearth. Bituminous coal seams formed under complicated geochemical conditions in shallow moors in the 2nd and 3rd cycles. Thickness variations in the stratigraphic sequences and lithofacial differentiation of the cleavings fixed the synsedimentary movements. The spectrum of tectonic elements is diversified. The seismic generation of clastic dikes, the crests, in particular is explained. The evolutionary pattern correlates sedimentation and tectonic activities. An attempt is made to explain the causes of basining and the course of the tectonic events.

Schichtstörungen im unterpermischen Döhlener Becken bei Dresden. Ein Beitrag zur lithofaziellen und tektonischen Entwicklung eines intramontanen vulkanotektonischen Beckens

*Mit 6 Abbildungen und 8 Photos
im Text*

Autor:

Dr. WOLFGANG REICHEL
8019 Dresden
Borsbergstraße 29c

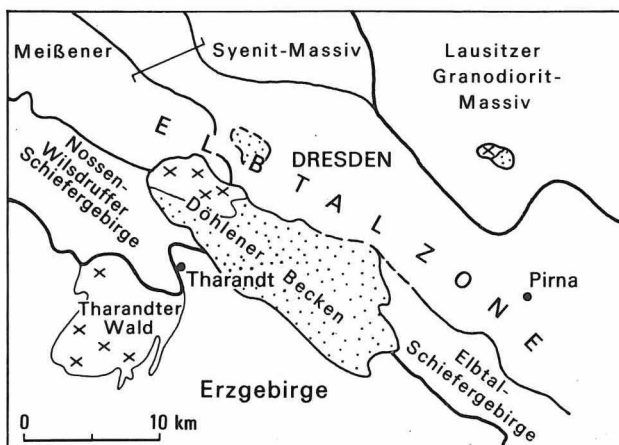
Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 21...34
VEB H. Haack Gotha 1985

Резюме

Нарушения залегания слоёв в нижнепермском Деленском бассейне под Дрезденом. Вклад в литофациальное и тектоническое развитие межгорного вулcano-тектонического бассейна

На примере Деленского бассейна, расположенного на юге ГДР под Дрезденом, поясняется развитие маленького межгорного и вулcano-тектонического пермосилезского бассейна. Над обрушившейся крышей опораживающегося магматического очага образовались 4 больших седиментационных цикла. Во втором и в третьем циклах в низинных болотах образовались в сложных геохимических условиях каменноугольные пласты. Колебания мощности пачек пластов и литофациальная дифференциация банок пласта закрепили синседиментационные движения. Имеется широкий спектр тектонических элементов. Особо отмечается сейсмическое происхождение осадочных жил. Схема развития сопоставляет осадконакопление с тектоническими активностями. Делается попытка объяснить причины образования бассейна и ход тектонических событий.

Abbildung 1
Übersicht des Permosiles der Elbtalzone
(nach CREDNER 1908)



1. Übersicht

Im Süden der DDR, südwestlich von Dresden, liegt über und zwischen hochmetamorphen Komplexen sowie dem Meißener Syenodiorit das Döhlener Becken (Abbildung 1). Seine NW-SE gerichtete Längsachse und die Hauptstörungen streichen wie das seit dem Altpaläozoikum mobile Elbelineament (PIETZSCH 1956, TRÖGER u. a. 1968). Das Becken ist nur 22 km lang und 6 km breit. Im gesamten Schichtprofil findet man Gerölle aus zwei großen Rhyolith-Effusivkomplexen, dem im NW gelegenen Komplex von Meißen und dem im W gelegenen Komplex von Tharandt (Abbildung 1). Diese Effusiva werden dem Oberkarbon zugeordnet. Nach BARTHEL (1976) enthält die Döhlener Flora die altertümlichsten Elemente der sächsischen Rotliegendebekken. Eine Abgrenzung zum Stefan muß jedoch offen bleiben. Im starken Relief des Beckenuntergrundes sind Vergitterungen von NW-SE und NE-SW streichenden Strukturen oder „Rücken“ (TRÖGER u. a. 1968) zu erkennen.

Die vier Großzyklen der bis 700 m mächtigen Schichtfolge (Abbildung 2) wurden 1966 und 1970 durch REICHEL ausführlich beschrieben. Die bis zu sieben Brandschiefer-Steinkohlenflöze der Döhlener Schichten lassen ebenfalls eine zyklische Sedimentation erkennen. Die Kohlenlithotypen der Flözbänke, die zwischengeschalteten Kohlentonsteine sowie die komplizierten Faziesbedingungen bei der Flözbildung wurden durch REICHEL 1970 und 1984 erläutert. Die Bildung der meist hellen Kohlentonsteine erfolgte sowohl tuffogen als auch durch die Zufuhr des Detritus in Sedimentationsrinnen, den sogenannten Bergschüssen (Abbildung 3), und vor allen Dingen durch kolloidale Ausflockung aus Suspensionen (Graupentonsteine).

In drei Horizonten treten Kalk-Mergelflöze auf, die z. T. eine reiche Fauna enthalten. Über

Abbildung 2
Idealschichtenschnitt des Döhlener Beckens

Bannewitz-Hainsberger Schichten	Schichtmächtigkeit (m)		Obere wechselhafte Schichten, Wechsel von rotbraunen Konglomeraten, Arkosen und Schiefertonen
	> 10		
	... 12		Wachtelberg-Quarzporphyrtuff
	80...115		Untere wechselhafte Schichten, dieser gesamte Komplex ist wenig verfestigt, Gerölle vorwiegend Gneis, Quarzporphyr
	20... 60		Oberes brekziöses Konglomerat, Fluidalporphyr, Porphyrit, Gneis, rotbraun
	... 75		Gebänderte Sandschiefer-Arkoseschichten, rotbraun, nur in Spezialmulden
Niederhäslich-Schweinsdorfer Schichten	15... 55		Unteres brekziöses Konglomerat, z. T. auch Syenit
	20... 40		Oberes Kalkflöz Schweinsdorfer- u.-Meiselschacht - Brandschieferflöz Unteres Kalkflöz
	130...170		Grüngraue Schiefertone, leicht sandig, z. T. bräunlich und kohlige Schmitzen
	30... 50		Große Lette über den Flözen, Tuff Grüngraue Schiefertone, ± sandig
Döhlener Schichten	... 30		Graues Konglomerat, z. T. nur Arkosesandstein
	... 10		1. Flöz
	... 50		2a Flöz Schichten mit Steinkohlen- und Brandschieferflözen 3. und 4. Flöz 5. Flöz 6. Flöz Zwischenmittel sandige Schiefertone, Arkosesandsteine, im liegenden Teil Konglomerate 7. Flöz
Unkersdorf-Potschapper Schichten	50... 80		Potschappel-Wilsdruffer Porphyrit, besonders am NE Beckenrand links der Weißeritz, z. T. Tuffe im Liegenden
	... 70		Unkersdorfer Tuff, massiger Brockentuff, z.T. Glastuffe Pisolithtuffe und Tuffit
	... 30		Hänicheener Grundkonglomerat oder Basalbrekzie
Altpaläozoisches Grundgebirge			Im NE Syenit und Kontaktgesteine, im zentralen Teil besonders Phyllite des Elbtalschiefergebirges, im SW Gneise des Erzgebirges

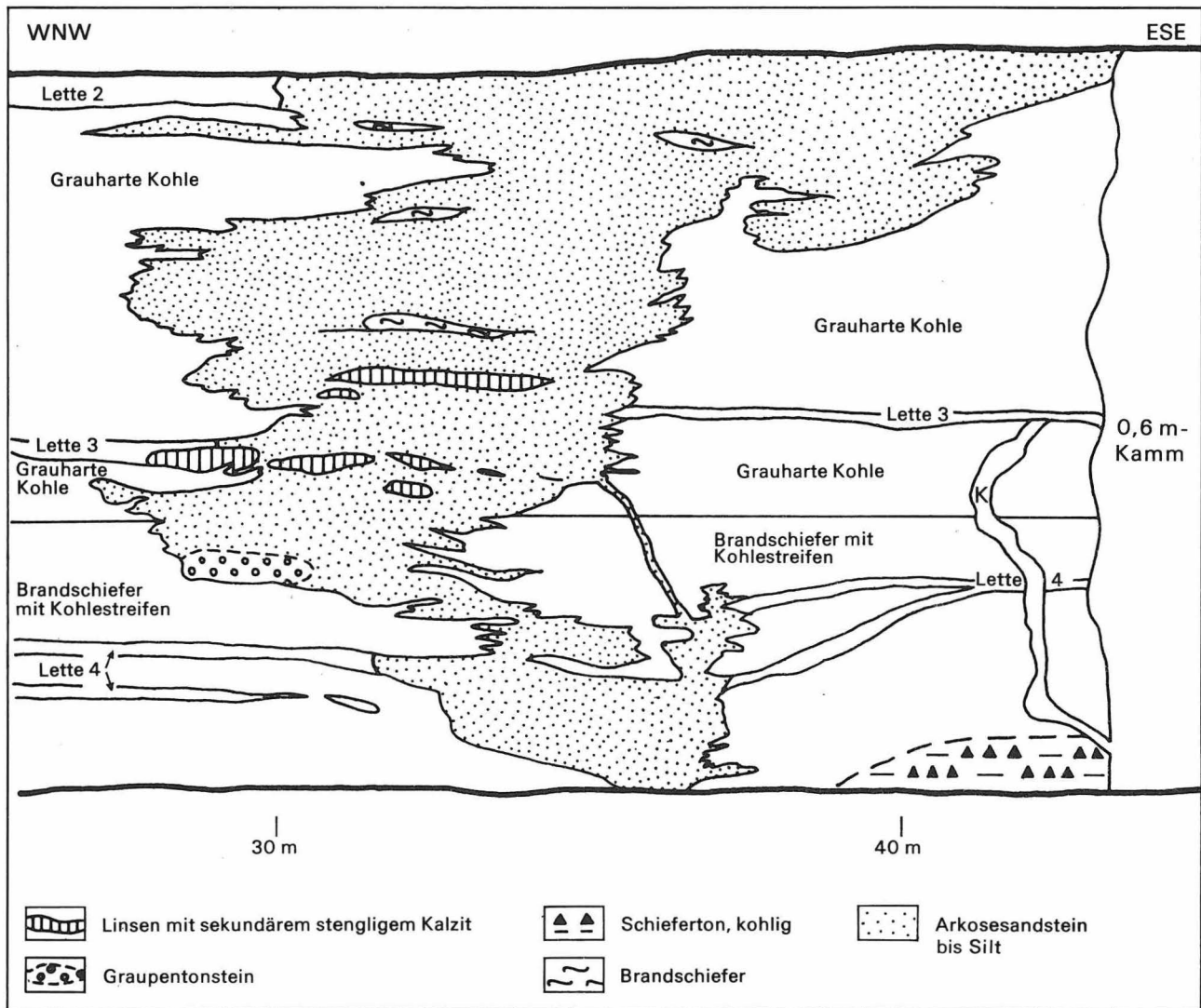


Abbildung 3
 „Bergschuß“ im 5. Flöz, Feld Gittersee, Sediment-Transportrinne mit Übergängen zu Kohletonsteinen, keine Erosionsspuren

die biogene oder chemische Fällung der feinen Kalklaminen herrscht noch keine Klarheit.

Die Effusiva des Döhlener Beckens sind in zwei Gruppen zu gliedern:

- Saure Tuffe, Ignimbrite und Tuffite als Auswürflinge des Tharandter Ringvulkans und
- Porphyrite und -Tuffe als selbständige petrochemische Einheit.

Letztere werden als Zeugen des Lineamentvulkanismus gedeutet.

Seit dem Beginn des Bergbaus (1542) erregen die tektonischen Störungen der Ablagerungen großes Interesse und erfuhren mannigfaltige Interpretationen. Eine lithofaziell-tektonische Analyse der bisher veröffentlichten Teilergebnisse steht jedoch noch aus.

2.

Die tektonischen Elemente des Döhlener Beckens

Das Spektrum tektonischer Erscheinungen ist im Döhlener Becken vielfältig und ausgeprägt. Sämtliche nichtplastischen Deformationen lassen sich auf Zerrungen zurückführen. Die Beobachtungen in den zahlreichen bergmännischen Aufschlüssen ermöglichen die Zuordnung einzelner tektonischer Elemente zur Entstehung bestimmter Schichtabschnitte. Vom Beginn der Beckenbildung bis zum Abschluß der Sedimentation sind syndementäre Absenkungen des Untergrundes und die Verkippung lokaler Muldenzonen, plastische Deformatio-

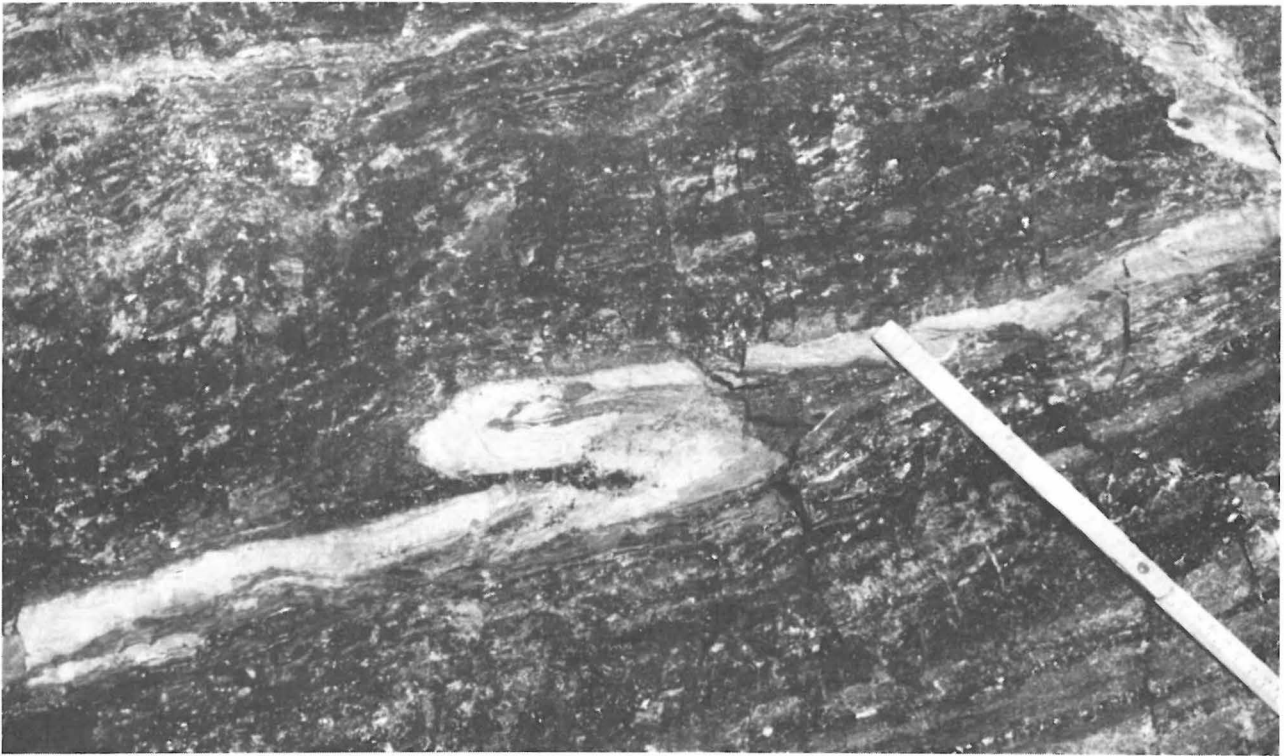


Photo 1
Fließfaltung der Großen Lette des 1. Flözes. Die umgebende Glanzstreifenkohle zeigt keine entsprechende Deformation, Heidenschanze.

Photo 2
Fließfaltung einer schräg das 5. Flöz durchsetzenden Tonsteinlage. Unten die Lette 5 oder Doppellette, Gittersee.



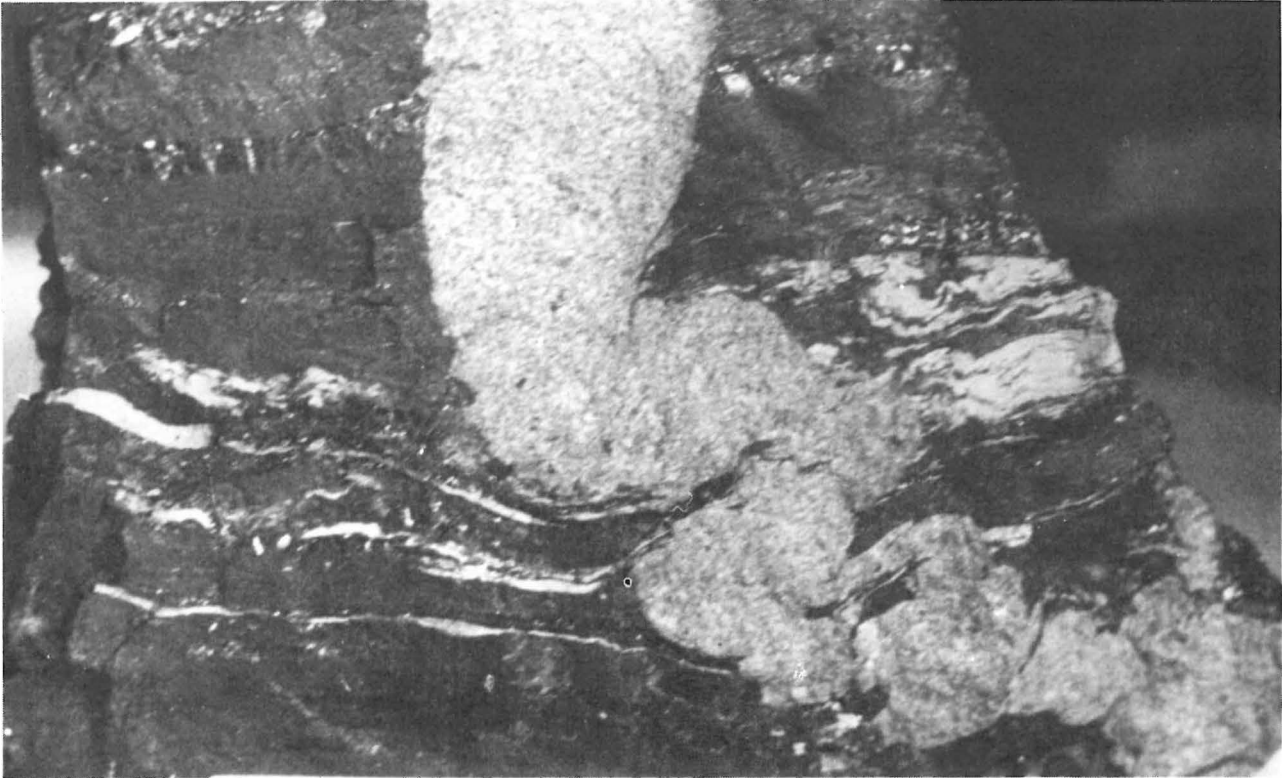
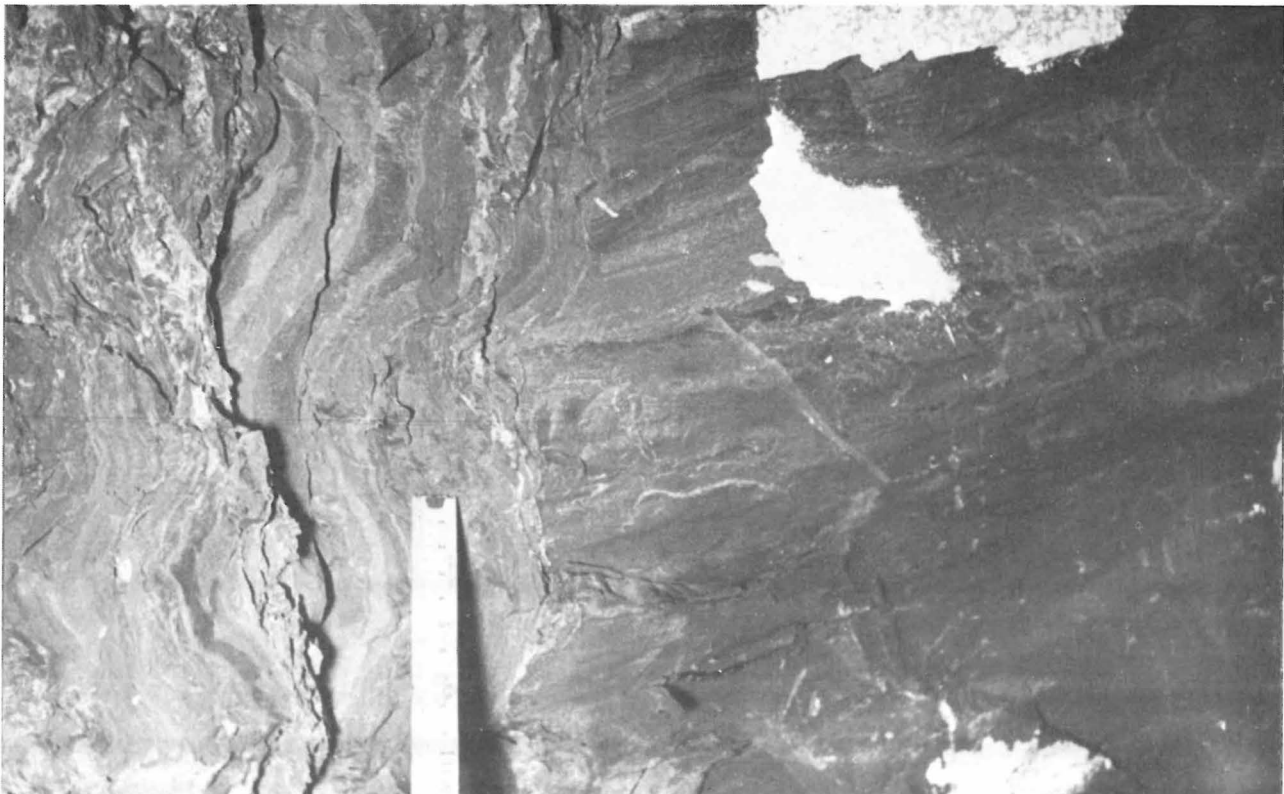


Photo 3
 Kammspalte, gefüllt mit sandigem Material und diagenetisch in fluide Schlingen gedrückt. Der umgebende Brandschiefer ist nicht deformiert. Die Tonsteinschmitzen der Lette 3 sind verbogen und leicht verfaultet.
 5. Flöz, Gittersee.

0 2 4 cm

Photo 4
 Kammspalte im Hangenden der Döhlener Schichten, Heidenschanze. Die tonige, grünlich-rötliche Füllmasse ist deutlich geschichtet. Schichtung senkrecht zur Schichtung des gleichartigen Nebengesteins.



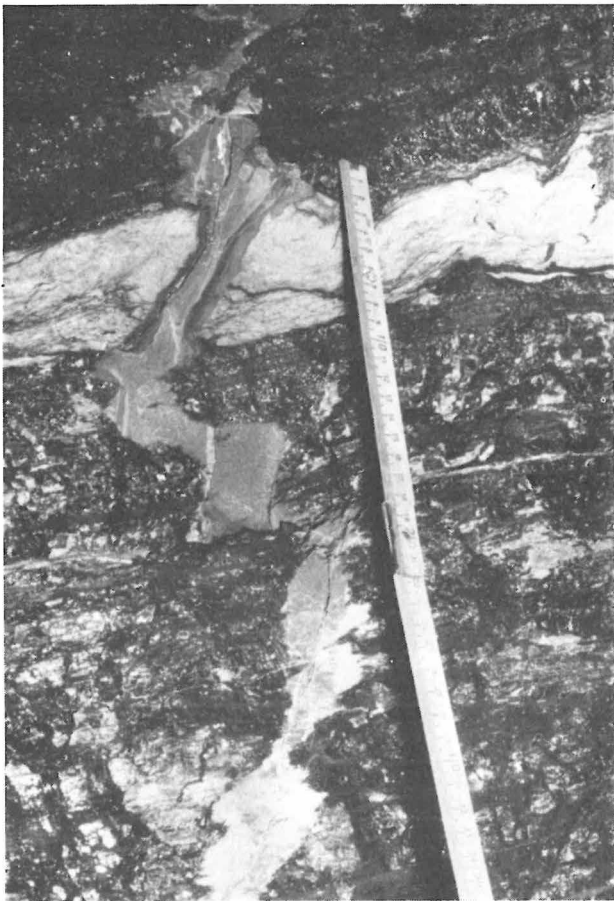


Photo 5
Kammspalte durchsetzt die Große Lette des 1. Flözes, die leicht verfaultet ist. Paul-Berndt-Grube. Die sonst massige Spaltenfüllung ist im Bereich der Lette geschichtet. Jüngere Klüfte und die Abscherung der Spalte, 10 cm unter der Lette, sind zu erkennen. Die Glanzstreifenkohle ist nicht deformiert.

nen (Fließfaltung), seismisch entstandene Sedimentgänge, Blattverschiebungen und der große Bereich der Sprödrühe (Mikro- und Kleinklüftung bis zu Abschiebungen von 350 m Amplitude) nachzuweisen (REICHEL 1966 und 1970). Nur drei dieser Elemente sollen wegen ihrer spezifischen Eigenschaften näher erläutert werden.

2.1.

Rutschungen und Fließfaltungen

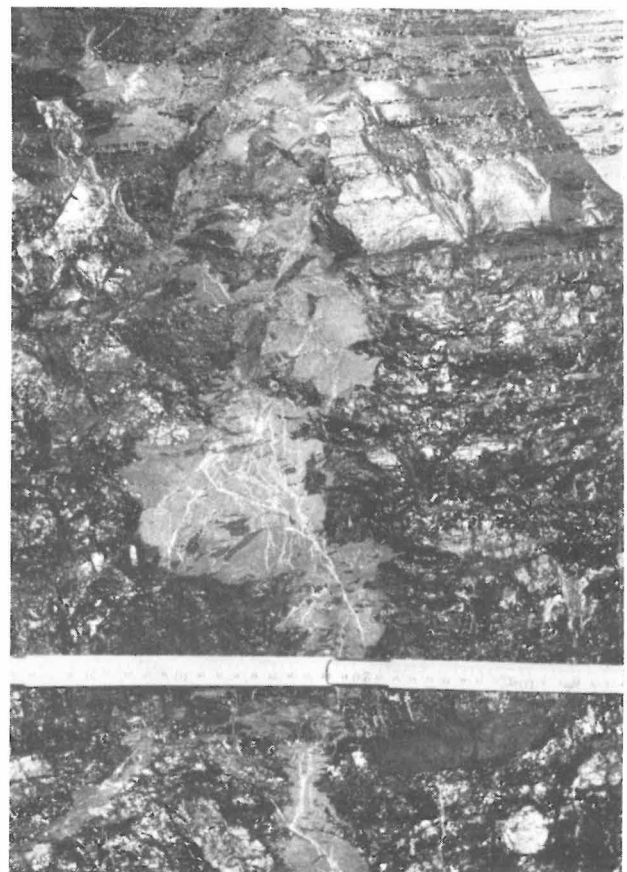
Besonders in den Kohlenflözen sind mitunter Faltungen der Kohlentonsteine oder der Kohlenschichten zu beobachten (Photo 1 und 2). Aber auch in anderen feinklastisch-tonigen Schichten, z. B. den Niederhäslich-Schweins-

dorfer Schichten, wurden verfaultete Horizonte angetroffen. Aus dem Bereich der Flöze zeigt Photo 1 eine immer wieder überraschende Erscheinung. Während der Kohlentonstein, die Große Lette des 1. Flözes, deutlich gefaltet ist, zeigt die Kohle keinerlei Deformations Spuren. Diese Erscheinung ist nur möglich, wenn in einem frühdiagenetischen Stadium die noch fließfähig-plastische Kohlensubstanz dem Druck ausweichen konnte, während der entweder stärker verfestigte oder durch seine Körnung starrere Kohlentonstein deformiert wurde. Starke Verfaultungen sind nur bei einer kräftigen und wiederholten Bewegung möglich (Photo 2).

Die zahlreichen Kohlentonsteine gliedern die Flöze in Bänke von 0,2...1,0 m Mächtigkeit. Manchmal erkennt man über einer ungestörten Bank, begrenzt durch zwei Kohlentonsteine,

Photo 6

Mit dem 1. Flöz verzahnte Kammspalte, Heidenschanze. In der massigen Spaltenfüllung ist eine Kohlenbrekzie und ein System von Kalzitklüften zu erkennen. Der Spalt ist in der Glanzstreifenkohle breit und fiedert sich in der zähen grauharten Kohle (oben, stark glänzend) auf.



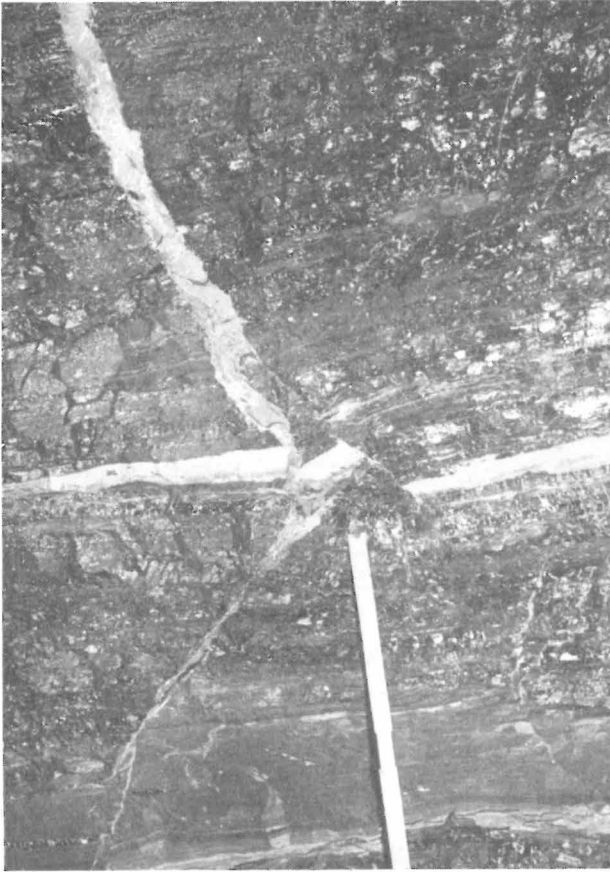


Photo 7
Kamm keilt im Zwischenmittel der Lette 4 des 5. Flözes (unten) aus. Durch die Bildung eines Horstes ist die Lette 3 geringer verworfen als das Zwischenmittel. Kohlelithotypen: Unreine Kohle oben, über Lette 3 Brandschiefer mit Kohlenstreifen.

verfaltete Kohlschichten. Es sind Stau- und Wickelfalten, an denen man die Rutschungen der Kohlschichten in der Einfallrichtung zur Muldenachse (tektonisch a) und ihre Schlepung am unteren Kohlentonstein der Bank ablesen kann. Da es sich hierbei um Stockwerks- oder besser Banktektonik handelt, ist die darüber folgende Bank wieder ungestört. Als Gleitbretter für die Verschiebungen in der Einfallrichtung wirkten die meist tonigen Zwischenmittel. Eine weitere plastische Deformation der Kohlschichten sind hakenartige Verbiegungen des Flözhangenden. Diese vermutlich bei Setzungsvorgängen entstandenen Boudins sind bisher nur in sandigen Hangschichten beobachtet worden. Andere Haken sind unsymmetrisch und weisen mit der Spitze in Richtung des Ansteigens der Flöze. In einem Aufschluß war zu erkennen, daß eine

Gleitbrettrutschung des hangenden Arkose-sandsteines die Schichten aufgestaucht hat (REICHEL 1966).

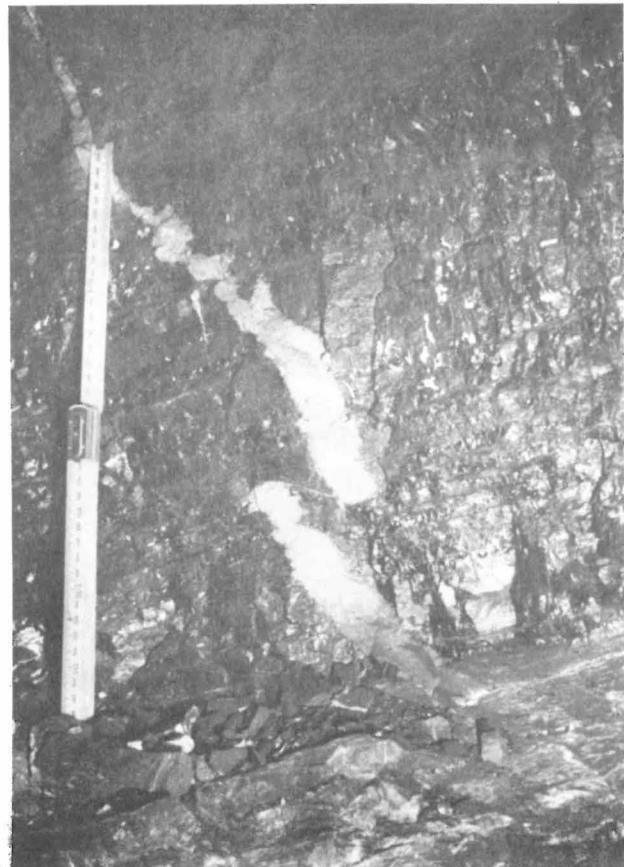
2.2.

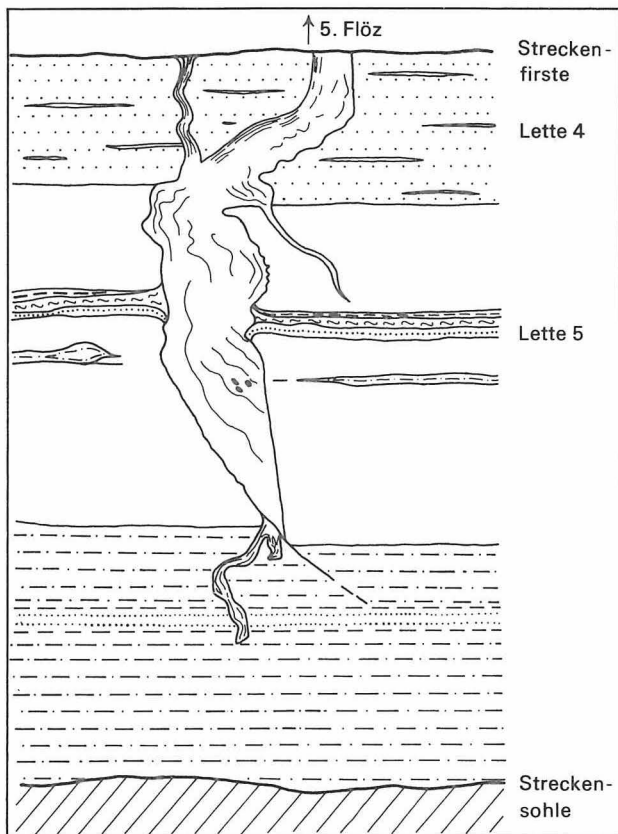
Seismische klastische Gänge – die Kämmе







Diese mit Sedimentmaterial ausgefüllten Gänge erregten bereits im 19. Jahrhundert die Aufmerksamkeit der Geognosten (WEISSENBACH 1850, HAUSSE 1892). Der Name rührt von der kammartigen Verzahnung der Bergesubstanz mit den Kohlschichten her (Photo 5 und 6). Die Gangfüllung besteht meist aus massigem tonigem (Photo 6), aber auch aus sandigem (Photo 3) Material. Konglomerate

Photo 8

Kammspalte zwischen Lette 2 und 3 des 5. Flözes, Gittersee. Die Spaltenbreite ist im zähen Brandschiefer (oben) geringmächtiger als in der unreinen Kohle. Durch frühdiagenetische Setzung wurde die Spaltenfüllung in fluide Schlingen gelegt. Mit zunehmender Verfestigung war nur noch eine Abscherung und Versetzung möglich. Beweis für die frühdiagenetische Entstehung der Kammspalten.





-  Arkosesandstein
-  Schieferton
-  Brandschiefer
-  sandiger Schieferton
-  feinkörnige Arkose
-  Flöz

0 1 m

Abbildung 4
Kamm in der Unterbank des 5. Flözes, Marien-Schacht.
Die Spalte keilt im Flözliegenden aus
(Aufgenommen: R. JÜLICH).

kommen sehr selten vor. Tonige Kammfüllungen mit dem seltenen Phänomen Schichtung senkrecht Schichtung (\perp), d. h. Schichtung parallel zum Salband und damit senkrecht zur Flözschichtung, zeigen die Photos 4 und 5. Das Erkennen der Schichtung in der Spaltenfüllung ist für die Unterscheidung von Bergschüssen und Kämmen wichtig. Brekzien, auch von Kohle, sind als Kammfüllung häufig (Photo 6). Den Kämmen sind fast immer Klüfte und Harnischflächen, sowohl in der Spaltenfüllung als

auch im Wirtsgestein, zugeordnet. Diese können einen Kamm völlig verruscheln.

Als Mineralisation sind an den Spaltenrändern oft Pyrit in derben Massen, Sphalerit, z. T. auch kristallisiert, und selten Funde von Galenit und Chalkopyrit zu registrieren. Die Mächtigkeit der Spalten reicht von Millimetern bis zu 10 m im Extremfall. Breite Spalten fiedern im Streichen oft auf. Die Kämmen kommen in der Nähe der Abschiebungssysteme häufiger vor als in ungestörten Muldenzonen. Im Schichtprofil wurden Kämmen in der etwa 400 m mächtigen Folge, zwischen den ältesten Tuffen bis zu den Kalkflözen, beobachtet. Die statistische Häufung liegt dabei eindeutig in den Kohlenflözen und vor allen Dingen in dem bis 9 m mächtigen 1. Flöz (REICHEL 1966). Eine Erweiterung der Spalten in Glanzstreifenkohlebänken und eine Verengung in Brandschiefern, Ton- oder Arkosesandsteinen (Photo 7 und 8) ist eine Folge variabler Elastizität der einzelnen Schichten. Ein Auskeilen der Kammspalten im Liegenden oder in Flözzwischenmitteln konnte mehrfach beobachtet werden (Abbildung 4, Photo 7). Die Hangendbegrenzung dieser Spalten ist noch unbekannt.

Während die Kämmen früher als Schrumpf- oder Trockenrisse, aber auch schon als die Folge von tektonischen Ereignissen gedeutet wurden (HAUSSE 1892), erarbeiteten TRÖGER u. a. 1968 erstmals eine Strukturanalyse. Im 1. Flöz, im Revier des ehemaligen Carolaschachtes, bevorzugten die Kammspalten zwei Richtungen, die mit dem Streichen der Längs- und Quermulden sowie den synsedimentären Rücken zonen des Untergrundes, mit unterernährter Sedimentation, zusammenfallen. Besonders dicht geschart verläuft eine Spaltenzone parallel zur Carolaschacht-Verwerfung. An den Kreuzungsstellen dieser Zone mit den Querelementen treten netzförmige Vergitterungen radial und konzentrisch verlaufender Kämmen auf. Eine gleiche Richtungsabhängigkeit von den tektonischen Großelementen zeigt die Kammkarte des 1. Flözes, östlich des Marien-Schachtes. Die Spaltenformen und Kammfüllungen beweisen, daß es sich ausschließlich um Zerrungsstrukturen handelt.

Morphologisch völlig analoge Erscheinungen beschrieben COULTER und MIGLIACCO 1966

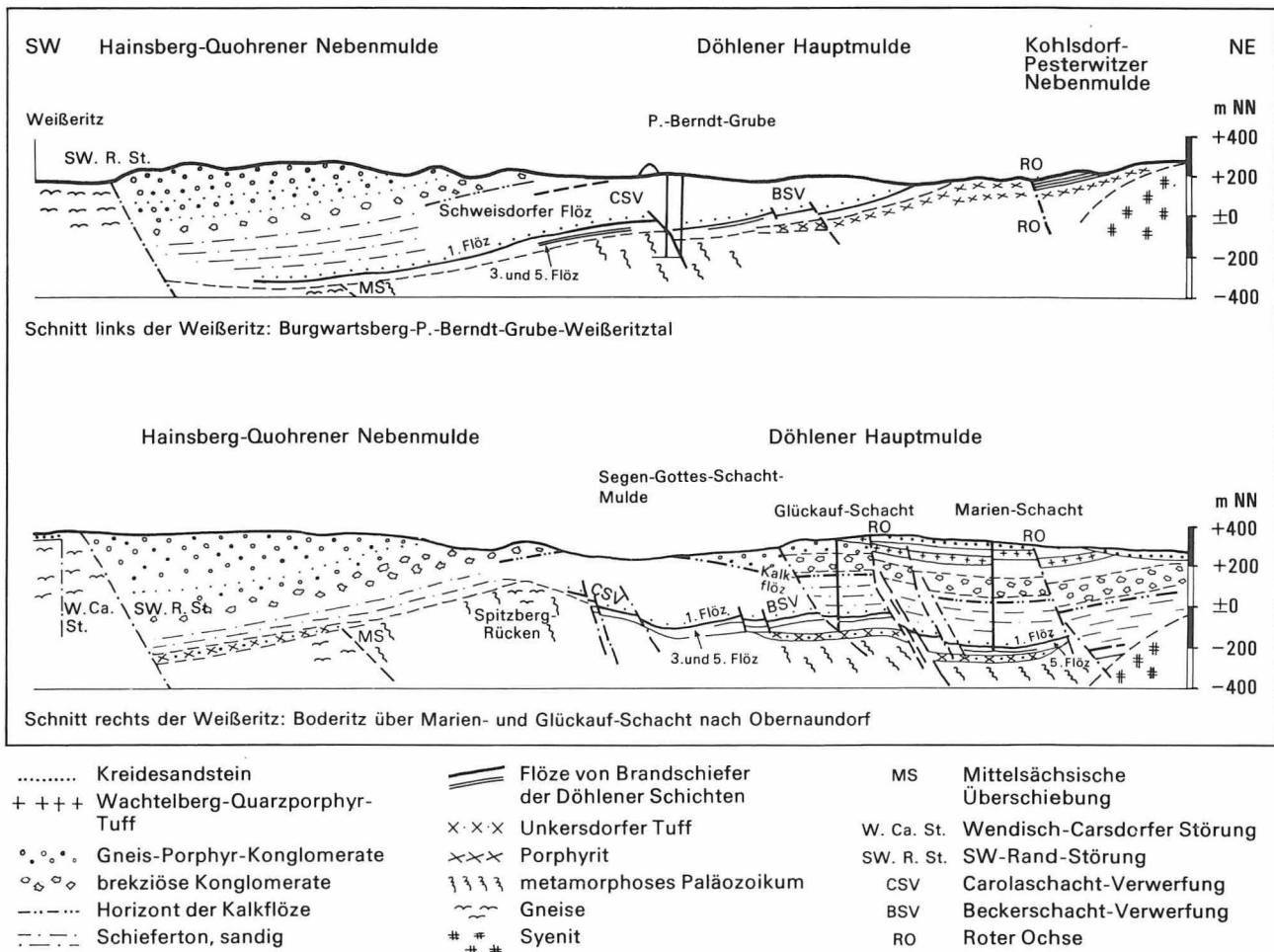


Abbildung 5
Geologische Querschnitte durch das Döhlener Becken

aus der Umgebung von Valdec nach dem Alaskabeben 1964. Oberflächenwellen mit großer Amplitude zerbrachen die oberflächlich verfestigten = gefrorenen rezenten Sedimente eines Flußdeltas. Die anhaltenden Wellendurchgänge wirkten wechselweise pressend und zerschendend und pumpften dabei das wassergesättigte Liegendsediment durch die Grundbrüche nach oben. Analoge Bildungsbedingungen wurden von DAMBERGER 1970, LAUBSCHER 1961, STRAUCH 1966 und ZEIL 1958 aus Beobachtungen an fossilen klastischen Gängen abgeleitet.

In ganz ähnlicher Weise kann man sich die Entstehung der Käme vorstellen. Fluide Schlingen von Kammspalten (Photo 3 und 8) beweisen, daß die Ruptur und die Spaltenfüllung frühdiagenetisch erfolgt sein muß, bevor durch Dehydratation und Inkohlung eine starke Mächtigkeitsreduktion des Moores erfolgte.

Diese Setzung preßte die noch plastische Gangfüllung in Schlingen und zerscherte sie in einem späteren Verfestigungsstadium (Photo 8). In dieser diagenetischen Frühphase war das Kohlenmoor ein oberflächennahes Schichtpaket. Die Inkohlung hatte begonnen. Das Flöz muß eine höhere Kohäsion als das Hangende gehabt haben, denn es reagierte auf seismische Wellen mit Sprödb Brüchen. Aus dem Hangenden wurde wassergesättigtes und zum Teil fließfähiges sandig-toniges Deckgebirge in die Spalten eingesaugt (Photo 4 und 5). Nach weiterer Verfestigung fielen Bruchstücke in die Spalten (Photo 6). Beweise für die prinzipiell mögliche Spaltenfüllung von unten nach oben wurden im Döhlener Becken bisher nicht gefunden.

Nach der diagenetischen Versteifung der Schichtpakete waren die Kammspalten Schwä-

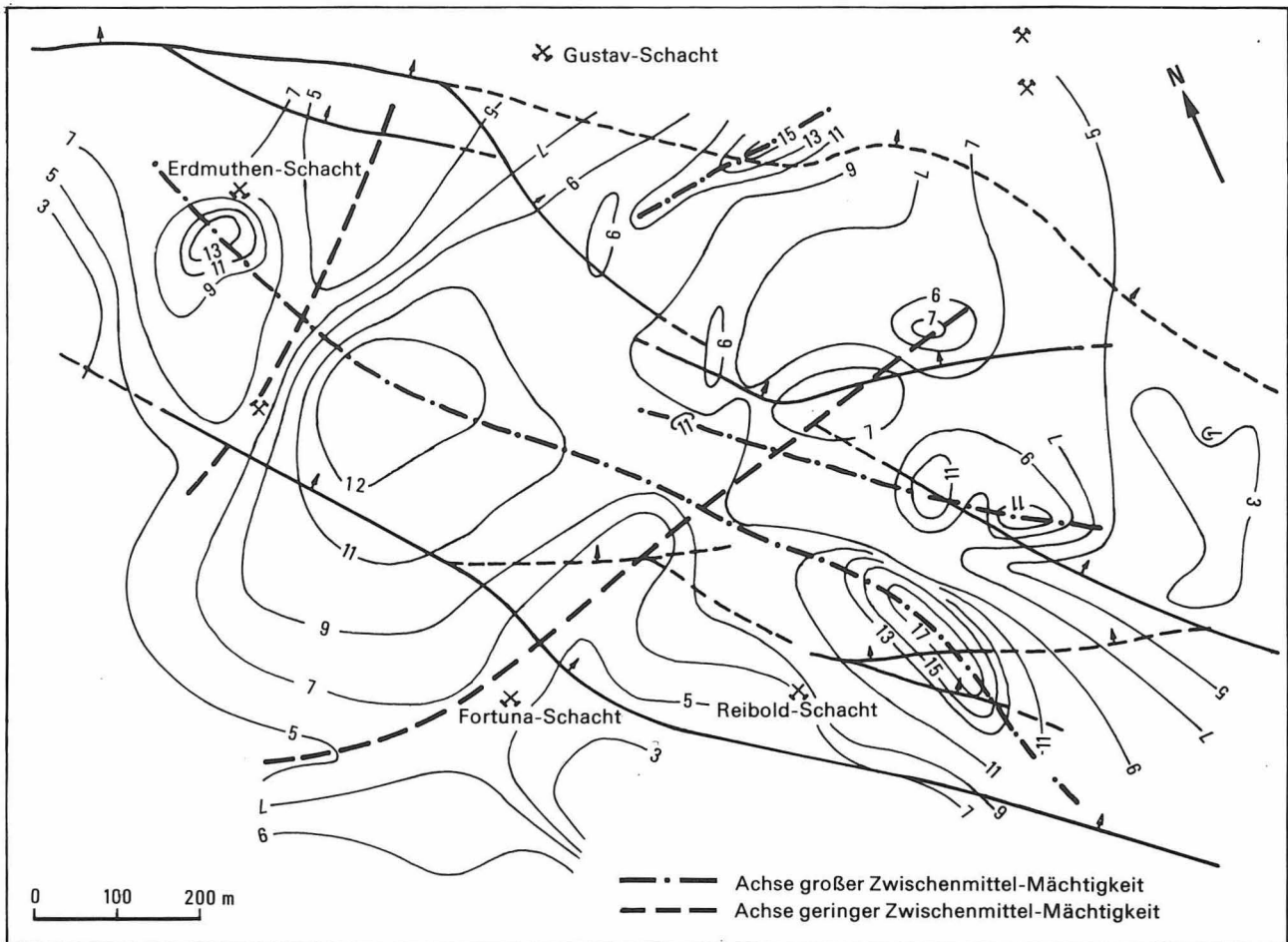


Abbildung 6
 Isopachenkarte Feld Gittersee: Oberkante 5. Oberkante 3. Flöz
 (nach JÜLICH 1970).

chezonen für weiteren Spannungsausgleich. So bildeten sich Klüfte (Schlechten) an den Spaltenwänden (Photo 5 und 6), und durch Blattverschiebungen wurden die Kämmen versetzt. Es kommen auch Spaltenkreuze vor, an denen jüngere Kämmen ältere durchsetzen.

Nach TRÖGER u. a. 1968 besteht eine Übereinstimmung der Kammrichtungen mit den Großstrukturen des Beckenuntergrundes, den großen antithetischen, einheitlich nach NE einfallenden Abschiebungssystemen und den Klüften (= Schlechten der Kohle).

In einer frühen Sedimentationsphase erfolgte durch die Kammspalten ein flächenhafter Spannungsausgleich, z. B. über dem NW-SE streichenden Spitzberggrücken und seinen Querelementen. Nach der Versteifung der Sedimentdecke war ein Spannungsausgleich nur noch linear möglich. An der NE-Flanke

der Untergrundstruktur bildete sich die Carolaschacht-Verwerfung.

2.3.

Abschiebungen

Abschiebungen mit größeren Sprunghöhen bestehen immer aus mehreren Verwerfungen in NW-SE streichenden Zonen. Man kann von SW nach NE folgende große Abschiebungssysteme erkennen (Abbildung 5): Die Südrand-, Carola-Schacht-, Becker-Schacht-Verwerfung und den Roten Ochsen.

Der Rote Ochse trennt die Kohlsdorf-Pesterwitzer-Nebenmulde vom Hauptbecken ab und erreicht im Gebiet von Gittersee mit 350 m die maximale Sprunghöhe des Beckens. Die Abschiebungen fallen vorwiegend nach NE ein,

dadurch entstehen oft antithetische Staffelbrüche. Wie tektonisch-lithologische Analysen (REICHEL 1970) zeigten, kippten die Leisten-schollen in ihrem SW-Teil am tiefsten ab (Abbildung 5). Diese Kippbewegungen erzeugten unterschiedliche Mächtigkeiten eines Schichtpaketes und führten zur Verlagerung lokaler Muldenzonen (JÜLICH 1970), wie sie Abbildung 6 zeigt.

Abschiebungen, sedimentäre Gänge und die Klüftung sind nur unterschiedliche Auswirkungen eines einheitlichen Spannungsplanes.

3. Korrelation von Sedimentation und Tektonik

Die umfangreichen Feldaufnahmen der Spezialarbeiten verdeutlichen komplexe Zusammenhänge und Wechselbeziehungen zwischen Sedimentation und Tektonik. Im folgenden wird der Versuch unternommen, die Einzelbeobachtungen zu einem Entwicklungsschema des Döhlener Beckens zu verknüpfen.

In den Depressionen des entstehenden Beckens wurden zunächst grobe Konglomerate abgelagert, deren Gerölle aus dem benachbarten Vulkanitkomplex von Tharandt stammen. Sie verzahnten sich mit Tuffen, die petrochemisch dem gleichen Extrusionsgebiet zuzuordnen sind. Es besteht die Möglichkeit, daß die Tuffe während der Haupteffusivphase des Tharandter Ringvulkans entstanden. Danach führten Zerrungen zur Spaltenbildung im Beckenboden, und es extrudierten im NE Porphyrite und ihre Tuffe. Eine Porphyrit-Effusivbrekzie entspricht vermutlich einer vulkanischen Spätphase. Bereits in dieser Zeit bildeten sich im Beckenboden drei NW-SE streichende Muldenzonen, die bis zum Ende der Sedimentation bestehen blieben. Dazwischen liegen als Vergitterungselemente Rücken des Untergrundes, die NW bzw. N-NE streichen. Sie waren für die Sedimentation ebenfalls bis zum Ende der Beckenbildung von Bedeutung.

Nach grobklastischen Folgen über den Vulkaniten entstanden in den Döhlener Schichten mindestens vier Sedimentationszyklen mit Ver-

landungsmooren — den Steinkohlenflözen — im Hangenden. Diese Zyklen konnten sich nur durch unterschiedlich schnelle Absenkungen des Beckenuntergrundes bilden. Sprunghaftes Anwachsen der Mächtigkeiten von Zwischenmitteln auf einer Strecke von 20...100 m von 0,1 bis auf einige Meter Mächtigkeit und die räumlichen Beziehungen subaquatischer Kohlenfazies zu jüngeren Störungszonen beweisen die variable synsedimentäre Senkungsintensität des Schollenmosaiks im Untergrund. Die Entstehung der kessel- bzw. dolinenartigen, engbegrenzten Sedimentationsräume (Abbildung 6) kann bisher nicht klar gedeutet werden. Die Verkippung von Leisten-schollen an tektonischen Schwächezonen führte zur Verlagerung von lokalen Muldenachsen. Während dieser Zeit führten seismische Erschütterungen zur Spaltenbildung in semiplastisch, spröde oder thixotrop reagierenden Schichtpaketen. Die unterschiedliche Konsistenz und der variable Verfestigungsgrad übereinanderliegender Schichten erklärt die vielfältigen Erscheinungsformen und die Ausfüllung der Kämme des Döhlener Beckens. Fließfaltungen, Rutschungen und Blattverschiebungen mit Bewegungen im Flözeinfallen dürften ebenfalls durch Schollenkippen und seismische Erschütterungen ausgelöst worden sein. Die netzartige Verbreitung der Kämme, mit gewisser Häufung in den Hauptzonen der jüngeren Abschiebungssysteme, weist auf einen flächenhaften Spannungsausgleich in einem labilen, da diagenetisch gering verfestigten Schichtpaket hin. Mit wachsender Sedimentdecke und diagenetischer Versteifung erfolgte eine Konzentration der tektonischen Aktivität auf die linearen Zonen der Abschiebungssysteme.

Die Tuffhorizonte in den Döhlener und Niederhäslich-Schweinsdorfer Schichten beweisen eine intermittierende, aber anhaltende Tätigkeit des Rhyolith-Vulkanismus. Die Kalkflöze und die jungen kohligten Horizonte stellen eine Wiederholung von Sedimentations- und Senkungsminima dar.

Das Material des grauen Konglomerates im Hangenden des obersten Kalkflözes wurde vorwiegend aus dem SW der Beckenumgebung herantransportiert. Darauf erfolgte eine beachtliche Steigerung der Reliefenergie (starke

Beckensenkung) und eine Verlagerung des Einzugsbereiches der Konglomerate nach W bis NW. In diesem Schichtkomplex müssen starke synsedimentäre Senkungen erfolgt sein. Durch große Schichtmächtigkeiten in Muldengebieten und maximale Sprunghöhen am SW-Rand lokaler Muldenzentren können diese Bewegungen nachgewiesen werden.

Gleichzeitig entstand im Revier Meisel-schacht ein kessel- oder dolinenartiger Einbruch von nur 500 mal 600 m² Fläche, aber etwa 200 m Tiefe (maximale Sprunghöhe 350 m). Diese Dimensionen erscheinen für normale Schollenbewegungen zu klein, die Absenkungen zu groß. Ein Abklingen der Senkungen und der tektonischen Aktivitäten erfolgte im Bereich der wechselhaften Schichten. Ihr geringes Einfallen und die geringe Sprunghöhe im Niveau des jüngsten Ignimbrithorizontes deuten darauf hin.

Die Ignimbritlecke des Wachtelberg-Quarzporphyrtuffs ist das jüngste Vulkanitgestein des Döhlener Beckens und könnte mit den jungen Pechsteinen des Tharandter Komplexes korreliert werden.

4.

Die Ursachen der Beckenbildung und die Interpretation der Tektonik

In der Elbtalzone sind drei Zonen mit permosilesischen Becken feststellbar (Abbildung 1). Die Einzelvorkommen sind klein, haben aber z. T. bis zu 300 m mächtige Konglomeratfüllungen (Mobschatz). Da diese Becken in einer großen Lineamentzone Mitteleuropas liegen und in der Mehrzahl der Vorkommen Vulkanite auftreten, ist ihre Bildung in Zusammenhang mit tiefreichenden Störungen wahrscheinlich.

Im Döhlener Becken deuten die Senkungsvorgänge auf ein Schollenmosaik im kristallinen oder gefalteten Untergrund hin. Die Senkungsintensität der Schollen muß bei allgemein alternierender Geschwindigkeit lokal sehr variabel gewesen sein. Das ist besonders über einem NW-SE streichenden Rücken des

Untergrundes mit einer unterentwickelten Sedimentdecke sehr deutlich. Den Rücken stehen lokale kessel- bis dolinenartige Mulden mit mächtigen Sedimenten gegenüber. Diese Strukturen entsprechen nicht weitspannigen Senkungen, sondern dem Einbrechen des Beckenuntergrundes. Im Zusammenhang mit den vorherrschenden Zerrungsstrukturen ist die Bildung eines Hohlraumes im Beckenuntergrund nur durch das Ausfließen oder Abwandern von Magmen zu erklären. Dieser Vorgang wäre gleichzeitig eine zwanglose Erklärung für die geringe geothermische Tiefenstufe während der Sedimentation und den hohen Inkohlungsgrad (Gasflammkohle) bei nur 600 m Sedimentbedeckung, für die intensiven synsedimentären seismischen Bewegungen, das alternierende und variable Absinken von Beckenteilen und den intermittierenden Vulkanismus während der Beckenbildung.

Die verschiedenen tektonischen Elemente sind die Abbildung eines gleichbleibenden Spannungsfeldes in unterschiedlich diagenetisch verfestigten Sedimentpaketen. Ein flächenhafter Spannungsausgleich durch ein Netz seismischer Spalten (Kämme) konzentriert sich bei zunehmender Versteifung der Sedimentdecke auf einzelne lineare Zonen.

Die andauernden tektonischen Bewegungen während der permosilesischen Sedimentation im Döhlener Becken können nicht der saalischen Phase der variszischen Orogenese zugeordnet werden, sondern sind lineamentbezogene und beckeninterne Vorgänge.

Literatur

BARTHEL, M.:

Die Rotliegendflora Sachsens. — In: Abh. Staatl. Mus. Min. Geol. — Dresden 24 (1976), S. 1–97.

COULTER, W. H., und R. MIGLIACCO:

Effects of the Earthquake of March 27. 1964 at Valdez Alaska. — In: Geol. Surv. Prof. Paper. — Washington 542 C (1966), S. 1–36.

CREDNER, H..

Geologische Übersichtskarte des Königreiches Sachsen 1:250 000. — Leipzig, 1908.

- DAMBERGER, H.:
Clastic dikes and related impurities in Herrin (No. 6) and Springfield (No. 5) Coals of the Illinois Basin. — In: Illinois State Geol. Surv. Guidebook Series. — 8 (1970), S. 111–119.
- HAUSSE, R.:
Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreiches Sachsen. Profile durch das Steinkohlenbecken des Plauenschen Grundes (das Döhlener Becken) bei Dresden. — Leipzig, 1892.
- IMAMURA, A.:
Theoretical and applied seismology. — Tokio, 1937.
- JÜLICH, R.:
Die Beziehungen zwischen Mächtigkeitsschwankungen der Flözzwischenmittel, dem Relief des Untergrundes und den tektonischen Strukturen im Bereich der Schachtanlage Gittersee des Döhlener Beckens. — In: Abh. Staatl. Mus. Min. Geol. — Dresden 16 (1970), S. 23...35.
- LAUBSCHER, H. P.:
Die Mobilisierung klastischer Massen. — In: *Eclogae Geologicae Helvetiae*. — Basel 54 (1961), 2, S. 284...334.
- PIETSCH, K.:
Die Elbtalzone. — In: *Ber. Geol. Ges. DDR*. — Berlin 1 (1956), 2, S. 117...134.
- REICHEL, W.:
Stratigraphie, Paläogeographie und Tektonik des Döhlener Beckens bei Dresden. — Freiberg (Diss. A) 1966.
—: Zyklische Sedimentation und ihre Ursachen im Unterrotliegenden des Döhlener Beckens bei Dresden. — In: *Geologie*. — Berlin 17 (1968), 8, S. 875...884.
—: Stratigraphie, Paläogeographie und Tektonik des Döhlener Beckens bei Dresden. — In: *Abh. Staatl. Mus. Min. Geol.* — Dresden 17 (1970), S. 1...134.
—: Die Kohlelithotypen und ihre Bildungsräume in den Steinkohlenflözen des Döhlener Beckens bei Dresden. — In: *Hercynia, N. F.* — Leipzig 21 (1984), 1, S. 84...88.
- STRAUCH, F.:
Sedimentgänge von Tjörnes (Nord-Island) und ihre geologische Bedeutung. — In: *N. Jb. Geol. Paläontol., Abh.* — Stuttgart 124 (1966), 3, S. 259...288.
- TRÖGER, K., H. J. BEHR und W. REICHEL:
Die tektonisch-fazielle Entwicklung des Elbelineaments im Bereich der Elbtalzone. *Freiberger Forschungs.-H.* — Berlin C 241 (1968), S. 71...85.
- WEISSENBACH, L. G. A.:
Über Gangformationen vorzugsweise Sachsens. — In: B. COTTA (Hrsg.): *Gangstudien oder Beiträge zur Kenntnis der Erzgänge*. — Freiberg, 1850.
- ZEIL, W.:
Sedimentation in der Magallanes-Geosynklinale mit besonderer Berücksichtigung des Flysch. — In: *Geol. Rdsch.* — Stuttgart 47 (1958), 1, S. 441.

Zusammenfassung

Die oberdevonisch-unterkarbonischen Kalk-Pelit-Gesteine im Wildenfelser Zwischengebirge wurden vorwiegend am Rand einer nördlichen bzw. nordwestlich gelegenen Schwelle abgelagert. In dieser Richtung nehmen oxydierende Verhältnisse, klastische Einlagerungen, unruhiger Sedimentcharakter sowie Schichtlücken zu. Der ursprüngliche Wechsel des Karbonatgesteins (lagig, flaserig, linsig, knollig) wurde — hauptsächlich durch Bodenunruhe — z. T. brekziös umgestaltet. Untergeordnet treten Rutschungsgefüge auf. Durch die Orogenese wurden diese Gefüge mehr oder weniger stark überprägt. Für die einzelnen stratigraphischen Einheiten ist meist ein bestimmter Wechsel der Kalk- und Pelitkomponente charakteristisch. Aus den verschiedenen Ablagerungsverhältnissen ergeben sich Beziehungen zu der Stellung des Wildenfelser Zwischengebirges.

Summary

Formation and origin of carbonate-pelite rocks of the Upper Devonian and Lower Carboniferous in the Wildenfelser Zwischengebirge

The Upper Devonian-Lower Carboniferous limestone-pelite rocks in the Wildenfelser Zwischengebirge were deposited mainly at the margin of a ridge situated in the north and north-west. Oxidizing conditions, clastic intercalations, unsettled sediment character and stratigraphic gaps increase in that direction. The original form of the carbonate rock (layered, phacoidal, lenticular, nodular) was partly brecciated mainly by ground unrest. Slide structures are of secondary importance. These structures were more or less markedly superimposed by orogenesis. A certain change of the limestone component and the pelite one is usually characteristic of the individual stratigraphic units. Relations to the position of the Wildenfelser Zwischengebirge are apparent from the different depositional conditions.

Ausbildung und Entstehung von Karbonat-Pelit-Gesteinen des Oberdevons und Unterkarbons im Wildenfelser Zwischengebirge

Mit 1 Abbildung, 5 Photos und 2 Tabellen im Text

Autor:

Dr. ALOIS SCHREIBER
VEB Geologische
Forschung und
Erkundung Freiberg
9200 Freiberg
Halsbrücker Straße 31a

Hall. Jb. f. Geowiss. B. 10
Seite 35...53
VEB H. Haack Gotha 1985

Резюме

Общий характер и образование карбонатно-пелитовых пород верхнего девона и нижнего карбона в Вильденфельском междугорье

Верхнедевонско-нижнекаменноугольные известково-пелитовые породы отложились прежде всего на краю северного и северо-западного порога Вильденфельского междугорья. В этом направлении увеличиваются окислительная способность, обломочные включения, беспокойный характер отложений и перерывы. Первоначальное чередование карбонатной породы (слоисто, флазерно, линзовидно, узловато) преобразовалось — главным образом вследствие колебаний дна — частично брекчиево. Второстепенное значение имеют оползневые сложения. Они более или менее сильно преобразовались орогенезом. Характерным для отдельных стратиграфических единиц чаще всего является определённое чередование известкового и пелитового компонентов. Из различных условий осадконакопления вытекают отношения к положению Вильденфельского междугорья.

1. Vorbemerkung

Seit 1960 wurden vom Verfasser umfangreiche Untersuchungen in dem im Kreis Zwickau gelegenen Wildenfelser Zwischengebirge durchgeführt (SCHREIBER 1965, 1967, 1973). Die Karbonat-Pelit-Gesteine des höheren Oberdevons und Unterkarbons bildeten dabei einen Schwerpunkt. Dadurch sind die Gesteine aus diesem Zeitraum dort besser bekannt als in anderen Bereichen im Südostteil der DDR. Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Ausbildung und die Ablagerungsverhältnisse der Karbonat-Pelit-Gesteine. Die Mannigfaltigkeit der Karbonatgesteine und die Vielfalt der faziellen Verhältnisse bieten günstige Voraussetzungen zur Beurteilung allgemeiner genetischer Fragen. Die Entstehung der Gefüge der Kalkknollengesteine ist in jüngster Zeit viel diskutiert worden. Der Verfasser hält es deshalb für angebracht, neben einem zum Verständnis erforderlichen lithologischen Überblick eigene Ergebnisse dazu aus dem bisher in der Literatur wenig berücksichtigten Wildenfelser Zwischengebirge in Westsachsen wiederzugeben. Sie sind eine Ergänzung zu den Arbeiten in Thüringen (GRÄBE 1956, 1962, 1964; GRÜNDEL und RÖSLER 1963; STEINBACH 1974; WALD, KURZE und WIENHOLZ 1983), im Vogtland (FREYER 1957) und in NE-Bayern (GREILING 1966, 1967a,b). Erste Untersuchungen aus dem Wildenfelser Raum zu den Gefügen und zur Genese der Karbonatgesteine liegen durch SCHREIBER (1967, 1973) vor.

Die Ausführungen betreffen fast ausschließlich das etwa 1 km südlich der Stadt Wildenfels befindliche Kalksteingebiet und, soweit nicht besonders erwähnt, die typische Ausbildung. Diese ist entsprechend der Lage im südlichen Bereich des dortigen Zwischengebirges vorwiegend durch Schwellensedimente mit z. T. unruhigen Ablagerungsverhältnissen, untergeordnet aber auch durch Stillwasserablagerungen, gekennzeichnet.

Einen Überblick über die geologischen Verhältnisse des Wildenfelser Raumes gab SCHREIBER (1965). Aus dieser Veröffentlichung ist auch die Lage der erwähnten Aufschlüsse zu ersehen. Eine Übersicht über die in der vor-

Abteilung	Stufen	Conodontenzonen	Symbol	Stratigraphische Einheit	Mächtigkeit (m)		
Unterkarbon	II		Unterkarbon GT	Schluffschiefer und Gerölltonschiefer		8	
			UK 4	Unterer Kohlenkalk	rein	20	
			UK 3	Unterer Kohlenkalk	Kristalltuff	1	
			UK 2	Unterer Kohlenkalk	sandig	8	
			UK 1	Unterer Kohlenkalk	Basis	2	
			SK	Schluffschiefer mit Kalkstein		12	
größere Schichtlücke							
Oberdevon	VI		Oberdevon TK	Tonschiefer und Kalksteinlinsen		15	
	V/VI?	costatus	KK o	Knotenkalk	oberster Teil	7	
	V	styriacus	KK s	Knotenkalk	schieferarm	12	
	IV	velifera	KK g	Knotenkalk	grau	12	
	III	marginifera	KK r	Knotenkalk	rot	15	
			KK i	Knotenkalk	rot (lokale graue Ausbildung an der Basis)		
	β	rhomboidea	KK b	Knotenkalk	braun	8	
	II	α	Pal. crepida	KK u	Knotenkalk	Grenzbereich dunkel...braun	1
				KK d	Knotenkalk	dunkel	4
	I/II	Pal. triangularis	KW 2	Kellwasserkalk	oberer Teil	} miteinander wechselnd	15
			KW 1	Kellwasserkalk	unterer Teil		
	KWT	Kellwasserkalk	Bändertuffit				
	I _b	Pal. gigas	BK 5	Brachiopodenkalk	oberster Teil	6	
			BK 4	Brachiopodenkalk	oberer Teil	7	
BK 3			Brachiopodenkalk	mittlerer Teil	4		
BK 2			Brachiopodenkalk	unterer Teil	13		
BKB			Brachiopodenkalk	Brockentuffit	2		
I _y	?	BK 1	Brachiopodenkalk	unterster Teil	7		
		Ancyr. triangularis	VS	Vulkanitserie	oberster Teil		

Tabelle 1

Übersicht der stratigraphischen Einheiten des Wildenfeser Kalksteingebietes

Die Angaben über die ursprüngliche Mächtigkeit sind infolge Faltung und Verschuppung unsicher. Durch Störungen und vielfach auch faziell bedingt, ist die Mächtigkeit oft vermindert, z. T. auch erhöht.

Stratigraphisches*) Symbol	Vulkanismus	brekziöse Gefüge	Rutschungsgefüge	Rhythmus
Unterkarbon GT	x		vor allem im NW	5
UK 4 UK 3 UK 2 UK 1 SK	(x) x (x) x x		zuoberst z. T.	4
Oberdevon TK KK o KK s KK g KK r KK i KK b KK u KK d	(x)	z. T. häufig häufig häufig häufig selten selten häufig	z. T. z. T. vor allem zuoberst selten	3
KW 2 KW 1 KWT	x	z. T.	untergeordnet vor allem im NW	2
BK 5 BK 4 BK 3 BK 2 BKB BK 1 VS	 x x	 häufig untergeordnet untergeordnet stellenweise	vor allem im NW im NW, sonst selten stellenweise	1

x nachgewiesen

(x) desgl., unbedeutend

*) nähere Angaben s. Tabelle 1

Tabelle 2

Übersicht über Vulkanismus, besondere Gefügemerkmale und rhythmischen Sedimentationsablauf der Wildenfelser Kalksteine

liegenden Arbeit behandelten Schichten enthalten die Tabellen 1 und 2.

Ergänzend zu ihren eigenen Untersuchungen behandelten GRÜNDEL und RÖSLER (1963) sowie WALD, KURZE und WIENHOLZ (1983) die verschiedenen Deutungsversuche der Entstehung von Kalkknollengesteinen.

Zahlreiche Anregungen und viele Hinweise verdanke ich den Herren Dr. M. KURZE,

Dipl.-Geol. M. KUPETZ und Dr. ST. WALD, Freiberg, Prof. Dr. M. SCHWAB, Halle, und Dr. D. WEYER, Magdeburg.

2.

Allgemeine Ablagerungsverhältnisse

Nach SCHREIBER (1967) bildeten sich die variszisch gefalteten und verschuppten paläozoischen Gesteine des Wildenfelser Zwischengebirges am Südrand einer nördlich bzw. nordwestlich gelegenen Schwelle. Die Sedimentationsverhältnisse der oberdevonischen und unterkarbonischen Kalksteine liefern dafür Anhaltspunkte. Wegen der Abtragung der Sedimente gibt es über die Veränderung der paläogeographischen Verhältnisse südlich des Wildenfelser Kalksteingebietes keine Hinweise.

Im Brachiopodenkalk nahmen unruhige Ablagerungsbedingungen, der Anteil an klastischem Material sowie selbständige klastische Einschaltungen nach N und NW zu. Außerdem wurden Übergänge in vulkanisch-klastische Gesteine nachgewiesen. Der Karbonatgehalt des Knotenkalkes steigt nach NW an. Dort haben diese Pelite stellenweise auch rote Farbe, die sonst fehlt. Die höheren Teile dieser Serie und die darüber folgende Wechsellagerung von roten und grünen Peliten mit Kalksteinen fehlen bei den am weitesten im N abgelagerten Gesteinen des Wildenfelser Kalksteingebietes. In den Gesteinen der jüngsten oberdevonischen Conodonten-Zonen (belegt bis mittlere costatus-Zone) erscheinen bereits ältere Conodonten als Geisterfaunen. Im unteren Unterkarbon treten Brocken und Gerölle oberdevonischer Kalksteine auf. Demnach wurden im höheren Oberdevon und tieferen Unterkarbon bereits ältere Gesteine abgetragen, die vermutlich auch weiter nördlich anstanden.

Kennzeichnend ist für den Brachiopodenkalk, den Knotenkalk und den Unteren Kohlenkalk (im großen gesehen) eine Zunahme des Kalkgehaltes, der dann zuoberst rasch absinkt. Es liegt eine rhythmische Gliederung der Ablagerungen vor (Tabelle 2). Der abnehmende Pe-

litanteil entspricht einer Hebung des Sedimentationsraumes. Durch weitere Hebung gelangten bereits Teile des Meeresbeckens in den Abtragungsbereich. Dadurch erklären sich die Umlagerungen (Rutschungsgefüge) im oberen Bereich des Knotenkalkes und im obersten Teil des reinen Unteren Kohlenkalkes sowie im obersten Brachiopodenkalk (Tabelle 2). Ursache dafür war auch eine erhöhte Bodenunruhe. Nach den genannten Kalksteinserien bzw. bereits im obersten Brachiopodenkalk und im oberen Knotenkalk führte die Absenkung des Sedimentationsraumes wieder zu einem hohen Pelitanteil. Dagegen ist beim Kellwasserkalk lediglich eine Zunahme an organischem Kohlenstoff und Pyrit festzustellen, die ebenfalls einer Verminderung der Pelitzufuhr entspricht.

Tuffeinschaltungen verursachen wiederholt ein schlagartiges Ansteigen des Nichtkarbonatanteils, der danach allmählich wieder absinkt. Dadurch ergeben sich u. a. Unterbrechungen in der allgemeinen Abnahme des Pelitanteils der einzelnen Kalksteinserien zum Hangenden. Pyroklastit-Einlagerungen dienen als Leithorizonte zur Abgrenzung stratigraphischer Einheiten.

Von stark reduzierenden (schwarze Farben, viel Pyrit und organischer Kohlenstoff, hohe Spurenelementgehalte an Schwermetallen) bis zu ausgeprägt oxydierenden Verhältnissen (rote bis violette Farben durch Hämatit) sind alle Übergänge vorhanden. Allgemein sind bei Wechsellagerungen die reduzierenden Verhältnisse in den Peliten ausgeprägter als bei den Kalksteinen; sie sind an Peliten am höheren Gehalt an organischem Kohlenstoff und Pyrit sowie an der dunkleren Farbe erkennbar. Der Wechsel von Kalkstein und Pelit ist außerordentlich unterschiedlich, aber für die einzelnen stratigraphischen Einheiten meist charakteristischer als die Farbe.

3.

Die Gefügetypen und ihre Entstehung

Die Gefüge sind durch die faziellen Verhältnisse, die Intensität der Bodenunruhe und die

tektonische Beanspruchung bedingt. Die Unterschiede im Gefüge bestehen hinsichtlich der Ausbildung, ihrer Bildungszeit und der Ursachen ihrer Entstehung. Übergänge sind häufig, ebenso Kombinationen verschiedener Gefügetypen und Überprägungen. Es ist daher teilweise schwierig, die einzelnen Gefügetypen voneinander zu trennen und zu erklären.

3.1.

In situ gebildete Gefüge

Unter relativ ruhigen Sedimentationsverhältnissen entstand der ebenschichtige Wechsel von Kalkstein und Pelit, z. B. im mittleren Brachiopodenkalk und im oberen Kellwasserkalk sowie bei der Hauptmasse des Knotenkalkes

Photo 1

Roter Knotenkalk (KKr) in grauer Ausbildung; Steinbruch an der Ostseite der Straße Schönau-Grünau, N-Wand, E-Teil; Lagen und Bänder von Kalkstein im Wechsel mit Häuten (z. T. Streifen) von Tonschiefer. Im überprägten brekziösen Kalkstein durchzieht der Pelit außerdem stumpfwinklig bis nahezu senkrecht das Karbonatgestein.



(ursprüngliches Gefüge). Dabei war der Anteil der Kalkkomponente meist vorherrschend. Zu diesen an Ort und Stelle gebildeten Gefügen gehört auch der flaserige Wechsel der beiden Gesteinskomponenten. Flaserige Ausbildung tritt vor allem bei schieferarmen bis sehr schieferarmen Kalksteinen mit CaO-Gehalten über 50% auf. Die Pelite bilden feine Häute und Streifen bis zu mehreren Millimetern Stärke. In Thüringen werden die Gesteine als „Flaserkalke“ bezeichnet.

Primärer bis frühdiagenetischer Entstehung sind die verbreiteten knollig-linsigen Gefüge. Sie sind vor allem bei relativ hohem Anteil an Nichtkarbonat verbreitet, so in der Vulkanit-Serie bis einschließlich unterer Brachiopodenkalk und im sandigen Unteren Kohlenkalk. Meist ist der Pelit kalkfrei, in manchen stratigraphischen Einheiten aber auch kalkhaltig (siehe unten). Nach GRÜNDEL und RÖSLER (1963) sind die Kalkknollen durch konkretionäre Vorgänge entstanden.

Bei den schieferarmen Gesteinen fehlt, um überhaupt Knollen (oder „Knoten“) bilden zu können, der Pelitanteil. Unklar ist, weshalb bei manchen Karbonat- oder karbonathaltigen Sedimenten weitgehend Knollen und Linsen fehlen oder nur untergeordnete Bedeutung haben (so z. B. beim mittleren Brachiopodenkalk). Vor allem im mittleren, aber auch im obersten Brachiopodenkalk und in Begleitung des Unteren Kohlenkalkes kommen Kalkschiefer vor (ein Gemenge von Pelit und Calcit). Es fand zumindest in diesen Fällen keine (vollständige) Trennung der Schiefer- und Kalkkomponente des Kalk-Pelit-Sediments statt (bei ruhiger und bei unruhiger Ablagerung, siehe 4.)

Die ursprünglichen (primären) Gefüge sind meist überprägt worden. So z. B. bildeten sich nach der Ablagerung die in situ entstandenen brekziösen Gefüge. Im Unterschied zu den tek-

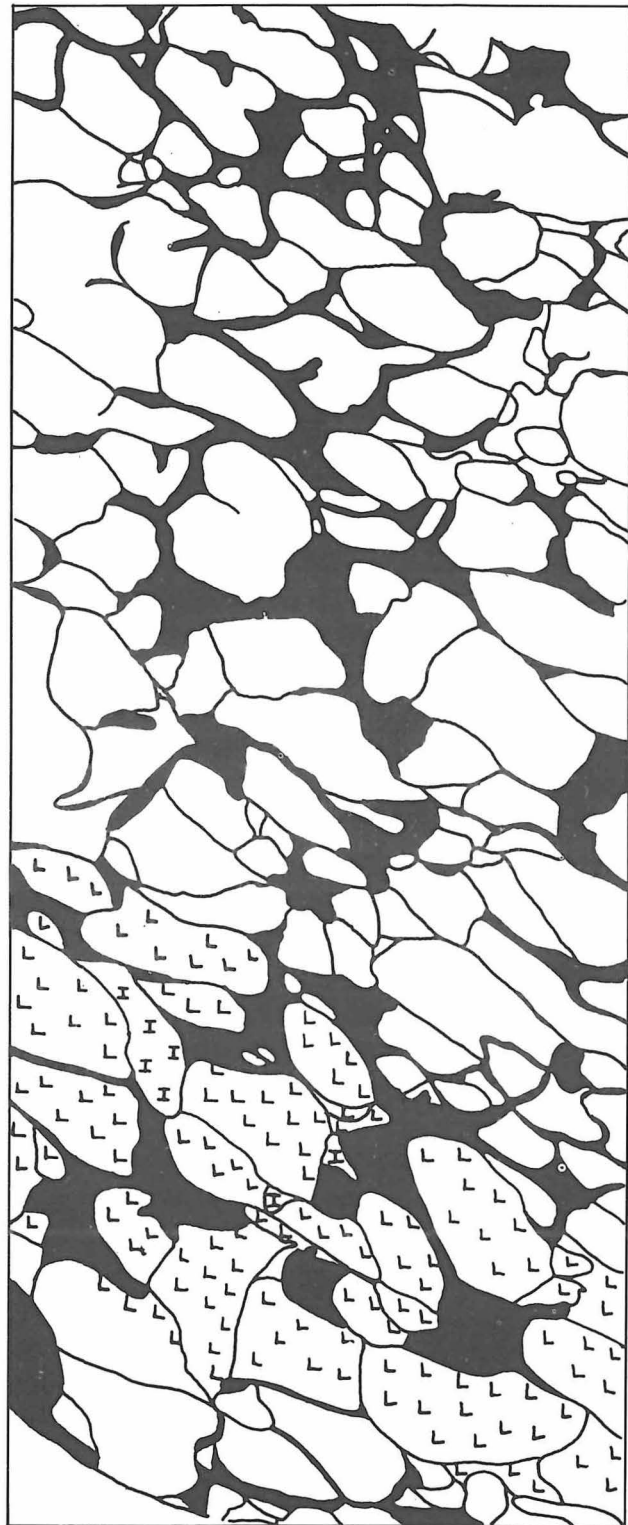


Abbildung 1
Oberster Knotenkalk (KKo) aus grauen und braungrauen Kalksteinen im Wechsel mit graugrünen Tonschiefern; Schichtung am Farbwechsel des Kalksteins erkennbar (mit ca. 30° nach rechts einfallend); Kalkstein durch geringfügiges Zergleiten ± stark in unregelmäßige Fragmente zerlegt; Zwischenräume mit Pelit ausgefüllt, der auch als feine Häute den Kalkstein durchzieht.

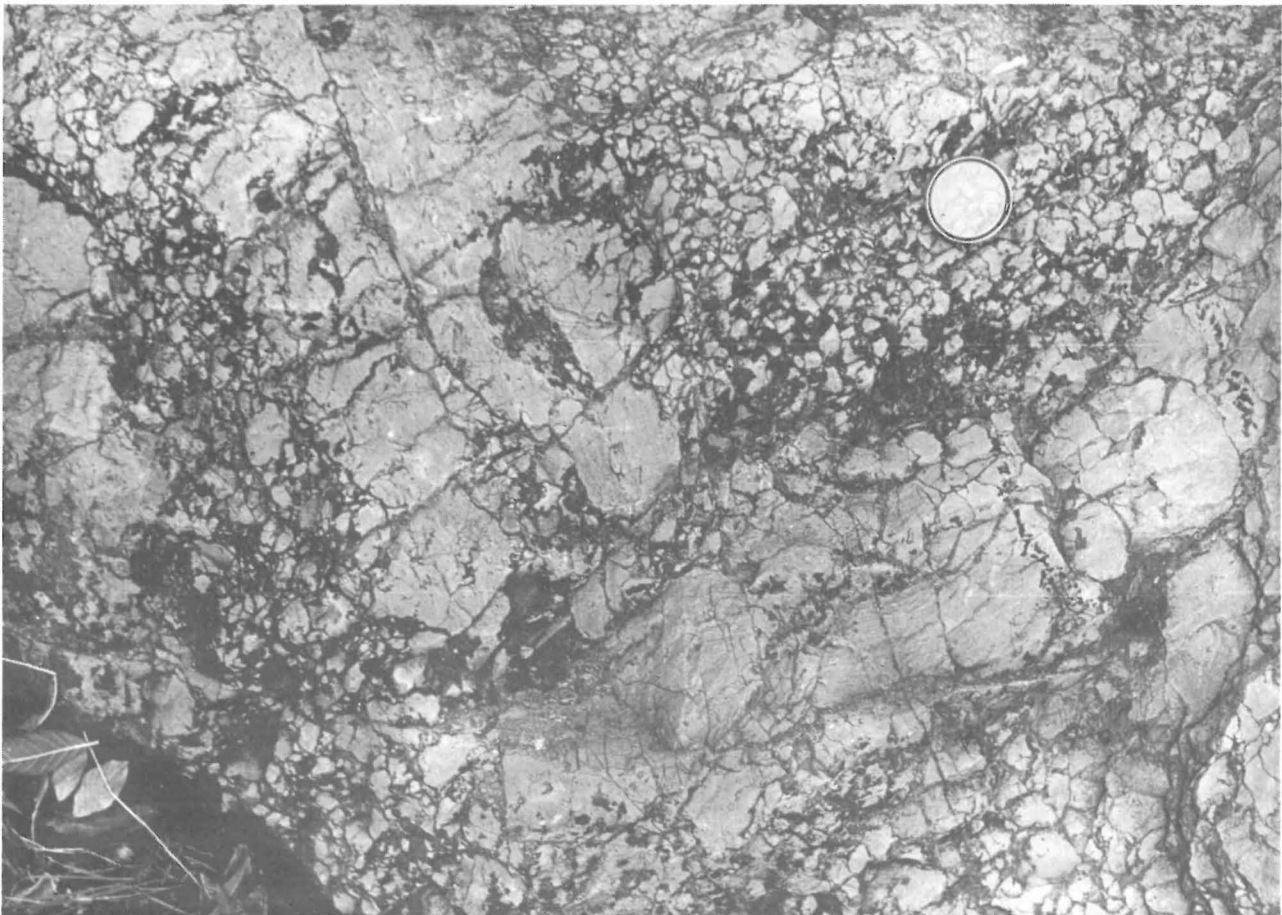
tonischen Brekzien an Störungen ist lediglich die Kalksteinkomponente zerbrochen und der brekziöse Charakter nicht so deutlich. Zur besseren verbalen Unterscheidung wurden bei der Feldaufnahme die nicht an tektonische Bewegungsbahnen gebundenen brekziösen Gefüge als „brockig“ bezeichnet. In die Risse drang der Pelit mehr oder weniger schräg bis senkrecht zur Schichtung (ss) ein (Photo 1), z. T. keilförmig. Bei größerem Pelitgehalt verlaufen die von der Schichtung (ss) abweichenden Schieferpartien zunehmend auch weniger senkrecht zu ss (es bestehen somit Parallelen zur Schieferung). Diese Gefüge sind dann wegen der Ähnlichkeiten mit Linsen immer weniger deutlich als solche erkennbar. Sie verursachen das für große Anteile des Knotenkalkes so charakteristische netzartige und maschenförmige Durchziehen des Pelits durch den Kalkstein.

Bei der Entstehung der in situ gebildeten brekziösen Gefüge war die Kalkkomponente bereits verfestigt, der Schiefer aber noch plastisch. Demnach haben sich diese Gefüge gebildet, bevor eine größere Überlagerung durch jüngere Schichten vorlag. Es sind nur die einzelnen Kalklagen zerbrochen. Mit Pelit gefüllte Spalten durchziehen keine größeren Gesteinsbereiche; stärkere tektonische Bewegungen fehlen. Als Ursache dieser brekziösen Gefüge wird die Bodenunruhe in der Geosynkliale angesehen. In geringem Umfang kommt auch die Auflast der Sedimente in Frage. Die brekziöse Überprägung hat bei ruhigen Sedimentationsverhältnissen (z. B. im oberen Kellwassererkalk) eine geringe Bedeutung.

Bei den oben beschriebenen brekziösen Strukturen liegt ein Zerbrechen, nicht aber Zergleiten vor. Es handelt sich um eine Gefügeüberprägung an Ort und Stelle. Teilweise ist

Photo 2

Schieferarmer Knotenkalk (KKs); Pflanzenbruch, Nordrand, mittlerer Teil; Filterdurchmesser 5 cm; sedimentäre Kalksteinbrekzie aus millimeter- bis dezimetergroßen Kalksteinbrocken wechselnder Raumlage, durch zerriebenen Kalkstein (im Photo dunkel) verkittet.



aber ein unbedeutendes Auseinandergleiten einzelner benachbarter Kalkbrocken zu beobachten, die dann durch Schieferkeile und -fetzen getrennt werden. Somit gibt es Übergänge zu Rutschungsgefügen (Abbildung 1).

3.2.

Rutschungsgefüge

Bei geringfügigem Transport sind die einzelnen Körper meist in ss eingeregelt. Dadurch ist das Abgleiten nicht so deutlich (z. B. kleinere Bereiche im roten Knotenkalk). Eckige Querschnitte und regellose Anordnung treten seltener auf.

Bei stärkerer Umlagerung sind die Rutschungsgefüge leichter zu erkennen, z. B. durch folgende Merkmale:

- wechselnde Raumlage der abgerutschten Körper und regellose Anordnung (Teile des schieferarmen Knotenkalkes – Photo 2);

- stark wechselnde Korngröße, z. T. fehlende Übergänge von den kleinen zu den großen (Teile der Pelite im Liegenden und Hangenden des Unteren Kohlenkalkes sowie in Bereichen des schieferarmen Knotenkalkes);

- Verbiegungen, Rutschfalten, Verwicklungen (Bändertuffit des unteren Kellwasserkalkes);

- schichtungsloses oder schlieriges Bindemittel (oberster Brachiopodenkalk – Photo 3).

Die einzelnen Kalkkörper können eckige, knollen- und spindelförmige Querschnitte aufweisen. Teils schwimmen sie in (meist) kalkfreiem Pelit, teils berühren sie sich mehr oder weniger stark. Vielfach werden sie von Schieferhäuten durchzogen (z. B. im Knotenkalk), oder sie sind frei von Peliten. Durch die überlagernden Sedimente können die abgerutschten Kalkkörper noch in plastischem Zustand verformt worden sein und dann spindelförmige Querschnitte aufweisen.

Gegenüber in situ entstandenen brekziösen Gefügen (siehe 3.1.) sind die durch Rutschung entstandenen unregelmäßiger in der Anordnung und Korngröße. Es fehlt die bei den ersteren meist noch gut erkennbare, in ursprünglicher Lage befindliche Schichtung.



Photo 3
Oberster Brachiopodenkalk (BK5); Wechsellagerung von grauem Kalkstein (lagig-flaserig und knollig-linsig, ± brekziös und zerrissen) mit dunkelgrauem Kalkschiefer (schlierig-flaserig).

3.3.

Gefügeveränderung durch bruchlose tektonische Verformung und die Schieferung

In den Achsenebenen der ss-Falten haben die Kalkkörper oft einen unregelmäßigen Querschnitt (tektonisch brekziös) und eine wechselnde Lage der Längsachse. Diese Bereiche sind im Knotenkalk nur bis zu mehreren Dezimetern mächtig. In der Faltenzone (B1) dieser ss-Falten weisen die Kalkkörper eine Streckung auf. Letztere ist um so ausgeprägter, je intensiver die Pressung war. In den Kalksteinbrüchen des Wildenfelder Zwischengebirges tritt außerdem bevorzugt eine Orientierung der Längsachse von Kalkknoten parallel zur 1. Schieferung (sf1) auf. Die Schieferung ist in den Kalksteinen materialbedingt gering ausgeprägt. Bei Transversalschieferigkeit bildeten sich bei mittlerem bis hohem Tonschieferanteil teilweise knollenförmige Strukturen. Durch Druck- (und Temperatur-)erhöhung wurde dabei der Pelit erneut plastisch und drang parallel zu den Schieferungsflächen in die Kalkkomponente ein.

Die 2. Schieferung (sf2) ist in den gesamten Sedimenten des Oberdevons und Unterkarbons megaskopisch unbedeutend (SCHREIBER 1965). In den oberdevonischen Kalksteinen ist sie z. T. nur an einer feinen Runzelung der Pelite erkennbar.

3.4.

Gefügeveränderungen durch tektonische Bruchdeformation

Im Wildenfelder Zwischengebirge liegt eine intensive Pressung durch die variszische Tektonogenese vor (enge Verschuppung, häufige Störungen und Störungszonen — SCHREIBER 1965). Diese starke tektonische Beanspruchung hat vielfach zu einer Überprägung der vorher gebildeten Gefüge geführt. Kleinere Bewegungsbahnen können engscharig durch das Gestein verlaufen und eine Schieferung vortäuschen, wenn Harnische nicht zu beobachten sind. Die größeren Störungen sind an dem

brekziösen und zerriebenen Gestein leichter zu erkennen. In den schieferarmen und daher spröden Kalksteinen bildeten sich bevorzugt Brekzien, so z. B. im Knotenkalk im E-Teil und an der N-Wand des Steinbruches „Winter“ sowie im Steinbruch südwestlich des Bruches „Roth“. Schieferreiche Kalksteine neigen mehr dazu, zerschert und flach gepreßt zu werden.

Etwa in der Mitte der SW-Wand des Steinbruches „Roth“ sind alle Übergänge — vom kompakten Kalkstein bis zum Mylonit — zu erkennen:

- ungestörter, kompakter Knotenkalk;
- desgl., von kleineren Störungen durchzogen;
- engscharige Störungen, Kalkstein flach gepreßt;
- Knotenkalk schieferartig ausgewalzt, z. T. durch die Bewegungen gefältelt; von weitem wie Schiefer aussehend;
- Kalkstein und Tonschiefer miteinander verknüpft und z. T. zerrieben (Mylonit).

Die Beanspruchung des Kalksteins ist häufig auch an einer Bleichung und hellen Fleckung des Gesteins erkennbar. An organischem Kohlenstoff reiche Gesteine weisen auf Bewegungsflächen vielfach anthrazitartigen Glanz auf.

Die Gefügeüberprägung durch tektonische Beanspruchung ist mit einer Entfestigung des Gesteins verbunden. Diese Entfestigung wird aber z. T. durch Mineralausfüllungen mehr oder weniger wieder rückgängig gemacht. Brekzien schieferarmer Kalksteine sind oftmals völlig mit Calcit verkittet. Als Mineralfüllungen sind in den dunklen Kalksteinen auch Pyrit, in den schwarzen auch Anthraxolit zu nennen. Bei hohem Anteil kalkfreier Schiefer tritt Quarz hinzu. In karbonatfreien Peliten größerer Mächtigkeit bildet Quarz meist allein Mineralfüllungen. In der Nähe der fast dolomitfreien Kalksteine kommt allerdings ebenfalls Calcit vor.

4. Die Ablagerungsverhältnisse und Gefüge der einzelnen stratigraphischen Einheiten

4.1. *Vulkanitserie (VS)*

Während der Ablagerung der vulkanisch-klastischen Gesteine des tieferen Oberdevons (Frasné) bestand ein reich gegliederter Sedimentationsraum. Im Zentrum des Wildenfels-Kalksteingebietes treten Schiefer in stärkerem Maße auf. Nach NW und E nehmen Vulkanite und Pyroklastite sowie deren Umlagerungsprodukte an Bedeutung zu. Besonders am Rande solcher vulkanischer Schwellen kommen auch Kalksteine zur Ablagerung. Sie sind meist dem unteren Brachiopodenkalk ähnlich. Stellenweise treten auch – insbesondere in Tuffen und Tuffiten – mehr oder weniger isolierte Kalksteinknollen und unregelmäßige Kalksteinpartien (z. T. unscharf begrenzt) auf. Außerdem kommen geringmächtige Korallenkalke vor. Kalksteingerölle sowie andere Geröllkomponenten belegen Umlagerungen durch größere Reliefunterschiede. Als Folge von Rutschungen entstanden mehr oder weniger eckige Kalksteinbröckchen, die in pelitische Matrix eingebettet wurden. Unter stark reduzierenden Bedingungen abgelagerte Kalksteine wie der Kellwasserkalk fehlen. Korallen und Brachiopoden (z. T. als Schalenpflaster) belegen, daß teilweise flaches, gut durchlüftetes Wasser vorhanden war.

4.2. *Brachiopodenkalk (BK)*

In dieser Einheit klang die Zuführung vulkanischer Materials bzw. seiner Abtragungsprodukte – von einer Tuffeinschaltung abgesehen – allmählich aus. Während der Ablagerung des Brachiopodenkalkes herrschten im Sediment wechselnd reduzierende Verhältnisse, wie Pyrit und organischer Kohlenstoff sowie relativ hohe Spurenelementgehalte an Schwermetallen belegen (Gyttja-Fazies). Nach den in

situ eingebetteten Fossilien (hauptsächlich Brachiopoden) war aber das Wasser bis zum Meeresboden gut durchlüftet. Pelagische Fossilien, wie z. B. Ammonoideen und Conodonten, fehlen fast gänzlich. Es lag eine geringe Meerestiefe (Flachwasser) vor. Nur während der Ablagerung des mittleren und obersten Brachiopodenkalkes waren die reduzierenden Verhältnisse ausgeprägter. Der Kalkgehalt steigt (im großen gesehen) zum Hangenden an und erreicht im oberen Brachiopodenkalk sein Maximum. Geringer organischer Detritus tritt fast im gesamten Gestein auf.

Brachiopodenkalke kommen auch im Vogtland vor. Eine ähnliche Gesteinsabfolge wie die des Brachiopodenkalkes im Wildenfels-Zwischengebirge gibt es im westsächsisch-ostthüringischen Raum nicht. Demnach liegt bei Wildenfels ein lokales karbonatisch-pelitische Sedimentationsgebiet vor.

4.2.1. *Untester Brachiopodenkalk (BK1)*

Diese Einheit bildet den Übergang von der vulkanisch-klastischen zur karbonatisch-pelitischen Sedimentation. Dementsprechend liegen wechselhafte Ablagerungsverhältnisse vor. Dunkelgraue bis grüngraue, meist schmutzige Farben sind vorherrschend. Brachiopoden (häufig als Schalenpflaster und Schill), vereinzelte Korallen (gelegentlich Korallenrasen) und z. T. massenhaft fragliche Stromatoporen sind typisch. Der Karbonatanteil tritt in Lagen, Linsen und in vielfach unregelmäßigen Knollen mit meist hohem Nichtkarbonatgehalt auf (vorwiegend primäre Gefüge). Der Kalkgehalt ist stellenweise in bis mehrere Dezimeter mächtigen Bereichen weit höher als sonst. Brekziöse Gefüge haben untergeordnete Bedeutung.

4.2.2. *Unterer Brachiopodenkalk (BK2)*

Die Ablagerung des Brachiopodenkalkes wird durch den Brockentuffit schlagartig unterbrochen. Nach dem Hangenden zu nimmt die karbonatisch-pelitische Sedimentation allmählich zu; es folgt der untere Brachiopodenkalk.

Seine Ausbildung ist zunächst dem untersten Brachiopodenkalk ähnlich. Durch Zunahme des Karbonatanteils erreicht dieser mittlere Werte. Die Kalkkomponente tritt in Lagen und meist flachen Linsen im Zentimeter- und z. T. im Dezimeterbereich auf. Flaseriger Wechsel mit Pelit und brekziöses Gefüge kommen nur untergeordnet vor. Brachiopoden sind relativ häufig. Unruhiger Sedimentationscharakter und Rutschungsgefüge sind selten, sie nehmen nach NW an Häufigkeit und Ausprägung zu. Dadurch gibt es bei gestörten Lagerungsverhältnissen Probleme bei der Unterscheidung vom obersten Brachiopodenkalk.

4.2.3.

Mittlerer Brachiopodenkalk (BK3)

Es lagen ruhige Ablagerungsverhältnisse und geringe bis sehr geringe Sedimentzufuhr vor (Stillwassersediment), wie das allgemein für an organischem Kohlenstoff reiche Sedimente zutrifft (Alaun- und Kieselschiefer des Silurs, Kellwasserkalk). Der Kalkgehalt schwankt stark, vom kalkfreien Pelit bis zum reinen Kalkstein. Die Karbonate sind streifig-bändrig, z. T. flaserig und lagig. Kalkschiefer sind häufig. Linsen und brekziöse Gefüge fehlen weitgehend. Die Kalkkomponente ist dicht bis feinkristallin. Der Kalkgehalt hat im mittleren Bereich die niedrigsten Werte; beim Pyrit und organischen Kohlenstoff ist es umgekehrt. Zum Liegenden und Hangenden bestehen Übergänge.

4.2.4.

Oberer Brachiopodenkalk (BK4)

Die Ausbildung ist dem reinen Kohlenkalk ähnlich:

- dunkle bis schwarze Farben,
- geringer bis sehr geringer Pelitgehalt,
- organischer Detritus (in wesentlich geringem Anteil und außerdem Brachiopoden sowie wenige und kleinere Crinoidenstielglieder).

Der obere Brachiopodenkalk führt Pelite als Flasern und Streifen, selten als Lagen. Ihr Anteil ist meist etwas höher als im Kohlenkalk.

Außerdem ist der Kalkstein hauptsächlich lagig-bankig und grobbrekziös ausgebildet.

4.2.5.

Oberster Brachiopodenkalk (BK5)

Diese Einheit entstand unter unruhigen Ablagerungsverhältnissen, bei denen Rutschungen beteiligt waren, vor allem im nordwestlichen Teil des Verbreitungsgebietes:

– Kalkkomponente nur zum Teil lagig-flaserig und knollig-linsenförmig und vielfach von unregelmäßigem Querschnitt;

– Kalkkörper zum Teil verbogen (verformt im noch plastischen Zustand), mehr oder weniger stark in kleinere und kleinste aufgelöst, verschiedentlich mit wechselnder Längsachse;

– Kalkgerölle (vor allem im NW) innerhalb der Kalkkörper, sich von diesen meist nur wenig abhebend und innerhalb des Pelits nicht eindeutig als solche erkennbar (syndimentäre Umlagerung);

– schlierenförmig wechselnder, meist hoher Kalkgehalt des Pelits, vielfach mit undeutlicher Abgrenzung von den Kalkkörpern (Photo 3).

Grabspuren in den Kalkgeröllen belegen, daß im Bildungsraum des Karbonats vor Verfrachtung Sauerstoff im Boden vorhanden war. Die Sedimentausbildung deutet auf tektonische Unruhe hin.

4.3.

Kellwasserkalk (KW)

Mit der Ablagerung von Tuffen begann die Sedimentation des Kellwasserkalkes, bei dem die Pelite einen hohen Anteil haben. In Anbetracht des Sedimentcharakters (größtenteils Stillwasserablagerungen) muß ein längerer Zeitraum für dessen Bildung angenommen werden. Das bestätigen die mikropaläontologischen Untersuchungen, nach denen er dem Oberdevon I δ bis unteres II α (oberster Teil der gigas-Zone bis untere crepida-crepida-Zone) angehört. Die Bodenunruhe zur Zeit der Ablagerung des obersten Brachiopodenkalkes klang im Kellwasserkalk aus.

Der Kellwasserkalk des Variszikums wurde durch BUGGISCH (1972) näher untersucht. Danach tritt das nur lokal verbreitete Gestein in ein bis zwei Horizonten auf. Sie gehören meist dem höchsten Teil der unteren gigas-(höchstes I γ) bzw. dem obersten Bereich der oberen gigas-Zone an. Wahrscheinlich entspricht der mittlere Brachiopodenkalk bei Wildenfels dem älteren Kellwasserkalk-Horizont, der obere Kellwasserkalk des Wildenfelser Zwischengebirges dem oberen Horizont BUGGISCHS (1972). Für den zweiten liegt im Wildenfelser Zwischengebirge aber eine weit höhere Reichweite vor, weil dieser noch die gesamte triangularis-Zone sowie die untersten Teile der mittleren crepida-crepida-Zone umfaßt. Die Faulschlammentwicklung erstreckte sich daher über einen weit größeren Zeitraum. Deshalb liegt auch eine ungewöhnlich große Mächtigkeit vor. Demnach können in Bereichen mit vielfach unruhiger Sedimentation auch längere ruhige Entwicklungen vorkommen.

Die organische Substanz erreicht nach den Angaben von BUGGISCH (1972) bei den anderen Vorkommen nicht die sehr hohen Werte des Wildenfelser Zwischengebirges, weshalb in letzterem die sapropelitischen Verhältnisse ausgeprägter vorlagen. Gegenüber dem Brachiopodenkalk war der Sedimentationsraum des Kellwasserkalkes bei Wildenfels ausgehnter. Das Gestein wurde auch südwestlich von Zwickau nachgewiesen (HÖSEL 1960).

Nach Ansicht des Verfassers entstand die zeitlich und petrographisch mehr oder weniger unterschiedliche (und uneinheitliche) Stillwasserfazies durch ruhige Entwicklungen im höheren Oberdevon. Abgelagert wurde in lokalen Meeressenken, deren tiefere Bereiche von der sauerstoffreichen Meeresströmung nicht erfaßt und die von keiner Bodenunruhe betroffen wurden (Umlagerungen fehlen). Nachvulkanische Vorgänge können zu dem lebensfeindlichen Bodenmilieu beigetragen haben.

4.3.1.

Unterer Kellwasserkalk (KW1)

Bei dieser geringmächtigen stratigraphischen Einheit tritt die Kalkkomponente in Lagen, Linsen und z. T. als Knollen auf, stellenweise

mit Schieferflasern. Die Ausbildung ist ähnlich dem obersten Brachiopodenkalk. Abweichend davon sind:

- Kalkkörper im allgemeinen parallel zu ss eingelagert;
- Kalkbrocken und Kalkgerölle weniger häufig bzw. selten (letztere fast nur im NW-Teil des Kalksteingebietes);
- Pelite nur z. T. kalkhaltig und meist nicht so schlierig.

Typische Rutschungsstrukturen kommen z. T. in Pyroklastiten, dem Bändertuffit, vor (meist in engem Wechsel mit primären Gefügen): z. B. voneinander isolierte Brocken mit z. T. wechselnder Raumlage, Verbiegungen und Verwicklungen. Durch diese pyroklastischen Bildungen unterscheidet sich der untere Kellwasserkalk am auffälligsten von seinem Liegenden. Bei den mehrfachen Einschaltungen nimmt meist der nichtvulkanische Anteil nach oben zu.

Im unteren Kellwasserkalk treten Rutschungsgefüge in geringem Umfang auf. Gegenüber dem obersten Brachiopodenkalk sind die unruhigen Ablagerungsverhältnisse nicht so ausgeprägt, das reduzierende Milieu aber intensiver. Vereinzelt Brachiopoden belegen, daß zumindest zeitweise das Wasser bis zum Meeresboden durchlüftet war.

4.3.2.

Oberer Kellwasserkalk (KW2)

Dieser Einheit gehört der Hauptteil des Kellwasserkalkes an. Während der Ablagerung herrschten ausgesprochen reduzierende Bedingungen vor (zumindest innerhalb des Sediments):

- organischer Kohlenstoff bis über 10 % (ausgeprägt schwarze Farben),
- Pyrit außerordentlich häufig (Kristalle, Streifen, Linsen, Knollen),
- Spurenelementgehalte an Schwermetallen sehr hoch,
- nach Chrom/Vanadium-Verhältnis Sapropel.

Eine Besonderheit ist gegenüber sonst dichten Kalksteinen die feinkristalline Ausbildung der Kalkkomponente. Sie tritt in Form von Lagen und Bänken, oft mit feinen Pelithäuten oder

-streifen auf. Feinschichtigkeit ist durch wechselnde Anteile an dem meist reichen organischen Detritus und Pyrit häufig. Außerdem sind kleinere bis sehr große Kalklinsen sehr verbreitet. Sie bestehen z. T. nur aus Calcit, organischem Kohlenstoff und Pyrit.

Pelagische Fossilien herrschen vor (*Tentakuliten*, *Nautiloideen*, *Orthoceren*, *Goniatiten*, *Conodonten*, z. T. *Trilobiten*), benthonische Fossilien fehlen. Vereinzelt Landpflanzen wurden in den Sedimentationsraum eingeschwemmt. Demnach bestand ein festlandsnaher Ablagerungsraum mit einer gut durchlüfteten und von Strömungen betroffenen oberen und einer sauerstoffarmen, ruhigen unteren Wasserzone (Faulschlamm). Vereinzelt Brachiopoden bzw. deren Schalen sind in ihrer Herkunft noch unklar.

4.4.

Knotenkalk (KK)

Im Gegensatz zu den Bildungsbedingungen des Brachiopodenkalkes und Kellwasserkalkes nehmen die reduzierenden Verhältnisse in dieser Serie (Gyttja) zum Hangenden rasch ab; es treten vorwiegend oxydierende Verhältnisse auf. Danach folgen wechselnd reduzierende bis oxydierende Bedingungen. Diese Angaben beziehen sich auf die jeweilige obere Sedimentschicht im Ablagerungsraum. Das oft stärker ausgeprägte reduzierende Milieu der Pelit- gegenüber der Kalkkomponente ist beim Knotenkalk am hellen Karbonat und an dunklen Schieferfarben erkennbar (z. B. beim dunklen Knotenkalk). Der Kalkgehalt wechselt etwas, nimmt aber im großen gesehen bis zum schieferarmen Knotenkalk zu, um nach oben dann rasch abzusinken. Ähnliche Verhältnisse bestehen auch im Schwarzburger Sattel.

Die Ablagerungen im Wildenfeser Zwischengebirge gehören der Tiefschwellenfazies (nach RABIEN 1956) an:

- keine größeren Tonschieferbereiche und wenig schieferreiche Kalksteine,
- pelagische Fossilien: häufig *Conodonten* und *Foraminiferen*, z. T. *Cephalopoden*.

Die Fauna belegt eine gegenüber den älteren Kalksteinserien größere Wassertiefe, die durch

eine großräumige Meerestransgression hervorgerufen wurde. Die Brachiopoden-Crinoiden-Korallen-Fauna (Flachwasser) fehlt. Es bestanden ausgeglichene Sedimentationsverhältnisse als bei den meisten anderen Kalksteinserien. Deshalb sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Untereinheiten beim Knotenkalk geringer. Ähnliche Ausbildungen, z. B. Farben, können in unterschiedlichen stratigraphischen Niveaus auftreten und auch horizontal wechseln. Dadurch wird die Alterseinstufung oft erschwert. So gehen rote Kalksteine z. T. in graue über.

Der Knotenkalk ist die einzige der in dieser Arbeit behandelten Kalksteinserien, bei deren Ablagerung kein Vulkanismus auftrat (Tabelle 2). Die stets kalkfreien Tonschiefer verlaufen einerseits parallel zu ss (Photo 1). Sie bilden Streifen bis Bänder, selten Lagen oder nur feine Schieferhäute. In schieferarmen Kalksteinen tritt manchmal nur ein feines Netzwerk von Pelit auf. Innerhalb der Schieferbänder kommen vielfach kleine Kalklinsen vor.

In brekziöser Ausbildung durchziehen die Pelite (siehe 3.) schräg bis mehr oder weniger senkrecht die Kalkkomponente (Photo 1). Dadurch entstand das für den Knotenkalk charakteristische Tonschiefer-Netzwerk. In kleinen Anschnitten ist deshalb die Schichtung schlecht zu erkennen. Die von ss abweichenden Schieferhäute treten bevorzugt an oft knochennahtähnlich gezackten Drucksuturen auf. Kleinere, fetzenförmige Mächtigkeitsschwellungen der Pelite sind in manchen Bereichen häufig, sowohl in ss als auch abweichend davon. Die Überprägung der primären lagig-flaserigen, linsigen und knolligen Gefüge durch brekziöse Strukturen ist für den Knotenkalk typisch.

Aus folgenden Gründen ist die Hauptmasse der Gefüge dieser Gesteinsserie in situ entstanden:

- meist relativ gleichmäßige Ausbildung, selbst in größeren Bereichen;
- in Abständen von mehreren Zentimetern bis Dezimetern Häute bzw. Streifen (bis Lagen) von Pelit parallel zu ss (Photo 1);
- fehlende Merkmale für Rutschungen (s. 3.2.). In den jüngsten Untereinheiten sind Rutschungsgefüge am häufigsten, hervorgerufen

durch die stärkere Bodenunruhe im höheren Oberdevon.

4.4.1.

Dunkler Knotenkalk (KKd)

Hinsichtlich der Pelite besteht im dunklen Knotenkalk ein Übergang zum Kellwasserkalk. Die Pelite haben im östlichen Teil des Wildenfelder Kalksteingebietes teilweise eine ähnliche Ausbildung wie die Tonschiefer im Liegenden (bis 0,4 m mächtig). Dagegen weisen die Kalksteine stets graue bis dunkelgraue Farben auf, die schlagartig einsetzen. Demnach erfolgte eine plötzliche Abnahme der reduzierenden Bedingungen.

Die Kalkkomponente bildet Lagen von 0,5...10 cm, z. T. noch ss-parallele Schieferhäute führend. Die Kalklagen werden durch Streifen bis Bänder von Pelit getrennt (z. T. auch durch Lagen). Die Schiefer schwanken in ihrer Mächtigkeit. Größere Peliteinschaltungen (mehrere Zentimeter, selten Dezimeter) führen vielfach kleine Kalklinsen und -knollen. Die Kalklagen sind \pm zerbrochen. Annähernd senkrecht zu ss drang der Pelit in Häuten keilförmig in die Kalkkomponenten ein. Auch dabei kann der Schiefer unregelmäßige, schmitzenförmige Anschwellungen zeigen.

Allein durch das beschriebene Gefüge ist der dunkle Knotenkalk gut von den jüngeren Einheiten dieser Serie zu unterscheiden.

4.4.2.

Brauner, roter und grauer Knotenkalk¹ (KKb, KKr, KKg)

Für die einzelnen stratigraphischen Einheiten sind folgende Merkmale kennzeichnend (Abfolge vom Liegenden zum Hangenden):

Brauner Knotenkalk (KKb)

Kalkkomponente: grau bis graubraun, häufig rote, z. T. auch graue Flecken;

Pelit: grüngrau bis graugrün, zuunterst auch dunkelgrau; meist mittlerer, teilweise hoher Schiefergehalt;

Übergangsbereich zum dunklen Knotenkalk (KKu): 0,5...2,5 m.

Roter Knotenkalk (KKr)

Kalkkomponente: rotbraun bis rot;

Pelit: graugrün bis grüngrau, vorwiegend geringer, z. T. mittlerer Pelitanteil;

an der Basis vielfach grauer Kalkstein (KKi) mit roten Flecken; Gefüge kleiner als im dunklen Knotenkalk (KKd) und mehr linsig-knollig.

Grauer Knotenkalk (KKg)

Kalkkomponente: grau, z. T. hell- oder dunkelgrau, z. T. bräunlich;

Pelit: dunkelgrau bis schwarzgrau, z. T. grünlich; vorwiegend geringer, seltener mittlerer Schieferanteil.

Die oxydierenden Verhältnisse nahmen zum Hangenden zu und sind im roten Knotenkalk am ausgeprägtesten. Die Gefüge zeigen Abhängigkeiten vom Schiefergehalt. Je geringer letzterer ist, um so ausgeprägter sind die brekziösen Strukturen (beim roten Knotenkalk am häufigsten). Deshalb haben Kalksteinlinsen und Tonschieferlagen in dem meist schieferreichen, braunen Knotenkalk den höchsten Anteil. Außerdem treten in den drei Einheiten in geringem Umfang flaserige und knollige Gefüge auf (vorwiegend brauner Knotenkalk).

Rutschungsgefüge bilden meist nur geringmächtige Einschaltungen: isolierte, \pm auseinandergeglittene, bis 5 cm große Kalkkörper, Längsachse parallel zu ss (gelegentlich spitzwinklig dazu); vorwiegend längliche Querschnitte, meist eckig; Schieferhäute durchziehen die größeren Fragmente. Die Kalksteinbruchstücke wurden durch schichtparalleles Abgleiten in den Tonschlamm transportiert.

4.4.3.

Schieferarmer Knotenkalk (KKs)

Infolge des geringen bis sehr geringen Pelitanteils sind ss-parallele Häute, Flasern und Streifen von Tonschiefer und brekziöse Gefüge vorherrschend. Dabei bilden die ss-parallelen Einlagerungen teilweise nur ein Netzwerk und keine geschlossenen Streifen bzw. Häute.

¹ Bezeichnung nach der typischen Farbe des Karbonatanteils

Rutschungsgefüge (Kalkbrekzien) haben im schieferarmen Knotenkalk einen höheren Anteil und sind ausgeprägter als in den älteren Untereinheiten dieser Serie. In einzelnen, bis mehrere Meter mächtigen Bereichen treten 0,1...30 cm große Kalkbrocken, meist noch von Schieferhäuten durchzogen, auf (Photo 2). Sie wurden dicht gelagert bis isoliert im Pelit bzw. in einer Kalk-Pelit-Matrix eingebettet. Die Fragmente haben ganz unregelmäßige Querschnitte und führen feine Schieferhäute. An letzteren ist die wechselnde Raumlage der ehemaligen Schichtung zu erkennen. Vielfach besteht ein rascher horizontaler und vertikaler Wechsel mit den übrigen Gefügen. Die stratigraphisch obersten 2 m des schieferarmen Knotenkalkes bestehen an der N-Wand des Pflanzenbruches aus einer solchen Kalkbrekzie (Schieferfolge überkippt).

Der schieferarme Knotenkalk kann teilweise fehlen. Als Ursache dafür kommen (außer Störungen) Hebungen und dadurch bedingte Unterbrechungen der Sedimentation bzw. endostratische Umlagerung (durch Bodenunruhe und Sedimentauflast) sowie Abtragung in Frage.

4.4.4.

Oberster Knotenkalk (KKo)

Wechselhafte Ablagerungsverhältnisse kennzeichnen diese Untereinheit. Dementsprechend variieren die Farben, der Pelitanteil und auch die Gefüge. Graue Farben (reduzierende Verhältnisse) sind vorherrschend. Untergeordnet ist das Gestein auch braun und rot (oxydierende Bedingungen). Geisterfaunen belegen die Abtragung älterer Knotenkalkseinheiten.

Charakteristisch sind aber größere linsenförmige Kalkkörper, unregelmäßig von Schieferflasern durchzogen. Sie werden \pm von Pelit getrennt. Es handelt sich dabei um (geringfügig) umgelagerte Kalkkomponenten, die annähernd parallel zu ss liegen. Außerdem kommen auch die im übrigen Knotenkalk auftretenden Gefügetypen vor. Sie sind meist gröber als es beim braunen, roten und grauen Knotenkalk der Fall ist, obwohl der Schiefergehalt größtenteils höher ist. Vielfach treten in der \pm zerbrochenen und unregelmäßig von Schiefer durch-

zogenen Kalkkomponente fetzenförmige Pelitpartien auf. Das ursprüngliche Gefüge wurde demnach häufig durch Zerbrechen und geringfügiges Zergleiten (Abbildung 1) überprägt.

4.5.

Tonschiefer und Kalksteinlinsen (TK)

Bei dieser Serie ist die Wechselhaftigkeit noch ausgeprägter als beim obersten Knotenkalk. Im allgemeinen nimmt der Pelitanteil nach dem Hangenden zu, und es folgen Pelite ohne Kalksteineinlagerungen. Im unteren Teil lokal auftretende schwarze Pelite von geringer Mächtigkeit belegen, daß es zumindest kurzzeitig kleinere Sedimentationsbereiche mit reduzierenden Bedingungen gab. Geisterfaunen sind noch häufiger als im obersten Knotenkalk (Abtragung älterer Knotenkalkseinheiten).

Die kalkfreien Pelite sind gröber (schwach sandig) als die Pelite im Knotenkalk. Im Gegensatz zu diesem weisen sie grüne und violettrote bis rote Farben auf. Die Kalksteine haben ebenfalls häufig rote Farben, insbesondere im oberen Teil. Die oxydierenden Bedingungen waren demnach ausgeprägter als während der Ablagerung des Knotenkalkes. Typisch sind meist spindelförmige, z. T. gedrungene Kalkkörper von etwas unregelmäßigem Querschnitt. Sie „schwimmen“ im Pelit oder sind durch geringmächtigen Tonschiefer getrennt (Photo 4).

Außerdem treten Kalklagen auf, die schräg bis senkrecht zu ss von Pelithäuten durchzogen werden (brekziöses Gefüge). Diese Kalklagen sind vielfach, und dabei wechselnd intensiv, in vorwiegend flache Kalkkörper mit unterschiedlichem horizontalen Abstand aufgelöst. Das Gefüge ist demnach durch Rutschungen maßgeblich geprägt worden. Aufgrund fehlender bis geringer Drehung der Kalkkörper sind geringe Transportweiten anzunehmen (ss-parallele Gleitung). Charakteristisch sind Chlorithäute um die Kalksteinlinsen, die möglicherweise auf Vulkanismus hindeuten. Im oberen Teil wurde ein 0,3 m mächtiger saurer Tuffit nachgewiesen. Der Rhyodazit-Vulkanismus begann bereits im Oberdevon VI.



Photo 4
TK, Tonschiefer (graugrün) und Kalksteinlinsen (rotbraun).
Kalkstein meist langgestreckt und mit dunkelgrünem
Chloritsaum umgeben. Im Tonschiefer weiße Calcit-Trümchen
infolge stärkerer Schrumpfung.

4.6.

Schwarze Schluffschiefer mit Kalksteinen (SK)

Diese ältesten bisher aufgeschlossenen unterkarbonischen Sedimente haben dunkle Farbe und führen (wenige) Pyritkonkretionen (reduzierende Verhältnisse). Gegenüber den Ablagerungen des Famenne sind die Klastika des Unterkarbons stärker sandig – bedingt durch veränderte Sedimentzufuhr. Der Karbonatgehalt der schwarzen, \pm kalkhaltigen Schluffschiefer mit Kalksteinen wechselt schlierig-linsig-flaserig. Besonders im unteren Teil bestehen Übergänge zu Kalkschiefern. Die vor allem dort eingeschalteten, \pm unreinen, schieferreichen Kalksteine haben brekziöse, flaserige und linsenförmige Gefüge. Sie führen häufig organischen Detritus (besonders Crinoidenstielglieder).

Ein Teil der Kalksteine hat oberdevonisches Alter und ist durch Rutschung in das Sedimentationsgebiet transportiert worden, wie die bis zu 6 cm großen Kalksteingerölle belegen. Liefergebiet war die nördliche Schwelle.

Zum Hangenden setzt erneut Rhyodazituff-Vulkanismus ein (kleinere Einschaltungen). Teilweise treten geringmächtige Linsen und Lagen von Sandstein auf. Nach einer Schichtlücke im obersten Oberdevon und tiefsten Unterkarbon folgten unruhige Sedimentationsverhältnisse, wie u. a. die zum Teil ausgebildeten Rutschungsgefüge (z. B. Gerölltonschiefer) erkennen lassen.

4.7.

Unterer Kohlenkalk (UK)

Mit dieser Gesteinsserie erreichte die Karbonatsedimentation des Unterkarbons ihr Maximum. Die Gesteine bestehen etwa zur Hälfte aus organisch-karbonatischem Detritus: vor allem massenhaft auftretende Crinoidenstielglieder, insbesondere deren Bruchstücke; selten aus Korallen. Die stark wechselnde Größe der Crinoidenstielglieder – von Bruchstücken eines Millimeters bis mehrere Zentimeter – lassen auf geringen Transport schließen. Auch die Korngröße des übrigen Kalksteins wech-

selt stark und erreicht bis mehrere Millimeter (z. T. noch darüber).

Reduzierende Ablagerungsbedingungen (Gyttja) sind an der dunklen Farbe, am (sehr geringen) Pyritgehalt und am bituminösen Geruch erkennbar. Brekziöse Gefüge und Rutschungsgefüge fehlen fast ganz. Im Gegensatz zu den unterkarbonischen Sedimenten im Hangenden und Liegenden bestanden demnach ruhige Ablagerungsbedingungen. Die Sedimente bildeten sich in geringer Meerestiefe, vermutlich in der Nachbarschaft einer weiter nördlich gelegenen (den organischen Detritus liefernden) Schwelle. Saure Pyroklastite geringer Mächtigkeit schalten sich wiederholt ein.

4.7.1.

Tuffite und Pelite (UK1)

Die Basis des Unteren Kohlenkalkes ist meist durch schwarze Pelite und durch Pyroklastite gekennzeichnet. Letztere gehen zum Hangenden vielfach in tuffitische Sandsteine über.

4.7.2.

Sandiger Unterer Kohlenkalk (UK2)

Die \pm stark sandige Karbonatkomponente wechselt linsig-knollig, flaserig und lagig-bankig mit sandigem Pelit (Photo 5). Sie besteht oft vorwiegend, stellenweise fast nur, aus organischem Detritus. Dieser tritt auch isoliert in der Nichtkarbonatkomponente auf und ist z. T. besonders schlecht sortiert. Im oberen Teil nimmt der Karbonatgehalt zu und erreicht ähnliche Werte wie im reinen Kohlenkalk. Der Tuffvulkanismus ist unbedeutend.

4.7.3.

Rhyodazituff (UK3)

Durch diese geringmächtige Tuffförderung wurde die Karbonatsedimentation unterbrochen.

4.7.4.

Reiner Unterer Kohlenkalk (UK4)

Nach Ablagerung der Tuffbank kamen zunächst ähnliche Kalksteine wie im Liegenden derselben zur Ablagerung. Der Nichtkarbonat-



Photo 5

Sandiger Unterer Kohlenkalk (UKs); Marmorbruch, Nordwand, oberster und östlichster Teil; stark verwitterter Kalkstein (unten) bzw. Kalksteinverwitterungsrückstand (oben); durch die \pm starke Herauslösung des Karbonats ist dessen knollig-linsige bis lagige (unten) Ausbildung gut erkennbar; durch die Auswitterung des in hohem Anteil auftretenden organischen Detritus ist der kalkfreie Rückstand stark porös.

anteil nimmt jedoch rasch ab. Er tritt schließlich nur noch äußerst geringfügig in Form von Flasern, rasch absetzenden Häuten, Schmitzen und Streifen auf. Der oberste Bereich weist Rutschungsgefüge auf und ist z. T. als Kalkbrekzie ausgebildet. Brocken von grauem Kalkstein (wahrscheinlich Knotenkalk) sind in stark organodetritischem Kohlenkalk eingeschaltet.

4.8.

Schwarze Schluffschiefer und Gerölltonschiefer (GT)

Dunkle Farbe und Pyrit lassen auf reduzierende Verhältnisse bei Ablagerung der Pelite schließen. Dunklere und hellere Partien wechseln schlierig-flaserig bis fetzenförmig. Ähnlich wie bei dem Sediment im Liegenden des Unteren Kohlenkalkes schwankt der Kalkge-

halt der sandigen Pelite schlierig-linsig-flaserig. Es bestehen Übergänge zu Kalkschiefern. Der Sandgehalt ist z. T. in Schlieren und Linsen angereichert. Tuffe haben einen geringen Anteil.

Kalksteinfragmente von weniger als 0,1 cm bis über 10 cm Größe sind durch Rutschung in den Pelit transportiert worden. Dabei wurden nach den Conodonten bereits ältere Kalksteine bis einschließlich Kellwasserkalk abgetragen. Es treten auch unterkarbonisch entstandene, dunkelgraue, ± unreine Kalksteine von geringer Mächtigkeit auf. Sie sind an der Ausbildung des organischen Detritus (viele und z. T. große Crinoidenstielglieder) zu erkennen.

Nordwestlich und nordöstlich des Wildenfeser Kalksteingebietes bildet ein Gerölltonschiefer das Hangende des Unteren Kohlenkalkes (SCHREIBER 1965). In gleicher Position sind im Steinbruch südwestlich des Bruches „Winter“ Gerölltonschiefer aufgeschlossen.

Am Ende der Sedimentation des Unteren Kohlenkalkes setzte Bodenunruhe ein, begleitet von starker Hebung und Abtragung der nördlichen Schwelle. Das führte zu den nachfolgenden wechsellagerungen mit nach N zunehmendem Anteil an Rutschungsgefügen. Starke Hebung der nördlichen Schwelle führte zu größerer Abtragung.

5.

Vergleiche mit benachbarten Gebieten

Im Saxothuringikum weist das Wildenfeser Zwischengebirge die größte Gesamtmächtigkeit an Kalksteinen auf. Kalksteine des Oberdevons I₇ sind in den benachbarten Gebieten meist unbedeutend, ausgenommen der Brachiopodenkalk von Wildenfels. Teilweise fehlen sie ganz und der Kellwasserkalk liegt innerhalb von bzw. auf Vulkaniten (Frankenwälder Querzone, NW-Rand des Bergaer Sattels). Der Kellwasserkalk selbst hat ebenfalls bei Wildenfels seine maximale Entwicklung. In benachbarten Gebieten fehlt er oft vollständig.

Der Knotenkalk bei Wildenfels weist eine ähnliche Ausbildung wie im Gebiet der

Schleiz-Pörmitzer Faltenzone auf (Schwellenfazies). Dagegen ist er im Schwarzburger Sattelschieferreicher entwickelt (Beckenfazies). Größere Kohlenmächtigkeiten gibt es nur in der Umrandung der Münchberger Gneismasse und im Wildenfeser Zwischengebirge. Auf diese fazielle Sonderentwicklung (häufige Schwellensedimentation) des Wildenfeser Zwischengebirges wurde von SCHREIBER (1965, 1967) näher eingegangen.

Hinsichtlich der Gefüge nimmt der Wildenfeser Raum eine Mittelstellung zwischen der Umrandung der Münchberger Gneismasse mit mächtigen Rutschsedimenten und dem Schwarzburger Sattel ein, wo diese geringe Bedeutung haben.

Literatur

BUGGISCH, W.:

Zur Geologie und Geochemie der Kellwasserkalke und ihrer begleitenden Sedimente (Unteres Oberdevon). — Wiesbaden, 1972. — (Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.; 62)

FREYER, G.:

Neue Untersuchungen im Oberdevon des Vogtlandes auf Grund des Fossilinhaltes der Kalke im Bereich der Vogtländischen Mulde. — Berlin, 1957. — (Freib. Forsch.-H.; C 27)

GRÄBE, R.:

Ausbildung und Entstehung der oberdevonischen Roteisenerze und ihrer Nebengesteine im Schleizer Trog. — In: Ber. Geol. Ges. DDR. — Berlin 1 (1956), 2, S. 155...198.

—: Beziehungen zwischen der tektonischen und fazialen Entwicklung des Oberdevons und des Unterkarbons sowie zur Genese der Eisenerze vom Lahn-Dill-Typ am NW-Rand des Bergaer Sattels (Thüringisches Schiefergebirge).

— Berlin, 1962. — (Freib. Forsch.-H.; C 140)

—: Über sulfidische Äquivalente der Oberdevonischen Eisenerze am NW-Rand des Bergaer Sattels (Ostthüringen). — In: Ber. Geol. Ges. DDR. — Berlin 9 (1964), S. 527...537.

GREILING, L.:

Synsedimentäre und syndiagenetische Massenbewegungen im Paläozoikum des Frankenwaldes. — In: Geol. Bl. NO-Bayern. — Erlangen 16 (1966), 2/3, S. 108...114.

—: Die oberdevonischen Kramenzel- und Flaserkalke des Frankenwaldes. — In: Geologie. — Berlin 16 (1967), 4, S. 377...402 (1967a).

GREILING, L.:

Die Entstehung von Knollenkalk in eu- und miogeosynklinalen Gebieten. – In: Geol. Rdsch. – Stuttgart 56 (1967), S. 336...340 (1967b).

GRÜNDEL, J., und H. J. RÖSLER:

Zur Entstehung der oberdevonischen Kalkknollengesteine Thüringens. – In: Geologie. – Berlin 12 (1963), 9, S. 1009...1038.

HÖSEL, G.:

Stratigraphische Untersuchungen im Oberdevon von Planitz bei Zwickau (Sa.). – In: Geologie. – Berlin 9 (1960), 2, S. 190...203.

RABIEN, A.:

Zur Stratigraphie und Fazies des Ober-Devons in der Waldecker Mulde. – Wiesbaden, 1956. – (Abh. hess. Landesamt Bodenforsch.; 16)

SCHREIBER, A.:

Zur geologischen Stellung des Wildenfelser Zwischengebirges. – In: Jb. Geol. – Berlin 1 (1965), S. 325...359.

– : Die fazielle Entwicklung im Wildenfelser Zwischengebirge im Vergleich zu benachbarten Gebieten. – In: Hercynia, N. F. – Leipzig 4 (1967), 4, S. 411...425.

– : Zement- und Marmorrohstoffe im Wildenfelser Zwischengebirge. – In: Exkursionsführer d. Ges. geol. Wiss. DDR, Tagung Karl-Marx-Stadt, Exkursionspunkt B 1. – Berlin, 1973, S. 25...34.

STEINBACH, W.:

Devon. – In: HOPPE, W., und G. SEIDEL (Hrsg.): Geologie von Thüringen. – Gotha/Leipzig, 1974, S. 208...256.

WALD, ST., M. KURZE, und R. WIENHOLZ:

Ausbildung und Genese oberdevonischer Kalkknollengesteine im Süden der DDR. – In: Zeitschr. geol. Wiss. – Berlin 11 (1983), 1, S. 27...39.

Besprechungen

MÜLLER, A.

Fauna und Palökologie des marinen Mitteloligozäns der Leipziger Tieflandsbucht (Böhlener Schichten).

Altenburger Naturwissenschaftliche Forschungen. Heft 2

152 Seiten, 14 Abbildungen, 35 Tafeln, 3 Tabellen.

Mauritanium, Naturkundliches Museum Altenburg 1983.

Nachdem das Altenburger Museum im Jahre 1981 die bereits vergriffene und vielfach gesuchte verdienstvolle Arbeit von L. EISSMANN zur Periglazialgeologie des Saale-Elbegebietes vorgelegt hat, ist nun als Heft 2 die o. g. Abhandlung erschienen. Das Heft füllt eine Lücke im Schrifttum aus, da es bislang im Gegensatz zu anderen Gebieten keine zusammenfassende Übersicht über die reiche Mitteloligozänfauna gibt. Die Untersuchungen beruhen auf einer umfangreichen und systematischen Sammelarbeit des Autors seit 1975 in Zusammenhang mit den günstigen Aufschlußverhältnissen durch die großen Braunkohlentagebaue (Zwenkau, Espenhain, Profen). Das gesamte Material, Tausende von Fossilien, befindet sich in der Sammlung des Altenburger Museums. Bei der Bearbeitung hat der Verfasser aber auch einzelne Stücke aus anderen Sammlungen herangezogen.

Nach kurzen Vorbemerkungen und einer Einleitung werden die geologischen Verhältnisse der mitteloligozänen Böhlener Schichten ausführlich und kritisch besprochen. So wird z. B. der von G. MEYER (1955) als „Zitzschener Halbinsel“ angesehene Küstenstreifen jetzt als eine submarine Schwellenzone erkannt. Die genaue Beschreibung der einzelnen Abfolgen der Böhlener Schichten wird durch instruktive Skizzen ergänzt. Nach dieser 14 Seiten umfassenden Darstellung folgt der Schwerpunkt der Arbeit mit der Beschreibung der fossilen Fauna (54 Seiten), die bis ins einzelne geht. Neben einigen Formen von Porifera, Polychaeta, Bryozoa und Brachiopoda sind es vor allem zahlreiche Muscheln und Schnecken, dazu wenige Crustacea und Echinodermata, viele Fische mit unterschiedlichen Zähnen, außerdem seltene Reste von Vögeln und Reptilien (Schildkröten, Krokodile) sowie Säugetieren (nicht selten Seekühe).

Das folgende Kapitel befaßt sich mit der Palökologie sowie Taphonomie und ist somit eine moderne Betrachtung des Fossilinhalts einer Schichtserie, die besonders wertvoll ist und sich wesentlich

von der alten reinen Beschreibung der Formen, wie man sie mitunter noch findet, unterscheidet. Nach kurzer Darstellung der ökologischen Ansprüche der wichtigsten Fossilgruppen analysiert der Verfasser die Verhältnisse einzelner wichtiger Horizonte in ökologischer Hinsicht genauer, ehe er sich bemüht, den Ablauf der Transgression des mitteloligozänen Meeres zusammenfassend zu interpretieren. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse seiner Untersuchungen (deutsch und englisch) sowie ein ausführliches Literaturverzeichnis (4 Seiten) beschließen den Text, der durch Tabellen und Skizzen, besonders aber durch 27 Phototafeln und 8 Tafeln mit Fossilzeichnungen anschaulich ergänzt wird.

Es ist im Rahmen dieser Besprechung nicht möglich, auf Einzelheiten der schönen Arbeit einzugehen, die man nicht nur dem Fachmann, sondern auch dem Fachlehrer der Geographie und Biologie, dem Heimatfreund und anderen Interessierten wärmstens empfehlen kann. Man möchte dem Heft weiteste Verbreitung wünschen. Dem Verfasser gebührt Anerkennung für seine fleißige und wichtige Arbeit, dem Altenburger Museum Dank, daß es diese Untersuchungen in seine „Naturwissenschaftlichen Forschungen“ aufgenommen hat. Druck, Papier und Ausführung der Tafeln sind von guter Qualität.

R. HOHL

Zusammenfassung

Der Tentakulitenknollenkalk des Devons im Thüringisch-Fränkischen Schiefergebirge wurde petrographisch untersucht. Dabei konnten ein basaler Calcit-Turbidit nachgewiesen und die Knollen als strangförmige, eingeregelt Körperfossilien erkannt werden. Der feinkörnige Fossildetritus besteht nahezu ausschließlich aus Tentakuliten mit Beteiligung vermutlicher Algenreste. Die Bestimmung der Fossil-Packungsdichte und der Kalkstein-Tonstein-Verhältnisse zeigt, daß primär ein einheitlich zusammengesetztes Sediment vorlag, das in den Strängen zementiert und in der Matrix kompaktiert wurde. Die Mikrofazies und die gesamte Ausbildung entsprechen einer Tiefwassersedimentation.

Summary

On the petrology of the Thuringian Tentaculites nodular limestone (Devonian)

The Devonian Tentaculites nodular limestone in the Thuringian-Franconian Slate Mountains has petrographically been investigated. A basal calcite turbidite could be proved and the nodules recognised as string-shaped oriented body fossils. The fine-grained fossil detritus consists almost exclusively of Tentaculites with a share of presumed algal remnants. The analysis of the fossil packing density and the limestone-mudstone ratio shows that primarily there was a uniformly composite sediment, which was cemented in the strings and compacted in the matrix. The microfacies and the entire formation correspond to a deep-water sedimentation.

Резюме

О петрологии тюрингенского тентакулитово-желвакообразного известняка (девон)

Тентакулитово-желвакообразный известняк девонского периода в Тюрингенско-франконских сланцевых горах подвергался петрографическому анализу. При этом удалось доказать базальный кальцит-турбидит и обнаружить жел-

Zur Petrologie des Thüringer Tentakuliten- knollenkalkes (Devon)¹

Mit 1 Abbildung und 14 Photos im Text

Autoren:

Prof. Dr. habil. ROLF LANGBEIN
Dipl.-Geoln. GERDA MEINEL
Ernst-Moritz-Arndt-Universität
Sektion Geologische Wissenschaften
2200 Greifswald
Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 17a

1 (Mitteilung aus der Sektion Geologische Wissenschaften der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald)

ваки в качестве жгутообразных, ориентированных остатков самого организма. Тонкозернистый ископаемый детрит почти исключительно состоит из тентакулятов с участием предположительных остатков водорослей. Определение плотности упаковки ископаемых и соотношений известняка и плотной глины обнаруживает, что первично существовал единообразно составной осадок, который был цементирован в жгутах и уплотнён в матрице. Микрофация и общий характер соответствуют осадконакоплением в глубинных водах.

1. Einführung

Der Tentakulitenknollenkalk des Thüringischen und Vogtländischen Schiefergebirges ist ein in der Literatur viel diskutierter Horizont. Die Diskussionen betrafen jedoch vorwiegend nur seine stratigraphische Einstufung, während über den petrographischen Aufbau und die sedimentologische Entwicklung dieser interessanten Kalksteinabfolge kaum Bemerkungen zu finden sind. Sicher ist das zu einem großen Teil darauf zurückzuführen, daß infolge der großen Verwitterungsanfälligkeit Aufschlüsse selten sind und sich in einem schlechten Zustand befinden. Auch ist der Kalkhorizont als kompetente Einheit in schiefriger Umgebung teilweise tektonisch unterdrückt, was zu einer Deutung als isolierte Riffkörper führte (WALTHER 1907). Wir haben daher die Gelegenheit genutzt, ausgehend von einem Neuaufschluß aus dem unteren Teil des Tentakulitenknollenkalkes, eine übersichtsmäßige petrographische Analyse durchzuführen, deren Ergebnisse hier mitgeteilt werden.

In die Untersuchungen einbezogen wurden außer dem unverwitterten Profil aus dem Raum Wittgendorf (südwestlich Saalfeld) eine Reihe von Geländeaufschlüssen, die im einzelnen bei ZAGORA (1964) näher beschrieben sind:

- Mengersgereuth-Hämmern (Ortsausgang in Richtung Steinach)
- Steinach (Steinachufer am Schloß)
- Lippelsdorf (Bahneinschnitt in Richtung Taubenbach)
- Oberloquitz (Straßenanschnitt an der Mühle)
- Saalburg (Stauseeufer am Eselsberg)
- Gräfenwarth (Stauseeufer an der Wetterabucht)
- Schüptitz (Valentins Mühle)

Faziell hat der thüringische Tentakulitenknollenkalk Ähnlichkeit mit dem böhmischen Faziesgebiet und entspricht aufgrund seiner Tentakulitenfauna hauptsächlich der Prager Stufe der böhmischen Gliederung bzw. dem Siegen der rheinischen Gliederung (STEINBACH 1974, ZAGORA und ZAGORA 1978, WEYER 1980). Er wird im Liegenden durch den Oberen Graptolithenschiefer und im Hangenden durch den

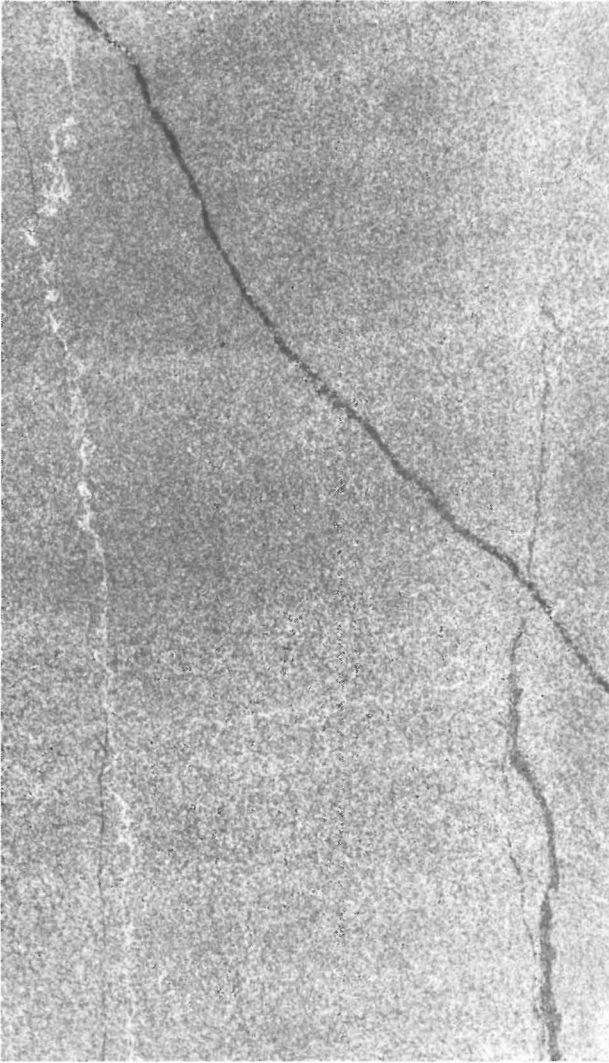


Photo 1
Basisbank des Tentakuliten-Knollenkalk-Profiles
(sog. Untere Kalksandsteinbank), massig-graduierter
Abschnitt, Teil A einer Bouma-Sequenz. Folienabzug,
Breite des Ausschnittes 6 cm, Profil Wittgendorf.

Tentakulitenschiefer begrenzt. Die Mächtigkeit schwankt zwischen 30 m am Schwarzbürger Sattel und 10 m im Vogtland. In diesem gesamten Bereich ist er lückenlos verbreitet.

Seit WO. SCHMIDT (1939) und JAEGER (1955) die lithostratigraphische Bedeutung zweier „Kalksandsteinbänke“ erkannt haben, läßt sich der Karbonathorizont in allen Aufschlüssen lithostratigraphisch gliedern und einordnen. So gibt STEINBACH (1974) folgendes Richtprofil an:

- Kalkknotenschiefer mit wenig Knotenlagen, teilweise nur kalkstreifig
- Obere Kalksandsteinbank
- Großknotiger Kalkknotenschiefer mit vereinzelten Mergel- oder Kalkbänken

- Kleinknotiger Kalkknotenschiefer
- Wechsellagerung von Kalk- bzw. Mergelbänken und Tonschieferlagen
- Basale Kalksandsteinbank.

Die basale Kalksandsteinbank ist dabei in allen ungestörten Profilen nachgewiesen, die Karbonatanteile nehmen in Richtung zum Hangenden ab.

Zur Sedimentation oder Genese des Tentakulitenknollenkalkes gibt es in der Literatur kaum Aussagen. Zusammenfassend ergibt sich: Die Sedimentation erfolgte pelagisch, im küstenfernen, gut durchlüfteten Flachwasser, wo nur während der Sedimentation der basalen Kalksandsteinbank stärkere Strömung existierte.

2. Lithotypen des Tentakulitenknollenkalkes

Aus der Literatur sind im wesentlichen vier verschiedene Lithotypen bekannt: Knollenschiefer, Knollenkalke, parallelgeschichtete und schräggeschichtete Kalksandsteinbänke. Diese vier Typen lassen sich am Profil Wittgendorf trotz dessen geringer Mächtigkeit gut erkennen und wurden hier näher untersucht. Die etwa 9 m mächtige Karbonatgesteinsfolge besteht aus einem basalen geschichteten Abschnitt (Photo 1 und 2) und einer 5 m mächtigen oberen Folge mit Knollenkalcken und -schiefern.

2.1. *Basale Kalksandsteinbank*

In dem unverwitterten Profil wurde eine Beobachtung gemacht, die bisher noch nicht beschrieben wurde. Die typische schräggeschichtete Basisbank wird von einer parallelschichtigen und einer undeutlich gebankten Kalksteinzone unterlagert. Das ist sicher auch ein Grund für die unterschiedlichen Mächtigkeitsangaben, die von 0,3 bis 1,4 m schwanken (hier insgesamt 4 m mächtig). Für die sedimentologische Deutung der Basisbank ist gerade die Ab-



Photo 2
Basisbank des Profils, unterer parallelgeschichteter und schräggeschichteter Abschnitt, Teil B und C der Bouma-Sequenz, Calciturbidit. Folienabzug, Breite des Ausschnittes 5 cm, Profil Wittgendorf.

folge dieser drei Gefügevarianten von großer Bedeutung. Die Kalksteinbank beginnt mit einem Abschnitt, der weitständig geschichtet bis gebändert ist und in dem bei normaler (fining upward) Abfolge eine Graduierung nach Korngrößen und Tonanteil zu beobachten ist (Photo 1). Diese massige graduierte Zone wird abgelöst durch eine geringmächtige Folge mit enger Parallellaminierung. Obwohl diese Abfolge große Ähnlichkeit zur Oberen Kalksandsteinbank hat, unterscheidet sie sich doch deutlich durch einen wesentlich höheren Karbonatanteil. Im Hangenden folgt dann der eigentliche typische Abschnitt dieses Horizontes, die Schrägschichtungszone (Photo 2). Angezeigt durch den Wechsel hellerer, verunreini-

gungsfreier Karbonatstreifen mit dunkleren, stärker tonig-bituminösen Streifen findet sich eine ausgeprägt kurzphasige, teils gebogene Rippelschichtung (climbing ripples). Die gesamte Abfolge ist gleichmäßig blaugrau gefärbt und vom Materialbestand her einheitlich zusammengesetzt. Die am auffallendsten texturierte Schrägschichtungszone, die vor allem bei leichter Verwitterung gut erkennbar wird, ist nach STEINBACH (1974) in allen Profilen nachzuweisen, während es auf die liegenden Zonen kaum Hinweise gibt.

2.2.

Knollenschiefer und Knollenkalke

Im höheren Teil des Profils treten auf engem Raum die drei wesentlichen Strukturtypen auf, der Großknotige und Kleinknotige Kalkknollenschiefer sowie der bankbildende eigentliche Knollenkalk. Alle drei Subtypen unterscheiden sich lediglich durch die Größe der Knollenquerschnitte und durch das Verhältnis von Knollen zu Matrix. Als Großknotiger Knollenschiefer wird eine Variante bezeichnet, in der die Knollen im Größenbereich 1 cm x 3 cm bis 3 cm x 6 cm liegen, bei einem mittleren Abstand der in Lagen angeordneten Knollen bis zu 7 cm. Kleinknotiger Knollenschiefer liegt im Größenbereich 0,5 cm x 1 cm bis 2 cm x 3 cm, bei einem mittleren Abstand der Lagen bis zu 4 cm. Im gleichen Größenbereich liegt auch die Knollengröße im Knollenkalk des Profils, der sich vom Knollenschiefer nur dadurch unterscheidet, daß die Matrix zwischen den Knollen unbedeutend ist oder ganz fehlt. Zwischen solch relativ reinen Karbonatlagen treten aber auch relativ karbonatarmer tonige Lagen auf. Finden sich in solchen Lagen einzelne Knollen, dann liegt der in der Literatur ausgehaltene Subtyp des knotenführenden Schiefers vor. Im frischen Zustand sind alle Knollengesteine graublau gefärbt, tonigere Varianten etwas dunkler als die karbonatreichen. Die Knollen heben sich kaum von der Matrix ab. Erst bei beginnender Verwitterung ergeben sich schnell Unterschiede, meist in der Form, daß die Knollen zuerst einen rostigen Anflug bekommen. Bei mäßiger Verwitterung erschei-

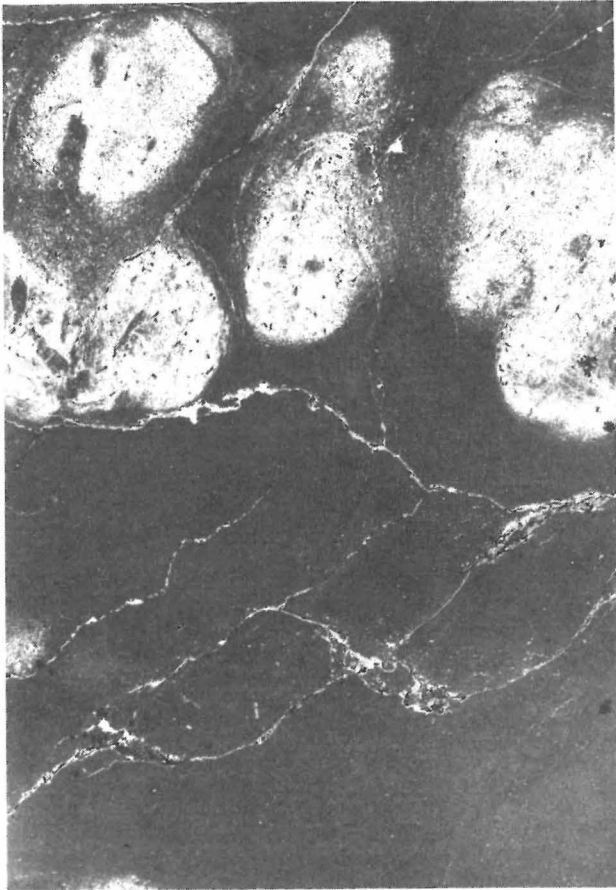


Photo 3
Dichter toniger Kalkstein (unten) und Knollenlage (oben).
Der ovale Querschnitt und die teils aufrechte Einbettung
der Knollenstränge sind deutlich zu erkennen. Photo eines
präparierten Anschliffes, Breite der Probe 5 cm, Profil
Wittgendorf.

nen dann die Knollen als kleine Höhlungen in der noch unverwitterten Matrix, bis schließlich bei intensiver Verwitterung wieder die Knollen quasi herauspräpariert werden, während die Matrix zerfällt. Dieses Verhalten während der Verwitterung entspricht derjenigen im Ocker-

kalk (LANGBEIN, PRECKER und WEIDLICH 1986, im Druck).

In stark verwitterten Profilen kann man auch gut die Form der Knollen studieren. Bisher wurden die beiden Begriffe Knolle und Knoten wie üblich synonym verwendet. Die detaillierte Untersuchung zeigte aber überraschenderweise, daß nur in seltenen Fällen wirklich isometrische Knollen vorliegen. Langgestreckte Bildungen, Knollenstränge, überwiegen. Die Querschnitte dieser Stränge sind nur teilweise regellos knollig. Sie sind häufiger deutlich ellipsenförmig bis linsenförmig (Photo 3). Es konnten bis zu 30 cm lange Stränge herauspräpariert werden (Photo 4), das sind aber noch nicht die maximal möglichen Längen. Der Eindruck von isometrischen Knoten wird im Aufschluß dadurch erweckt, daß die Stränge ausnahmslos subparallel orientiert sind und so im Schnitt senkrecht zur Strangrichtung jeweils gleichgroße Querschnitte erkennen lassen (Photo 5). In Anschnitten parallel zur Strangrichtung sind keine Knollenstrukturen zu erkennen. Es ist nur eine rippelartig gestreifte Kluftfläche entwickelt (Photo 6). Die Orientierung der Stränge ist auffallend konstant. So wurde im Aufschluß Steinach ein Streichen von 50° ermittelt und im etwa 5 km entfernten Aufschluß Mengersgereuth-Hämmern noch 45° für einen stratigraphisch etwas tieferen Horizont. Nachdem einmal aufgefallen, konnte diese strangartige Ausbildung für alle bearbeiteten Profile nachgewiesen werden.

Die nähere Untersuchung solcher Stränge zeigt eine im Idealfall linsenartige Begrenzung und eine häufig auftretende Striemung parallel

Photo 4
Knollenstrang aus dem Tentakulitenkalk, durch Verwitterung freigelegt (Profil Gräfenwarth)



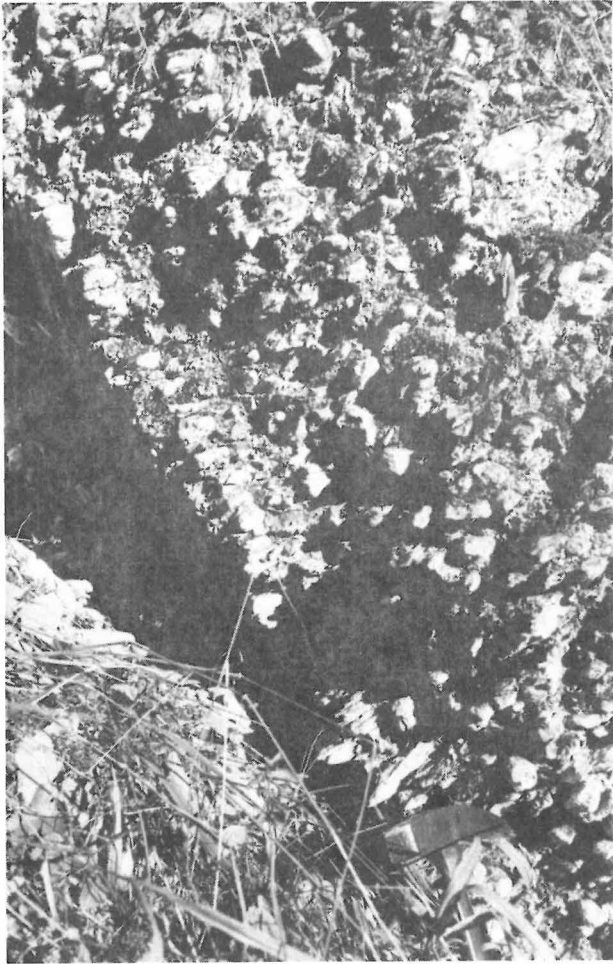
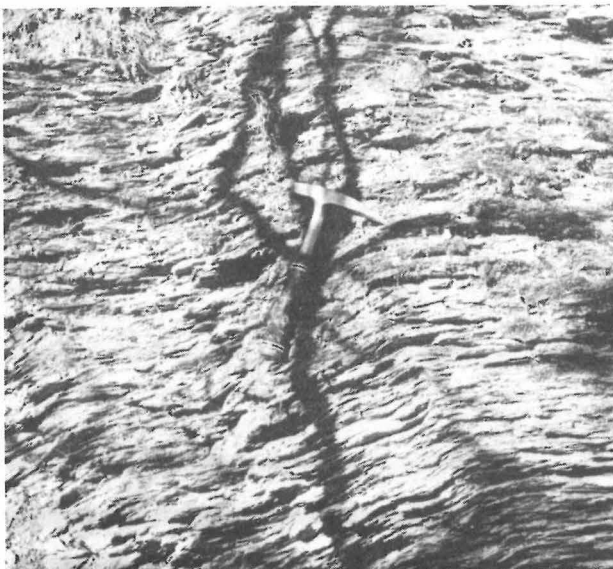


Photo 5
Ausschnitt aus einem Tentakulitenkalk-Profil, Partie mit
überwiegend Knollensträngen. Durch die Verwitterung sind
die Knollen gut herauspräpariert. Das Photo ist aus
Richtung SW aufgenommen, Profil Mengersgereuth-Hämmern.

Photo 6
Gleicher Aufschluß wie Photo 5, aber Aufnahmerichtung
aus SE



zur Längsrichtung (Photo 7). Die Stränge zeigen Spuren eines „rock-borers“ und sind Substrat für autochthone Korallenstöcke. Das spricht dafür, daß die Knollenstränge schon zur Zeit der Sedimentation eine Art Hartgrund bildeten (Photo 8).

Diese Ähnlichkeit zu Hartgründen wird auch nahegelegt durch die Beobachtung, daß Knollenstränge kaum isoliert auftreten. Vielmehr bilden sie immer mehr oder minder dichte Reihen, die im Anschnitt dann als Knollenlagen in Erscheinung treten. Vermutlich entspricht eine solche Knollenlage jeweils einer Zeit verzögerter Sedimentation, in der es zur Fixierung dieser sonst nicht erhaltungsfähigen Strangbildner kam. Die Möglichkeit zu einer differentiellen Verwitterung und damit ihre Erkennbarkeit verdanken die Knollenstränge ihrer gegenüber der Matrix erhöhten Porosität und einem erhöhten Dolomitgehalt.

2.3.

Obere Kalksandsteinbank

Der Lithotyp der parallelgeschichteten Oberen Kalksandsteinbank konnte nur in Tagesaufschlüssen studiert werden. Es ist ein Kalkstein bis karbonatischer Tonstein wechselnder Zusammensetzung, der sich insbesondere durch das Fehlen von Knollensträngen und durch eine deutliche Parallelschichtung von den Knollengesteinen abhebt. Graduierte oder schräggeschichtete Nachbarglieder fehlen bei diesem Horizont, so daß er wohl als eine Zone knollenfreier Matrix zu deuten ist. Je nach dem Karbonatgehalt bildet er bei der Verwitterung eine heraustretende Bank oder eine Hohlkehle.

3.

Mikrofazies des Tentakulitenknollenkalkes

Die Karbonatgesteine enthalten eine ausgesprochene Mikrofossilgemeinschaft. Neben den überwiegenden Tentakuliten (ZAGORA, K.1964) finden sich teils gehäuft Ostracoden (ZAGORA, J. 1967), Reste von Trilobiten (AL-

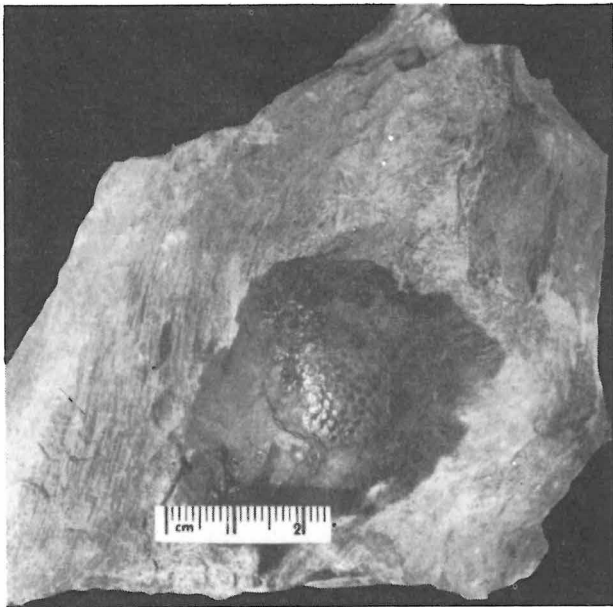


Photo 7
Korallenstock von *Favosites* DANA 1846, auf einem Knollenstrang aufgewachsen. Links im Bild ist die typische Parallelstreifung des Stranges zu erkennen, Profil Steinach

BERTI 1962) und einzelne Conodonten (JENTSCH 1962). Die Makrofauna ist dagegen nur sehr spärlich und meist in Steinkernerhaltung vertreten. Neben den am häufigsten beschriebenen Korallen (WEISSERMEL 1941), die allerdings nicht gesteinsbildend auftreten, sind vereinzelt Brachiopoden und Reste von Cephalopoden (Nautiliden), Gastropoden und Lamellibranchiaten gefunden worden (STEINBACH 1974).

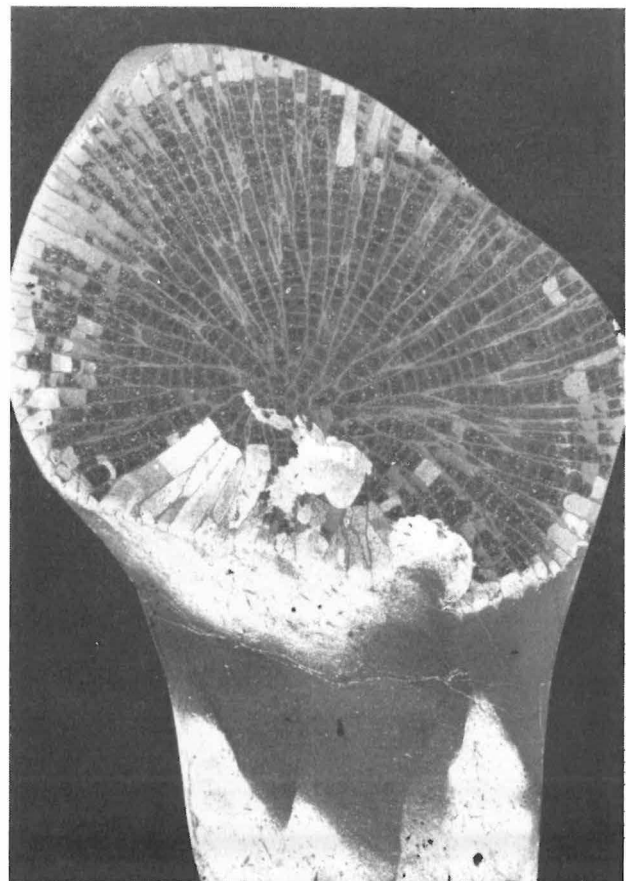
Bei unseren Untersuchungen konnten wir vier Mikrofaziestypen aushalten, die sich unschwer den einzelnen Lithotypen zuordnen lassen. So entspricht der basalen Kalksandsteinbank ein Tentakuliten-Siltit-Bioklastit, der oberen Kalksandsteinbank ein tentakulitenreicher silicaclastischer Siltit, und dem eigentlichen Knollenhorizont sind ein Tentakulitenmikrit (wackestone) und ein Tentakulitenpackstone zuzuordnen (Photo 9). Allen diesen Mikrofaziestypen ist der überwiegende Bestand an Tentakulitengehäusen im biogenen Anteil gemeinsam. Aufgrund ihrer charakteristischen Schalenstruktur sind Tentakuliten auch in kleinen Bruchstücken und nach stärkerer Umkristallisation noch gut zu bestimmen. So sind die Schalen dreischichtig aufgebaut,

wobei reine Calcitlagen mit etwas stärker bituminös verunreinigten Lagen abwechseln und die Feinstruktur mit radialstenglicher Außenschicht, konzentrisch-fasriger Mittelschicht und meist mikritischer Innenschicht auch in kleinen Bruchstücken noch eine Identifikation zuläßt. Gut erhaltene Querschnitte zeigen zudem noch das typische Auslöschungskreuz (LUCAS, CROS und LANG 1976), das durch die tangentielle Orientierung der Calcitkristallite erzeugt wird.

Gegenüber den Tentakuliten treten alle anderen Reste stark zurück. Es handelt sich dabei um Ostracoden, Bruchstücke von Trilobiten, Echinodermen-Einkristalle sowie Problematica.

Zwei Bildungen sind unter den Mikroproblematica besonders auffallend: eine netzartige und eine parallelstenglige Struktur. Die gewebartige oder Netzstruktur (Photo 6) besteht

Photo 8
Schnitt durch einen Korallenstock. Rechts unten ist zu erkennen, daß der Stock auf dem knolligen Sediment „aufsitzt“. Folienabzug, Breite der Koralle 3 cm, Profil Steinach.



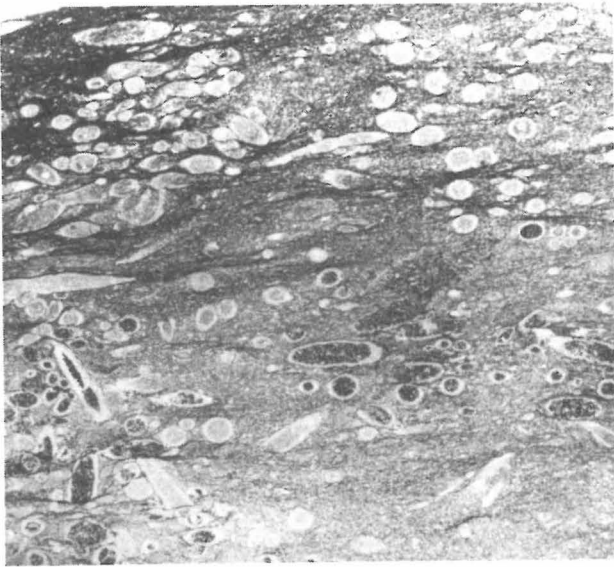
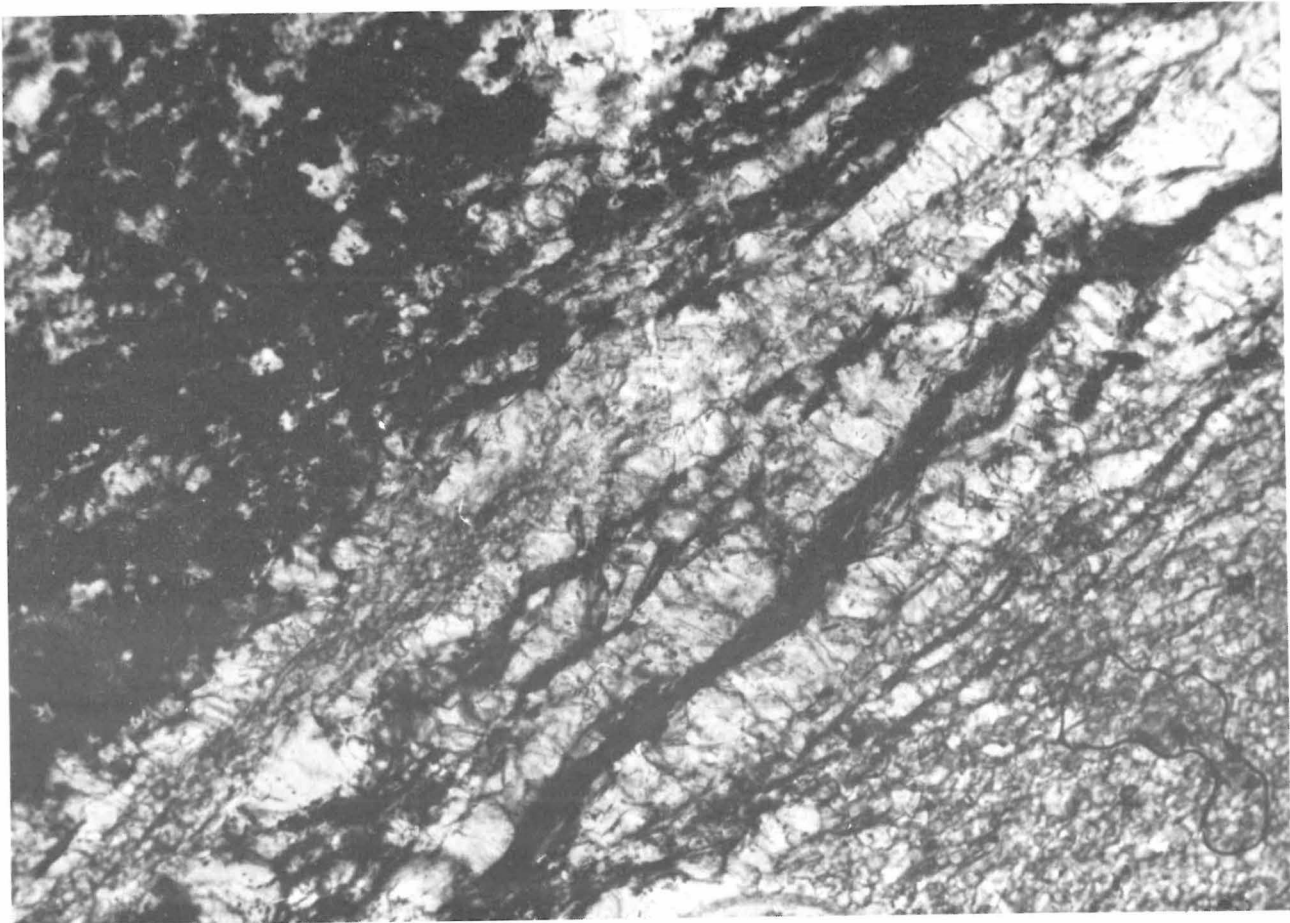


Photo 9
Tentakuliten-Calcit-Arenit vom Typ eines Kompaktites.
Links unten und Mitte unten sind Gehäuse mit gewebeartig
strukturiertem organischem Material gefüllt (Algen?).
Dünnschliff, Breite des Ausschnittes 0,6 cm
Profil Oberloquitz

Photo 10
Kruste zwischen Kompaktit (links oben) und Zementit
(rechts unten). Deutlich ist die mehrfache unregelmäßige
Längsgliederung der Kruste durch Bitumenanreicherung.
Dünnschliff, Breite des Ausschnittes 0,05 cm, Profil Oberloquitz.



aus einem opaken bituminösen Gerüst, das relativ regelmäßig von rundlichen Poren durchsetzt ist, die von Calcitmicritkristallen gefüllt sind. Diese Gewebestrukturen sind klastenartig im Gestein verteilt, wurden aber auch als Ausfüllungen von Tentakulitengehäusen beobachtet. Die Porengröße liegt bei 5...10 μm . Der parallelstenglige Typ besteht aus reinem Calcit und zeigt eine krustenartige Ausbildung (Photo 10). Zwar tritt er auch in Form unregelmäßiger Klasten auf, doch scheint er in der Hauptsache in-situ-gebildet. Vorwiegend findet er sich krustenartig an Grenzen zwischen stark bituminös verunreinigten und reinen mikritischen Gesteinspartien (Photo 11). Diese Anordnung demonstriert deutlich, daß es sich nicht um Schalenbruchstücke handelt.

3.1.

Tentakuliten-Siltit-Bioklastit

Das Gestein besteht überwiegend aus Karbonat, dessen Anteil zwischen 70 und 90 % schwankt. Es handelt sich teilweise um den



Photo 11

Schrägschnitt eines Zementit-Knotenstranges. Die lockere Anordnung der Tentakulitengehäuse im Vergleich zum Photo 9 ist deutlich, der Zementit ist meist durch eine stenglige Calcitkruste begrenzt. Dünnschliff, Breite des Ausschnittes 0,2 cm, Profil Oberloquitz.

karbonatreichsten Gesteinstyp des Profiles, weshalb die Bezeichnung Kalksandstein etwas irreführend ist. Die makroskopisch deutliche Fein- (und Schräg-) schichtung ist auch mikroskopisch sehr gut entwickelt und wird durch den Wechsel von hellen, reinen Karbonatlagen, braunen bituminösen Karbonatlagen und stärker tonig-pyritischen, nahezu schwarzen Lagen bewirkt. Der Karbonatanteil besteht zum großen Teil aus Bruchschill der oben besprochenen Fossilien und Problematica, der im Größenbereich 50 bis 125 μm liegt, also im Grenzbereich Siltit-Arenit. Der Schill ist in die Schichtung und Schrägschichtung sehr gut eingeregelt, so daß, obwohl Abrundungserscheinungen kaum zu beobachten sind, der Charakter als resedimentierter Klastit eindeutig ist. Der silicaclastische Anteil besteht überwiegend aus Quarz, Glimmer tritt zurück. Weitere Verunreinigungen sind Pyrit und Bitumen.

Hinweise auf mechanische Kompaktion fehlen, der sedimentär bereits eng gepackte Bioklastit erscheint früh zementiert, worauf auch der hohe Karbonatgehalt hinweist.

3.2.

Tentakulitenwackestone, Zementit

Das Gestein besteht im Mittel zu 80 % aus Karbonat. Beim Karbonatanteil überwiegt die Grundmasse, die sich aus Matrix und Zement zusammensetzt, wobei jedoch beide infolge der starken Umkristallisation nur selten noch deutlich zu trennen sind. Die Grundmasse ist micritisch mit einer mittleren Kristallkorngröße um 10 μm (von 5...25 μm), teilweise etwas gröber rekristallisiert. Statistisch darin verteilt sind die Verunreinigungen wie Quarz, Glimmer, Pyrit, Bitumen. Bitumen ist daneben

aber auch fleckenweise stark angereichert und bildet dann ein intrakristallines, fein netzartiges Gefüge. Die so dunkel gefärbten Partien sind teilweise durch die oben genannten Calcitkrusten gegenüber den reinen Partien begrenzt. Fossilien sind sowohl im schwammartig bituminösen Teil als auch im reinen Teil in gleicher Art und Häufigkeit angeordnet. Die überwiegenden Tentakuliten, meist nur in Anteilen von 10 bis 20 % bezogen auf die Micritmatrix auftretend, sind auffallend sperrig angeordnet, nicht zerbrochen und nicht geregelt. Da sie auch gleichmäßig ohne lagige Anreicherungen verteilt sind, wird angenommen, daß es sich um das locker sedimentäre Gefüge eines Fossil Schlammes handelt, das schon relativ früh, zumindest vor jeglicher Kompaktion, zementiert wurde. Wir bezeichnen diese Mikrofazies, die den Knollen entspricht, daher als Zementit (Photo 11).

3.3.

Tentakulitenpackstone, Kompaktit

Dieser Mikrofaziestyp fällt zunächst gegenüber dem vorhergehenden durch einen stark erhöhten Anteil an Verunreinigungen auf, der bis über 70 % erreichen kann. Es handelt sich also um einen Mergelstein bis karbonatischen Tonstein. Die Verunreinigungen sind die gleichen wie bisher, vor allem feinklastisch-tonige Substanzen sind angereichert, Pyrit kann große framboide Aggregate bilden.

Auch der biogene Anteil entspricht in etwa dem vorgenannten Typ. Die doch recht zerbrechlichen Formen sind in der Hauptsache gut erhalten und nicht eingeregelt. Karbonatmicrit in der Grundmasse ist wesentlich seltener als oben und findet sich typisch ausgebildet vor allem innerhalb der Gehäuse, wo er deutlich heller als in der Grundmasse entwickelt ist und wohl Zement darstellt. Die Korngröße ist im Mittel höher und liegt meist zwischen 10 und 25 μm . Einige Gehäuse sind aber auch mit Matrix und mit Gewebestrukturen gefüllt.

Der wesentliche Unterschied zum Zementit in der Fossilverteilung ist der signifikant höhere Anteil und damit die höhere Packungs-

dichte. Das Verhältnis Fossilien zu Matrix ist etwa umgekehrt wie beim Zementit und beträgt im Mittel 7 : 3, d. h. es handelt sich um einen relativ dichten Packstone. Der Anteil von 70 % Fossilien ist so zu verstehen, daß die Gehäuse einschließlich der natürlich sehr hohen Intrapartikelporosität das Volumen von 70 % einnehmen. Der Verdichtungsgrad wird noch erhöht durch das Auftreten von partiell aufgelösten, suturierten Gehäusen (Photo 12). Eine Interpartikelporosität von 30 % ist für eine sedimentäre Packung von sperrigen, nicht zerbrochenen und nicht eingeregelteten tütenförmigen Tentakulitengehäusen nicht möglich. Wir fassen daher diesen für die Matrix der Knollenschiefer und des Knollenkalkes charakteristischen Faziestyp als Kompaktit auf (Photo 9).

3.4.

Tentakulitenführender Silicaclastit (siltiger Tonschiefer)

Dieser Lithofaziestyp hat den höchsten Anteil an nichtkarbonatischem Material. Er kann bis über 80 % erreichen. Karbonatreichere Abarten unterscheiden sich nicht wesentlich vom Typ des Kompaktits. In allerdings deutlich geschichteter Matrix sind gut erhaltene Formen von Mikrofossilien eingeschaltet, die häufig rekristallisiert sind. Auch hier kann die Grundmasse mit micritischem Calcit durchsetzt sein, so wie auch Karbonatmatrix Stützsubstanz sein kann. Bei stärker tonigen Proben ist der Einfluß der Schieferung und metamorphen Rekristallisation bedeutend, wobei das Auftreten von mikroskopischen Muskovit-Chlorit-Mixedlayern, sog. Chloritporphyroblasten, am auffälligsten ist.

4.

Kalkstein-Tonstein-Verhältnisse

Es wurde bereits mehrfach darauf aufmerksam gemacht, daß die Unterschiede zwischen den Lithotypen bzw. Mikrofaziestypen stark vom Kalkstein-Tonstein-Verhältnis abhängig sind oder dieses bedingen. Zur genaueren Charak-

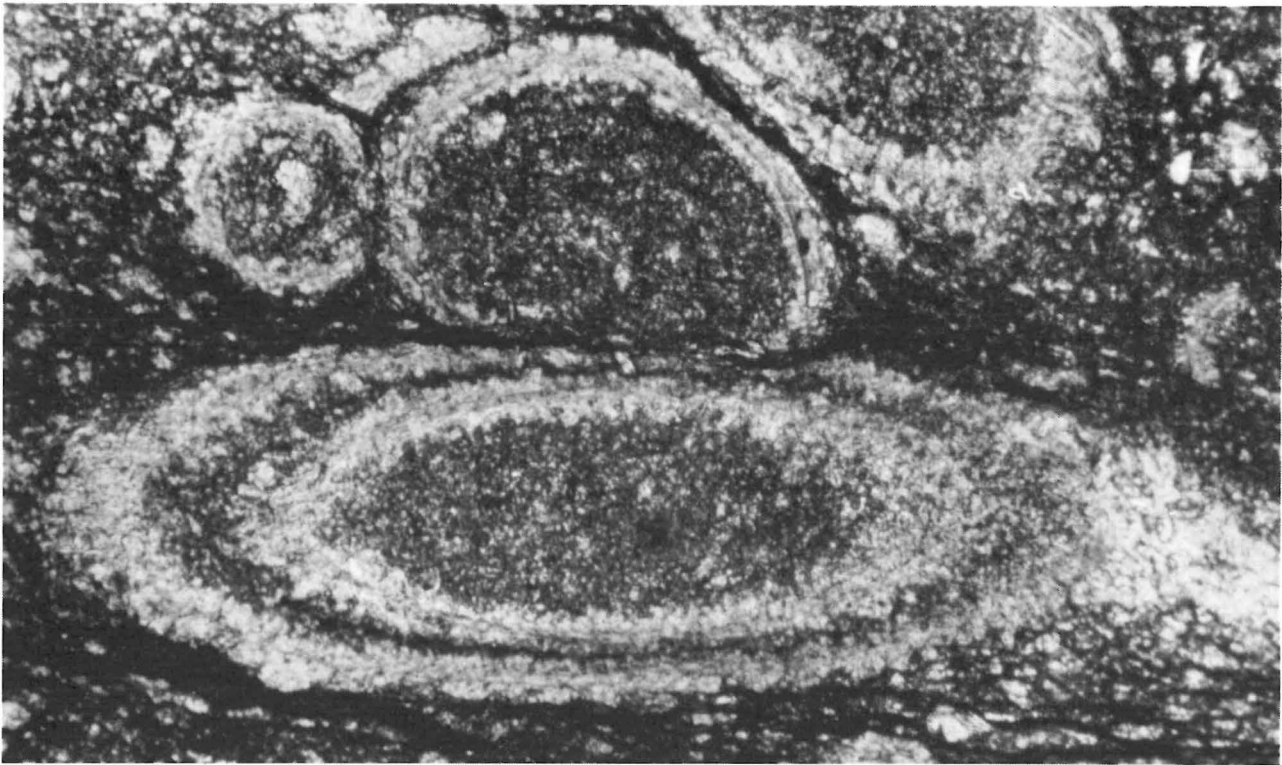
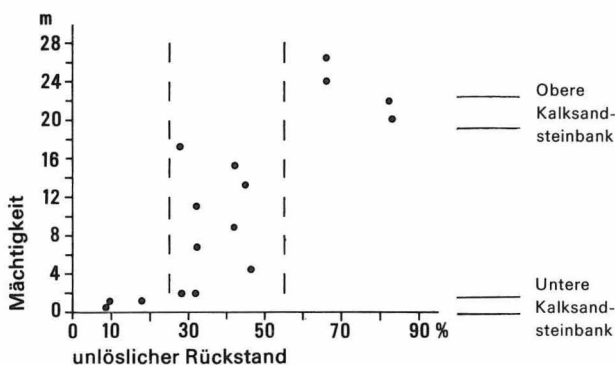


Photo 12
Tentakuliten-Calcit-Arenit vom Typ eines Kompaktit. Deutlich ist die Ausbildung von Drucksuturen zu erkennen. Die komplizierte Druckverteilung wird durch zwei benachbarte Knollenstränge bewirkt, die als seitliche Widerlager wirken, und durch den vertikalen Kompaktionsdruck. Dünnschliff, Breite des Ausschnittes 0,05 cm, Profil Oberloquitz.

terisierung haben wir daher an 27 Proben die Masse der nichtkarbonatischen Anteile als salzsäureunlösliche Rückstände bestimmt. Dazu wurden das Profil Oberloquitzer Mühle im 2 m Abstand beprobt und im Profil Wittgendorf die verschiedenen Gesteinstypen analysiert. Von den übrigen Profilen wurden typische Horizonte herangezogen.

Insgesamt ergibt sich über alle Proben ein Mittel von 36,3 %, das aber wegen der nicht systematischen Probennahme als nur angenähert repräsentativ gelten kann. Die Schwankungsbreite ist sehr groß, von 8 . . . 82 %. Von den Lithotypen hat die basale Kalksteinbank den höchsten Karbonatgehalt mit 16 % Rückstand bzw. ohne Berücksichtigung eines Extremwertes von im Mittel nur 12 %. Die obere Kalksandsteinbank hat demgegenüber einen mittleren Rückstandsgehalt von 45 % und ohne die untypischen kalkigen Varianten von 61 %. Der Durchschnittswert für die Knollengesteine liegt bei 38,4 %. Wie eingangs zitiert, soll der Karbonatgehalt zum Hangenden des Profiles hin zurückgehen. Abbildung 1 über die Verteilung der Rückstände im Profil Oberloquitz kann diese Tendenz bestätigen. Die mittlere Partie des Profiles mit Werten zwischen 30 und 50 % hebt sich gegenüber den basalen Partien ab, insbesondere auch gegen den oberen Teil, wobei die Obere Bank deutlich markiert ist.

Abbildung 1
Verteilung der säureunlöslichen Rückstände im Tentakulitenkalk-Profil von Oberloquitz. Die gestrichelten Linien markieren Zementit- und Kompaktitbereiche sowie deren gemischtes Auftreten im Knollenkalk.



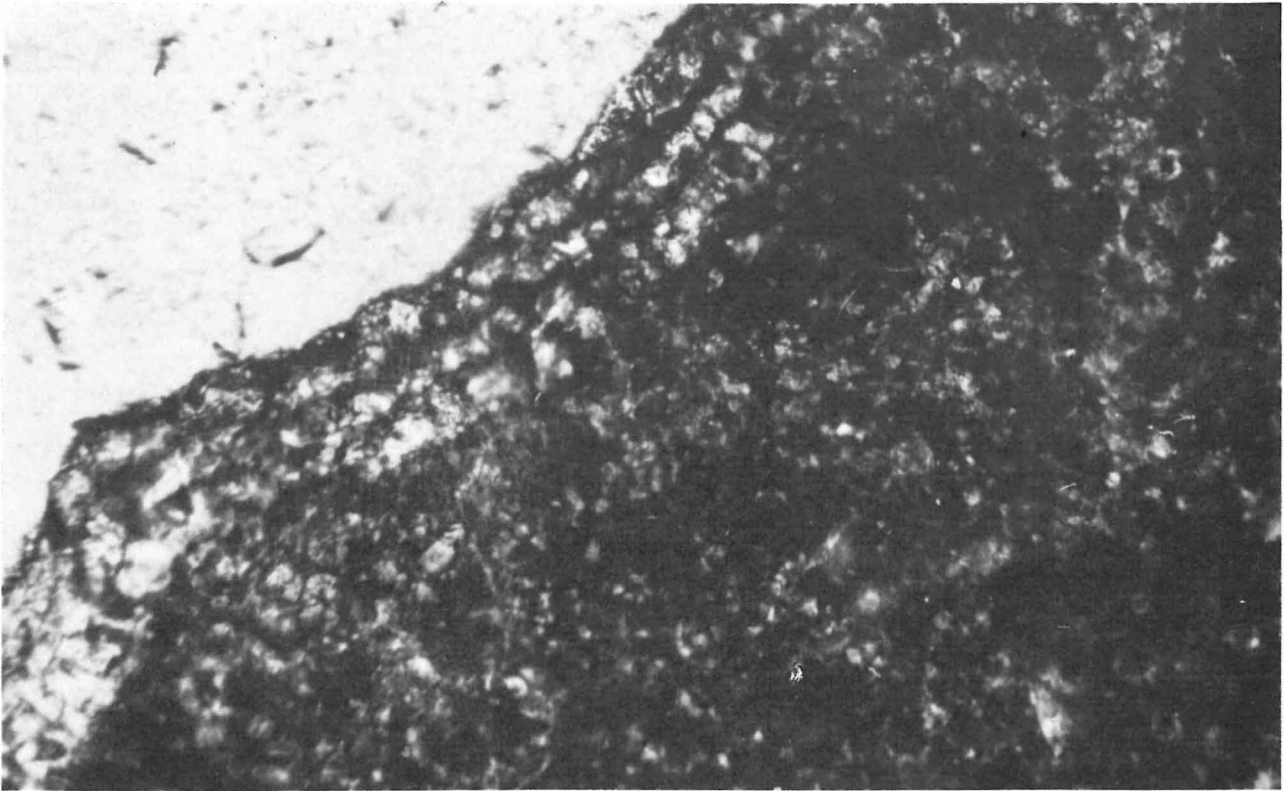


Photo 13
 Calcitkrusten um einen Zementit-Knollenstrang (rechts unten). Die Dreigliedrigkeit ist deutlich zu erkennen. Dünnschliff, Breite des Ausschnittes 0,02 cm, Profil Oberloquitz.

sehen Anteil ist nur schwer exakt durchzuführen. In frischen Proben gelingt nur schwer eine exakte Trennung. Sortiert man die Analysenergebnisse nach Proben mit überwiegenden Knollen und Matrix, ergeben sich Mittelwerte von $26 \pm 13 \%$ und $49 \pm 20 \%$. Läßt man unsichere Mischproben heraus, erhält man die beiden Mittel 19% und 61% , die mit dem Untersuchungsergebnis an einer exakt präparierten Knolle aus dem Profil Wittgendorf gut übereinstimmen. Diese brachte die Werte 20% und 73% , welche wohl als repräsentativ gelten können. Diskutiert man die eben abgeleiteten Werte, dann ergibt sich, daß im Kompaktit der unlösliche Anteil etwa dreimal so hoch ist wie im Zementit. Gleichzeitig ist aber im Kompaktit auch der Fossilanteil im gleichen Maße erhöht, so daß in beiden Typen das Verhältnis Fossilien zu tonigem Anteil etwa gleich ist. Auch die Betrachtung der Oberen Bank bringt das gleiche Verhältnis. Wir schlußfolgern daraus, daß allen drei Gesteinstypen ein gleiches Fossil-Ton-Verhältnis zugrunde liegt und die Unterschiede nur diagenetisch angelegt sind.

Die Knollenkarbonate wurden bereits früh zementiert und die tonige Substanz wurde durch Calcitmicrit „verdünnt“, während die anderen Typen eine Kompaktion erfuhren. Nur für die basale Kalksandsteinbank ist primär ein höherer Kalkanteil anzunehmen.

5. Diskussion und Schlußfolgerungen

5.1. Knollenstränge

Die Knollenstränge des unterdevonischen Tentakulitenknollenkalkes haben große Ähnlichkeit mit den Karbonatsträngen des silurischen Ockerkalkes. Der Hauptunterschied besteht in der Regel darin, daß die devonischen Stränge relativ dicker und meist kürzer sind. Auch fehlen die im Ockerkalk durchgehend entwickelten bituminösen Häutchen, was wohl

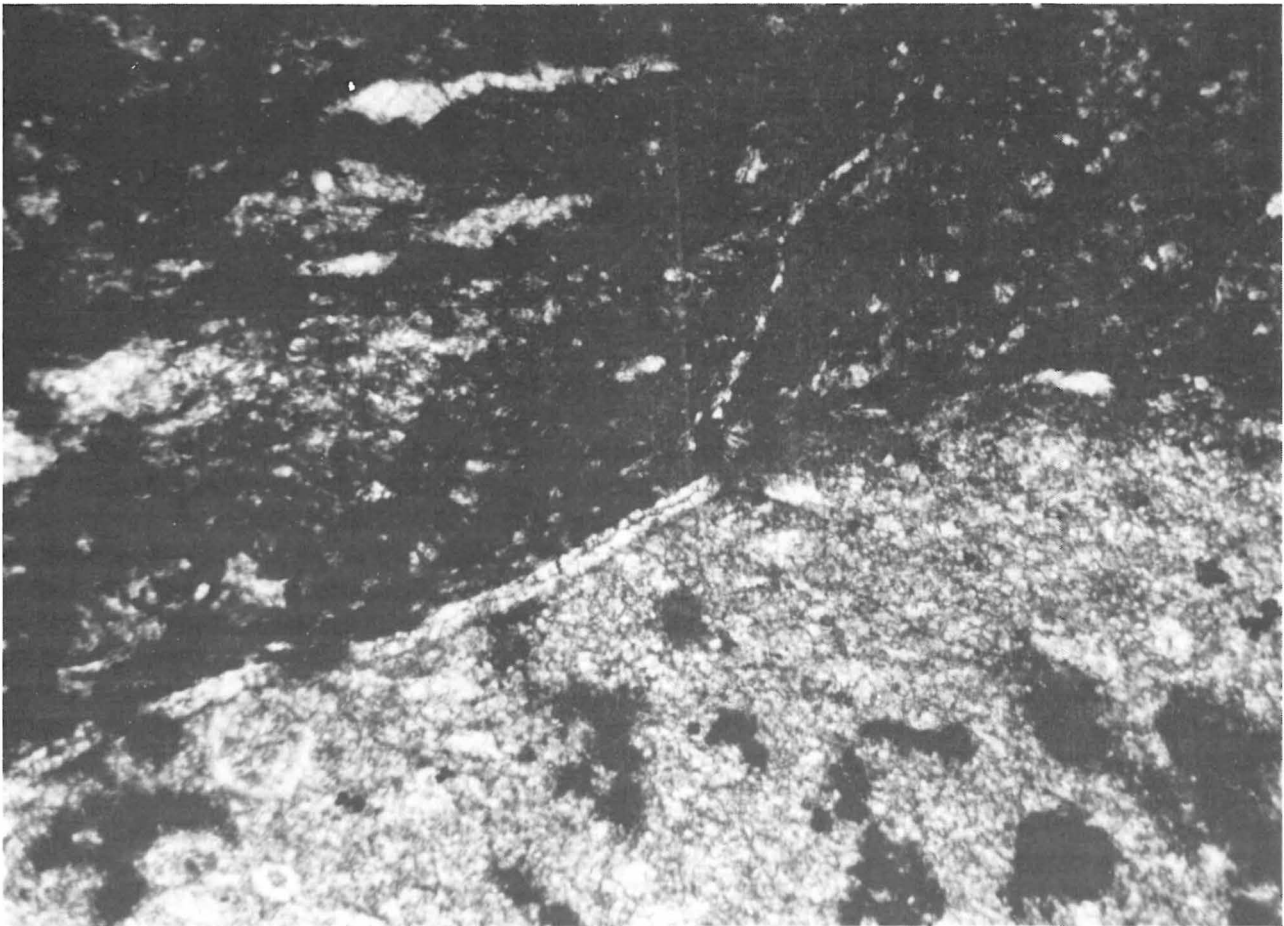


Photo 14

Calcitkruste um einen Knollenstrang (unten rechts). Deutlich sind Brucherscheinungen und die unterbrochene Ausbildung; im Kompaktit (oben) sind weitere Reste der Kruste erkennbar. Dünnschliff, Breite 0,09 cm, Profil Oberloquitz.

auf das weniger stark reduzierende Milieu während der Sedimentation zurückzuführen ist. Die Knollenstränge lassen eine längsgerichtete feine Skulptur erkennen. Doch ist deren primäre Natur wegen der relativ starken Schieferung nicht sicher. Eindeutig ist aber eine scharfe Abgrenzung zur Matrix, die bei leichter Verwitterung ein Herauslösen ermöglicht. Dabei ist teilweise über den gesamten Umfang eine dünne calcitische Kruste entwickelt. Die Kruste ist aus bis zu drei dünnen Lagen aufgebaut, teils mit angedeuteter Quergliederung (Photo 13). Sie ähnelt darin embryonalen stromatolithischen Krusten, wie sie auch in sandigen Profilabschnitten des Devons auftreten (KLISCH 1981). Die Kruste kann zerbrochen sein und im Sediment als Bruchstücke auftreten, ist also prädiagenetisch (Photo 14). Beachtet man diese Besonderheiten und zieht auch

die o. g. Fakten wie Einregelung, Lagenbildung, Anbohrungen und Korallenunterlage in Betracht, dann wird deutlich, daß es sich bei den Strängen trotz Ähnlichkeiten zu *Planolites* nicht um ein Ichnofossil, sondern um ein Körperfossil handeln muß, das seine Erhaltung einer frühen Zementation verdankt.

Wir bezeichnen dieses Problematicum als *Planolitoides jaegeri* und halten es für am wahrscheinlichsten, daß es sich um eine frühdiagenetisch (hartgrundartig) lithifizierte syphonale Alge (Braunalge?) handelt, die jetzt in Steinkernerhaltung vorliegt, wobei evtl. eine frühe Verkrustung durch andere Algen oder Cyanobakterien mitgewirkt haben könnte. Die Lithifizierung erfolgte jeweils in Zeiten relativer Sedimentationsruhe, sonst konnten sich diese nicht verkalkten Syphons nicht erhalten und wurden wie das übrige Sediment kompaktiert.

5.2.

Sedimentationsmilieu

Relativ einfach zu deuten ist die Sedimentationseinheit der basalen Kalksandsteinbank. Die Abfolge schichtungslose Graduierung – Parallellamination – Schrägschichtung entspricht den Zonen A-B-C des Bouma-Zyklus. Solche Karbonat-Turbidite sind nach SCHOLLE, ARTHUR und EKDALE (1983) und COOK und MULLINS (1983) für pelagische und Beckenrandsedimentation typisch. Der Turbidit ist relativ mächtig, feinkörnig und ausgedehnt entwickelt. Zumindest der Bouma-Abschnitt C wurde über eine Strecke von 80 km nachgewiesen. Der Turbidit gehört danach in den distalen Bereich. Das auslösende Ereignis sollte bei dieser Dimension von einiger Bedeutung gewesen sein. Da im Turbidit die gleichen Sedimentbildner auftreten wie im anschließend sedimentierten Knollenschiefer der Prager Stufe, muß das Material einem Gebiet entstammen, in dem diese Fazies bereits etwas früher auftritt. Ob weitere geringmächtige Turbidite am Sedimentaufbau beteiligt sind, läßt sich wegen der sekundären Überprägung nicht ermitteln; die gelegentlich bandartigen Gefüge deuten eine solche Möglichkeit an. Viel verbreiteter sind aber später konstante Bodenströmungen (contour currents), die zu einer ausgeprägten Parallelregelung der Knollenstrang-Problematika führen. Stärkere Bewegungen allerdings, die zu einer Bioklastitbildung aus den Tentakulitenschalen hätten führen müssen, fehlen im Sedimentationsraum.

Versucht man die vorliegenden Mikrofaziestypen in das WILSON-Modell einzupassen (WILSON 1975, FLÜGEL 1982), ergibt sich folgendes:

- Der microbioclastische Calcitsiltit der Unteren Bank entspricht der Standardfazies 2.
- Der Zementit entspricht dem Standardtyp 8 (Wackestone mit ganzen Organismen und einzelnen Bioklasten).
- Der Kompaktit kann mit Vorbehalt dem Standardtyp 10 (Packstone-Wackestone) zugeordnet werden.

Insgesamt entsprechen die Standardmikrofazies 2, 8, 10 der Fazieszone 2 des WILSON-Modells – der tiefmarinen neritischen Sedi-

mentation auf dem offenen Schelf, unterhalb der Sturmwellenbasis, d. h. dem Tiefen Undathem.

Die auftretenden Organismen stimmen mit dieser Zuordnung überein. Tentakuliten, die den Hauptteil ausmachen, haben eine offen marine planktonische Verbreitung. Ostracoden und die in geringer Menge auftretenden Sedimentbildner wie Trilobiten und Echinodermen sind für diesen Bildungsraum nicht ungewöhnlich. Die übrigen seltenen Makrofossilfunde könnten allochthon sein, zumal sie meist nur in Steinkernerhaltung vorliegen. Problematisch ist lediglich das Auftreten der Korallen, die vorwiegend als Flachwasserbewohner gedeutet werden. Allochthonie ist abzulehnen, da die Korallen in großen Knollen und auf den Knollensträngen aufgewachsen vorkommen. Tiefwasserkorallen sind aber inzwischen auch rezente verbreitet gefunden worden (SCOFFIN u. a. 1980), so daß man für die von uns gefundenen Formen (*Favositidae* DANA 1846) mit WEYER (1980) Teufen bis zu 1 000 m annehmen kann. Bedingungen für das Wachstum sind ja lediglich Frischwasserströmungen, die Nahrung herantransportieren, und diese sind nach vorliegenden Anzeichen zu erwarten.

Die Bildungsbedingungen entsprechen damit etwa denen im silurischen Ockerkalk. Der mächtigere Turbidithorizont und der allgemein höhere Silicaclastitanteil sprechen für eine etwas randnähere Position des thüringischen Sedimentationsgebietes, die durch den Vorbau des Flachscheffrandes infolge Sedimentation (Progradation) erklärt werden kann.

Eine Reihe von Kollegen haben uns freundlicherweise im Gelände, bei Laborarbeiten und durch anregende Diskussionen unterstützt. Wir möchten uns insbesondere bei den Herren Dres. BLUMENSTENGEL, KORICH, Prof. NESTLER, SEIFERT, WELLER und WEYER recht herzlich bedanken.

Literatur

ALBERTI, G.:

Zum Unter- und Mitteldevon Ostthüringens.

– In: Ber. geol. Ges. DDR. – Berlin 2 (1957), S. 199...202.

- ALBERTI, G.:
 Unterdevon-Trilobiten aus dem Frankenwald und rheinischen Schiefergebirge.
 – In: Geol. Jb. – Hannover 81 (1962), S. 135...156.
- BLUMENSTENGEL, H.:
 Über verkieselte Ostrakoden aus dem Tentakulitenknollenkalk der Bohrung Mötzelbach 3.
 – In: Freiburger Forsch.-H. – Leipzig C 125 (1962), S. 7...28.
- BLUMENSTENGEL, H., G. FREYER und K. ZAGORA:
 Über Verbreitung und stratigraphische Bedeutung der Tentakuliten im Devon der DDR.
 – In: Zeitschr. geol. Wiss. – Berlin 4 (1976), S. 1069...1089.
- COOK, H. E., und H. T. MULLINS:
 Basin Margin. – In: SCHOLLE, BEBOUT, MOORE (ed.): Carbonate Depositional Environments. – Ass. Amer. Petrol. Geol., Memoir. – Tulsa 33 (1983).
- FLÜGEL, E.:
 Microfacies Analysis of Limestones.
 – Berlin [West]; Heidelberg; New York, 1982.
- JAEGER, H.:
 Über die Silur-Devon-Grenze in Thüringen.
 – In: Geologie. – Berlin 4 (1955), S. 416...432.
- JENTSCH, J.:
 Conodonten aus dem Tentakulitenknollenkalk in Thüringen. – In: Geologie. – Berlin 11 (1962), S. 961...988.
- JORDAN, H. P.:
 Zur Taxonomie und Biostratigraphie der Ostracoden des höchsten Silur und Unterdevon.
 – Leipzig, 1964. – (Freiburger Forsch.-H.: C 170)
- KLISCH, W.:
 Petrographisch-fazielle Analyse einer transgressiven Sandsteinabfolge. – In: Wiss. Zeitschr. Univ. Greifswald, Math.-Nat. R. – XXX (1981), 3/4, S. 91...99.
- LANGBEIN, R., A. PRECKER und M. WEIDLICH:
 Zur Petrologie und Genese des Thüringer Ockerkalkes (Silur). – In: Hall. Jb. Geowiss. – Gotha 11 (1986), im Druck.
- LUCAS, G., P. CROS und J. LANG:
 Les roches sédimentaires: 2. Etude microscopique des roches meubles et consolidés.
 – Paris, 1976.
- PFEIFFER, H.:
 Exkursion Loquitztal-Sormitztal. – In: Das Devon im Südteil der DDR. – Exkursionsführer, Tagung Ges. Geol. Wiss. Saalfeld. – Berlin, 1978.
- SCHMIDT, Wo.:
 Die Grenzschichten Silur-Devon in Thüringen mit besonderer Berücksichtigung des Downton-Problems. – Abh. preuß. Geol. Landesanst. – Berlin 195 (1939).
- SCHOLLE, P. A., M. A. ARTHUR und A. A. EKDALE:
 Pelagic. – In: SCHOLLE, BEBOUT, MOORE (ed.): Carbonate Depositional Environments. – Ass. Amer. Petrol. Geol., Memoir. – Tulsa 33 (1983).
- SCOFFIN, T. P., E. T.-ALEXANDERSSON, G. E. BOWES, J. J. CLOCKIE, G. F. FARROW und I. D. MILLIMAN:
 Recent, temperate, sub-photic carbonate sedimentation, Rockall Bank, Northeast Atlantic. – In: J. Sed. Petrol. – Tulsa 50 (1980), S. 331...356.
- STEINBACH, W.:
 Devon. – In: HOPPE, SEIDEL (Hrsg.): Geologie von Thüringen. – Gotha/Leipzig, 1974, S. 208...256.
- TRÖGER, K. A.:
 Zur Gliederung des Zeitraumes Silur-Mitteldevon im Vogtland und in Ostthüringen nach Tentakuliten. – In: Geologie. – Berlin 8 (1959), S. 750...757.
- WALTHER, K.:
 Beiträge zur Geologie und Paläontologie des älteren Paläozoikums in Ostthüringen. – In: N. Jb. Min. Petr. Pal., Beil.-Bd. – Stuttgart 24 (1907), S. 221...324.
- WEISSERMEL, W.:
 Korallen aus dem Unterdevon des östlichen und westlichen Schiefergebirges in Thüringen. – In: Zeitschr. dt. geol. Ges. – Berlin 93 (1941), S. 169...212.
- WEYER, D.:
 Bathyale Rugosa (Anthozoa) aus pelagischem Oberem im Thüringischen Schiefergebirge. – In: Abh. Ber. Naturkd. Vorgesch. – Magdeburg XII (1981), 3, S. 23...73.
- WILSON, J. L.:
 Carbonate facies in geologic history.
 – Berlin [West]; Heidelberg; New York, 1975.
- ZAGORA, J.:
 Verkieselte Ostracoden aus dem Tentakulitenknollenkalk von Ostthüringen. – In: Geologie. – Berlin 16 (1967), S. 303...343.
- ZAGORA, K.:
 Tentakuliten aus dem thüringischen Devon.
 – In: Geologie. – Berlin 13 (1964), S. 1235...1273.
- ZAGORA, K., und J. ZAGORA:
 Zu Fauna und Alter des Tentakulitenknollenkalkes. – In: Zeitschr. geol. Wiss. – Berlin 6 (1978), S. 1005...1013.

Besprechungen

WITTKÉ, W.

Felsmechanik.

Grundlagen für wirtschaftliches Bauen
im Fels.

1051 Seiten, 798 Abbildungen.

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

Felsmechanik als wissenschaftliche Grundlage des Felsbaus ist eine Ingenieurwissenschaft, deren Untersuchungsobjekt der Fels und deren Anwendungsgebiete u. a. die Ingenieur- und Hydrogeologie sind. Das vorliegende Buch baut auf folgende Definition für das Gefügemodell eines Felses auf: „Fels ist innerhalb eines bestimmten Homogenbereiches ein durch eine oder mehrere Scharen ebener, zueinander paralleler Trennflächen zerteilter homogener Festkörper, der ein richtungsloses, flächiges oder lineares Gefüge haben kann. Störungen treten in der Regel als Einzelelemente auf“.

Das Buch gliedert sich in 5 Teile: A – die Modellvorstellungen, B – die Berechnungsverfahren, C – die Anwendung der Berechnungsverfahren, D – felsmechanische Untersuchungen, E – Beispiele für den Entwurf und die Ausführung von Felsbauwerken. Als Grundlage für die Berechnung von Standsicherheitsuntersuchungen für die Ausführung von Bauwerken in Fels wird ein mechanisches Modell des Felses vorgestellt, das von der Annahme einer elastisch-viskoplastischen Spannungsdehnungsbeziehung ausgeht und dabei erlaubt, der durch Korn- und Trennflächengefüge bedingten Anisotropie der Verformbarkeit und Festigkeit Rechnung zu tragen. Formuliert werden die Modelle für das Spannungsdehnungsverhalten im zerklüfteten Gestein, von Trennflächen und von klüftigem Fels. Als Sonderfälle werden die quellbedingten Verformungen bei der Umwandlung von Anhydrit in Gips und beim Quellen von Corrensit dargestellt. Schließlich werden Modellvorstellungen für die Sickerströmungen im Fels dargelegt. Dabei steht die Behandlung der Wasserdurchlässigkeit der Trennflächen im Vordergrund.

Es liegt in der Diktion des Buches, daß auf die übersichtlich gegliederte und logisch abgeleitete Modellierung eine Darstellung der Berechnungsverfahren folgt. Im Mittelpunkt der Berechnungen steht die Methode der Finiten Elemente. Die entsprechenden Rechenprogramme werden erläutert.

Für den Praktiker verdienen die Teile C und D des Buches das größte Interesse. Die Anwendung der Berechnungsverfahren erfolgt exemplarisch für die

Bauaufgaben des Felsbaus: Tunnel und Stollen, Kavernen, Druckstollen, Gründungen von Staumauern und Böschungen. Die praktischen Erfahrungen des Autors und seiner Mitarbeiter erlauben ihnen stets, vom untersuchten Objekt ausgehend, die notwendigen Verallgemeinerungen abzuleiten.

Die Bestimmung der Parameter, die das mechanische Verhalten und die Wasserdurchlässigkeit des Felses beschreiben, erfolgt in Teil D. Die felsmechanischen Untersuchungen umfassen die Methoden der geologischen Erkundung, Laborversuche an Gesteinsproben, Scherversuche an Trennflächen, Versuche zur Ermittlung der Verformbarkeit von Fels, der Primärspannungen und der Wasserdurchlässigkeit. Als Anwendungsbeispiele dienen das Pumpspeicherwerk Mingtan (*Taiwan*) und der Überleitungstollen Altmühl (BRD).

Der abschließende Teil E gibt an Hand zweier weiterer Beispiele – U-Bahn Baugrube in Stuttgart, Maschinenkarverne des Hotzenwaldwerkes (BRD) – einen Überblick zu Entwurf und Ausführung von Felsbauwerken, wie sie vom Institut für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Verkehrswasserbau der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen durchgeführt werden.

Zwei Anhänge, die dem weniger Geübten die Grundlagen der im Buche angewendeten Vektor- und Matrizenrechnung sowie der Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik (17 Seiten) vermitteln, das Literaturverzeichnis (20 Seiten) und ein Sachverzeichnis beschließen das Werk, das auf dem Gebiete der Felsmechanik im deutschen Sprachraum ebenso Maßstäbe setzt, wie die Werke von LEOPOLD MÜLLER, eines der Begründer der Felsmechanik.

M. SCHWAB

Zusammenfassung

Hinsichtlich der Herausbildung wesentlicher morphostruktureller Grundzüge sowie der Entwicklung einer Abfolge von Reliefformgenerationen, vor allem unter dem Einfluß feuchtwarmer tertiärer und kaltzeitlicher quartärer Klimabedingungen, zeigen die zentraleuropäischen Mittelgebirge deutliche Gemeinsamkeiten. Wesentliche geomorphologisch interessante Zeugen für diese Formungsabläufe, die im Gebirge Hrubý Jeseník modelhaft deutlich ausgeprägt sind, werden im vorliegenden Aufsatz zusammenfassend vorgestellt und erörtert. Betont wird in der Darstellung das Auftreten von Zeugen der periglazialen Reliefformung. Dieses wird mit der Auseinandersetzung mit überholten Deutungen hochgelegener Flachformen des Gebirges als tertiäre Rumpffläche verbunden.

Summary

The morphogenesis of the Hrubý Jeseník/ČSSR

The Central European subdued mountains exhibit common features with regard to the formation of essential morphostructural characteristics and the development of a sequence of relief generations, above all under the influence of muggy Tertiary and glacial Quaternary climatic conditions. Substantial geomorphologically interesting evidence for these formation processes, which is clearly revealed in the way of a model in the Hrubý Jeseník mountains, is comprehensively presented and discussed in the present paper. Evidence of postglacial relief formation in the mountains is emphasized in association with the questioning of obsolete interpretations of high-lying levelled forms of the mountains as Tertiary peneplains.

Резюме

Морфогенез Высокого Есеника (ЧССР)

По отношению к формированию основные морфоструктурных черт, а также к развитию серии поколений форм рельефа — прежде всего под влиянием влажно-тёплых третичных и гляциальных четвертичных условий климата — центральноевропейские среднегорья обладают явными общностями. В данной статье суммируются и обсуждаются существенные, интересные с точки

Die Morphogenese des Hrubý Jeseník/ČSSR. Ein Beitrag zur geotektonisch und klimatisch gebundenen Reliefentwicklung der Mittelgebirge

Mit 1 Abbildung und 2 Photos im Text

Autor:

Doz. RNDr. JAROMÍR DEMEK Dr. sc.
Universita J. E. Purkyně Brno
Katedra geografie
Brno, ČSSR
Kotlářská 2

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 71...79
VEB H. Haack Gotha 1985

зрения геоморфологии свидетели этих процессов формирования, которые вроде модели ярко выражены в горах Высокого Есеника. Вместе с критическим рассмотрением устаревших толкований возвышенных плоских форм гор как третичные пенеплены особо отмечаются свидетели перигляциального рельефо-образования в горах.

1.

Einleitung

Das Böhmisches Hochland repräsentiert den Südostteil der jungen westeuropäischen Plattform, der auch die Mittelgebirge der DDR angehören. Ein charakteristischer Zug dieser Plattform ist ihre *Blockstruktur*, die im Neogen und Quartär zur Entstehung der Epiplattformgebirge führte. Ein typisches Beispiel dieser Epiplattformgebirge und ihrer Genese bietet das Gebirge Hrubý Jeseník am Nordostrand des Böhmisches Hochlandes. Das Gebirge erreicht seine maximale Höhe im Gipfel des Praděd (1492 m). Ein Grundzug des Gebirgsreliefs ist sein stufenartiger Bau.

Vom Gipfel des Praděd und dem anschließenden Zentralrücken mit seiner flachen Oberfläche und Höhen zwischen 1300 m und 1460 m NN ausgehend, senkt sich die Gebirgsoberfläche nach allen Richtungen hin in breiten, durch Hänge und Sättel getrennten Stufen ab. Das Gebirge umfaßt verschiedene mehr oder weniger stark veränderte Reliefgenerationen, die sich in bestimmten Zeitabschnitten des Känozoikums durch die Einwirkung unterschiedlicher geomorphologischer Vorgänge entwickelt haben. Das Gebirge Hrubý Jeseník eignet sich wegen der in ihm durch deutlich ausgeprägte und eindeutig faßbare Zeugen repräsentierten *Verzahnung tektogener und verschiedenartiger klimagebundener Formungseinflüsse* als Modell der Morphogenese der Epiplattformgebirge des Böhmisches Hochlandes und allgemein auch der ganzen jungen westeuropäischen Plattform, deren Untersuchung in den letzten Jahrzehnten Gegenstand der Arbeiten von RICHTER (1955/56; 1963), MÜCKE (1966), KUGLER und NEUMEISTER (1971), GELLERT (1965) und anderen Autoren war. Wegen seiner geomorphologischen Formenvielfalt und anderer landschaftlicher Besonderheiten ist das Gebirge Hrubý Jeseník *Landschaftsschutzgebiet*, und seine Reliefformen unterliegen staatlichem Naturschutz.

2.

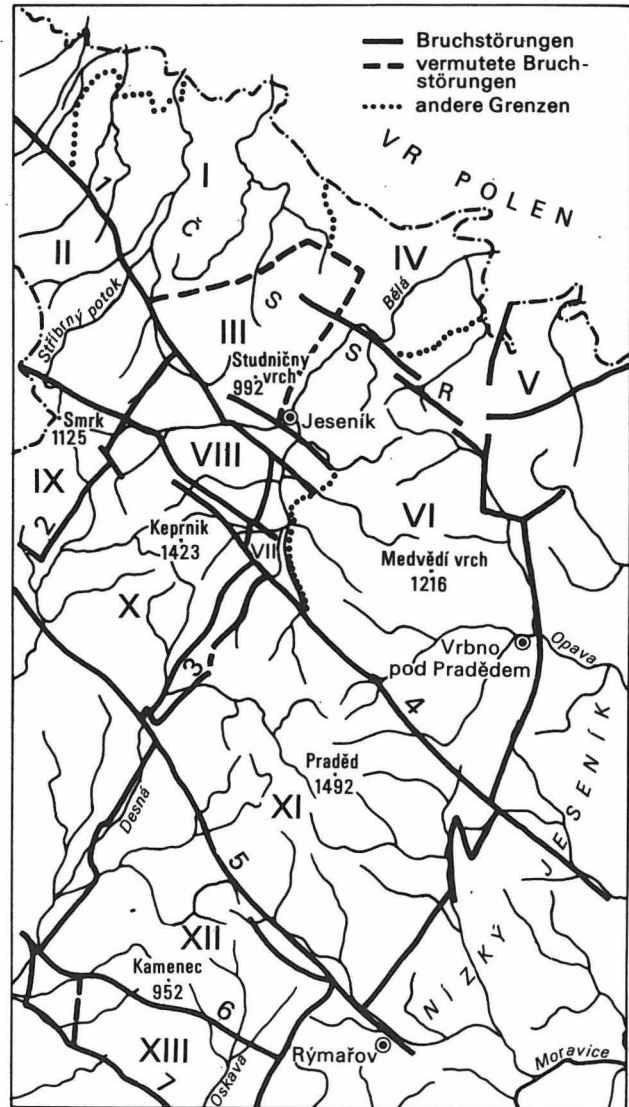
Morphostrukturanalyse

Mit dem Begriff *Morphostrukturanalyse* wird die Begrenzung der Erdkrustenstrukturen sowie die Festlegung ihrer Morphogenese aufgrund gegenwärtiger, fossiler oder begrabener Oberflächenformen und der Verbreitung junger Ablagerungen umschrieben.

Die geologischen Grundzüge des Gebirges Hrubý Jeseník wurden durch die variszische Orogenese gestaltet, die in diesem Gebiet die letzte Faltung hervorrief. Den Kern des Gebirges bilden die komplizierten Dome des Keprník und der Desná, in deren Kern oder an deren Rand sich intrusive syntektonische Körper als relativ jüngere Elemente zeigen. Die alten Sedimentpakete, die von diesen Intrusivkörpern durchdrungen wurden, haben keinen domartigen Bau. Dieser ist erst mehr oder weniger stark angedeutet durch die Vrbno-Schichten als jüngste Hülleneinheit des Devons (SVOBODA u. a. 1964, S. 288).

Von größerer Bedeutung für die heutigen geomorphologischen Gebirgszüge sind die Quer- und Längsbrüche, die das Gebirge in einzelne scharf begrenzte Schollen gliedern. Diese tektonischen Linien sind ziemlich alt. Ihr Ursprung reicht höchstwahrscheinlich bis in den Zeitabschnitt der kaledonischen Orogenese zurück (POUBA UND MISAŘ 1961). Die Bewegungen längs dieser Bruchlinien haben sich jedoch in jüngeren geologischen Zeitabschnitten mehrmals wiederholt.

Die Abbildung 1 zeigt das Schema der gegenwärtigen Horststruktur des Gebirges Hrubý Jeseník und seiner nächsten Umgebung. Es wird deutlich, daß man im Gebirge einige durch Quer- und Längsverwerfungen begrenzte *Hauptschollen* feststellen kann. Zu diesen gehört vor allem die *zentrale Gebirgsscholle* mit dem Praděd und dem Haupttrücken des Gebirges. Die Scholle ist ungefähr 18 km × 12 km groß und erstreckt sich in Längsrichtung von NW nach SE. Im Nordosten ist die Scholle durch die ausgeprägte Bruchlinie des Bělátales begrenzt, die zuletzt im jüngsten Miozän und Quartär aktiviert wurde. Im Gebirge Nizký Jeseník haben sich an dieser Bruchlinie Vulkane neogenen und



- | | |
|------|---|
| I | Fußscholle des Hügellandes Žulovská pahorkatina |
| II | Travný-Scholle |
| III | Studniční hřbet-Scholle |
| IV | Fußscholle des Hügellandes Bělá pahorkatina |
| V | Senkungsscholle des Beckens von Zlaté Hory |
| VI | Nordöstliche Scholle |
| VII | Becken Jesenícká kotlina |
| VIII | Bobrovník – Übergangsscholle |
| IX | Smrk-Scholle |
| X | Nordwestliche Scholle |
| XI | Zentralscholle |
| XII | Südwestliche Scholle |
| XIII | Übergangsscholle |
| 1 | Randbruch |
| 2 | Ramzová-Bruch |
| 3 | Koutý-Störung |
| 4 | Bělá-Bruch |
| 5 | Vernířovice-Bruch |
| 6 | Rapotín-Bruch |
| 7 | Temenice-Bruch |

Abbildung 1
Morphostrukturschema des Gebirges Hrubý Jeseník und der angrenzenden Gebirge

quartären Alters entwickelt. Im Südwesten ist die Zentralscholle durch die Brüche von Vernířovice und Klepáčov begrenzt. Im Nordwesten bildet die Störung von Kouty die Schollengrenze. Sie äußert sich geomorphologisch besonders im Sattel von Červenohorské sedlo und umfaßt ein System sehr tiefer Störungen, die zwei gravimetrisch und magnetisch unterschiedlich geartete Schollen trennen (ČUTA, MISAŘ und VÁLEK 1963). Die südöstliche Begrenzung ist ein Bruchhang, an dem die Scholle über das niedrigere Hochland des Gebirges Nizký Jeseník gehoben wurde (KREJČI 1951, S. 50).

Hinter dem Sattel Červenohorské sedlo liegt die *nordwestliche Scholle*, die mit dem Gipfel Keprník die Höhe von 1423 m NN erreicht. Sie ist durch ausgeprägte Bruchhänge begrenzt, die nach Nordosten hin zum Becken Jeseníká kotlina zwei Stufen bilden. Das erwähnte Becken besteht aus einem Gefüge kleinerer gesunkener Schollen in Höhen um 400 m NN. Es entstand an der Kreuzung des Randbruches und des Bruches des Flusses Bělá mit der Störung von Kouty.

Nordöstlich der Zentralscholle liegt hinter der Bruchlinie des Flusses Bělá eine Scholle, die mit dem Gipfel Medvědí vrch die Höhe von 1216 m NN erreicht. Diese Scholle weist Dimensionen von 19 km × 13 km auf und ist ebenfalls in Richtung NW-SE gestreckt. In der Umgebung der Stadt Zlaté Hory befindet sich eine gesunkene Scholle, die ein Becken im Übergang zum Senkungsfeld der Niederung Slezská nížina bildet.

Südwestlich der Zentralscholle liegt hinter der Bruchlinie von Klepáčov eine niedrigere Scholle, die mit dem Gipfel Kamenec die maximale Höhe von 952 m NN erreicht. Diese Scholle gehört bereits zum Vorgebirge des Hrubý Jeseník. Der Bruch von Klepáčov macht sich im Gelände durch einen ausgeprägten Bruchhang bemerkbar, mit dem der Haupt Rücken des Gebirges Hrubý Jeseník zur *Vorgebirgsscholle* abfällt. Die 12 km × 11 km große Südwestscholle des Kamenec erstreckt sich ebenfalls von NW nach SE. Im Südwesten begrenzen der Bruch von Rapotín und im Südosten die Dislokation des Flusses Oskava die Scholle. Im Nordwesten bildet die Störung von

Kouty die Schollengrenze. Auf die Wiederbelebung dieser Störung im Tertiär und Quartär deuten die Mineralquellen im Kurort Velké Losiny und die mächtigen Pliozän- und Quartärablagerungen im Becken Šumperská kotlina hin.

Nach Südwesten zu senkt sich das Gelände in kleineren Schollen weiter in Richtung des Grabens Hornomoravský úval und zur Depression Mohelnická brázda hin ab.

Auch das Gebirge Rychlebské hory weist eine Blockstruktur auf, wenngleich für die Erfassung der Bruchbegrenzung der Fußscholle des Hügellandes Žulovská pahorkatina wegen der überdeckenden jüngeren Ablagerungen der Niederung Slezská nížina nur geophysikalische Daten zur Verfügung stehen.

Die beschriebene und generell für die mitteleuropäischen Epiplattformgebirge kennzeichnende horstartige, den großräumigen Rahmen für die Mittelgebirgsentwicklung setzende Morphostruktur des Gebirges Hrubý Jeseník ist durch Bewegungen längs der Bruchlinien im Neogen und Quartär entstanden. Die Hauptursache waren die mit der alpinen Faltung im südlich und südöstlich angrenzenden Raum zusammenhängenden tektonischen Bewegungen. Nicht vollständig auszuschließen sind vorläufig jedoch auch passive Bewegungen infolge der Gravitationstektonik als Ergebnis der Hebung leichterer intrusiver Gesteine in den Kernen der Dome von Keprník und Desná.

3.

Klimamorphogenetische Analyse

Unter klimamorphogenetischer Analyse versteht man die Analyse der Oberflächenformen zum Zwecke der Bestimmung von Formen Gruppen, die durch bestimmte geomorphologische Prozeßkomplexe in den einzelnen klimamorphogenetischen Gebieten entstanden. Im Neogen und im Quartär vollzogen sich in Mitteleuropa Klimaänderungen, die die Veränderung der geomorphologischen Vorgänge und eine Aufprägung von Formen eines neuen klimamorphogenetischen Wirkungsfeldes auf die



Photo 1
Felsburg auf der Altiplanationsgipffläche des Hauptkammes

unter vorherigen klimamorphogenetischen Bedingungen entstandenen Formen verursachten. Auf diese Weise ist ein kompliziertes *polygenetisches Georelief mit Formen mehrerer Generationen entstanden*, in dem neben gegenwärtigen Formen auch fossile und begrabene Formen vorkommen.

In den höchstgelegenen Teilen der einzelnen Schollen treten im Bereich der Wasserscheiden bis zu $3 \dots 4^\circ$ geneigte Flächen unterschiedlichen Ausmaßes als charakteristische Formen auf. Verhältnismäßig ausgedehnte Flächen dieser Art sind z. B. auf Vysoká hole in Höhen um 1460 m, auf Mravenečník und Dlouhá stráž in Höhen zwischen 1340 und 1350 m, auf dem Gipfel des Keprník in der Höhe von 1423 m und anderenorts entwickelt. Die Flächen werden oft von *Felsburgen* überragt (Photo 1), die im Gebirge sehr häufig vorkommen. Stellenweise sind die Flächen stufenartig angeordnet und durch steilere, mit Steinblöcken bedeckte Abschnitte unterbrochen, die als *Frostkliffe und -stufen* entstanden sind (Photo 2).

Die größeren dieser generell als Schnittflächen ausgebildeten hochgelegenen Flachfor-

men im Gebirge, wie sie besonders auf der Vysoká hole, dem Máj, der Jelení hřbet und dem Orlík auftreten, wurden in der Vergangenheit als Reste einer paläogenen Rumpffläche gedeutet (z. B. noch J. KUNSKÝ 1968, 1973).

Diese paläogene Rumpffläche hat im Böhmisches Hochland an der Wende vom Paläogen zum Neogen eine regionale Verbreitung gehabt. Auf das Vorkommen einer solchen Rumpffläche mit geringer vertikaler Gliederung und einer mächtigen Verwitterungsdecke deuten Erkenntnisse aus den abgesunkenen Gebieten des Böhmisches Hochlandes hin. So blieb in der Depression Uničovská sníženina der Verwitterungsmantel der ursprünglichen paläogenen Verebnungsfläche unter pliozänen Ablagerungen erhalten. Auch in der Umgebung der Gemeinde Supíkovice blieben in den Marmoren von Šlask Ablagerungen des tropischen Kegelkarstes mit hohem Kaolinitgehalt erhalten. Ein kaolinischer, mehr als 100 m mächtiger Verwitterungsmantel tritt auch in der Umgebung der Stadt Vidnava am Rande des Hügellandes Žulovská pahorkatina zutage. Man kann die Vorkommen tropischer Verwitterungsprodukte auf der Verebnungsfläche in



Photo 2
Frostkliff

den Senkungsgebieten der Umgebung des Gebirges Hrubý Jeseník als Beweis dafür betrachten, daß auch in diesem Gebirge eine paläogene Verebnungsfläche (Peneplain) entwickelt war. Nach der Hebung des Gebirges kam es jedoch im Pliozän zur Abtragung der Verwitterungsprodukte von den Gebirgsflächen. Ein Beweis dafür sind die korrelativen pliozänen Ablagerungen mit hohem Kaolinitgehalt in den umliegenden Senkungsgebieten, besonders im Graben Hornomoravský úval. Gegenwärtig kommen auch auf den ausgedehnteren Flächen des Hrubý Jeseník kaolinische Verwitterungsprodukte nicht mehr vor, oder sie sind nur als kleine Reste („Wurzeln“) in Gesteinspalten zu finden. Deshalb kann man diese Flächen nicht mehr als Reste einer paläogenen

Peneplain betrachten, wie es z. B. von J. KUNSKÝ (1968, S. 378; 1973, S. 165) angenommen wird. Es handelt sich bestenfalls um eine entblößte basale Verwitterungsfläche einer alten Verebnungsfläche des Peneplaintyps, das heißt um eine *Etchplain* (CZUDEK und DEMEK 1970). In ähnliche Richtung weisen die von STEINMÜLLER (1962), RICHTER (1963), KUGLER und NEUMEISTER (1971) und WIEFEL (1965) mitgeteilten Befunde und Aussagen für vergleichbare Mittelgebirgsgebiete in der DDR.

Die Untersuchungen der letzten zwei Jahrzehnte haben gezeigt, daß die Mehrzahl der Flächen auf den Gipfeln und Wasserscheiden des Gebirges Hrubý Jeseník ihre entscheidende Gestaltung im Pleistozän in der periglazialen klimamorphogenetischen Zone erhalten

haben (CZUDEK und DEMEK 1961, CZUDEK 1964, DEMEK 1964, 1969). Sie sind hochliegende *Kryoplanationsterrassen* (Altiplanationsflächen), die einerseits im Wasserscheidenbereich in die Etchplain hineinmodelliert wurden und andererseits an Talgabelungen und -hängen entstanden sind. Kryoplanationsterrassen sind in Felsgesteine eingeschnittene, aus der Terrassenoberfläche und einer steileren Randstufe (Photo 2) bestehende Abtragungsformen. Sie entstanden durch die Wirkung kryogener Vorgänge unter periglazialen Faziesbedingungen. Solche ausgedehnten *Kryoplanationsterrassen* sind z. B. an den Petrovy kameny (1446 m, Photo 2), der Břidličná (1358 m), dem Pec (1311 m), auf dem Hauptkamm des Gebirges Hrubý Jeseník sowie auf dem Gipfel Žárový vrch (1094 m) und den benachbarten Gipfeln, auf dem Keprník (1423 m), der Červená hora bei Vřesová Studánka, auf dem Gipfel (Táborské Skály (950 m), dem Rücken Kazatelny bei der Gemeinde Rejvíz und an zahlreichen weiteren Stellen entwickelt. Besonders in der Umgebung der Felsburgen tritt der felsige Gesteinsuntergrund der Terrassen unmittelbar an die Oberfläche. Durch die Vereinigung beiderseits der Kammfirstlinien heraufgreifender Kryoplanationsterrassen entwickeln sich *Kryoplanationsgipfelflächen*, die sogar ein Ausmaß von einigen Hektar aufweisen. Oft erheben sich über ihnen *Felsburgen* als Zeugen der ursprünglichen, durch Kryoplanation zerstörten Oberfläche (Photo 1). Die Phänomenologie solcher periglaziärer Reliefformen der Mittelgebirge beschrieb NEEF (1955) für die höheren Bereiche des Harzes.

Auf den Kryoplanationsterrassen und den anliegenden Hängen sind subordinierte *kleine kryogene Formen* entwickelt. Als solche treten auf dem Hauptkamm des Gebirges Hrubý Jeseník *Steinringböden*, *Blockströme* und *Felsenmeere* auf. Auf den Kryoplanationsterrassen in der Umgebung der Petrovy kameny und des Pecný (1337 m) sind Steinringböden mit einem Durchmesser bis zu 6 m ausgebildet. Auf dem Gipfel Břidličná sind auf der Kryoplanationsterrasse *Streifenböden* zweierlei Art zu beobachten. Der eine Typ wird durch Streifenböden mit konvexen Steinstreifen, der zweite Typ durch Böden mit konkaven Steinstreifen dar-

gestellt. Ebenfalls auf dem Gipfel Břidličná sind in Quarziten ausgedehnte Felsenmeere entwickelt. Scharfkantige bis einige Meter große Blöcke bedecken auch die *Frostkliffe* oder *Froststufen* (Photo 2), welche die einzelnen Kryoplanationsterrassen trennen. Als weitere periglaziäre Kleinform treten auf der Kryoplanationsgipfelfläche des Keprník *Thufure* auf. Häufig auf den Hängen des Hrubý Jeseník sind *Nivationsnischen*. Als weitere im Hrubý Jeseník vorkommende kryogene Erscheinungen hat PETRÁNEK (1953) einen *Steingletscher* bei der Gemeinde Malá Morávka beschrieben.

Das pleistozäne Inlandeis war während der Elster- und der Saalekaltzeit in das nördliche Vorland des Gebirges Hrubý Jeseník und bis in einige Gebirgstäler, z. B. das Tal der Bělá bei der Gemeinde Jeseník und das Tal des Prudník bei der Gemeinde Zlaté Hory, eingedrungen (vgl. DEMEK 1976). Im Gebiet des Hügellandes Žulovská pahorkatina entstand durch die glazigene Umgestaltung hügelartiger Erhebungen auf der entblößten basalen tertiären Verwitterungsfläche im Granit (Ruware) eine typische *Rundhöckerlandschaft*. Die *Kegelkarstformen* in devonischen Marmoren erfuhren hingegen keine sichtbare Überformung durch das Inlandeis. Das als Velká kotlina bezeichnete Kar unter dem Gipfel Vysoká hole im Gebirge Hrubý Jeseník bezeugt die Existenz eines pleistozänen Kargletschers (vgl. PROSOVÁ 1973).

Die tektonische Hebung des Gebirges führte zum tiefen Einschneiden der Flußtäler, die zumeist strukturgemäß von Bruchlinien kontrolliert werden. Manche der Täler weisen einen amphitheaterartigen Talschluß auf (PROSOVÁ 1963).

Den intensiven kryogenen Abtragungsvorgängen in den oberen Talhangabschnitten entsprechen die korrelaten Ablagerungen am Hangfuß. In manchen Tälern, wie denen der Flüsse Bělá und Černá Opava, erreichen diese meist aus scharfkantigem Schutt bestehenden Hangablagerungen beträchtliche Mächtigkeiten. Die im tektonisch kontrollierten Tal des Kurortes Karlova Studánka durchgeführten Bohrungen haben gezeigt, daß hier diese Hangablagerungen Mächtigkeiten von mehr als 30 m erreichen (CZUDEK 1964, S. 177).

4.

Gegenwärtige geomorphologische Vorgänge im Gebirge Hrubý Jeseník

In der Anordnung der gegenwärtigen geomorphologischen Vorgänge im Gebirge Hrubý Jeseník ist eine *vertikale Zonalität* zu bemerken. In niedrigeren Lagen wirken Vorgänge der gemäßigten humiden Zone, die oft durch die Tätigkeit des Menschen beschleunigt werden. Zu ihnen gehört die beschleunigte Bodenabtragung auf Ackerflächen und an Waldwegen infolge Holztransports mit Traktoren. Oberhalb der oberen Waldgrenze, die heute ungefähr in 1350 m NN liegt, wirken kryogene Vorgänge. Auf dem Gipfel Břidličná (1358 m) werden seit 1965 Messungen aktueller Bewegungen der Quarzitblöcke an den zwischen 2° und 33° geneigten Hängen durchgeführt. Diese Messungen beweisen, daß an den Hängen Blockbewegungen mit einer Geschwindigkeit in Größenordnungen von $n \cdot 10^{-4} \dots n \cdot 10^{-3}$ m/a ablaufen. Die Ursache dieser Bewegungen ist einerseits in aktuellen kryogenen Vorgängen, wie Frostschiebung an Eiskanten und Ausfrieren und im Einfluß der Schneedecke und der Suffosion, und andererseits in Wildwechsel und Begehung der Hänge durch Touristen zu suchen.

5.

Geomorphologische Synthese des Gebirges Hrubý Jeseník

Der geomorphologische Gesamtcharakter des Gebirges ist das Ergebnis junger Schollenbewegungen in der neotektonischen Entwicklungsphase des Böhmisches Hochlandes, die dessen horstartige Morphostrukturalgestalteten. Dabei sind im Gebirge verschiedene, durch Bruchstufen begrenzte Schollen auch morphologisch zu unterscheiden. Innerhalb dieses großen morphostrukturalen Rahmens hat sich dann mit den Klimaänderungen im Neogen und Quartär ein polygenetisches Georelief entwickelt. Die exogenen Formen lassen sich in zwei Grundgruppen einteilen, und zwar in die

der Flächen und die der Flußtäler. Die Flächen an den Wasserscheiden wurden früher für Reste der paläogenen Verebnungsfläche gehalten, die nicht selten die Bezeichnung Penneplain erhielt.

Neue Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß ein Teil der Flächen einer Etchplain angehören, daß es sich bei ihnen größtenteils um quartäre, in Gegenwart des Permafrostes in den Kaltzeiten des Pleistozäns als Kryoplanationsterrassen und Kryoplanationsgipfflächen entstandene Verebnungsflächen handelt. Häufig sind kryogene Kleinformen, wie Nivationsnischen, Strukturböden und Thufure. Das pleistozäne Inlandeis erreichte in der Elster- und der Saalekaltzeit den Gebirgsfuß und drang in einige der Gebirgstäler ein, wobei die saalekaltzeitliche Vergletscherung offenbar eine größere Ausdehnung erreichte. Das Kar Velká kotlina bezeugt die Existenz eines kleinen Kargletschers. In der Gegenwart liegt die obere Waldgrenze ungefähr bei 1350 m NN, und die heutigen geomorphologischen Vorgänge weisen eine deutliche vertikale Zonalität auf.

Literatur

CZUDEK, T.:

Periglacial slope development in the area of the Bohemian Massif in Northern Moravia. — In: Biuletyn Peryglacjalny. — Łódź 14 (1964), S. 169...194.

CZUDEK, T., und J. DEMEK:

Význam pleistocenni kryoplanace na vývoj povrchových tvarů České vysočiny. — In: Anthropos, N.S. — Brno 14 (1961), S. 57...69. —: Pleistocene cryoplanation in the Česká vysočina Highlands. — In: Institute of British Geographers, Transactions. — London 52 (1970), S. 95...112.

ČUTA, J., Z. MÍŠAŘ und R. VÁLEK:

Interpretace tihového pole severovýchodního okraje Českého masivu. — In: Sborník geologických věd, řada UG. — Praha 3 (1963), S. 157...180.

DEMEK, J.:

Castle coppies and tors on the Bohemian Highlands/Czechoslovakia. — In: Biuletyn Peryglacjalny. — Łódź 14 (1964), S. 192...216.

- DEMEK, J.:
Cryoplanation terraces, their geographical distribution, genesis and development. — In: Rozpravy ČSAV, řada MPV. — Praha 79 (1969), 4, S. 1...80.
- : Die gleichzeitigen geomorphologischen Prozesse im Hohen Gesenke. — In: Campanula. — Ostrava 4 (1973), S. 103...108.
- : Pleistocene continental glaciation and its effect on the relief of the northeastern part of the Bohemian Highlands. — In: Studia Societatis Scientiarum Torunensis Polonia, VIII, Section C. — Toruń 4...6 (1976), S. 63...74.
- GELLERT, J. F.:
Neue morphogenetische Untersuchungen und Probleme in den sächsisch-thüringischen Rumpfgebirgen und in ihrem Vorland zwischen Elbe und Pleiße. — In: Forschungen und Fortschritte. — Berlin 39 (1965), S. 70...76.
- KREJČI, J.:
Nové poznatky o geomorfologii Moravy a Slezska. — In: Sbornik Československé geografické společnosti. — Praha 56 (1951), S. 45...55.
- KUGLER, H., und H. NEUMEISTER:
Zur Charakteristik und Reliefentwicklung einiger Mittelgebirge in der DDR. — In: Peterm. Geogr. Mitt. — Gotha/Leipzig 115 (1971), 3, S. 161...171.
- KUNSKÝ, J.:
Fyzický zeměpis Československa. — Praha, 1968.
- : Československo — fyzicky zeměpisně. — Praha, 1973.
- MÜCKE, E.:
Zur Großformung der Hochfläche des östlichen Harzes. — In: Hercynia, N. F. — Leipzig 3 (1966), 3, S. 221...244.
- NEEF, E.:
Zur Genese des Formenbildes der Rumpfgebirge. — In: Peterm. Geogr. Mitt. — Gotha 99 (1955), 3, S. 183...192.
- PETRÁNEK, J.:
Skalni ledovec u Malé Morávky v Hrubém Jeseníku. — Přírodovědný sborník Ostravského Kraje. — Opava 14 (1953), 1, S. 1...16.
- POUBA, Z., und Z. MISAŘ:
O vlivu příčných zlomů na geologickou stavbu Hrubého Jeseníku. — In: Časopis pro mineralogii a geologii. — Praha VI (1961), 3, S. 316...324.
- PROSOVÁ, M.:
Periglacial Modelling of the Sudetes. — In: Sbornik geologických věd Anthropozoicum I. — Praha (1963), S. 51...62.
- PROSOVÁ, M.:
Glaciation of the Hrubý Jeseník Mts. — In: Campanula. — Ostrava 4 (1973), S. 115...123.
- RICHTER, H.:
Beiträge zur morphologischen Untersuchung des mittleren Erzgebirges. — In: Wiss. Zeitschr. Univ. Leipzig, Math.-Nat. R. — Leipzig 5 (1955/56), 5, S. 543...559.
- : Das Vorland des Erzgebirges. Die Landformung während des Tertiärs. — Wiss. Veröff. Dtsch. Inst. Länderkunde, N. F. — Leipzig 19/20 (1963), S. 5...231.
- STEINMÜLLER, A.:
Fossile Karst- und Verwitterungserscheinungen im Unterharz. — In: Zeitschr. Geomorphologie, N. F. — Berlin [West] 6 (1962), 1, S. 70...92.
- SVOBODA, J., u. a.:
Regional Geology of Czechoslovakia, vol. 1, part 1. — Praha, 1964.
- WIEFEL, H.:
Jungtertiäre Bodenrelikte und Zersatzbildungen im ostthüringisch-vogtländischen Schiefergebirge. — In: Ber. Geol. Ges. DDR. — Berlin 10 (1965), S. 611...628.

Besprechungen

BROSCHÉ, F., und J. SÜNDERMANN (Hrsg.)

Tidal friction and the Earth's rotation II.

Proceedings of a workshop held at the Centre for Interdisciplinary Research (ZiF) of the University of Bielefeld, September 28 – October 3, 1981.

XV, 345 Seiten, 112 Abbildungen.

Springer-Verlag: Berlin [West]; Heidelberg; New York, 1982.

Der Band mit den Vorträgen des 2. Kolloquiums zu Erdzeiten und Erdrotation folgte nach vier Jahren dem ersten Band von Veröffentlichungen eines Kolloquiums des Zentrums für interdisziplinäre Forschungen zu diesem Thema. Das Buch enthält 18 Beiträge sehr verschiedener Wissenschaftsdisziplinen zum Sachgegenstand. Fünf Artikel beschäftigen sich spezieller mit den Auswirkungen von Erdzeiten und Erdrotation auf die geologische Entwicklung unseres Planeten:

KROHN, J. und J. SÜNDERMANN: Paleotides before the Permian;

RIEDE, J.: Paleogeography and paleobathymetry: quantitative reconstruction of ocean basins;

ZIEGLER, A. M. u. a.: Mesozoic and Cenozoic paleographic maps;

WÄNKE, R. und G. Dreibus: Chemical and isotopic evidence for the early history of the Earth-Moon system;

PIPER, J. D. A.: Movements of the continental crust and Lithosphere-Asthenosphere systems in Precambrian times.

P. BROSCHÉ hob in seinen Schlußbemerkungen einige Ergebnisse des Kolloquiums besonders hervor, die sich auch in den Veröffentlichungen erkennen lassen: die quantitativen Fortschritte in den klassischen und nichtklassischen Meßmethoden des Drehmomentwechsels im Erde-Mond-System; die Bestimmung des meteorologischen Einflusses auf die Erdrotation; der erneute Nachweis der dominierenden Bedeutung des Vergleichs Ozeane – feste Erdkruste für die theoretische Interpretation des Gezeitenreibungsprozesses. Computermodelle der ozeanischen Gezeiten können ein realistisches Bild des Drehmomentes zwischen den Ozeanen und dem Mond vermitteln. Die Altozeane konnten in die Untersuchungen einbezogen werden, wenn auch ZIEGLER, SCOTESE und BARRETT betonen, daß die von ihnen entwickelten paläogeographischen Karten noch nicht genau genug sind, um die fossilen Gezei-

tenrhythmen exakt abzuleiten. Die Untersuchungen von PIPER über die präkambrische Verteilung von Ozeanen und Kontinenten auf Grund paläomagnetischer Daten geben einen detaillierten Überblick zum gegenwärtigen Kenntnisstand. Sie sind aber auch eine Voraussetzung für den weiteren Kenntnisgewinn über die frühen Stadien des Erde-Mond-Systems. Die Darstellung der Beziehungen zwischen dem erdmagnetischen Feld, der Erdrotation und den Paläogezeiten ist auch für das Verständnis der gegenwärtigen irdischen Verhältnisse von Bedeutung. Der chemische Vergleich von Erde, Mond und Meteoriten liefert Ansätze für das Verständnis der frühen Stadien unseres Planeten und seiner Satelliten.

Das Buch kann als ein Beispiel für die Anforderungen gelten, die den Geowissenschaften aus modernen Meßmethoden und theoretischen Modellierungen erwachsen und denen sich die klassischen Disziplinen der Geologie in immer breiterem Maße zu stellen haben.

M. SCHWAB

Zusammenfassung

Immer eindringlicher wird von der landwirtschaftlichen Praxis die Frage nach der quantitativen Bestimmbarkeit der Bodenerosion auf verschiedenen Standorten gestellt. Dabei werden sowohl räumliche und zeitliche Abtragungsbilanzen als auch Aussagen über zu erwartende Umlagerungsintensitäten bei bestimmten Niederschlagsereignissen gefordert. Auf Hanglagen im südöstlichen Harzvorland wurde während eines ca. eineinhalbjährigen Meßzeitraumes mittels Sedimentfallen durch bodenerosive Abspülung umgelagertes Material erfaßt. Die Meßergebnisse wurden mathematisch-statistisch überprüft und ausgewertet und unter Einbeziehung themenrelevanter Standortparameter flächenbezogen extrapoliert.

Summary

Logging methodology dealing with, and extent of, soil erosion on slopes in the south-east Harz piedmont, Querfurt region

More and more urgently agricultural practice poses the question about the quantitative ascertainability of soil erosion at various locations. The request is for both spatial and temporal erosion balances and propositions on redeposition intensities to be expected with certain rainfall events. Material redeposited by soil erosion has been logged by sediment traps on slopes in the south-east Harz piedmont over a measuring period lasting for about one and a half years. The measured results were mathematic-statistically checked and evaluated, and extrapolated in relation to area, with incorporation of subject-relevant site parameters.

Резюме

Методика учёта и размер почвенной эрозии на склонах юго-восточного предгорья Гарца (район Кверфурт)

Сельскохозяйственные предприятия всё настоятельнее ставят вопрос о количественной определённости почвенной эрозии на различных местоположениях. При этом требуются как пространственные и временные балансы смыва, так и высказывания об ожидаемых интенсивностях переотложения в определённых ситуациях выпадения осадков. В течение полуторагодичного пе-

Erfassungsmethodik und Ausmaß bodenerosiver Abspülungen auf Hanglagen im südöstlichen Harzvorland – Raum Querfurt

Mit 6 Abbildungen und 9 Tabellen im Text

Autor:

Dr. HILMAR SCHRÖDER
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Sektion Geographie
Wissenschaftsbereich
Physische Geographie
4020 Halle (Saale)
Domstraße 5

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 81...92
VEB H. Haack Gotha 1985

риода измерений на склонах юго-восточного предгорья Гарца посредством ловушек для отложений регистрировался переотложенный эрозией почвы материал. Результаты измерений подвергались математико-статистической проверке и оценке и экстраполировались на другие площади, включая важные для темы параметры местоположения.

1. Einleitung

Die Erkenntnis, daß unter mitteleuropäischen Klimabedingungen bodenerosive Abspülungen auf landwirtschaftlichen Nutzflächen zu beträchtlichen Substrat- und Nährstoffverlusten führen (SCHULTZE 1952, FLEGEL 1958, RICHTER 1965, RICHTER und SPERLING 1976), verlangt eine verstärkte Auseinandersetzung mit dieser Problematik unter der Zielstellung, die Umlagerungsprozesse sowohl qualitativ kartierend als auch quantitativ messend zu erfassen. Räumliche und zeitliche Materialumlagerungsbilanzen nach Meßdaten können zugleich zur Eichung terrestrischer und luftbildinterpretatorischer Extrapolationen bei der Bestimmung von Abtragungsraten in Einzugsgebieten unterschiedlicher Größenordnung herangezogen werden. Bis Ende der 70er Jahre lag, außer den Kartierungsergebnissen von THOMAS (1979), derartiges Datenmaterial für lößbeeinflusste und lößbestimmte Standorte im östlichen Harzvorland nicht vor. Vom Herbst 1979 bis zum Frühjahr 1981 wurde an der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität Halle ein Meßprogramm zur Erfassung bodenerosiver Abspülungen im Raum Querfurt durchgeführt. Das Datenmaterial liegt bei SCHRÖDER (1982) aufgearbeitet vor. Als meßmethodisch interessant erwiesen sich die räumlichen Bezugseinheiten „Hangsegment“ und

Tabelle 1
Räumliche und zeitliche Bezugseinheiten bodenerosiver Abspülungen im Einzugsgebiet der Weida (Pegel Stedten)

Räumliche Bezugseinheit	Flächengröße (m ²)	Falllinienlänge (m)
Oberflächenrauheit	10 ⁻⁴ ...10 ⁻¹	10 ⁻² ... 1
Hangsegment	10 ⁻¹ ...10 ³	1... ≈ 3 · 10 ¹
Hang	10 ³ ...10 ⁵	3 · 10 ¹ ... ≈ 3 · 10 ²
Einzugsgebiet unterer Ordnung	10 ⁵ ...2 · 10 ⁸	3 · 10 ² ... 5 · 10 ³
Gesamteinzugsgebiet	1,73 · 10 ⁷	–
Zeitliche Bezugseinheit		Dauer
Einzelereignis		Sekunden
Ereignisfolge – Saison (rezente Prozesse)		0,5...2 a
Langzeitwirkungen (historische Prozesse)		10 ¹ ...10 ⁴ a
Landschaftsgenese		bis 10 ⁷ a

„Hang“ sowie die zeitlichen Bezugseinheiten „Einzelereignis“ und „Ereignisfolge“ (Tabelle 1). Wesentliche Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen im folgenden vorgestellt werden.

2. Kurzkennzeichnung des Arbeitsgebietes

Im Querfurter Raum ist das Prätertiär durch Sedimentgesteine der Unteren und Mittleren Trias vertreten, die auf stärker geneigten Flächen und im Ziegelrodaer Forst mit ihren Verwitterungsprodukten oberflächlich anstehen. Tertiäre und präweichselglaziale Sedimente sind als bodenbildende Substrate nur von lokaler Bedeutung. Die gesamte Querfurter Platte und deren westliche Ränder werden von einer durchschnittlich 2 m mächtigen Lößdecke überzogen. Morphologisch entstand durch selektive Abtragung eine Schichtstufenlandschaft, die durch flache Stufenrückhänge gekennzeichnet ist.

Wegen der geringen Niederschläge (um 500 mm im langjährigen Mittel) bildeten sich im Ostteil Schwarzerde-Bodenformengesell-Parabraunerde-Fahlerde-Bodenformengesellschaften übergehen. Vorwiegend unter forstwirtschaftlicher Nutzung befinden sich die Staugley - Braunstaugley - Bodenformengesellschaften.

Abbildung 1
Lagebeziehungen der Meßeinrichtungen und Testhänge

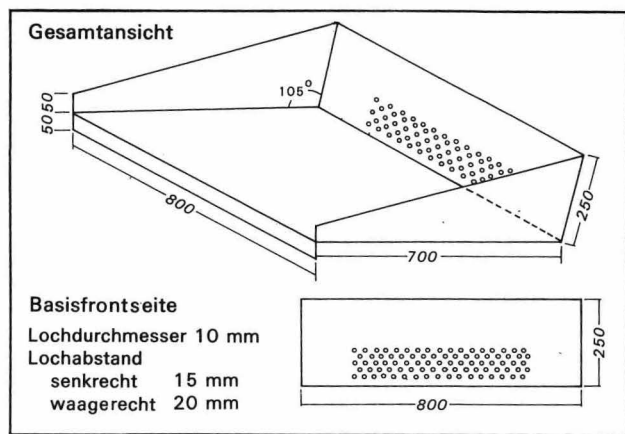
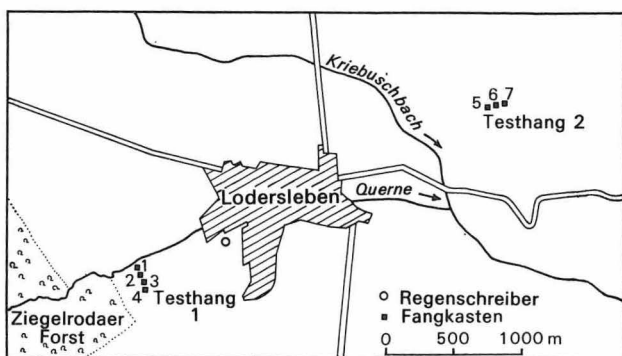


Abbildung 2
Materialfangkasten

3. Methodik

3.1.

Niederschlagserfassung

Es kam ein im Meteorologischen Dienst der DDR üblicher Regenschreiber zum Einsatz, der Aussagen über Niederschlagsereignisse bis zur Untergrenze von 5 min und 0,1 mm zulässt. Er wurde am Hochflächenrand südwestlich der Ortschaft Lodersleben in geeigneter Lage zu anderen Geräten der Bodenabtragsmessung (Abbildung 1) bei 2° Hangneigung in nordwestlicher Exposition und unter Beachtung der Positionsnormen des Meteorologischen Dienstes installiert. Der Regenschreiber kam während des Zeitraumes mit geringer Frostgefährdung (Anfang April bis Ende Oktober) zum Einsatz. Zur Absicherung der Werte wurde zusätzlich ein Hellmannscher Regensmesser in wenigen Metern Entfernung betrieben. Während der Wintermonate war es aus methodischen Gründen nur möglich, die Niederschlagsmengen innerhalb von 24 Stunden summarisch zu erfassen.

3.2.

Substraterfassung mittels Fangkästen

Die verwendeten Fangkästen wurden entsprechend den Angaben in Abbildung 2 kon-

Fangkasten Nr.	Textur							Substrattyp nach LIEBEROTH 1971
	GS 2,0 bis 0,6	MS bis 0,2	FS bis 0,06	GU bis 0,002	MU bis 0,006	FU bis 0,002	T <0,002	
1	1	20	21	24	9	11	14	sandiger Lehm sL
2	1	11	26	25	17	8	12	sandiger Lehm sL
3	1	7	10	39	23	8	12	lehmiger Schluff IZ
4	0	2	8	53	20	6	11	sandiger Lehm sL
5	1	2	2	13	11	14	57	Ton T
6	1	4	4	21	18	10	42	schluffiger Ton zT
7	4	6	11	20	13	7	39	lehmiger Ton IT
Hochfläche Testfläche 1	0	0	7	56	21	4	12	sandiger Lehm sL
Hochfläche Testfläche 2	6	2	4	17	10	17	44	schluffiger Ton zT

Tabelle 2

Bodenphysikalische und bodenchemische Kennziffern des Ap-Horizontes im engeren Einzugsgebiet des jeweiligen Fangkastens

struiert. Die Vor- und Nachteile der angewandten Methodik sind ausführlich von SCHMIDT (1979), SEILER (1980a) und LESER, SCHMIDT und SEILER (1981) diskutiert worden. Sie ermöglicht bei hinreichender Genauigkeit eine rationelle Datenerfassung. Die Aufstellung der Fangkästen erfolgte in der Hangfalllinie und gegeneinander versetzt im Abstand von 35 m. Die Bodenbearbeitung auf den ackerbaulich genutzten Schlägen geschah während des Meßzeitraumes ausnahmslos in Gefällerrichtung. Daraus ergibt sich, daß die seitliche Begrenzung des konkreten Einzugsgebietes mit den Endpunkten der Erosionskante am Fangkasten übereinstimmt. In Richtung der Hangfalllinie wurde das Einzugsgebiet nicht begrenzt, da die Materialzufuhr in die Fangkästen über endlich kleine Flächen nicht als gleichverteilt angenommen werden kann. Die somit gesetzten Bedingungen entsprachen am besten den realen Abtragsbedingungen auf den Schlägen des Arbeitsgebietes.

Um Unterspülungen zu vermeiden, mußten die Fangkästen etwas unterhalb der Bodenoberfläche angesetzt werden. Mit der angewandten Methodik ist es schwierig, zwischen Verspülungen und flächenhaft-denudativer

Abtragung zu unterscheiden. Höchstwahrscheinlich ist ein großer Teil der Ergebnisse, die weniger als 100 g/Fangkasten brachten, den Verspülungen zuzurechnen und somit als Vorstufe bodenerosiver Abspülungen anzusprechen. Da eine qualitative Prozeßtrennung nur durch direkte Beobachtung erfolgen könnte und dies nur in einem Fall möglich war, wurde das gesamte Material, welches über die Erosionskante gelangte, als Erosionsmaterial angesprochen und einheitlich behandelt. Mögliche andere mitwirkende Transportformen sind neben der Verspülung z. B. die Winderosion, die Spritz- und Planschwirkung und Materialverschleppung durch Tiere. Ein weiteres Problem bei der Berechnung von Abtragsbilanzen stellt der linear-konzentrische Abtrag dar. Auf eine derartige Prozeßform zurückgehende Erosionsspuren endeten nur bei insgesamt 4 Ereignissen an der Erosionskante (am 4. 2. 1980 FK 1 und 2, am 11. 6. 1980 FK 3 und 4, am 19. 12. 1980 FK 1 und am 27. 3. 1981 FK 4; FK = Fangkasten). Die dabei akkumulierten Materialmengen betrug ausnahmslos mehr als 1 000 g. In welchen Mengen bei späteren Erosionsereignissen das Abspülmaterial über die vorgezeichneten Bahnen transportiert

Chemische Kennziffern				
pH	P mg/100 g	K mg/100 g	CaCO ₃ %	Humus %
6,6	2,6	17	0,3	0,51
6,5	3,2	20	0,2	0,98
6,0	1,5	14	0,6	1,65
6,7	4,1	13	0,4	1,78
7,0	2,7	8	29,9	1,55
6,9	3,3	10	37,5	1,36
6,9	2,8	10	28,9	1,81
6,7	11,0	28	0,1	2,27
7,0	3,6	8	31,4	1,85

wurde, läßt sich mit den angewandten Methoden nicht ermitteln. Daß dies jedoch der Fall sein muß, konnte an der sich ständig ändernden Form der Erosionsspuren erkannt werden.

Das Ausmaß bodenerosiver Abspülungen ist wesentlich vom Kompensationsvermögen des Bodens (HERZ 1980), insbesondere vom geophysikalischen und geochemischen Zustand der Ackerkrume (Ap) abhängig. Die für das Ziel der Untersuchungen wichtigen Kennziffern sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Vergesellschaftung der Bodenformen ist durch einen catenalen Gefügestil gekennzeichnet (Abbildung 3).

3.3.

Laboranalysen und allgemein-statistische Methoden

Das in den Fangkästen akkumulierte Material wurde abgeseiht und das Gewicht der Trockensubstanz (105 °C) bestimmt. Soweit es die Menge des Akkumulationsmaterials zuließ, wurden Texturanalysen nach TGL 31 222/02 durchgeführt. Die Abtragsmengen wurden mit den einzelnen Niederschlagsparametern korre-

liert. Anschließend erfolgte die Ermittlung der Regressionsfunktion für die den strengsten Kausalzusammenhang aufweisenden Beziehungen. Daraus erfolgte die Berechnung von zu erwartenden Umlagerungsraten bei Niederschlagsmengen, die während des Meßzeitraums nicht auftraten.

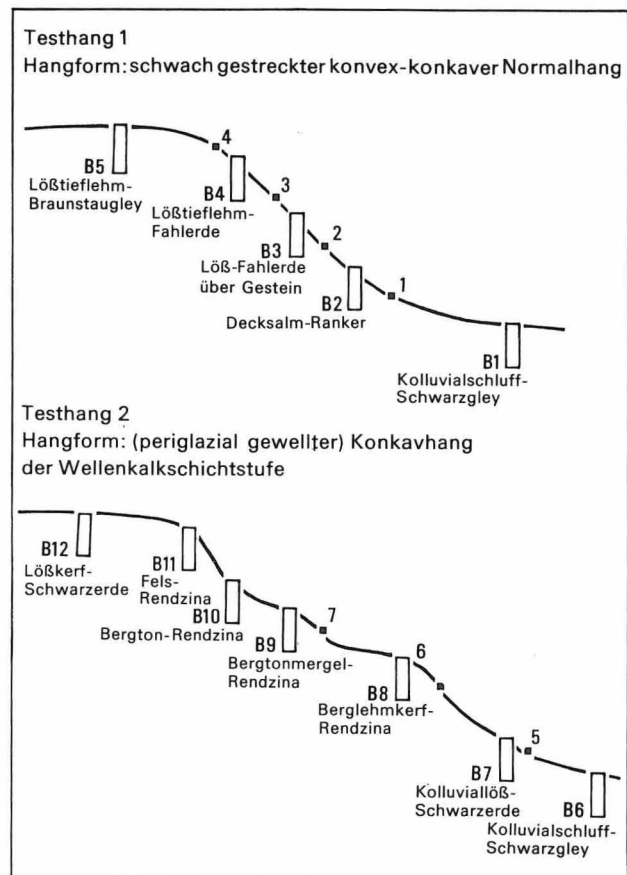
4.

Der Witterungsablauf während des Meßzeitraums

Die Messungen begannen in der letzten Septemberdekade 1979 und liefen bis zur ersten Aprildekade 1981. Der Meßabstand betrug sieben Tage.

Das langjährige Mittel (1901...50) für die Jahresniederschlagssummen beträgt für den Querfurter Raum zwischen 480 und 540 mm

Abbildung 3
Hangposition der Fangkästen und der Bodenprofile



	Winter 1979/80	Sommer 1980 (bis Ernte)	Winter 1980/81
Testhang 1 Fangkasten 1...4	Winter- weizen	Winter- weizen	Winter- gerste
Testhang 2 Fangkasten 5...7	Winter- brache	Luzerne	Luzerne

Tabelle 3
Nutzung der Testhänge

(Station Querfurt 489 mm/a, Station Gatterstädt 539 mm/a). Das Jahr 1980 brachte am Regenschreiber Lodersleben 522 mm Niederschlag und liegt damit im langjährigen Mittel. Ungewöhnlich war die Niederschlagsverteilung. So fielen im April 1980 fast 90 mm und in der zweiten Junihälfte und ersten Julihälfte 110 mm Niederschlag. Ähnlich hoch war die Monatsniederschlagssumme mit 95 mm im März 1981. In diesen kurzen Zeiträumen sind zwei Drittel aller Abtragsereignisse registriert worden.

Im Winter 1979/80 fand eine, 1980/81 hingegen fanden insgesamt fünf Schneeschmelzen statt. Verursachen zyklonale Wetterlagen die Schneeschmelze, so ist im südöstlichen Harzvorland unter niederschlagsfreien bzw. -armen Bedingungen ab ca. 15 cm Schneehöhe mit Erosion zu rechnen. Bei beträchtlichen Niederschlägen (Januar 1980 bzw. März 1981) kann eine Schneedeckenmächtigkeit von 5 cm ausreichend sein. Findet hingegen eine Schneeschmelze bei Hochdruckwetterlagen statt, so tritt auf Grund der verbreiteten Nachtfroste und der hohen Verdunstung kaum bodenerosive Abspülung auf.

5. Der Einfluß der Wirtschaftsweise

Nach RICHTER (1974) wirkt die Wirtschaftsweise des Menschen durch Flurgliederung, Bodenbearbeitung, Feldfrucht/Fruchtfolge, Bewachungsgrad, Durchwurzelungsgrad und

Schutzmaßnahmen bestimmend auf die Bodenumlagerungsprozesse ein. Die Meßflächen waren während des gesamten Zeitraums unter Ackernutzung. Eine Übersicht über die Nutzung (Feldfrucht/Fruchtfolge) und den Bewachungsgrad geben die Tabellen 3 und 4. Die maschinelle Bearbeitung der Ackerflächen erfolgte entsprechend den Neigungsverhältnissen hangabwärts. Flurgliederung und Schutzmaßnahmen bedingen einander weitestgehend. Eine dem Relief angepaßte Flurgliederung kann eine direkte Schutzmaßnahme sein (MAIER und SCHWERTMANN 1981, HURNI 1980). So führt z. B. eine Terrassierung sowohl zur Verminderung der Neigung als auch zu verkürzten Hanglängen, wobei als Folgeerscheinung oft eine isohypsenparallele Bodenbearbeitung einsetzt.

6. Das Niederschlags-Abtragungs- Verhältnis

Einen Überblick über die straffen Kausalbeziehungen zwischen den einzelnen Niederschlagsparametern und der in den Fangkästen akkumulierten Materialmenge veranschaulicht Tabelle 5.

Den strengsten Kausalzusammenhang mit dem Material in den Fangkästen weist die *Niederschlagsmenge des erosionsauslösenden Ereignisses* auf. 15 mm Niederschlag waren auf feinsandig-schluffigem Material immer erosionsauslösend (FK 1...4). Auf den skelettreichen Tonstandorten trifft dies nur in fünf von insgesamt sieben Fällen zu. Keine Erosion erfolgte bei 21,6 mm Niederschlag am 8. 11. 1979, wobei die Ursache dafür sicherlich darin zu sehen ist, daß einige Tage vor dem Ereignis die Ackerfläche gepflügt worden war. Am 13. 10. 1980 gab es ein zweites Ereignis ohne Erosionsauslösung bei mehr als 15 mm Niederschlag. Es wurden 19,5 mm registriert, die nach einer Periode mit höherem Niederschlagsdefizit (in 3½ Wochen nur 25 mm) fielen. Niederschlagsmengen zwischen 10 und 15 mm sind an den FK 1...4 zu 60% und an den FK 5...7 zu 40% erosionsauslösend gewesen.

Fangkasten	Herbst 1979	Winter 1979/80	Frühjahr 1980	Sommer 1980 (bis Ernte)	Herbst 1980	Winter 1980/81
1	0...20	20...30	30...40	40	0...20	20...30
2	0...20	20...30	30...40	40	0...20	20...30
3	0...25	25...40	40...50	50	0...30	30...40
4	0...40	40...50	50...60	60	0...30	30...50
5	0	0	20...30	30...60	60	60
6	0	0	25...40	40...70	70	70
7	0	0	10...15	15...30	30	30

Tabelle 4

Bewachungsgrade (prozentualer Anteil der mit Feldfrüchten und Ackerunkräutern bewachsenen Fläche am Fangkasten-Einzugsgebiet) der unmittelbaren Einzugsgebiete der Fangkästen (%)

Die vergleichbaren Zahlen verringern sich bei Niederschlagsmengen von 5...10 mm auf 30% bzw. 15%. Bei Niederschlagsmengen unter 5 mm während eines Erosionsereignisses konnten in keinem Fall Akkumulationen gemessen werden. Der geringste erosionsauslösende Niederschlag fiel am 2. 7. 1980 mit 5,1 mm auf einen stark labilisierten Oberboden.

Von entscheidender Bedeutung für die bodenerosive Abspülung ist neben der Niederschlagsmenge der konkrete Ablauf des Ereignisses (RICHTER 1965), der sich in der *Niederschlagsintensität* (Menge pro Zeiteinheit) widerspiegelt. Dabei gilt der grundlegende Zusammenhang, daß die Stärke des Gradienten bzw. die Steilheit des Kurvenanstiegs die Auslösewahrscheinlichkeit repräsentieren. Gradienten von 2,8 mm in 10 min, 3,7 mm in 30 min, 4,7 mm in 60 min bzw. 5,7 mm in 120 min waren während des gesamten Meßzeitraumes erosionsauslösend.

Am problematischsten ist der Einfluß der *Niederschlagsdauer* auf Umlagerungen am Hang. Die Korrelationskoeffizienten (Tabelle 5) sind dementsprechend gering und der Zusammenhang ist statistisch nur noch gering signifikant. Das wird ganz deutlich bei Gegenüberstellung der während des Meßzeitraums auftretenden Extremwerte. So war am 12. 8. 1980 ein Niederschlagsereignis von 15 min Dauer und 8,4 mm Regenmenge erosionsauslösend, wogegen am 5. 11. 1979 nach insgesamt 960 min bei 13,1 mm Niederschlag keinerlei Materialumlagerungen gemessen wurden.

Einige Grundtendenzen zeichnen sich ab. Von den insgesamt zwölf Ereignissen, die länger als 600 min dauerten, waren sieben erosionsauslösend. Bei einer Dauer von 300...600 min liegt die Auslösewahrscheinlichkeit, differenziert nach den jeweiligen Fangkästen, zwischen 21,4 und 42,9 %, bei weniger als 300 min zwischen 20 und 36 %.

Tabelle 5

Korrelationskoeffizienten einzelner Niederschlagsparameter mit den Akkumulationsmaterialmengen in den Kästen (n Anzahl der durchgeführten Messungen)

Fangkasten	Niederschlagswochensumme über gesamte Zeit n = 72	Niederschlagsmenge des auslösenden Ereignisses n = 72	Niederschlagsdauer n = 38	durchschnittliche Niederschlagsintensität n = 38	maximale Niederschlagsmenge in			
					10 min n = 38	30 min n = 38	60 min n = 38	120 min n = 38
1	0,67	0,72	0,41	0,12	0,35	0,48	0,54	0,59
2	0,69	0,75	0,40	0,12	0,38	0,53	0,58	0,62
3	0,69	0,73	0,36	0,04	0,36	0,54	0,60	0,64
4	0,57	0,72	0,30	0,05	0,39	0,57	0,62	0,64
5	0,57	0,49	0,23	0,03	0,29	0,43	0,50	0,52
6	0,57	0,46	0,24	0,03	0,23	0,38	0,42	0,45
7	0,54	0,54	0,28	0,01	0,28	0,42	0,46	0,57

7. Das Akkumulationsmaterial in den Fangkästen

7.1. Die Materialmengen

Während auf den skelettreichen tonigen Standorten rund 60% der Abtragsereignisse registriert wurden, die auch auf den feinsandig-schluffigen Substraten auftraten, zeigt die Tabelle 6 bei den Materialmengen eine wesentlich stärkere Differenzierung.

Auf der Testfläche 1 gehen die Materialmengen von FK 1 nach FK 3 zurück, erst am FK 4 erfolgt wieder eine deutliche Steigerung. Der Rückgang der Materialmengen korreliert mit der Verminderung der Hangneigung, die am FK 4 durch Substratänderung kompensiert wird. Man kann am Hochflächenrand mit stärkeren Materialumlagerungen rechnen als am eigentlichen Hang. Nachdem der Löß weitestgehend erodiert ist, geht auch die Materialumlagerung zurück und die Neignungsverhältnisse treten bei geringer Substratdifferenzierung in den Vordergrund. Auf der Testfläche 2 geht die Erosion ohne nachweisbare Differenzierung vonstatten.

7.2. Texturelle Materialdifferenzierungen

Bei der Anwendung der Fangkastenmethode wird der eigentliche Erosionsprozeß am Hang unterbrochen. Die Folge davon ist, daß das in den Kästen akkumulierte Material nur einen geringen Sortierungsgrad aufweist, der wesentlich unter den von JUNG (1962) oder SEILER (1980b) bei natürlichen Akkumulationskörpern ermittelten Sortierungsgraden liegt. Einige Tendenzen seien angedeutet. Gegenüber dem Ausgangsmaterial zeigt sich in FK 1...4 eine deutliche Zunahme in der Feinsandfraktion und eine etwas geringere Zunahme in der Grobschlufffraktion. Ein Rückgang ist dagegen bei der Mittelsandfraktion

Fangkasten	Akkumulationsmaterialmenge (g)	Materialmenge je Ereignis (g)
1	10 335	413
2	8 198	356
3	5 992	285
4	9 171	486
5	1 196	80
6	1 180	84
7	1 494	100

Tabelle 6
Akkumulationsmaterialmengen während des Meßzeitraumes

(großes Eigengewicht) und der Tonfraktion (starke Bindekräfte) zu verzeichnen. Der Schwankungsbereich innerhalb einer Fraktion kann bis zu 25% betragen. Das Maximum liegt bei FK 1 und 2 im Feinsand- und Grobschluffbereich, bei FK 3 und 4 dagegen nur noch im Grobschluffbereich. Die geringsten Schwankungen sind im Mittel- und Feinschluffbereich (etwa 10%) festzustellen.

Bei Akkumulationsmengen über 500 g übersteigt die Tonfraktion in FK 1 und 2 nur noch selten 10%. Dagegen erhöht sich die Mittelsandfraktion. Letzteres trifft bei FK 3 und 4 auch auf die Feinsandfraktion zu. Der Grobschluffbereich weist keinerlei korrelates Verhalten auf. Bei FK 5...7 waren die Materialdifferenzierungen sehr gering. Dies deutet auf eine insgesamt hohe Aggregatstabilität (Kohäsionskräfte der Tonfraktion) hin. Die Schwankungsbreiten liegen in der Tonfraktion unter 15% und in der Schlufffraktion unter 10%. Neben dem Grad der Aggregatzerstörung (WERNER 1968, 1969) geben Sortierungsgrad und

Tabelle 7
Curvilineare Korrelations- und Regressionsrechnung:
Niederschlagsereignismenge – Kastenmenge.
Erläuterung der Symbole im Text

Fangkasten	1	2	3	4	5	6	7
n	72	72	72	72	72	72	72
\bar{x}_1	6,56	6,56	6,56	6,56	6,56	6,56	6,56
\bar{x}_2	3,32	3,24	3,13	3,26	2,65	2,63	2,65
s_1	5,77	5,77	5,77	5,77	5,77	5,77	5,77
s_2	1,63	1,55	1,42	1,74	0,80	0,80	0,85
$r_{1/2}$	0,72	0,75	0,73	0,72	0,49	0,46	0,54
B	0,52	0,56	0,54	0,52	0,24	0,21	0,29
b	0,20	0,20	0,18	0,19	0,06	0,05	0,07
a	1,98	1,91	1,90	1,89	2,21	2,21	2,22

Schwankungsbreite in den einzelnen Fraktionen wichtige Anhaltspunkte für die Prozeßintensität. Je stärker das Material sortiert wird und je größer die Schwankungsbreite in den einzelnen Fraktionen ist, desto stärker ist die Intensität der ablaufenden Bodenerosionsprozesse.

8.

Zur Vorausberechnung bodenerosiver Abspülungen

Die curvilineare Korrelations- und Regressionsrechnung wurde mit dem Modell

$$y = ae^{bx}$$

durchgeführt. Dabei fungierte als variable Größe x der einzelne Niederschlagsparameter (Menge, Intensität, Dauer) und als Zielgröße y die zu erwartende Akkumulationsmenge in den Fangkästen mit a als Koeffizient, e als natürlicher Logarithmus und b als Kurvenanstieg. Das oben genannte Modell erbringt Werte für die Zielgröße y , die eine bessere Anpassung an den konkreten Prozeßablauf darstellen als die vergleichbaren Werte linearer und exponentieller Modelle. Am Beispiel des straffsten Kausalzusammenhanges zwischen Niederschlagsmenge des auslösenden Ereignisses (kurz: Niederschlagsereignismenge) und Materialmenge in den jeweiligen Fangkästen (kurz: Kastenmenge) soll die Vorausberechnung erläutert werden. In Tabelle 7 bedeutet dabei n die Anzahl der durchgeführten Messungen bei einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge (über den gesamten Zeitraum) \bar{x}_1 mit der Streuung s_1 und der durchschnittlichen Akkumulationsmenge \bar{x}_2 mit der Streuung s_2 . Aus den Korrelationskoeffizienten $r_{1/2}$ der Wertefolgen \bar{x}_1 und \bar{x}_2 wurde das Bestimmtheitsmaß B ermittelt. Die Kausalität wird auf der Testfläche 1 (Entfernung zum Regenschreiber 600 m) zu etwa 50 % und auf der Testfläche 2 (Entfernung zum Regenschreiber 1 500 m) nur noch zu ca. 25 % widergespiegelt. Es ist zu erwarten, daß bei einer Entfernung von etwa 3...4 km die ermittelten Werte statistisch nicht mehr signifikant sind. Die Abbildung 4

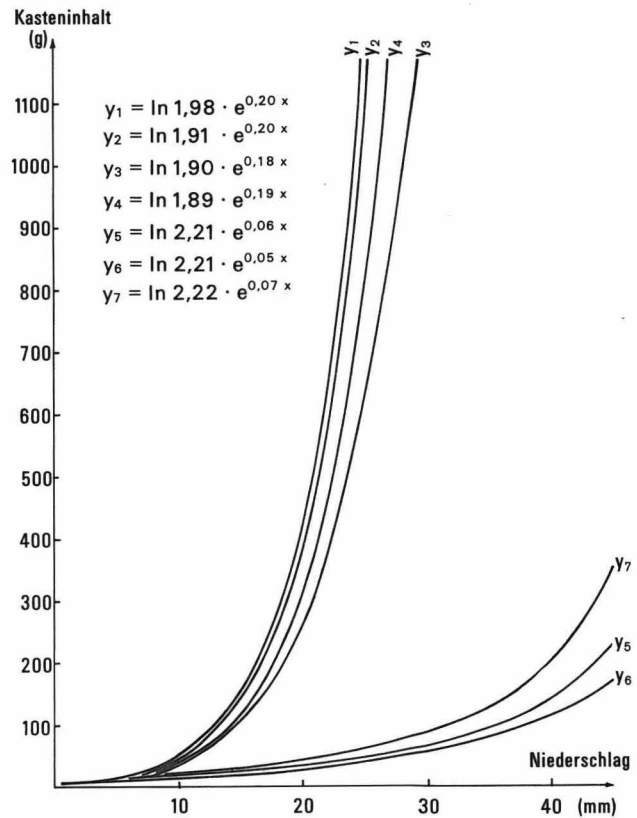


Abbildung 4
Regressionsfunktionen der Fangkastenakkumulationsmengen in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge des erosionsauslösenden Ereignisses

zeigt die Regressionskurven des oben genannten Modells. Aus ihnen ist die extreme Differenzierung in der Erosionsdisposition der feinsandig-schluffigen Substrate auf der Testfläche 1 und der skelettreichen tonigen Substrate auf der Testfläche 2 abzulesen.

Vergleicht man die Akkumulationsmengen in den Fangkästen miteinander, so erhält man

Tabelle 8
Curvilineare Korrelationsmatrix der Fangkastenakkumulationsmengen ($n = 25$)

Fangkasten	1	2	3	4	5	6	7
1	-	0,87	0,79	0,74	0,37	0,35	0,31
2		-	0,83	0,79	0,45	0,45	0,52
3			-	0,96	0,45	0,45	0,50
4				-	0,37	0,39	0,43
5					-	0,92	0,82
6						-	0,75
7							-

Niederschlagsmengen (mm)	Fangkastenakkumulationsmengen (g)						
	Fangkasten						
	1	2	3	4	5	6	7
5	20,2	18,6	17,3	17,5	12,8	12,7	12,5
10	55,9	50,8	42,6	45,8	17,9	17,4	18,5
15	154,5	138,9	105,3	119,7	25,1	23,9	27,6
20	427,5	379,5	259,8	313,0	35,2	32,9	40,9
25	1 182,5	1 035,3	641,2	818,2	49,2	45,2	60,8
30	3 271,1	2 835,4	1 582,7	2 139,0	69,1	62,2	90,4
40	25 031,1	21 182,3	9 642,3	14 619,4	135,9	117,6	199,6

Tabelle 9

Durchschnittlich zu erwartende Fangkastenakkumulationsmengen bei Niederschlagsmengen von 5...40 mm je auslösendes Ereignis

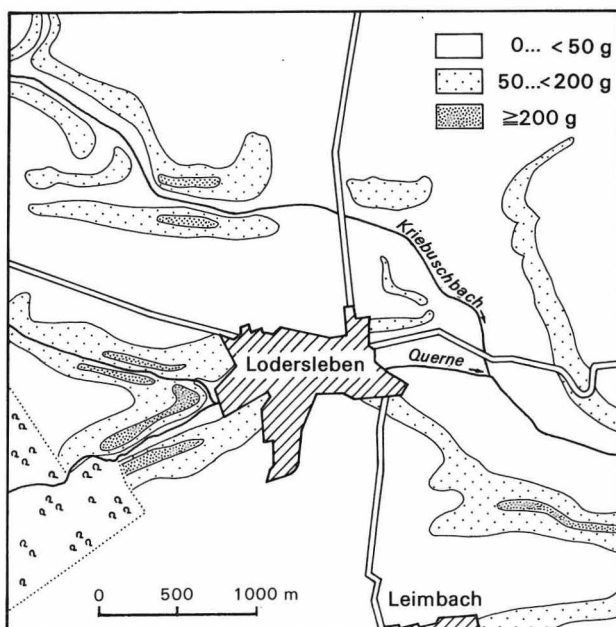
Korrelationskoeffizienten, die ein quantitatives Maß der standörtlichen Ähnlichkeit (Erosionsdisposition) gegenüber der bodenerosiven Abspülung darstellen (Tabelle 8).

Wie schon erwähnt, traten während des Meßzeitraums keine Niederschlagsmengen von über 25 mm pro Ereignis auf. Mittels der Funktionsberechnung der Regressionsfunktionen ist es möglich, die durchschnittlich (bezogen auf die konkreten Standortbedingungen und den Witterungsablauf während des Meßzeitraumes) zu erwartenden Akkumulations-

mengen in den Fangkästen abzuschätzen (Tabelle 9). Es ist sicherlich wenig sinnvoll, Umlagerungsmengen zu berechnen, die sich auf Ereignisse gründen, deren Gesamtniederschlagsmenge mehr als 40 mm beträgt, da die Singularität des Ereignisses selbst die durchschnittlichen Vorbedingungen während des Witterungsablaufes im Meßzeitraum überdeckt. Die arealen Muster der durchschnittlich zu erwartenden Materialumlagerungen im engeren Testgebiet bei 20 mm und bei 40 mm zeigen unter Einbeziehung der Substrat- und Neigungsverhältnisse die Abbildungen 5 und 6.

Abbildung 5

Durchschnittlich zu erwartende Fangkastenakkumulationsmengen bei 20 mm Niederschlag pro Ereignis



9.

Ergebnisse

1. Alle hier getroffenen Aussagen gelten nur für Flächen unter Ackernutzung.

2. Die Erfahrungen bei den Geländemessungen zeigen, daß zur Verbesserung der Meßergebnisse die Fangkästen mit Deckeln (Verminde- rung von Meßfehlern durch Spritz- und Planschwirkung) und mit Erosionskantenstabilisierung (Standunsicherheiten bei Bodenge- formnis und Auftauprozessen) ausgerüstet wer- den sollten.

3. Die ausgewählten Standorte besitzen eine neigungsbedingt extrem hohe Erosionsdispo- sition, so daß die gemessenen Werte für den Querfurter Raum Maximalwerte darstellen.

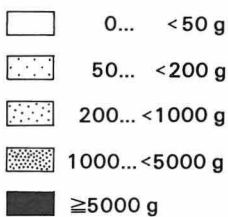
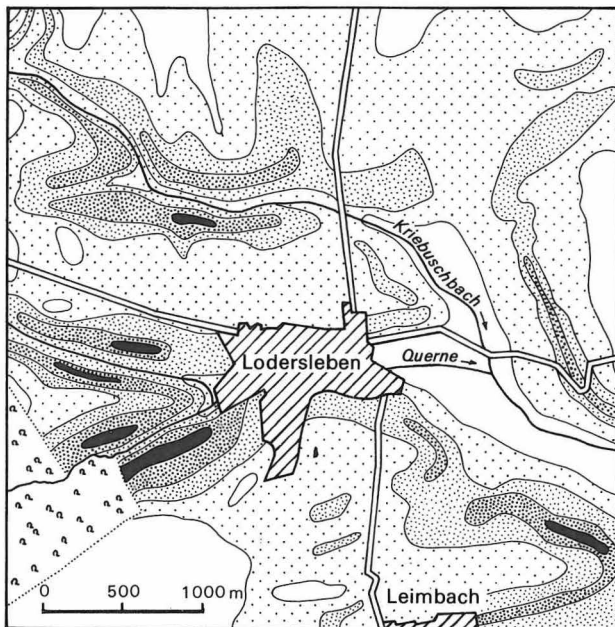


Abbildung 6
Durchschnittlich zu erwartende Fangkastenakkumulationsmengen bei 40 mm Niederschlag pro Ereignis

4. Durchgeführte Parallelkartierungen auf einem Testschlag mit mächtiger Lößdecke (vgl. SCHRÖDER 1984) ergaben, daß die Erosionsauslösewahrscheinlichkeit wegen des größeren Kompensationsvermögens geringer ist als auf der Testfläche 1. Sie zeigten jedoch zugleich, daß die umgelagerten Materialmengen wegen der extrem hohen Erosionsdisposition durch hohen Grobschluffanteil (vgl. HJULSTRÖM 1935, SCHEIDEGGER 1961) größer sind als die der Testfläche 1.

5. Der Querfurter Raum besitzt bezüglich des Substrats eine mittlere bis hohe, bezüglich der Neigungsverhältnisse eine niedrige und bezüglich der Starkregenanfälligkeit (vgl. MASUCH 1958) eine mittlere Erosionsdisposition. In ähnlich ausgestatteten Naturräumen (lößgeprägtes Mittelgebirgsvorland) scheint unter Variierung der Einflußfaktoren eine Abschätzung der Erosionsschädigung in mittleren Maßstäben möglich.

Literatur

- FLEGEL, R.:
Die Verbreitung der Bodenerosion in der DDR. – Leipzig, 1958. – (Bodenkunde und Bodenkultur; 6)
- HERZ, K.:
Ein Begriffssystem der Bodenerosion. – In: Wiss. Zeitschr. d. PH Dresden. – (1980), Beiheft 3, S. 3...10.
- HJULSTRÖM, F.:
Studies on the morphological activity of rivers. – In: Bull. Geol. Inst. of Uppsala. – Uppsala 25 (1935), S. 221...527.
- HURNI, H.:
Bodenerosion in Ökosystemen mit Brandrodungshackbau in Nord-Thailand. – In: Regio Basiliensis. – Basel 21 (1980), 3, S. 30...41.
- JUNG, L.:
Soil particle size distribution on eroded slopes. – In: Intern. Assoc. of Scient. Hydrol. – Bari (1962), S. 105...113.
- 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.
- LIEBEROTH, I., u. a.:
Hauptbodenformenliste mit Bestimmungsschlüssel für die landwirtschaftlich genutzten Standorte der DDR. – Institut für Bodenkunde der AdL der DDR. – Eberswalde, 1971.
- MAIER, J., und U. SCHWERTMANN:
Das Ausmaß des Bodenabtrags in einer Lößlandschaft Niederbayerns.
– In: Bayer. Landw. Jb. – 58 (1981), S. 189...195.
- MASUCH, K.:
Häufigkeit und Verteilung bodengefährdender sommerlicher Niederschläge im Bereich der DDR. – In: Acta Hydrophysica. – Berlin 4 (1958), 3, S. 111...137.
- RICHTER, G.:
Bodenerosion. Schäden und gefährdete Gebiete in der Bundesrepublik Deutschland. – Bad Godesberg, 1965. – (Forsch. dt. Landeskunde; 152)
– Zur Erfassung und Messung des Prozeßgefüges der Bodenabspülung im Kulturland Mitteleuropas. – In: Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-phys. Klasse. – Göttingen 29 (1974), S. 372...385.
- RICHTER, G., und W. SPERLING (Hrsg.):
Bodenerosion in Mitteleuropa. – Darmstadt, 1976. – (Wege d. Forschung; 430)

SCHEIDEGGER, A. E.:

Theoretical Geomorphology. — Berlin [West];
Göttingen; Heidelberg, 1961.

SCHMIDT, R.-G.:

Probleme der Erfassung und Quantifizierung
von Ausmaß und Prozessen der aktuellen Boden-
erosion (Abspülung) auf Ackerflächen.

Methoden und ihre Anwendung in der Rhein-
schlinge zwischen Rheinfeldern und Wallbach
(Schweiz). — Basel, 1979.

— (Physiogeographica; 1).

SCHRÖDER, H.:

Qualitative und quantitative Untersuchungen
zur Erfassung der bodenerosiven Abspülung:
dargestellt mittels Testuntersuchungen im
Einzugsgebiet der Weida (Pegel Stedten).

— Halle (Diss. A) 1982.

—: Visuelle Luftbildinterpretation als Methode
zur Erfassung der arealen Verteilung boden-
erosiver Abspülungen auf Testflächen im
südöstlichen Harzvorland.

— In: *Hall. Jb. Geowiss.* — 9 (1984), S. 93...105.

SCHULTZE, J. H. (Hrsg.):

Die Bodenerosion in Thüringen. Wesen, Stärke
und Abwehrmöglichkeiten. — *Erg.-H. Nr. 247*
zu *Peterm. Geogr. Mitt.* — Gotha, 1952.

SEILER, W.:

Meßeinrichtungen zur quantitativen Bestim-
mung des Geoökofaktors in der topologischen
Dimension auf Ackerflächen im Jura (südöst-
lich Basel). — In: *Catena*. — Gießen 7
(1980), S. 233...250 (1980a).

—: Die rezente Morphodynamik in einem kleinen
Einzugsgebiet im semiariden Südtalien unter
besonderer Berücksichtigung des Winters 1980.

— In: *Regio Basiliensis*. — Basel 21 (1980), 3,
S. 14...29 (1980b).

THOMAS, M.:

Bodenerosion und Sedimenteintrag in den
Süßen See bei Eisleben. — In: *Wiss. Beitr.*
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
— Q6 (1979), 54, S. 3...12.

TGL 31222/02

WERNER, D.:

Zur Beurteilung der Erodierbarkeit verschie-
dener Böden am Beispiel der Sand-Braunerde
und Tonmergel-Rendzina. — In: *Albrecht-Thaer-
Archiv*. — Berlin 12 (1968), 7, S. 569...589.

—: Zur Beurteilung der Erodierbarkeit verschie-
dener Böden am Beispiel von Sandlöß-Staugley
und Ton-Ranker. — In: *Albrecht-Thaer-Archiv*.
— Berlin 13 (1969), 3, S. 247...265.

Zusammenfassung

Zur Interpretation multispektraler Luftbilder für die Kennzeichnung differenzierter Lössböden wurden an Bodenbeispielen methodische Untersuchungen zur Spektralcharakteristik und zu den photographischen Abbildungsbedingungen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse kann der Einfluß von Humusgehalt, Kalkgehalt und Bodenfeuchte auf die Remission genetisch einheitlicher Böden getestet werden. Möglichkeiten und Grenzen der Unterscheidung dieser Böden anhand von Dichteunterschieden im multispektralen Luftbild werden dargestellt. Die visuelle Bildinterpretation erfordert Kenntnis der Spektralcharakteristik, Nutzung von Referenzdaten, landschaftsökologische Kenntnisse und ergänzende Geländearbeit.

Summary

Investigations into the representation of loess soils in multispectral aerial photos

Methodological examinations concerning the spectral characteristics and the conditions of photoimageries have been performed, using examples of soils, to interpret multispectral aerial photos for the identification of differentiated loess soils. Based on the results tests can be carried through on the influence of humus content, lime content and soil humidity upon the diffuse reflection of genetically uniform soils. Possibilities and limits of distinguishing these soils with reference to density differences in the multispectral aerial photo are demonstrated. Visual photo interpretation requires the knowledge of spectral characteristic, use of reference data, landscape-ecological knowledge and supplementary field work.

Резюме

Исследования об изображении лёссовых почв на мультиспектральных аэрофотосъёмках

В целях интерпретации мультиспектральных аэрофотосъёмок для характеристики дифференцированных лёссовых почв на примере отдельных почв проводились методические исследования по спектральной характеристике и по фотографическим условиям изображения. На основании результатов можно испытать вли-

Untersuchungen zur Abbildung von Lössböden in multispektralen Luftbildern

*Mit 6 Abbildungen, 1 Photo und
1 Tabelle im Text*

Autor:

Dr. CORNELIA GLÄSSER
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Sektion Geographie
Wissenschaftsbereich
Physische Geographie
4020 Halle (Saale)
Domstraße 5

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 93...102
VEB H. Haack Gotha 1985

яние содержания гумуса, известковистости и почвенной влаги на уменьшение генетически однородных почв. Излагаются возможности и пределы различения этих почв при помощи различий оптический плотность на мультиспектральной аэрофотосъемке. Для визуальной интерпретации аэрофотосъемок необходимы знания по спектральной характеристике, использованию рекомендационных данных, ландшафтно-экологические знания и дополнительные полевые работы.

1. Einleitung

Fernerkundungsdaten verschiedener Aufnahmesysteme und Aufnahmehöhen werden zunehmend für geowissenschaftliche Arbeiten verwendet. Bei der Nutzung multispektraler Luftbilder für bodengeographische Fragestellungen sind methodische Untersuchungen notwendig, da durch vielfältig verknüpfte bodenphysikalische und -chemische Eigenschaften die Abbildungsbedingungen kompliziert sind.

Boden- und Reliefmerkmale ermöglichen einerseits Rückschlüsse auf das landschaftliche Gefüge, andererseits sind sie wesentlich für die landwirtschaftliche Nutzung und für Meliorationsmaßnahmen. Da eine optimale Nutzung der sich jährlich verringernden landwirtschaftlichen Nutzfläche von besonderem Interesse ist, gewinnen rationelle Verfahren zur thematischen Luftbildinterpretation auch unter wirtschaftlichem Aspekt an Bedeutung.

2. Das Untersuchungsgebiet

Das im östlichen Harzvorland gelegene Untersuchungsgebiet umfaßt den weiteren Bereich des Süßen Sees im Kreis Eisleben, Bezirk Halle. Es ist den regionalgeologischen Einheiten Mansfelder Mulde und Teutschenthaler Sattel zuzuordnen. Um den Muschelkalkkern der NW-SE gerichteten Mansfelder Mulde streichen oberer, mittlerer und unterer Buntsandstein schüsselförmig aus. Helle Sandsteine mit Tonsteinlagen bauen an den Steilrändern der Subrosionsbecken den mittleren Buntsandstein, dunklere braunrote Tonsteine mit oolithischen Kalksteinbänken den unteren Buntsandstein auf.

Klimatisch nimmt der Raum eine Sonderstellung ein. Aufgrund der Lage im Lee des Harzes und des Hornburger Sattels im Südwesten beträgt die mittlere Jahresniederschlagssumme für Seeburg (95 m NN) nur 445 mm mit einem deutlichen, zumeist als Gewitterregen fallenden, Sommermaximum (158 mm). Das Jahresmittel der Lufttemperatur liegt bei etwas

Probe Nr.	Reliefposition	Neigung (°)	Körnung (% des Feinbodens)			Mächtigkeit des humosen Oberbodens (cm)	Humusgehalt (%)
			<0,002 (mm)	0,002...0,06 (mm)	0,06...2 (mm)		
1	Oberhang	1,5	23,4	52,4	24,2	50	3,13
2	Rücken	0	16,8	39,4	44,0	25	1,93
3	Oberhang	3	20,1	4,99	30,0	25	1,62
9	Unterhang	5,5	24,1	62,0	16,8	20	1,66
10	Hangfuß	0	23,2	56,0	20,7	120	3,09
11	Unterhang	5,5	22,7	57,9	15,4	-	0,46

Probe Nr.	CaCO ₃ (%)	Farbe nach MUNSELL		Eisen (frei, %)	pH-Wert	Bodenform
		lufttrocken	feucht			
1	6,05	10 YR 4/2	10 YR 3/1	0,66	7,33	Löß-Schwarzerde
2	7,73	10 YR 6/2	10 YR 4/3	0,78	7,59	lößbeeinflusste Berglehm-Rendzina
3	4,70	10 YR 6/3	10 YR 4/4	0,49	7,29	Löß-Rendzina
9	11,09	10 YR 6/3	10 YR 4/3	0,66	7,04	Löß-Rendzina
10	2,02	10 YR 4/2	10 YR 3/1	0,70	7,31	Kolluviallöß-Schwarzerde
11	13,78	10 YR 7/4	10 YR 5/6	0,53	7,15	Löß-Rendzina

Tabelle 1
Bodeneigenschaften
ausgewählter Bodenmonolithe

mehr als 8,5 °C, das Januarmittel bei 0 °C, das Julimittel bei 18 °C.

Das Relief des Gebietes wurde vor allem durch starke subrosive Prozesse im Zechstein-salinar während des Tertiärs und Quartärs geprägt (KUGLER und JÄNCKEL 1978, KUGLER und MÜCKE 1979). Besonders erosionsgefährdet sind die flach eingeschnittenen Hänge mit kleinräumigem Hangneigungswechsel und Gebieten mit subrosionsbedingten Senkungsmulden.

Im Untersuchungsgebiet treten großflächig Lößböden auf, die in Abhängigkeit vom Relief von Löß-Schwarzerden auf den Hochflächen und schwach geneigten Hängen über unterschiedlich intensiv erodierte Löß-Schwarzerden und Löß-Rendzinen an steileren Hängen bis zu Kolluviallöß-Schwarzerden in Mulden, Senken und am Hangfuß variieren. Der sehr erosionsanfällige Löß unterliegt schon bei geringer Hangneigung intensiver bodenerosiver Abspülung. Im Ausstrichbereich des Buntsandsteins und auf der ihm aufliegenden Schuttdecke finden sich Verwitterungsböden, vorrangig lößüberdeckte Berglehm- und Schuttrendzinen. An typischen Hangcatenen wurden Bodenmonolithe für die methodischen Untersuchungen entnommen (Tabelle 1).

3.

Methodik

Da für die Abbildung von Böden in Luftbildern ihre stoffliche Zusammensetzung ausschlaggebend ist, muß die qualitative und quantitative Untersuchung solcher objektspezifischer Merkmale im Vordergrund stehen, die die Abbildungsunterschiede, d. h. die Schwärzungsunterschiede, hervorrufen. Die Variation dieser Objektmerkmale spiegelt sich in den spektralen Remissionsdaten wider. Deshalb ist im ersten Arbeitsschritt das *spektrale Remissionsverhalten der Testböden* zu messen. Generell sind dafür zwei Möglichkeiten vorhanden. Bei *Messungen im Labor* sind die konstanten und reproduzierbaren Versuchsbedingungen vorteilhaft. Nachteilig ist, daß die verfügbaren Spektrometer nur die Messung sehr kleiner und gefügezerstörter Proben ermöglichen und die Versuchsbedingungen, insbesondere die Beleuchtung, nicht den natürlichen Bedingungen im Gelände entsprechen. Arbeiten zur laborativen spektralen Remissionsmessung von Böden wurden u. a. von MINNUS (1967), CONDIT (1970), TOLČELNIKOV (1974) sowie WESTIN und LEMME (1978) durchgeführt. Vorteilhaft bei der *Spektrometrierung* der Bö-

den *im Gelände* mit Feldspektrometern ist die Messung der ungestörten Böden *in situ* unter Beleuchtungsverhältnissen, wie sie auch bei der Aufnahme von Luftbildern auftreten. Nachteilig wirkt sich aus, daß die Messungen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten nicht direkt vergleichbar sind (vgl. SHIELDS u. a. 1968, EVANS 1975, IDSO u. a. 1975).

Ein zweiter Schritt zur Klärung der Objekt-Abbild-Beziehungen ist die *terrestrische multispektrale Photographie* der Böden und die sich anschließende densitometrische Auswertung der Bildnegative. Dabei werden die spektralen Remissionsunterschiede in Abhängigkeit von Objekteigenschaften und Filmmaterial aufgezeichnet. Ausgeschlossen werden die Atmosphäreinflüsse, die bei Luftbildern eine modifizierende Wirkung haben.

Als dritter Schritt schließt sich die *gerätegestützte Interpretation der Luftbilder* an, die zugleich eine Reliefanalyse und eine Analyse der arealen Grautonverteilung umfaßt.

Festzustellen ist, daß sich ein großer Teil der aus der Literatur bekannten Arbeitsmethoden und Ergebnisse nur bedingt auf das Arbeitsgebiet und seine großmaßstäbige Analyse übertragen ließ, da jene einerseits oft kleinmaßstäbig angelegt sind und andererseits auf die Erkennung und Abgrenzung genetisch stark unterschiedlicher Böden abzielen. Im hier bearbeiteten Gebiet waren demgegenüber die Möglichkeiten der Nutzung multispektralen Bildmaterials in Bereichen mit einer nur gering differenzierten Bodendecke zu prüfen (vgl. RIEDEL 1981).

3.1.

Spektrometrie

3.1.1.

Versuchsordnung

Für den vorgestellten Untersuchungszweck wurde die Spektrometrie im Gelände als geeignetere Variante gewählt. Zur Verfügung stand ein Feldspektrometer, dessen Meßbereiche das sichtbare Licht und das nahe Infrarot ($0,4 \mu\text{m} \dots 1,0 \mu\text{m}$) umfassen (Herrn Dr. LEITERER, Aerologisches Observatorium Lindenberg, sei herzlich für die Durchführung der Spektrometrierung gedankt). Gemessen wurde bei einem Öffnungswinkel von 1° an 34 Meß-

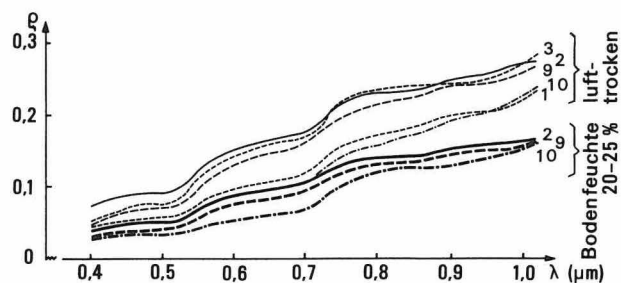


Abbildung 1
Spektral gerichteter Reflexionsgrad ρ ausgewählter Bodenmonolithe (Bodeneigenschaften der Bodenproben vgl. Tabelle 1)

stellen mit einer Meßgenauigkeit von $\pm 2\%$ relativ zur extraterrestrischen Solarstrahlung. Die gemessene Bestrahlungsstärke einer punktförmigen Strahlungsquelle (Sonne) wurde in die einstrahlungsabhängige Bestrahlungsstärke R_B (in $\mu\text{W cm}^{-2} \text{nm}^{-1} \text{sr}^{-1}$) umgerechnet. Unter Berücksichtigung der Globalstrahlung G kann der *spektral gerichtete Reflexionsgrad* ρ berechnet werden

$$(\rho = R_B \cdot \pi \cdot G^{-1}).$$

Um den Einfluß der Bodenfeuchte auf die Remission zu testen, wurden die Bodenproben im lufttrockenen und im feuchten Zustand spektrometriert.

3.1.2.

Diskussion der Ergebnisse

Für alle Böden ist ein Anstieg der Remission vom blauen Licht zum nahen Infrarot zu verzeichnen (Abbildung 1). Bei $0,54 \dots 0,55 \mu\text{m}$ und $0,72 \dots 0,74 \mu\text{m}$ sind zwei steilere Anstiege deutlich sichtbar. Die insgesamt geringe Remission übersteigt $\rho = 0,3$ nicht. Die lufttrockenen Proben zeigen gegenüber den feuchten Proben einen höheren Remissionsgrad. Mit größerer Wellenlänge verstärkt sich der gemessene *Remissionskontrast* zwischen den Böden und zwischen trockenen und feuchten Proben. Bei *lufttrockenen Böden*, und damit unter Ausschluß der Bodenfeuchte als Einflußfaktor auf die Remission, sind *Humus-* und *Kalkgehalt* Haupteinflußgrößen auf die Remission. *Schwarzerde* (Probe 1) und *Kolluvialschwarzerde* (Probe 10) haben aufgrund der höchsten Humusgehalte die geringste Remission. *Löß-Rendzinen* (Proben 3 und 9) und die *lößbeeinflusste Berglehm-*

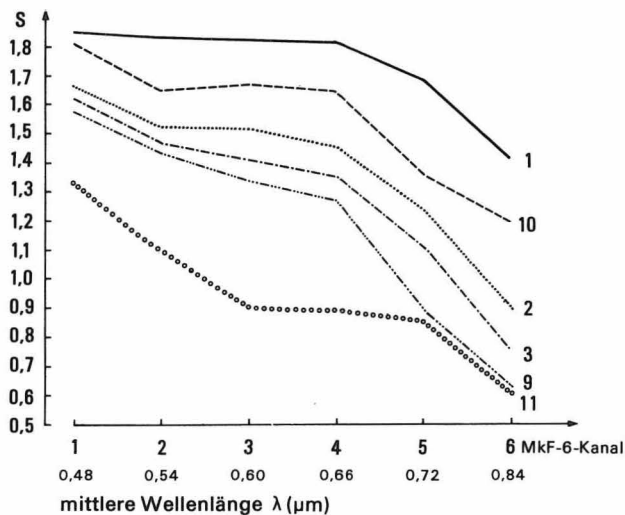


Abbildung 2
Mittlere Schwärzung S ausgewählter Bodenproben am 12.6.1980 bei Bodenfeuchtwerten von 20...25 Gewichtsprozent. Messung Kanal 1...4 digital; Kanal 5 und 6 photometrisch (Bodeneigenschaften der Bodenproben vgl. Tabelle 1)

Rendzina (Probe 2) remittieren durch geringere Humusgehalte stärker und sind nicht eindeutig voneinander zu trennen. Noch stärker als der Einfluß des Humusgehaltes (Variationsbereich 1,6%) wirkt sich die Aufhellung des humosen Oberbodens durch das Ausgangsmaterial der Bodenbildung aus. Eingepflügter gelber Löß aus dem C-Horizont bzw. die helle Eigenfarbe des Buntsandsteins verursachen hohe Remissionswerte. Die Remissionsunterschiede zwischen den Proben 3 und 9 basieren bei nahezu identischem Humusgehalt und vergleichbarem Ah-Horizont auf Unterschieden im Kalkgehalt, der in Probe 3 rund dreimal höher als in Probe 9 ist.

Der Verlauf der Kurven zeigt, daß bis $0,55 \mu\text{m}$ die Proben schlecht voneinander zu trennen sind, sich dann der Kontrast verstärkt und im nahen Infrarot die beste Differenzierung möglich wird. Deshalb sind die Kanäle 1 und 2 der MKF-6 für diese Fragen ungeeignet, die Kanäle 3 und 4 sowie die Infrarot-Kanäle 5 und 6 dagegen für die Differenzierung der Bodenmerkmale gut geeignet. Geringer sind Remission und Remissionsunterschiede für Böden mit hoher Bodenfeuchte. Ihr spektraler Remissionsgrad liegt für alle Proben unter $\rho = 0,15$.

Sehr gut lassen sich in den Infrarot-Kanälen *trockene und feuchte Proben* voneinander tren-

nen. Damit wird die Eignung dieser Spektralbereiche zur Erkennung feuchter Standorte deutlich. Unterhalb $0,68 \mu\text{m}$ ist eine Trennung der Proben nicht mehr eindeutig möglich.

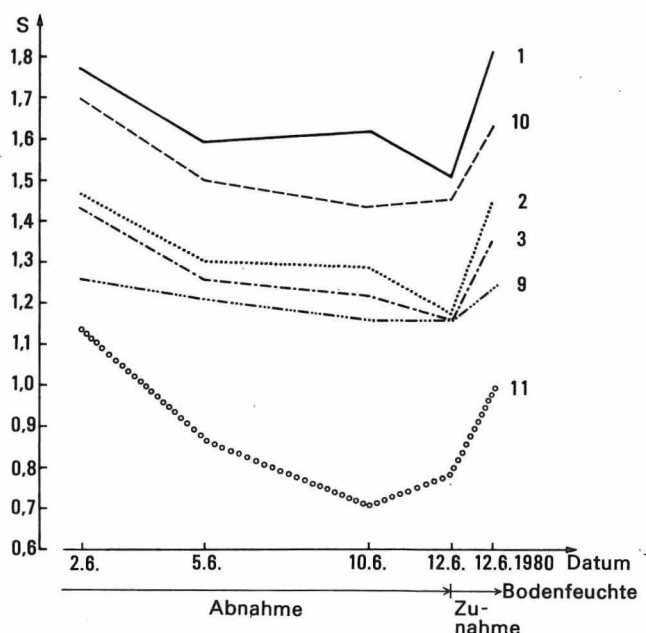
Die Spektrometrierung zeigte, daß auch in Gebieten mit einheitlichem Ausgangsmaterial und geringfügigeren Differenzen der bodenchemischen und -physikalischen Parameter Remissionsunterschiede nachgewiesen werden können, die eine detailliertere Untergliederung der Böden erlauben.

4. Phototest

4.1. Versuchsanordnung

Zur Untersuchung der photographischen Aufzeichnung dieser Böden in multispektralen, speziell MKF-6-Aufnahmen, diente ein terrestrischer Phototest. Unter Verwendung einer $9 \times 12 \text{ cm}$ Plattenkamera und eines MKF-6-Filtersatzes wurden die Bodenproben bei

Abbildung 3
Mittlere Schwärzung S ausgewählter Bodenproben im Kanal 4. Messung: digital (Bodeneigenschaften der Bodenproben vgl. Tabelle 1)



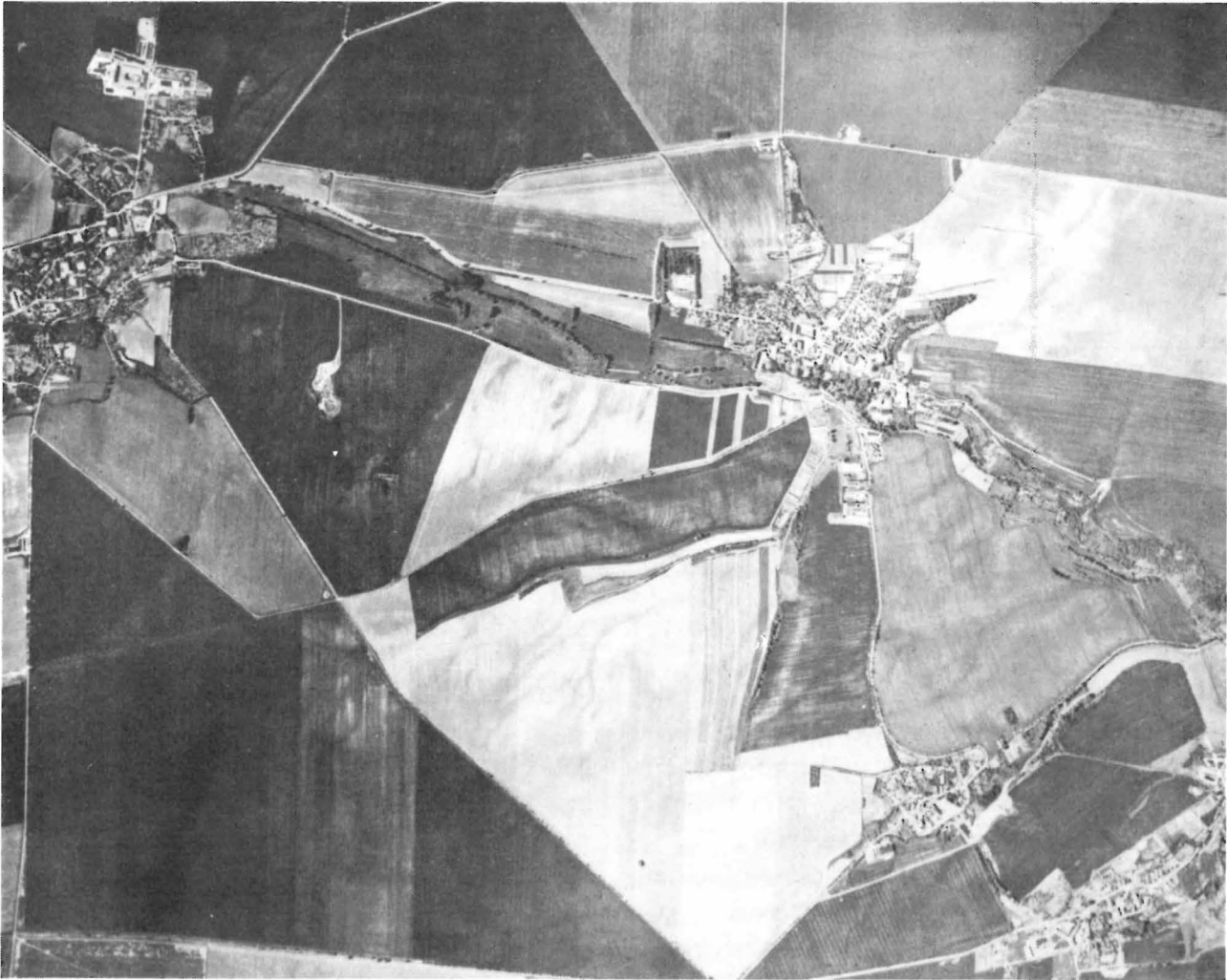


Photo 1
 Multispektrales Luftbild Raum Dederstedt, Spektralbereich 0,68...0,72 μm , Aufnahmezeit: 17.6.1976;
 zur Veröffentlichung freigegeben unter LFB-Nr. 20/85

verschiedenen Bodenfeuchtegehalten unter weitestgehend naturnahen Bedingungen fotografiert. Um an den einzelnen Testtagen möglichst konstante Versuchsbedingungen zu haben, erfolgten die Aufnahmen nur an Tagen mit Sonne und wolkenlosem Himmel in Schattenlage, d. h. bei diffusem Licht, sowie stets zur gleichen Tageszeit, um neben der Änderung der spektralen Lichtzusammensetzung auch Licht-Schatten-Effekte auszuschließen. Alle Negative wurden mit dem Trommelscanner des Photomation P 1700 (Optronics) abgetastet, und die Schwärzung wurde ermittelt. Die gemessenen Negativwerte konnten anhand eines mitphotographierten Graukeiles geeicht und in die entsprechenden Positivwerte umgerechnet werden.

4.2.

Versuchsergebnisse

Als Bestätigung der Remissionsmessungen nimmt die Schwärzung in den Bildpositiven von Kanal 1 zu Kanal 6 ab (Abbildung 2, Böden mit Feuchtegehalten von 22...28 Gew.%). In Abhängigkeit von den Bodenparametern (Tabelle 1 und Abbildung 2) wird die *Löß-Schwarzerde* am dunkelsten, die *Kolluviallöß-Schwarzerde* etwas heller abgebildet. Die *Löß-Rendzinen* und *lößbeeinflussten Berglehm-Rendzinen* sind als eine Gruppe zusammenzufassen; ihre Schwärzung ist in allen Kanälen geringer. Mit nur 0,46 % Humusgehalt, aber 13,78 % Kalkgehalt wird der unverwitterte Löß deutlich heller als die erodierten Lößböden ab-

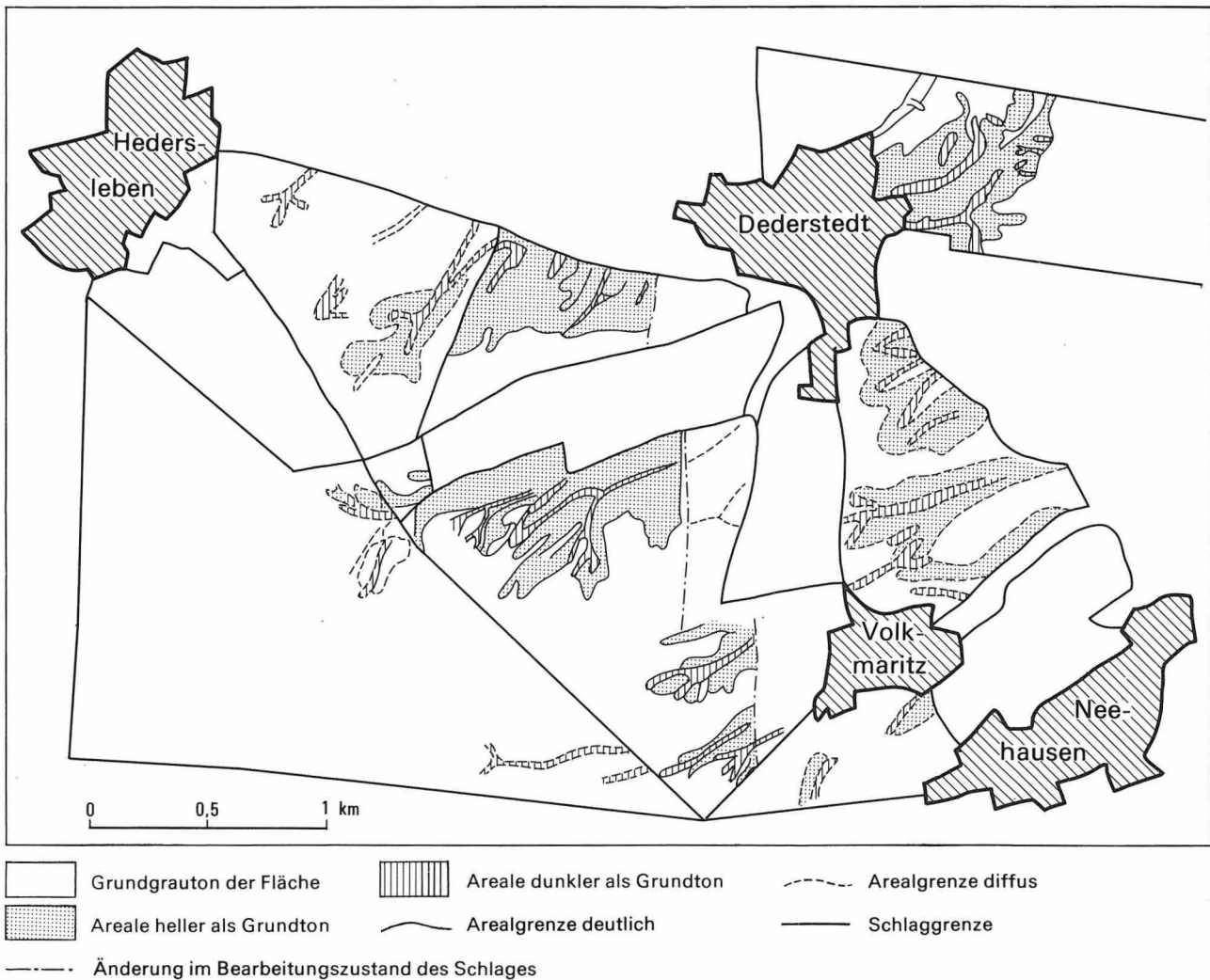


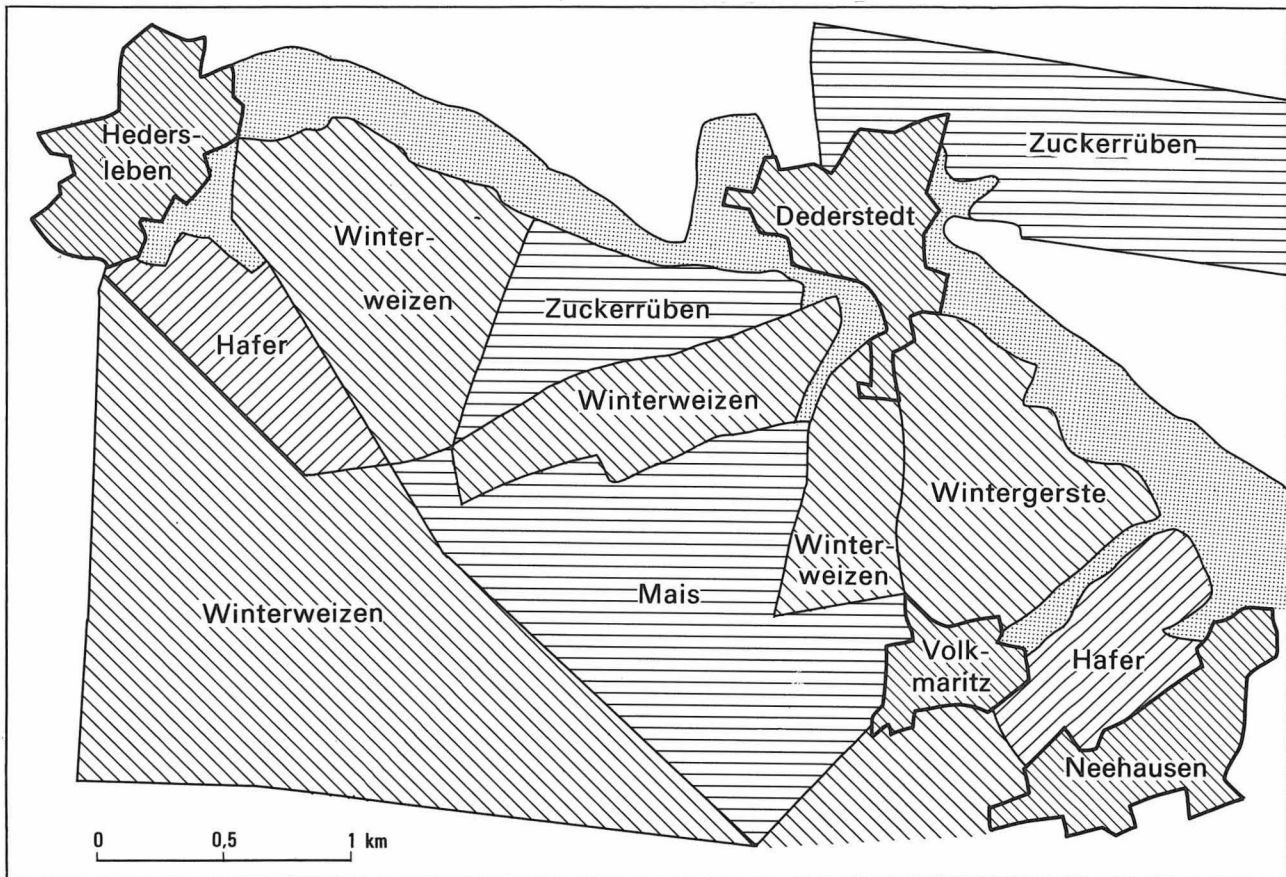
Abbildung 4
 Interpretationsskizze arealer Grautonmuster

gebildet. Mit Ausnahme des Löß können die Böden mit zunehmender Wellenlänge aufgrund der stärkeren Schwärzungskontraste besser differenziert werden. Die *Eignung der Infrarotkanäle* wird hier besonders deutlich.

Wegen der wellenlängenabhängigen Abbildungsunterschiede ist es von besonderem Interesse, den *Einfluß der Bodenfeuchte* auf die Schwärzungsunterschiede im Bild zu untersuchen.

Die Variation der Bodenfeuchte, von starker Durchfeuchtung bis zum lufttrockenen Zustand und anschließender Wiederbefeuchtung, äußert sich in den Schwärzungswerten an den einzelnen Testtagen (Abbildung 3). Mit diesem Test konnten aus der Literatur bekannte Ergebnisse spektraler Remissionskurven von Bö-

den bei unterschiedlicher Bodenfeuchte auch durch die Schwärzungswerte der Multispektralaufnahmen bestätigt werden. Mit abnehmender Bodenfeuchte sinken die Schwärzungswerte im Bildpositiv, steigen jedoch bei Bodenfeuchtwerten zwischen 12 und 17% noch einmal etwas an (TOLČELNIKOV 1974 u. a.). Diese Tendenz trifft auch für die Lößböden (Abbildung 3, 10. 6. 1980) zu. Der Unterschied zwischen trockenen und feuchten Böden zeigt sich bei konstanten Bodenparametern und Lichtverhältnissen, besonders deutlich am 12. 6. 1980, als die Böden lufttrocken und stark durchfeuchtet photographiert wurden. Die Bedeutung des Vorwetters für die bodengeographische Interpretation von Luftbildern ist deshalb hervorzuheben.



Erkennbarkeit von Standortdifferenzierungen im Luftbild



Abbildung 5
Landwirtschaftliche Nutzfläche Raum Hedersleben-Dederstedt (Stand Juni 1976)

5. Visuelle Bildinterpretation

Die mit den beschriebenen Tests gewonnenen Erkenntnisse sind mittels flächendeckender Bildauswertung auf die Kennzeichnung der Bodenareale der Landschaft zu übertragen. Nachfolgend sollen die Ergebnisse vorgestellt werden, die bereits mit einfacher visueller Bildinterpretation zu erzielen sind.

Für die visuelle Interpretation wurde ein Multispektralbild im Bereich $0,68...0,72 \mu\text{m}$ (Aufnahmetag 17. 6. 1976, Photo 1) verwendet, das die gebietstypische, reliefabhängige areale Bodendifferenzierung gut darstellt. Bereits bei Hangneigungen über 2° setzen erosive Prozesse ein. Dendritische Bildgefügemuster kennzeichnen flache Hangmuldensysteme.

Erster Schritt bei der visuellen Interpretation war die Erfassung der arealen Grautondifferenzierung (Abbildung 4), wobei in Abhängigkeit von der durch die Flächennutzung bestimmten Bildschwärzung Areale mit einer Abweichung von der nutzungsgebundenen „Normschwärzung“ ausgegliedert wurden. Art und Entwicklungsstadium der Nutzpflanzen zeichnen die dendritischen Gefüge unterschiedlich gut nach. Bei Mais und Zuckerrüben ist eine gute Ausgliederung möglich. Winterweizen und Hafer lassen dunklere Areale gut, hellere nur schlecht erkennen. Sommergerste und Erbsen verdecken das natürliche Bodenmuster (vgl. Abbildung 5).

Durch Kombination von stereoskopischer Reliefinterpretation (Abbildung 6) und arealer Grautondifferenzierung (Abbildung 4) sowie

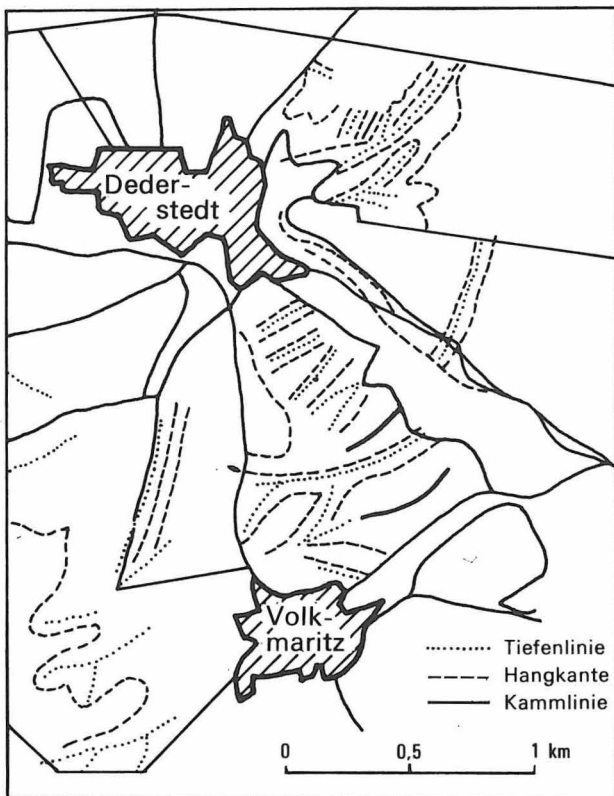


Abbildung 6
Reliefinterpretationsskizze

unter Berücksichtigung der Ergebnisse der *Spektrometrie* und des *Phototestes* lassen sich folgende Aussagen treffen. Der für einen Schlag dominante Grauton tritt auf den Hochflächen oder an schwach geneigten Hängen auf und repräsentiert die Areale der Löß-Schwarzerden. Die erosiv beanspruchten Hänge werden aufgrund des geringeren Humus- und Feuchtegehaltes ihrer Oberböden und der Aufhellung durch eingepflügten, unverwitterten Löß sowie wegen der standortbedingten geringen Bestandsdichte heller abgebildet. Die kolluvialen Löß-Schwarzerden sind hauptsächlich durch die lageabhängigen höheren Feuchtegehalte dunkler abgebildet. Ohne Berücksichtigung der Reliefinterpretation lassen sich Schwarzerden und kolluviale Böden nicht immer eindeutig trennen. Lößbeeinflusste Berglehm-Rendzinen und Löß-Rendzinen können nur durch die Kombination der Bildanalyse mit Referenzdaten aus geologischen Karten und Bodenkarten unterschieden werden.

Mit Hilfe von Luftbildern kann die areale Verteilung von Böden wesentlich schneller

und detaillierter erfaßt werden, als es im Gelände möglich ist. Die Verwendung verschiedener Spektralbereiche oder von Farbsynthesebildern erhöht die Aussagegenauigkeit. Die inhaltliche Charakterisierung der Böden ist in dem Maß möglich, wie Zusatzinformationen (thematische Karten, Geländekenntnis, Kenntnis landschaftsökologischer Zusammenhänge, Spektralcharakteristika) zur Verfügung stehen.

Luftbilder zeigen Momentzustände der Aufnahmegebiete, können aber auch kurz- oder langfristig wirkende Prozesse anhand abgebildeter Prozeßspuren widerspiegeln. Nach einer ersten Bildinterpretation können gezielt die Gebiete für die Geländearbeit festgelegt und nachfolgend die Interpretationsskizzen modifiziert werden.

6. Schlußfolgerungen

Um für weitere Interpretationsarbeiten und für die vielfältig mögliche effektive Nutzung von Luftbildern in Praxiseinrichtungen die Sicherheit der Aussagen zu erhöhen, sind die Grundlagenuntersuchungen weiterzuführen. Neben einer Erweiterung des Umfangs der Testuntersuchungen zur statistischen Absicherung muß ein breiteres Spektrum von Böden und Gesteinssubstraten untersucht werden. Die Ergebnisse könnten zugleich von anderen Einrichtungen genutzt werden (z. B. landwirtschaftliche Standortkartierung). Anzustreben ist eine Erweiterung der genutzten Spektralbereiche durch Einbeziehung des thermalinfraroten Bereiches sowie die Durchführung terrestrischer Untersuchungen synchron zur Überfliegung.

Exakte Kenntnisse der Spektralcharakteristik von Böden gleichen oder verschiedenen Ausgangsmaterials sowie des Einflusses der Oberbodenparameter Humusgehalt (einschließlich Humusstoffuntersuchungen), Kalk- und Eisengehalt und Bodenfeuchte sind Voraussetzung für eine inhaltliche Charakteristik der Grautonareale, insbesondere wenn eine automatische Klassifikation angestrebt wird.

Untersuchungen zur multiplen Regressionsanalyse der multispektralen Abbildung von Bodeneigenschaften, wie sie begonnen wurden (VINOGRADOV, KAPZOV und RIEDEL 1984), sollen fortgeführt werden.

VINOGRADOV, B. V., A. N. KAPZOV und C. RIEDEL (GLÄSSER):

Množestvennye regressii cenalis mnogozonalnogo fotografičeskogo izobraženia svojstv počv centralnoj ravnimoi GDR. — In: Počvo-vedenie. — Moskva. — 85 (1985).

WESTIN, F., und G. LEMME:

Landsat spectral signatures: studies with soil association and vegetations. — In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. — Falls Church 44 (1978), 3, S. 315...325.

Literatur

CONDIT, H. R.:

The spectral reflectance of american soils.

— In: Photogrammetric Engineering.

— Washington 36 (1970), 4, S. 955...966.

EVANS, R.:

Multiband photography for soil survey in

Breckland, East Anglia. — In: Photogrammetric

Record. — London 45 (1975), 8, S. 297...308.

IDSO, S., u. a.:

The dependence of bare soil albedo on soil water content.

— In: Journal of Applied Meteorology. —

Boston 14 (1975), S. 109...113.

KUGLER, H., und R. JÄNCKEL:

Zur geographischen Interpretation der Multi-
spektralaufnahme „Süßer See“. — In: Geogr.

Berichte. — Gotha/Leipzig 23 (1978), 2,

S. 99...111.

KUGLER H., und E. MÜCKE:

Geomorphologische Skizze des Halleschen

Raumes. — In: Wiss. Beitr. Martin-Luther-

Univ. Halle-Wittenberg. — Q5 (1979), 45,

S. 77...98.

MINNUS, E.:

Spektrale Remission unbewachsener Böden als

Faktor bei der Luftbildinterpretation. — In:

Landeskundl. Luftbildauswertung im mittel-

europ. Raum. Sonderfolge Geographische Luft-

bildinterpretation. — Bad Godesberg (1967), 2.

RIEDEL, (GLÄSSER), C.:

Untersuchungen zur bodengeographischen

Interpretation von multispektralen Luft-

bildern. — Halle (Diss. A) 1981.

SHIELDS, J. A., u. a.:

Spectrometric measurement of soil color and

its relationship to moisture and organic

matter.

— In: Canadian Journal of Soil

Science. — Ottawa 48 (1968), 8, S. 271...280.

TOLČELNIKOV, Ju. S.:

Optičeskie svojstva landšafta. — Leningrad,

1974.

Zusammenfassung

Im vorliegenden Artikel wird der Prozeß der Stadterneuerung in seinen Auswirkungen auf verschiedene Strukturgebiete der Stadt analysiert. Er ist als Übergang zur intensiv erweiterten Reproduktion der Baub substanz zu verstehen, mit dem die ererbte Struktur der alten Industriestädte an veränderte gesellschaftliche und ökonomische Bedingungen anzupassen ist und die funktionelle und strukturelle Wirksamkeit der Stadt erhöht wird. Neben generellen ökonomischen Vorteilen werden mit dem Übergang zum innerstädtischen Bauen die flächenhafte Ausdehnung der Städte begrenzt und eine höhere sozial-kulturelle und räumlich-gestalterische Qualität der historisch gewachsenen Stadt erreicht.

Summary

Reconstruction of spatial urban structures

The process of town reconstruction with its consequences for various structural areas of the town is analysed in the present paper. The process is to be understood as a transition to intensive extended reproduction of the building substance, serving to adapt the inherited structure of the old industrial towns to changed social and economic conditions and to increase the functional and structural efficiency of the town. Apart from the general economic advantages the transition to intra-urban building limits the growth of urban areas and leads to a higher social-cultural and spatial design quality of the historically developed town.

Резюме

Процессы преобразования пространственных городских структур

В данной статье анализируется процесс реконструкции города в своих последствиях на различные структурные районы города. Его надо понять как переход к интенсивно расширенному воспроизводству строительной субстанции, с помощью которого надо приспособить наследованную структуру старых промышленных городов к изменённым общественным и экономическим условиям и повышается функциональная и структурная эффективность города. Наряду со

Umgestaltungsprozesse räumlicher Stadtstrukturen

*Mit 1 Abbildung, 3 Photos und
4 Tabellen im Text*

Autor:

Dr. sc. HELGA SCHMIDT
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Sektion Geographie
Wissenschaftsbereich
Ökonomische Geographie
4020 Halle (Saale)
Domstraße 5

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 103...114
VEB H. Haack Gotha 1985

всеобщими экономическими преимуществами с переходом к внутригородскому строительству ограничивается территориальное расширение городов и достигается более высокое социально-культурное и пространственно-оформительное качество исторически росшего города

1. Sozialpolitische Aufgabenstellung der Stadterneuerung

Im Zeitalter der wissenschaftlich-technischen Revolution unterliegt die Stadt als dominierende territoriale Existenzform der entwickelten sozialistischen Gesellschaft wie auch ihr begrifflicher Inhalt einem schnellen Wandel. Ihre Entwicklung vollzieht sich in einem ständigen Prozeß der Anpassung der historisch entstandenen, bisher relativ stabilen Struktur an die sich dynamisch wandelnden Erfordernisse und Bedingungen des gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozesses.

Gegenwärtig gibt in erster Linie das Wohnungsbauprogramm als Kernstück der Sozialpolitik der SED (JUNKER 1973) den Städten in der DDR eine stabile und langfristige Entwicklungsgrundlage.

Von 1971 bis 1983 wurden in der DDR 1,33 Mio Wohnungseinheiten (WE) neu gebaut und 660 000 WE modernisiert. Seit dem VIII. Parteitag der SED konnten so die Wohnbedingungen für rund 6 Mio Bürger in allen Landesteilen spürbar verbessert werden. Bis 1990 sind weitere 1,4...1,5 Mio WE neu zu bauen oder zu modernisieren. In dem historisch kurzen Zeitraum von zwei Jahrzehnten wird so für über 10 Mio Bürger besserer Wohnraum geschaffen sein. Allein 1984 werden 197 220 WE neu gebaut bzw. modernisiert; dadurch verbessern sich die Wohnverhältnisse für mehr als 600 000 Bürger (für über 550 000 Bürger . . . 1983). Die Durchsetzung des Wohnungsbauprogramms erforderte seit 1971 ständig zunehmende Anteile an den Gesamtinvestitionen in der Volkswirtschaft: 1971 betragen sie 7,3 %, 1982 bereits 11,0 %.

Aus den veränderten Reproduktionsbedingungen der 80er und 90er Jahre ergeben sich jedoch neue qualitative Anforderungen für die Realisierung des Wohnungsbauprogramms.

In den „Grundsätzen für die sozialistische Entwicklung von Städtebau und Architektur. . .“ heißt es dazu: „Immer mehr tritt die intensive Entwicklung der Städte, verbunden mit der effektiven Nutzung und Erhaltung der

vorhandenen Bausubstanz, in den Vordergrund. Damit erhöht sich die Bautätigkeit in den innerstädtischen Bereichen. Der Anteil von Rekonstruktions- und Modernisierungsarbeiten nimmt zu. Gleichzeitig wird sich der Wohnungsneubau in den Kreisstädten sowie in mittleren und kleinen Städten verstärken und das Bestreben zur Verbesserung der Wohnbedingungen in den Dörfern weiter zielstrebig entwickeln.“

Diese Grundsätze sind von historischer Bedeutung und legen die städtebauliche Entwicklung der Siedlungen sowie die Gestaltung der sie umgebenden Umwelt bis zum Jahre 2000 fest. Dabei geht es vor allem um eine harmonische Verbindung der neu entstehenden Bauwerke mit dem vorhandenen historischen Baubestand. Damit wird der Aufgabe entsprochen, die intensiv erweiterte Reproduktion auch im Städtebau durchzusetzen. Sowohl mit Rücksicht auf die Bausubstanz vergangener Epochen als auch in Hinsicht auf die beachtlichen Werte, die besonders seit dem VIII. Parteitag geschaffen wurden, ist die Nutzung der vorhandenen Bausubstanz ein dringliches gesellschaftliches Anliegen. Immerhin verkörpern die baulichen Grundfonds in der DDR einen Wert von 466 Mia Mark. Das ist ein Reichtum, der zu erhalten und zu mehren ist.

Die zitierten Grundsätze sind also mehr als die oft betonte Einheit von Neubau, Modernisierung, Rekonstruktion und Instandhaltung. Mit ihnen verfügt die Städtebauplanung nunmehr über eine geschlossene strategische Konzeption für die Verwirklichung des programmatischen Ziels, die Wohnungsfrage als soziales Problem in der DDR bis 1990 zu lösen.

Bereits im laufenden Fünfjahrplan beträgt der Anteil der zu modernisierenden Wohnungen am gesamten Wohnungsbau 36 %. Der Anteil des innerstädtischen Wohnungsneubaus wird sich nach 1985 von gegenwärtig 10 % auf mindestens 40 % erhöhen. Die Mittel sollen vor allem für die Aufwertung der Stadtzentren und der innerstädtischen Wohnquartiere aus der Gründerzeit eingesetzt werden. Eingeschlossen ist auch eine Rekonstruktion der Arbeitsstätten in den Umgestaltungsgebieten. Damit wird ein Prozeß eingeleitet, der seinem Wesen nach als Übergang zur intensiv erweiterten Re-

produktion unserer Städte bezeichnet werden kann. In seiner Gesamtstrategie wird das Ziel verfolgt, die ererbte Struktur unserer alten Industriestädte an geänderte Rahmenbedingungen anzupassen. Für diese Maßnahmen verwendet man auch den Begriff der *Stadterneuerung*. Diese umfaßt drei sich gegenseitig ergänzende Teilaufgaben:

1. Instandsetzung, Modernisierung und Ersatzneubau von Wohnungen in den Innenstadtbereichen,
2. die Verbesserung der unmittelbaren Wohnumwelt und des Wohnumfelds,
3. die Standortsicherung der Arbeitsstätten.

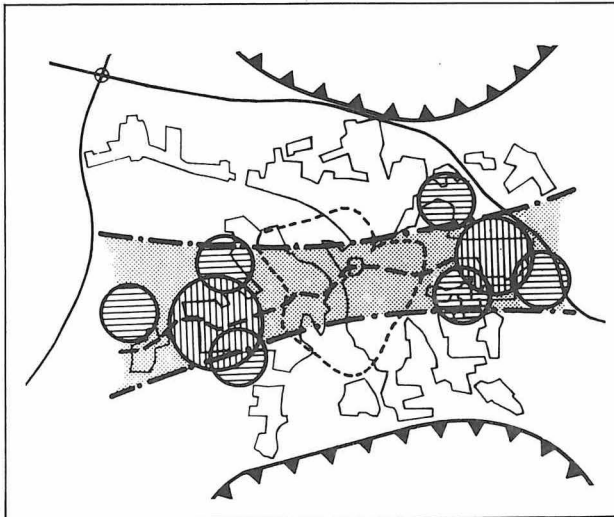
Damit ist die Stadterneuerung als ein ständiger Prozeß der Anpassung städtischer Strukturen an veränderte gesellschaftliche und ökonomische Bedingungen zu verstehen, der verbunden ist mit der Erhöhung der funktionellen und strukturellen Wirksamkeit der Stadt als Ganzes.

2. Erhaltung und Erneuerung innerstädtischer Gebiete

Wenn im Zusammenhang mit der Rekonstruktion innerstädtischer Altbaugebiete von der Gestalt der sozialistischen Stadt gesprochen wird, so liegt dieser Vorstellung ein Stadttypus zugrunde, der sich deutlich vom Typ der kapitalistischen Stadt abhebt. Das Ziel ist die Gestaltung einer kompakten und planmäßig gegliederten Stadt, in der historisch Wertvolles bewahrt und fortgeführt wird und Struktur, Gestalt und Flächennutzung den Anforderungen ihrer Nutzer entsprechen. Dieser Gestalt immanent sind Stadtzentren bzw. Innenstadtbereiche mit allseitig entwickelten Funktionen als Mittelpunkte des gesellschaftlichen Zusammenlebens (Grundsätze für die sozialistische Entwicklung von Städtebau und Architektur. ... 1982).

Für den Übergang zum innerstädtischen Wohnungsbau gelten einige nachfolgend zu umreißende grundlegende Gesichtspunkte.

1. Der *Übergang zur intensiven Entwicklung der Städte* ist durch das umfangreiche Baupro-



- Erweiterungsf lächen Wohnungsbau
- Erweiterungsf lächen Industrie
- - - Vorrangig Ausbau ÖPNV - S-Bahn
- - - Hauptbereiche der städtebaulichen Umgestaltung und Entwicklung
- ▼ Bergbauschutzgebietsgrenze

Abbildung 1
Strukturräumliche Entwicklungsbedingungen
der Stadt Leipzig

gramm der vergangenen Jahre objektiv herangereift. Um die dringendsten Wohnungsbedürfnisse rasch zu befriedigen, war es in den 70er Jahren unumgänglich, extensive Standorte zu bevorzugen. Mit dem Bau der neuen Stadtteile am Stadtrand der Groß- und Mittelstädte wurden entscheidende Voraussetzungen für die intensive städtebauliche Entwicklung geschaffen. Beispiele dafür sind Berlin, Dresden, Leipzig, Erfurt, Halle und Karl-Marx-Stadt.

2. Die *intensiv erweiterte Reproduktion der Bausubstanz* vollzieht sich unter den Bedingungen der allgemeinen Ressourcenverknappung. Es darf nicht übersehen werden, daß die extensive Entwicklung des Wohnungsbaus beispielsweise im Zeitraum 1976...1980 der Landwirtschaft mehr als 20 000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche entzog. Eine Analyse durch SCHATTEL (1982) ergab, daß für nahezu den gesamten Wohnungsbau in der Zeit von 1986...1990 in 135 Städten der DDR Standortreserven in innerstädtischen Gebieten vorhanden sind, so daß diese Städte für ihre weitere bauliche Entwicklung keine zusätzlichen Flächen in Anspruch nehmen müssen.

3. Die generelle Intensivierung der Volkswirtschaft der DDR erfordert es, in den Städten noch erhebliche wirtschaftliche Reserven freizusetzen. Allein die vorhandenen Netze und Anlagen der Stadttechnik verkörpern einen Wert von nahezu 100 Mia Mark. Der zunehmende Anteil des Ersatzneubaus am Wohnungsbau ist deshalb im Interesse der weiteren *intensiven Nutzung der vorhandenen Netze und Anlagen der sozialen und technischen Infrastruktur* in den bestehenden Wohn- und Mischgebieten zu realisieren. Dies schließt eine teilweise notwendige Rekonstruktion bzw. Kapazitätserweiterung von Netzteilen ein.

4. Allein durch Neubau ist die Verbesserung der Wohnbedingungen in den großen Städten der DDR nicht mehr zu lösen. Es gilt, dem fortschreitenden physischen und moralischen Verschleiß der Gebäude und baulichen Anlagen in den Innenstädten entgegenzuwirken und die *erhaltens- und modernisierungswürdige Bausubstanz*, die den Charakter der Städte prägt, zu *bewahren*.

5. Die randstädtischen Neubaugebiete haben heute teilweise eine höhere *Einwohnerdichte* als die Innenstädte erreicht. Der extensive Wohnungsbau hat zunehmend seit Mitte der 70er Jahre eine Wanderung der innerstädtischen Bevölkerung in die Stadtrandbereiche ausgelöst. Seit Anfang 1970 weisen die Innenstadtbereiche der Großstädte 10...20 % Bevölkerungsverluste auf (SCHMIDT 1980, STAUFENBIEL 1981).

Analysen zur *demographischen Struktur* derartiger Altbauwohngebiete zeigen den Sachverhalt noch deutlicher an:

- 22 % der Bewohner sind Rentner, überwiegend alleinstehende Frauen zwischen 60 und 80 Jahren, die in einer für sie meist viel zu großen sowie unbequemen Wohnung ohne IWC und Bad leben.

- 46 % der Bewohner gehören Haushalten ohne Kinder unter 18 Jahren an.

- Kennzeichnend ist weiterhin das Vorhandensein von bis zu 10 % kinderreichen Familien in derartigen Gebieten, obwohl dort oft ein extremer Mangel an Kindereinrichtungen, Spielplätzen u. a. charakteristisch ist.

Soziologische Untersuchungen in Leipzig, Karl-Marx-Stadt und anderen Städten weisen



Photo 1
Verkehrsberuhigte Zone

in den innerstädtischen Wohnquartieren einen *Arbeiteranteil* von 50 % aus. In den Neubaugebieten „Fritz Heckert“, Karl-Marx-Stadt, und „Juri-Gagarin-Ring“ in Erfurt liegt dieser nur bei 28 % (HUNGER 1981, STAUFENBIEL 1981). Eine Verlagerung der Wohnungsbauaktivitäten in die Innenstadt dient also zugleich den Zielgruppen unserer Wohnungspolitik. Der geforderte Abbau von Niveauunterschieden zwischen Alt- und Neubaugebieten sollte dabei, wie es nicht erst soziologische Untersuchungen beweisen, auch als wechselseitiger Prozeß ge-

sehen werden. Zunächst geht es aber darum, das Grundbedürfnis nach einer modern ausgestatteten Wohnung zu erfüllen.

Erste *Erfolge bei der Innenstadterneuerung* sind zu verzeichnen. So werden in Leipzig rund 50 % der Neubauwohnungen bis 1990 im innerstädtischen Bereich errichtet. Untersuchungen der Technischen Hochschule Leipzig ergaben, daß in der Bezirksstadt etwa 400 Restflächen und Räume für den innerstädtischen Wohnungsbau nutzbar sind (Abbildung 1). Ein anderes Beispiel ist die Umgestaltung des *Arbei-*



Photo 2
Hofansicht vor der Rekonstruktion

terwohngebietes Halle-Glauchau, in dem Neubau, Instandsetzung und Modernisierung eine Einheit bilden.

Das Modernisierungsgebiet umfaßt ein typisches Arbeiterwohngebiet aus der Gründerzeit, für das überwiegend vier- bis fünfgeschossige Blockbebauung, die Dominanz der Bauzustandsstufe 3, Wohnungen ohne Bad und IWC, dicht überbaute Innenhöfe und fehlende Grünflächen charakteristisch sind. Die Struktur des Handels- und Dienstleistungsnetzes

war weitgehend verkümmert. Die Modernisierung der Wohnquartiere in Halle-Glauchau wird blockweise durchgeführt. Die Konzeption zur Behandlung der Wohnraumsubstanz sieht vor, die Quartierbebauung zu erhalten und Baulücken zu schließen. Die Ausstattung der WE wird weitgehend dem Neubaustandard angepaßt. Ofenheizung wurde beibehalten, da eine Heranführung von Fernwärme nicht möglich war; Küche und Bad sind jedoch mit Gasheizung ausgestattet. Auffallend



Photo 3
Entkernte Seiten- und Hinterhofquartiere

sind die zahlreichen repräsentativen Fassaden aus der Gründerzeit.

Ein weiteres Ziel der Modernisierung bestand darin, verkehrsberuhigte Zonen mit Wasserspielen und Sitzbänken zu schaffen. Die verbliebenen Verkehrsflächen können nach wie vor als Zufahrten zu den Gebäuden sowie zum Parken genutzt werden. Eine Freiterrasse im Straßenbereich wurde im Zusammenhang mit der Rekonstruktion einer Gaststätte neu geschaffen (Photo 1). Die Innenhöfe wiesen ursprünglich eine extrem hohe Bebauung mit parallelstehenden, drei- bis viergeschossigen Häuserzeilen von nur 5...6 m Gebäudeabstand auf. Nach der Entkernung wurden Freiflächen für die Erholung und Hauswirtschaft angelegt (Photo 2 und 3).

3. Effektivität des innerstädtischen Wohnungsbaus

Welche Vorteile bietet das Bauen auf Standorten in der Innenstadt gegenüber denen an der

Peripherie? Vielfältige Untersuchungen über die innere Struktur der Städte und den Zustand der städtischen Wohn- und Industriegebiete zeigen, daß diese Verlagerung des Baugeschehens einen volkswirtschaftlich außerordentlich bedeutsamen Intensivierungsfaktor darstellt (SCHATTEL 1982). Dies soll am Beispiel von Dresden verdeutlicht werden. Dort wurden für 42 innerstädtische Standorte und Standortkomplexe die Erschließungskosten ermittelt und mit denen der Extensivstandorte verglichen (Tabelle 1).

Die Gegenüberstellung zeigt, daß sich die Erschließungsbedingungen beim innerstädtischen Wohnungsneubau, insbesondere die Möglichkeiten der Nutzung vorhandener Netze und Anlagen der Stadttechnik und des Verkehrs, deutlich aufwandsenkend auswirken. Noch deutlicher sprechen die geringeren Aufwendungen für gesellschaftliche Einrichtungen zugunsten der Intensivstandorte.

Eine ähnliche Tendenz zeigt auch die Analyse des laufenden Aufwandes (Tabelle 2). Die laufenden Aufwendungen bei Extensivstandorten liegen insgesamt um das Fünffache höher als bei Intensivstandorten.

	Intensivstandorte	Extensivstandorte
Primär- und Sekundärschließung Stadttechnik und Verkehr	100 %	300 %
Gesellschaftliche Einrichtungen	100 %	324 %

Tabelle 1
Erschließungsbedingungen beim innerstädtischen Wohnungsbau, Quelle: Generalbebauungsplanung Dresden

Die Hauptquelle der ökonomischen Effektivität innerstädtischer Standorte des Wohnungsbaus liegt in der Nutzung der vorhandenen wirtschaftlichen Reserven. Diesen Aspekt verdeutlicht die Tabelle 3, deren Angaben sich auf die Auswertung bisher vorliegender Planungen und Berechnungen zum Vergleich extensiver und intensiver Bebauungsvarianten des Wohnungsbaus in den Mittel- und Großstädten der DDR beziehen und als angenäherte Durchschnittsgrößen gewertet werden können (DOEHLER 1982).

Spalte 1 der Tabelle 3 macht ein Problem deutlich, das unmittelbar mit dem innerstädtischen Wohnungsbau verbunden ist. Die zusätzlich anfallenden Kosten für Abriß, Verlagerung und andere Maßnahmen wirken am innerstädtischen Standort aufwandserhöhend. Dabei wird als Widerspruch sichtbar, daß noch immer die Kosten, die im Zusammenhang mit der Aussonderung verschlissener Substanz als eine objektiv notwendige Form der Reproduktion der Bausubstanz anfallen, allein dem Ersatzneubau angelastet werden.

Tabelle 3 weist aber auch die Hauptquellen der ökonomischen Effektivität innerstädtischer Wohnungsbaustandorte nach. So ist mit den einmaligen Minderaufwandspositionen (Spalte 2) auch eine entsprechende Einsparung laufender Aufwendungen (Spalte 3) verbunden.

In der Möglichkeit, den volkswirtschaftlichen Investitionsaufwand/WE und den laufenden Aufwand/WE · a in der Innenstadt senken zu können, äußert sich der Konzentrations- und Kombinationseffekt der Stadt ökonomisch. Er verstärkt sich im allgemeinen mit der Stadtgröße. Die Zahlenangaben dürfen allerdings nicht darüber hinwegtäuschen, daß es standortbedingt erhebliche Abweichungen von

allen diesen Durchschnittswerten im konkreten Fall geben kann.

Insgesamt geht es aber um Größenordnungen des komplexen Wohnungsbaus, die mit Mehr- bzw. Minderaufwendungen von 10 000...20 000 Mark/WE ein erhebliches Gewicht besitzen. Dies entspricht einem Gesamtbetrag von rund 10 Mia Mark des Akkumulationsfonds der Volkswirtschaft in einem Planjahr.

Deutliche Einsparungen, die mit der verstärkten Hinwendung zum innerstädtischen Bauen verbunden sind, werden besonders bei der Primärschließung und dem laufenden Aufwand erwartet. Die gegenwärtigen Wohnungsbaukosten von Leipzig unterstützen diese Aussage deutlich. So wurden in Leipzig-Grünau etwa 27 500 Mark/WE für die Primärschließung ausgegeben. In innerstädtischen Gebieten liegt dieser Aufwand zwischen 1 800 Mark und 7 800 Mark/WE. Für den laufenden Aufwand werden Werte von 5 500 Mark/WE · a im Neubaugebiet sowie 3 700 Mark/WE · a im Rekonstruktionsgebiet angesetzt. Bei der Einbeziehung des Verkehrs- und Transportaufwandes der Bevölkerung würde der Unterschied noch deutlicher sein (vgl. Abschn. 5).

Neben den ökonomischen Vorteilen sind beiden Standortvarianten aber auch erhebliche Qualitäts- bzw. Gebrauchswertunterschiede der Ergebnisse für die Gesamtstadt immanent. Einer Neubebauung innerstädtischer Gebiete ist gegenüber stadtrandgelegenen Neubau-

Tabelle 2
Struktur des laufenden Aufwandes für Intensiv- und Extensivstandorte

Aufwandsart	Finanzieller laufender Aufwand der Standorte (Mark/WE · a)	
	intensiv	extensiv
Verkehr, gesamt	58	1 003
Stadttechnische Versorgung, gesamt	144	743
Gesellschaftliche Einrichtungen	727	3 058
Freiflächen	0	150
Laufender Aufwand (insgesamt)	929 = 100 %	4 954 = 533 %

Aufwandskategorie	einmaliger Mehraufwand (1000 Mark/WE)	einmaliger Minderaufwand (1000 Mark/WE)	laufender Minderaufwand (Mark/a)
Reiner Wohnungsneubau	3,0...7,0	–	–
Abriß	1,5...5,0	–	–
Grundstückserwerb, Entschädigung, Umsetzung	1,0...3,0	–	–
Neubau, Rekonstruktion, Verlagerung von Betrieben produktiver Bereiche	2,0...5,0	–	–
Bodennutzungsgebühr	–	1,1	–
Gesellschaftliche Einrichtungen	–	3,5...7,5	1000...2500
Technische Erschließung	–	–	–
– primär	–	2,0...4,0	} 350... 650
– sekundär	–	5,0...9,0	

Tabelle 3

Mehr- bzw. Minderaufwendungen einer Neubau-Wohnungseinheit am innerstädtischen Standort im Vergleich zu einer Neubau-WE am extensiven Standort in Mittel- und Großstädten (Durchschnittswerte),
Quelle: DOEHLER 1982

standorten ein *höherer sozial- und kulturpolitischer Stellenwert* beizumessen (Grundsätze für die sozialistische Entwicklung von Städtebau und Architektur. . . . 1982). Mit Rekonstruktion und Wohnungsneubau werden in den zentrumsnahen Altbaugebieten historisch gewachsene Stadtstrukturen erhalten und reaktiviert. Dieser Effekt führt zu einer entscheidenden Aufwertung solcher Gebiete für die Gesamtstadt. Die Vorteile, die derartige zentrumsnahe Gebiete für ihre Bewohner hinsichtlich der engen und vielfältigen *Beziehungen und Verflechtungen von Wohn- und Arbeitsstätten* sowie *Freizeitfunktionen*, auch im Hinblick auf die *Reduzierung des Wege-Zeitaufwandes* pro Einwohner, bieten, werden auf kaum einem randstädtischen Neubaustandort in vergleichbarer Weise erreicht (SCHMIDT 1980).

4. Standortsicherung der produktiven Bereiche

Die gegenwärtigen volkswirtschaftlichen Aufwendungen zur Entwicklung der materiell-technischen Basis der Kombinate und Betriebe sind entscheidende Ausgangspunkte für die Planung der produktiven Bereiche bei der intensiven Entwicklung der Städte. Die Industrie wird in Zukunft mit allen ihren Reproduktionsmaßnahmen stärker Teil einer komplexen

städtebaulichen Entwicklung sein (LAPPO 1981). Ziel ist es, die enge Verzahnung von Wohnen und Arbeiten in der Innenstadt beizubehalten. Die Vorteile, die sich aus dieser Funktionsüberlagerung ergeben, sind vielfältig und liegen vor allem in den kurzen Wegezeiten für die Arbeitskräfte, den Möglichkeiten einer kooperativen Nutzung der sozialen und technischen Infrastruktur sowie einer rationellen Flächennutzung. In den innerstädtischen Gebieten der Groß- und Mittelstädte der DDR entfallen auf jede Wohnung im Durchschnitt etwa 15 m² Gebäudefläche von Arbeitsstätten der produktiven Bereiche. Es handelt sich vorwiegend um kleinere Betriebe und Betriebs-teile.

Beispielsuntersuchungen weisen aus, daß fast 50 % dieser baulichen Grundfonds in gutem Zustand sind und den funktionellen Anforderungen ihrer Nutzer entsprechen. Weitere 40 % können bei Rekonstruktion der Gebäude und Anlagen weiter genutzt oder nachgenutzt werden, wenn die technologische Eignung für die Betriebe gegeben ist und ein Verbleib der Substanz der städtebaulichen Konzeption entspricht. Die Schwierigkeiten, die sich im Einzelfall ergeben, dürfen dabei in keiner Weise unterschätzt werden. Die Entscheidung für die Standortsicherung sollte im konkreten Einzelfall aber schon dann fallen, wenn es zu einer Verbesserung der Umweltsituation kommt, ohne daß der denkbare Idealzustand immer erreicht werden kann.

Investitionsaufwand				
Standort nach Ausbaustufen (WE)	komplexer Wohnungsbau (%)	Primäerschließung (%)		Gesamtinvestitionsaufwand (%)
		Verkehr	Stadttechnik	
5 000 ¹	100	100	100	100
12 000	99,8	192	98,2	102
30 000	100,5	531	96,5	117

¹ dient als Vergleichsmaßstab, Aufwand = 100 %

Tabelle 4
Investitionsaufwand für Extensivstandorte nach Standortgrößen, Quelle: SCHATTEL 1982

Während in den vergangenen Jahrzehnten neue große Industriekomplexe an den Stadträndern herangewachsen sind, müssen unter den Bedingungen einer vorrangig intensiv erweiterten Reproduktion der Industrie die notwendig werdenden Baumaßnahmen zunehmend im innerstädtischen Bereich, vorzugsweise in den Mischgebieten, realisiert werden. Die Industrie- und Gewerbebetriebe der Altstadtbereiche stellen Reserven der Volkswirtschaft dar, deren Effektivitätszuwachs auf dem Wege der Rekonstruktion, Rationalisierung und Modernisierung ungleich höher zu bewerten ist als der durch Verlagerung und Neubau gleicher Arbeitsstätten an Extensivstandorten erreichbare Effektivitätszuwachs. Die notwendigen Investitionen für die Erweiterung und Modernisierung der Betriebe, die bei der Standortsicherung entstehen, sind in der Regel wesentlich geringer und können über einen längeren Zeitraum verteilt werden als die bei einer Betriebsverlagerung erforderlichen.

5. Weitere Planung und Gestaltung der Neubaugebiete

Es soll hier nicht einer alleinigen Innenstadterneuerung das Wort geredet werden. Gleichzeitig wird daneben der Neubau auf „grüner Wiese“ in den nächsten Jahren ein wichtiges Ziel unserer Wohnungspolitik bleiben. Nur da-

durch ist es möglich, quantitative Erfolgskennziffern rasch und in einem solchen ausreichenden Maße zu erzielen, wie es angesichts immer wieder auftretender Schwierigkeiten im Bauwesen in den Innenstadtbereichen nur über lange Fristen zu erreichen sein würde. Jedoch ist auch hier noch einmal zu betonen, daß es langfristig keine realistischen Alternativen zur Innenstadterneuerung gibt.

Auch für die randstädtischen Neubaustandorte ergeben sich in bestimmtem Umfang Intensivierungsmöglichkeiten, die in erster Linie in der Größe der Standorte liegen.

Ein Vergleich von Extensivstandorten zeigt deutlich, daß große Standorte mit über 5 000 WE einen höheren Gesamtinvestitionsaufwand/WE erfordern als die kleineren Standorte (Tabelle 4). Teilweise noch verbreitete Auffassungen, daß die Größe des Standortes am Stadtrand wenig Einfluß auf die Aufwandshöhe hat, werden damit eindeutig entkräftet.

Ähnliche Tendenzen zeigen sich auch, wenn man den Zusammenhang zwischen laufenden Aufwendungen und Standortgröße von Extensivstandorten betrachtet. Diese Aufwendungen steigen in der Regel mit zunehmender Standortgröße erheblich an. So erfordert beispielsweise der größte extensive Standort in Dresden mit 30 000 WE den höchsten laufenden Aufwand von 6 690 Mark/WE · a und der kleinste extensive Standort mit 840 WE den geringsten laufenden Aufwand von 3 160 Mark/WE · a. Der Zusammenhang zwischen Standortlage, Standortgröße und Investitionsaufwand trifft also sowohl für den einmaligen als auch für den laufenden Aufwand zu.

Hauptursachen für den generell höheren laufenden Aufwand bei Extensivstandorten gegenüber den Intensivstandorten sind der erforderliche Mehraufwand für

- die Bewirtschaftung und Unterhaltung von gesellschaftlichen Einrichtungen, die aufgrund ihrer Lage und Größe zusätzlich – im Vergleich zu Intensivstandorten – benötigt werden sowie

- den Betrieb und die Unterhaltung zusätzlicher Verkehrsbeziehungen, die mit zunehmender Größe der Extensivstandorte zur Zunahme und Verlagerung der Verkehrsströme in ge-

samtstädtischem Ausmaß führen können. Leipzig ist dafür ein aktuelles Beispiel.

Der Wohnungsbau am Stadtrand erfordert demzufolge künftig eine breitere Aufteilung auf kleinere Standorte und eine engere Verzahnung mit vorhandenen Stadtrandsiedlungen.

6.

Einbeziehung der Stadt-Umland-Region

Auch in den Stadt-Umland-Regionen der Groß- und Mittelstädte gibt es potentielle Intensivierungsmöglichkeiten des Wohnungsbaus. In den hochurbanen Industrie- und Wohngemeinden der Stadtregionen sind beachtliche Reserven an Bauland und Infrastruktur vorhanden, die bisher kaum für eine Aufwertung dieser Siedlungen genutzt wurden. Die hohe Konzentration des Wohnungsbaus auf die großstädtischen Zentren hat seit 1971 eine ungewollt hohe Migration im Umland dieser Städte ausgelöst und damit gleichzeitig in den Wegzuggemeinden zu einer ungerechtfertigten Aussonderung von noch erhaltenswürdiger Wohnsubstanz geführt. Bisher wurde in erheblichem Maße die modernisierungswürdige Bausubstanz dieser Siedlungen durch nicht-standortgerechten Wohnungsbau am Stadtrand der Groß- und Mittelstädte ersetzt. Über Jahrzehnte gewachsene, effektive arbeits-, versorgungs- und erholeräumliche Beziehungen wurden dadurch reduziert oder ganz abgebaut.

Besonders die Kleinstädte mit ihrem meist vielfältigen Funktionsspektrum zeigen einen erheblichen Nachhole- und Ersatzbedarf. Die bisher in diese Siedlungskategorie eingeordneten Wohnungsbaumaßnahmen reichen nicht aus, um ihre demographischen Reproduktionsbedingungen spürbar positiv zu beeinflussen. In den Städten der Stadt-Umland-Region von Leipzig, wie z. B. Markranstädt, Taucha, Engelsdorf und Schkeuditz, ist seit 1946 – bezogen auf den gesamten Wohnungsbestand dieser Städte – weniger als 15 % Wohnungsneubau durchgeführt worden. Obwohl diese Städte neben ihrer Wohnfunktion für Leipzig

selbst wichtige Standorte der materiellen Produktion sind, ist ihre Bevölkerungsentwicklung seit 1971 stark rückläufig. Extrembeispiele sind Engelsdorf, Markranstädt, Pegau, Groitzsch, Zwenkau, Schkeuditz und Taucha, die in den letzten 10 Jahren 12...19 % ihrer Wohnbevölkerung eingebüßt haben. Für diese Siedlungen ergeben sich mit der Durchsetzung der Intensivierung ebenfalls qualitativ veränderte Aspekte für die Rekonstruktion und Modernisierung ihrer Ortszentren sowie für die Einordnung kleinerer Neubaustandorte. Auch Eigenheime müssen nicht zwangsläufig auf der „grünen Wiese“ entstehen. Erste Beispiele zeigen, daß bauwillige Bürger auch für die Rekonstruktion innerstädtischer Ortsteile zu interessieren sind, wenn die notwendigen baulichen Maßnahmen im Bereich der technischen Infrastruktur entsprechend koordiniert werden. Der „innerstädtische Eigenheimbau“ ließe sich also auch für die Reaktivierung der Siedlungen in der Umlandzone der Großstädte nutzen und könnte dazu beitragen, die Bevölkerungsentwicklung in diesen Siedlungen zu stabilisieren. Andererseits kann damit dem Wunsch eines Teiles der Bevölkerung nach Eigenheimen besser entsprochen werden.

Bereits zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird deutlich, daß mit dem allmählichen Übergang zum innerstädtischen Wohnungsbau die flächenhafte Ausdehnung der Städte sinnvoll begrenzt werden kann und das Baugeschehen innerhalb der Stadt immer mehr für eine höhere soziale sowie räumlich-gestalterische Qualität der historisch gewachsenen Stadt wirksam wird. Dabei geht es um eine sinnvolle Koordination einer Vielzahl von Einzelmaßnahmen im gesamten Stadtgebiet, wobei je nach Struktur der Stadtteilgebiete und ihrem differenzierten Ausstattungsstandard jeweils unterschiedliche Maßnahmen zur Verbesserung der gesamtstädtischen Arbeits- und Lebensbedingungen einzuleiten sind. Sie müssen insgesamt das Ziel haben, eine optimale Gesamtentwicklung der Stadt in ökonomischer, sozialer, funktioneller, technisch- und architektonisch-gestalterischer Hinsicht zu sichern, wie es die Grundsätze für die sozialistische Entwicklung von Städtebau und Architektur fordern.

Literatur

DOEHLER, P.:

Zur Effektivität des innerstädtischen
Wohnungsbaus. – In: Architektur der DDR.
– Berlin 31 (1982), 12, S. 717...720.

Für über 550 000 Bürger in diesem Jahr bessere
Wohnbedingungen. – In: Neues Deutschland.
– Berlin 38 (1983), 303 [24./25. 12. 1983], S. 3.

FRITSCHKE, H.:

Aufgaben von Forschung und Praxis in
Städtebau und Architektur bei der weiteren
Gestaltung der entwickelten sozialistischen
Gesellschaft der DDR. – In: Architektur der
DDR. – Berlin 31 (1982), 2, S. 70...80.

Generalbebauungsplanung der Städte Dresden,
Erfurt, Halle, Karl-Marx-Stadt, Leipzig,
Magdeburg.

Grundsätze für die sozialistische Entwicklung von
Städtebau und Architektur in der Deutschen
Demokratischen Republik.

Beschluß des Politbüros des ZK der SED
und des Ministerrates der DDR. – In: Neues
Deutschland. – Berlin 37 (1982), 125
[29./30. 5. 1982], S. 9...10.

HUNGER, B.:

Soziologische Untersuchungen als Bestandteil
städtebaulicher Planung der Umgestaltung von
Altbauwohngebieten. – Weimar (Diss. A) 1981.

JUNKER, W.:

Das Wohnungsbauprogramm für die Jahre 1976
bis 1990. – Berlin, 1973.

LAPPO, G. M.:

Problemy ispol'zovanija narodnochozjajstven-
nogo potenciala bol'sich gorodov na
sovremennom etape ekonomičeskogo i social'-
nogo razvitija SSSR. – In: Izv. Akad. nauk
SSSR, Ser. Geogr. – Moskva 3 (1981), S. 11...21.

SCHATTEL, J.:

Grundlinie zur Weiterführung der General-
bebauungsplanung im Zeitraum 1981 bis 1985
– Ergebnisse und Erfahrungen der Erstan-
wendung. – In: Architektur der DDR. – Berlin
31 (1982), 12, S. 713...716.

SCHMIDT, H.:

Tendenzen in der Entwicklung großer Städte
– unter besonderer Berücksichtigung der
Rolle der Infrastruktur im gesellschaftlichen
Reproduktionsprozeß. – Halle (Diss. B) 1980.

STAUFENBIEL, F.:

Soziale Prozesse und Stadtgestaltung. – In:
Informationen aus Wissenschaft und Technik.
Akad. Wiss. DDR. – Berlin 10 (1981), S. 3...31.

Zusammenfassung

Die Erhöhung der Verfügbarkeit der Naturressourcen und -potentiale bei annähernd gleichem Reproduktionsaufwand ist ein wesentliches Erfordernis der ökonomischen Strategie der 80er Jahre. Durch hohe Schadstoffbelastung werden reproduktive Mehraufwendungen notwendig, um die quantitative und qualitative Verfügbarkeit der Naturressourcen und -potentiale herzustellen. Der Gewässerschutz trägt durch die Verbesserung oder Beibehaltung der Gewässerbeschaffenheit zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Gewässer bei. Der Nachweis der volkswirtschaftlichen Effektivität des Gewässerschutzes erfolgt durch die Gegenüberstellung des ökonomischen Nutzens mit den notwendigen einmaligen und laufenden Aufwendungen für den Gewässerschutz.

Summary

Ascertaining the national economic effectiveness, in terms of value, of pollution abatement as a prerequisite of further qualification of management and planning of socialist environmental development

Increasing the availability of natural resources and potentials at nearly the same costs of reproduction is an essential element of economic strategy in the eighties. The high burden by pollutants requires extra reproductive expenditure to restore the quantitative and qualitative availability of the natural resources and potentials. Pollution abatement contributes to increased availability of waters by improving or maintaining their quality. National economic effectiveness of pollution abatement is demonstrated by comparing the economic benefit with the necessary nonrecurring and recurrent expenditure for pollution abatement.

Резюме

Определение народнохозяйственной эффективности охраны вод в ценностном выражении как предпосылка дальнейшего улучшения управления и планирования социалистического благоустройства окружающей среды

Повышение возможности располагать природными ресурсами и потенциалами при приблизительно одинаковой затрате воспроизводства является существенной необходимостью эконо-

Die wertmäßige Ermittlung der volkswirtschaftlichen Effektivität des Gewässerschutzes als Voraussetzung zur weiteren Qualifizierung der Leitung und Planung der sozialistischen Umweltgestaltung

Mit 2 Tabellen im Text

Autoren:

Dr. HANS-PETER BARKENTHIEN
Ingenieurschule für Wasserwirtschaft
3010 Magdeburg
Domplatz 6–7
Dr. WERNER GUTZER
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Sektion Wirtschaftswissenschaften
4020 Halle (Saale)
Große Steinstraße 73

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 115...123
VEB H. Haack Gotha 1985

мической стратегии 80 годов. Из-за высокой нагрузки вредными веществами требуются репродуктивные перерасходы, чтобы обеспечить количественную и качественную возможность располагать природными ресурсами и потенциалами. Охрана вод путём улучшения или сохранения качества вод способствует повышению возможности располагать водами. Доказательство народнохозяйственной эффективности охраны вод происходит противопоставлением экономической пользы с необходимыми однократными и постоянными расходами для охраны вод.

1. Sozialistische Umweltgestaltung – integrierter Bestandteil der ökonomischen Strategie der 80er Jahre

Für den gesellschaftlichen Produktionsprozeß sind die menschliche Arbeitskraft und das Naturmilieu mit seinen Naturressourcen und -potenzen „einzig originelle Produktionsbedingung“ (MARX 1967, S. 38). Das Naturmilieu und die Arbeitskraft stellen die „Springquellen allen Reichtums“ der menschlichen Gesellschaft dar, indem sie die unabdingbaren Voraussetzungen zur Schaffung von Gebrauchswerten sind (MARX 1962, S. 529...530).

Deshalb kommt der Verfügbarkeit der Naturressourcen und -potentiale, aber auch ihrem Aufwand-Nutzen-Verhältnis im gesellschaftlichen Reproduktionsprozeß große Bedeutung zu, entscheidet doch beides in hohem Maße über die Höhe der Arbeitsproduktivität und damit über das gesellschaftliche Gesamtprodukt. Die Gunst oder Ungunst der Natur hinsichtlich der Verfügbarkeit der Naturressourcen und -potentiale führt zu fördernden oder hemmenden Faktoren bezüglich der Effektivität der Reproduktionsprozesse in den Territorien. Es geht darum, die Gratisdienste der Natur im Stoffwechselprozeß Gesellschaft-Natur zu erhalten und im gesellschaftlichen Reproduktionsprozeß wirksam werden zu lassen. Je geringer die volkswirtschaftlichen Aufwendungen zur Bereitstellung von Naturressourcen und -potentialen und damit die Kosten für Anlagen und Schutzmaßnahmen, wie z. B. Wasserbereitstellungs- und Abwasserreinigungsanlagen oder Waldanpflanzungen, sind, um so höher ist ihr Beitrag zur Erhöhung der Effektivität im Reproduktionsprozeß. Unter den gegenwärtigen Bedingungen der Naturnutzung ist für die Regeneration der Natur gesellschaftliche Arbeit notwendig. Daher wird die natürliche Selbstregeneration der Naturressourcen und -potentiale immer mehr zu einer gesellschaftlichen Reproduktion des Naturmilieus.

Die Praxis zeigt, daß eine hohe Schadstoffbelastung der Oberflächengewässer sich nega-

tiv auf die Höhe des gesellschaftlichen Gesamtproduktes, aber auch auf die Effektivität seiner Verwendung bezüglich der einfachen und erweiterten Reproduktion der produktiven Bereiche als auch der Konsumtion auswirkt. Durch die hohe Schadstoffbelastung werden reproduktive Mehraufwendungen notwendig, um einerseits die stoffliche Verfügbarkeit der Oberflächengewässer herzustellen und andererseits Schadwirkungen bei anderen Naturressourcen und -potentialen und in der technisch-gestalteten Umwelt zu beseitigen, hinauszuzögern oder zu verhindern.

Ausgehend von der Bedeutung des Wassers und der Oberflächengewässer im volkswirtschaftlichen Reproduktionsprozeß wird im neuen Wassergesetz der Gewässerschutz entsprechend hervorgehoben. Sein Ziel ist es, „Wasser und Gewässer vor Einwirkungen zu schützen, die ihre Nutzbarkeit beeinträchtigen, zu Gefahren für das Leben und die Gesundheit der Bürger, zu Schäden in der Volkswirtschaft, in der Tier- und Pflanzenwelt, oder zu anderen nachteiligen Folgen führen können“ (REICHELT 1982). Das Wassergesetz fordert deshalb, daß der Gewässerschutz als gesellschaftliche Aufgabe nicht nur Sache der staatlichen Organe, sondern auch aller Kombinate, Betriebe, Genossenschaften und Einrichtungen sowie aller Bürger des Territoriums unter der Zielstellung der Mehrfachnutzung der Gewässer ist. Die Verfügbarkeit der Oberflächengewässer hat mit der und nicht gegen die Natur, d. h. durch das Selbstreinigungsvermögen der Oberflächengewässer, zu erfolgen. Die Gratisdienste der Natur sind bewußt im Intensivierungsprozeß der Volkswirtschaft zu nutzen.

Der volkswirtschaftliche Effektivitätsnachweis von Maßnahmen des Gewässerschutzes erfolgt durch die Gegenüberstellung des ökonomischen Nutzens, der in den Nutzerbereichen der Oberflächengewässer in Form der Senkung der Reproduktionskosten und der Ertrags- und Leistungssteigerung eintritt. Er basiert auf den notwendigen einmaligen und laufenden Aufwendungen dafür.

Der quantitative Nachweis der reproduktiven Mehraufwendungen ist daher notwendige Voraussetzung zur Entscheidungsfindung der staatlichen und wirtschaftsleitenden Organe

bei der Realisierung von Maßnahmen des Gewässerschutzes in den Territorien. Auf der Basis der quantitativen Erfassung der reproduktiven Mehraufwendungen wird eine Rang- oder Reihenfolge von Maßnahmen des Gewässerschutzes ermöglicht. Es geht um die langfristige Gestaltung solcher rationeller Territorialstrukturen, die den zunehmenden Stellenwert der Umweltqualität als Faktor zur Effektivitätserhöhung in der Volkswirtschaft in entscheidendem Maße berücksichtigen.

2. Spezifische Aspekte der ökonomischen Interpretation von Maßnahmen des Gewässerschutzes

Im Verlaufe der bisherigen gesellschaftlichen Entwicklung war die Wechselbeziehung zwischen den Menschen und der sie umgebenden Natur auf eine immer umfassendere Einbeziehung der Ressourcen des Naturraums ausgerichtet. Dabei wurde der jeweils erreichte Grad der Naturbeherrschung bis in unser Jahrhundert hinein in vielen Nutzungsbereichen daran gemessen, inwieweit es gelang, möglichst große Ressourcenmengen vor allem in den produzierenden Bereichen der Gesellschaft zu nutzen. Diese Tendenz führte jedoch in vielen Territorien zu einer Verknappung des Ressourcenangebots. Das gilt gegenwärtig auch für solche Ressourcen, die von Natur aus ständig reproduziert werden.

Die Wasserressourcen eines Territoriums werden, wenn auch über die einzelnen Jahre und Jahreszeiten differenziert, durch den Wasserkreislauf der Erde ständig reproduziert. Dennoch kommt es in einigen Territorien trotz umfangreicher Aktivitäten der Gesellschaft zur Absicherung eines immer größeren stabilen Wasserdargebots, vor allem in den Ballungsgebieten, zu erheblichen Belastungen der Wassermengenbilanzen.

So liegt im Bezirk Halle der durchschnittliche Nutzungsgrad der Wasserressourcen, bezogen auf das potentielle Wasserdargebot, bei

Nutzungsart	Beschaffenheitsklasse ¹					
	1	2	3	4	5	6
Wasser- versorgung k _w (Mark/m ³)						
Kesselspeise- zusatzwasser Hochdruck- anlagen	1,76	1,93	3,38	4,83	6,30	-
Niederdruck- anlagen	0,38	0,43	0,73	0,98	1,28	-
Kühlwasser	0,08	0,08	0,17	0,23	0,38	-
Produktions- wasser	0,17	0,18	0,22	0,29	0,42	-
Trinkwasser	0,11	0,14	0,20	0,28	0,48	-
Beregnung landwirt- schaftlicher Nutzflächen e _f (Mark/ha)						
Zuckerrüben	1 200	1 200	1 200	-	-	-
Kartoffeln	3 600	3 600	3 600	-	-	-
Getreide	150	150	150	-	-	-
Futterpflanzen	305	305	305	-	-	-
Feldgemüse	3 300	3 300	3 300	-	-	-
Flußfischerei e _f (Mark/ha)	91	91	91	-	-	-
Erholung k _f (1000 Mark/ha)						
Baden, Sonnen- baden, Sport und Spiel am Gewässer	225	225	535	625	625	625
Flußangeln	0	0	0	0,671	0,671	0,671
Bootfahren	14	14	14	27	27	27

Tabelle 1
Durchschnittskennziffern zur Bewertung unterschiedlicher
qualitativer Verfügbarkeitsniveaus der Ressource Wasser
(Flußwasser).

¹ Die Interpretation der einzelnen Beschaffenheitsklassen
leitet sich aus dem Standard „Nutzung und Schutz der
Gewässer“ ab (siehe Literatur – TGL 22764).

150 % und, bezogen auf das reale Dargebot, bei 300 % in einem mittleren Abflußjahr. In einem Trockenjahr kann der Nutzungsgrad in bezug auf das reale Dargebot auf 400 % ansteigen. Dabei sind in einzelnen Einzugsgebieten Nutzungsgrade bis zu 600 % möglich. Mit diesen hohen Nutzungsgraden steigen gleichzeitig auch die Belastungen, die in der Hauptsache durch die Nebenwirkungen der Nutzungsprozesse auf die Gewässerbeschaffenheit entstehen.

Der Gewässerschutz wird immer mehr zum direkten Bestandteil der Wasserbereitstellung, denn hohe Gewässerbelastungen tragen neben dem erhöhten Wasserbedarf in immer stärkerem Maße zur Ressourcenverknappung bei. Bei dieser Feststellung ist davon auszugehen, daß die bereitgestellten Wassermengen nur dann entsprechend den gesellschaftlichen Erfordernissen bedarfsgerecht verwendbar sind, wenn ihre Beschaffenheit dem beabsichtigten Verwendungszweck entspricht.

Der gegenwärtig zu verzeichnende Grad der Ressourcenverknappung ist in erster Linie auf das vorhandene Niveau der Ressourcennutzungsprozesse zurückzuführen. Der durch die rationelle Wasserverwendung erreichbare Grad der Entlastung unserer Wasserressourcen wird immer mehr zum Beurteilungsmaßstab der Naturbeherrschung. Über die gegenwärtigen Bemühungen der Gesellschaft zur Senkung des spezifischen Wasserverbrauches hinaus geht es bei der Umsetzung dieser Erkenntnis vor allem um die „ressourcenfreundliche“ Gestaltung der Wasserverwendungstechnologien. Der im Ergebnis des Einsatzes solcher Technologien erreichbare Umfang der freigesetzten Wassermengen ist ein wesentlicher Beitrag zur langfristigen Sicherung des Ressourcenbedarfs.

Bei der Ressourcenfreisetzung geht es jedoch nicht nur um die Konzipierung wassersparender Technologien, sondern auch um solche mit einer wesentlich verringerten Schadstoffemission.

Geht man davon aus, daß sich das innerhalb eines Territoriums verfügbare Ressourcendargebot, die reale Ressource (D_r) wie folgt berechnet:

$$D_r = R_s + R_r - (R_{\text{besch}} + R_{\text{techn}}) \quad (\text{m}^3/\text{a}),$$

wobei

R_s – stabiles Wasserdargebot (m^3/a),

R_r – reguliertes Wasserdargebot (m^3/a),

R_{besch} – bedingt durch die vorhandenen qualitativen Beschaffenheitsparameter für die beabsichtigten Nutzungen nicht verfügbare Wassermenge (m^3/a) und

R_{techn} – bedingt durch die vorhandene Lage-
rung im Naturverbund für die beab-

sichtigten Nutzungen nicht verfügbare Wassermenge (m^3/a)

bedeutet, so wird die Wirkung einer Verminderung unserer Gewässerbelastung deutlich sichtbar.

Der Gewässerschutz ist darauf zu orientieren, daß weitere Belastungen der Gewässer verhindert werden, damit nicht noch mehr Anteile des realen Dargebots ($R_S + R_r$) aus dem Verbund der Ressourcen herausfallen ($R_{\text{besch}} = \text{const.}$). Außerdem ist darauf zu achten, daß bestehende Nutzungseinschränkungen durch die Verminderung vorhandener Belastungen ($R_{\text{besch}} \rightarrow \text{min}$) aufgehoben werden.

Der mit dem Gewässerschutz verbundene einmalige und laufende gesellschaftliche Aufwand stellt sich somit als Teil des Aufwandes zur bedarfsgerechten Bereitstellung der Wasserressourcen eines Territoriums dar. Als Bestandteil der Nutzungsaufwendungen ist er Voraussetzung für die Mehrfachnutzung der Ressource Wasser innerhalb eines Territoriums und somit Teil des gebietswirtschaftlichen Bereitstellungsaufwandes.

Der ökonomische Nutzen dieser Maßnahme ist in erster Linie eine volkswirtschaftliche Kategorie, denn er tritt infolge der gegenwärtigen ökonomischen Regelungen nur selten bei den Veranlassern selbst, sondern in der Hauptsache bei den Folgenutzern im Territorium auf.

Die Suche nach realistischen Ansatzpunkten für die ökonomische Interpretation der sich aus einer verbesserten Gewässerbeschaffenheit ableitenden Vorteilswirkungen dient nicht in erster Linie der Begründung von Maßnahmen des Gewässerschutzes. Sie leitet sich aus den in einem Territorium vorhandenen oder für die Zukunft erkennbaren qualitativ bedingten Nutzungseinschränkungen ab. Die ökonomische Interpretation von Maßnahmen des Gewässerschutzes dient in erster Linie der Objektivierung von Entscheidungsprozessen zur zeitlichen Einordnung ihrer volkswirtschaftlich begründeten Realisierungsreihenfolge. Dabei kommt es vor allem darauf an, die gegenwärtig noch dominierenden außerökonomischen Kennziffern zur Bewertung eines bestimmten qualitativen Verfügbarkeitsniveaus durch ökonomische Kennziffern zu ergänzen.

Der Gebrauchswert einer ausreichend vorhandenen Wassermenge wird über den Wirkungsgrad der an sie gebundenen Potentiale vermittelt. Dabei sind das biotische Ertragspotential, das Rohstoffpotential, das Selbstreinigungspotential und das Rekreationspotential in sehr starkem Maße von der Gewässerbeschaffenheit abhängig. Das biotische Ertragspotential begründet den Einsatz der Wasserressource als Produktionsmittel im Bereich der Fischereiwirtschaft und Pflanzenproduktion. Das Rohstoffpotential beeinflusst die Effektivität der Ressource als Arbeitsgegenstand im Bereich der Wasserversorgung. Das vorhandene Selbstreinigungspotential wirkt sich in seiner Leistungsfähigkeit sehr stark auf die gesellschaftlich notwendigen Kosten zur Abwasserbehandlung aus. Als Teilkomponente des naturräumlichen Rekreationspotentials hat das der Ressource Wasser einen direkten Einfluß auf die Reproduktion der Arbeitskraft des Menschen in seiner ihn umgebenden Natur. Aufgabe der ökonomischen Bewertung dieser einzelnen Leistungsangebote ist es, die bei unterschiedlichen Gewässerbelastungen differenzierte Verwendbarkeit der Potentiale für den Reproduktionsprozeß sichtbar zu machen. Dabei ist der Zusammenhang zwischen Ressourcenverfügbarkeit und Ökonomie der Ressourcennutzungsprozesse aufzuzeigen. Die Objektivität dieser Darstellung ist jedoch nur dann gewährleistet, wenn die ökonomische Bewertung der qualitativen Ressourcenverfügbarkeit im direkten Berührungspunkt zwischen der Ressource und dem beschaffenheitsabhängigen Nutzungsprozeß erfolgt. Dabei ist grundsätzlich zwischen zwei Nutzungsarten zu unterscheiden:

- Nutzung der Ressource nach ihrer Extraktion aus dem Naturverbund und
- Nutzung der Ressource direkt in ihrem natürlichen Verbund.

Bei der ersten Nutzungsart können zwischen den aus dem Naturverbund extrahierten Rohstoffen Wasser und den nachfolgenden Verwendungsprozessen technische Systeme geschaltet werden. In diesem Fall wirkt sich das von der unterschiedlichen Gewässerbeschaffenheit abhängige differenzierte Leistungsvermögen des Rohstoffpotentials nicht direkt auf den eigent-

lichen Verwendungsprozeß aus. Es wirkt primär auf die Kosten für den Betrieb der Wasseraufbereitungsanlagen, deren Aufgabe darin besteht, die Abweichungen zwischen den Beschaffenheitsparametern der zu extrahierenden Ressourcen und den bedarfsseitigen Anforderungen an die Beschaffenheit des zu verwendenden Wassers auszugleichen. Da bei der zweiten Nutzungsart in der Regel nicht die Möglichkeit besteht, die im Nutzungsbereich vorhandene Belastung zu kompensieren, wirkt hier die differenzierte Leistungsfähigkeit der an die Ressource Wasser gebundenen Potentiale direkt auf den eigentlichen Nutzungsprozeß. Die beschaffenheitsabhängige Verminderung der Leistungsfähigkeit des Potentials kann hier nicht durch zusätzliche Aufwendungen des Nutzers zur Behandlung des benötigten Wassers kompensiert werden. Die Beschaffenheitsparameter der Ressource begründen in diesem Fall somit ihre direkte Verwendbarkeit. Die ökonomischen Wirkungen der mit unterschiedlichen Gebrauchswerteigenschaften ausgestatteten Wasserressourcen können bei der ersten Nutzungsart über die Aufbereitungskosten (k) und bei der zweiten Nutzungsart über das aus der Wasserverwendung ableitbare ökonomische Ergebnis (e) des Nutzers dargestellt werden. Die in Tabelle 1 ausgewiesenen Kennziffern können für die überschlägige Beurteilung der unterschiedlichen ökonomischen Wirkungen des qualitativen Verfügbarkeitsniveaus von Wasserressourcen (Flüsse) herangezogen werden.

Die im Ergebnis des Gewässerschutzes erreichte Verbesserung oder verhinderte Verschlechterung der Gewässerbeschaffenheit kann in ihrem ökonomischen Nutzen (Kostensenkung Δk , Gewinnerhöhung Δe) durch die vergleichende Betrachtung des Beschaffenheitszustandes vor und nach Realisierung der jeweils zu beurteilenden Maßnahme ermittelt werden (Zustand 0, Zustand 1). Unter Berücksichtigung der Hauptnutzungsbereiche Wasserversorgung (W), Beregnung landwirtschaftlicher Nutzflächen (L), Erholung (R), Fischereiwirtschaft (F) und Abwasserbehandlung (E) kann unter Beachtung der jeweils gesicherten oder zusätzlich realisierbaren Wassermengen (ΔW) der volkswirtschaftliche Nutzen von

Maßnahmen des Gewässerschutzes (ΔN) wie folgt dargestellt werden:

$$\Delta N = \Delta k_W + \Delta k_R + \Delta k_E + \Delta e_L + \Delta e_F + \Delta W \text{ (Mark/a)}$$

mit

$$\Delta k = k_0 - k_1^1$$

$$\Delta e = e_1 - e_0$$

$$\Delta W = W_1 - W_0$$

Δk = beschaffenheitsabhängige Kostensenkung im Bereich
...(W, R, E – s. o.)

Δe = beschaffenheitsabhängige Ergebniserhöhung im Bereich
...(L, F – s. o.)

ΔW = bei Realisierung der Gewässerschutzmaßnahme gesicherter oder zusätzlich realisierbarer Bereitstellungswert der Ressource.

Unter Verwendung der in Tabelle 1 ausgewiesenen Richtwerte können die Bewertungsgrößen k , e und W für die ökonomische Interpretation des Beschaffenheitszustandes vor Realisierung der Maßnahme (0) und nach Realisierung der Maßnahme (1) wie folgt berechnet werden:

$$k_W = k_W^x \cdot V \quad \text{(Mark/a)}$$

$$k_R = k_R^x \cdot A_W \quad \text{(Mark/a)}$$

$$e_L = e_L^x \cdot A_L \quad \text{(Mark/a)}$$

$$e_F = e_F^x \cdot A_F \quad \text{(Mark/a)}$$

$$W = W^x \cdot V \quad \text{(Mark/a)}$$

V = im jeweiligen Nutzungsbereich extrahierte Wassermenge (m^3/a)

A_W = für die jeweils zu bewertende Erholungsaktivität genutzte Wasserfläche (ha)

A_L = berechnete landwirtschaftliche Nutzfläche (ha)

A_F = fischereiwirtschaftlich (Flußfischerei) genutzte Fläche (ha)

1 Für den Nachweis der Abwasserbehandlungskosten k_E bei der Einleitung der Abwässer in Flußläufe mit unterschiedlichen Selbstreinigungspotentialen können keine Richtwerte vorgelegt werden.

Beschaffenhkeitsklasse Zustand		Nutzer	Nutzungseinheit		Nutzungsart	Ökonomischer Nutzen (Mark/a)	
0	1		A (ha)	V (Mio m ³ /a)		Δe; Δk	ΔW
5	3	W ₁	–	2,3725	Trinkwasserversorgung	332 150	71 175
4	2	R ₁	0,342	–	Erholung (Bad)	136 800	0
4	2	F ₁	600,0	–	Karpfenproduktion	319 200	0
4	2	W ₂	–	2,5550	Trinkwasserversorgung	229 950	76 650
4	2	L ₁	1024,0	} 52 100	Beregnung	830 000	} 156 300
4	2	L ₂	2242,0		landwirtschaftlicher	1754 500	
4	2	L ₃	1521,0		Nutzflächen	699 200	
4	2	F ₂	40,0		Flußfischerei	3 640	
						4 305 440	304 125
						ΔN 4 609 565,00 Mark/a	

Tabelle 2

Überblick über den an den einzelnen Nutzungsstandorten realisierbaren ökonomischen Nutzen (ΔN)

W^x = als Wassernutzungsentgelt durch den Gewässernutzer zu entrichtender Betrag (Mark/m³).²

Die ökonomische Interpretation des Gebrauchswertes von Wasserressourcen unterschiedlicher qualitativer Verfügbarkeit und die Anwendung der daraus resultierenden Darstellungsmöglichkeiten für den Nachweis des ökonomischen Nutzens von Maßnahmen des Gewässerschutzes bieten gleichzeitig realistische Ansatzpunkte für die Beurteilung der hiermit verbundenen gesellschaftlichen Aufwendungen.

3. Die Effektivität des Gewässerschutzes – dargestellt am Beispiel eines Flußeinzugsgebietes

In einem Flußeinzugsgebiet, dessen Fläche von 500 km² zum überwiegenden Teil auf dem Territorium des Bezirkes Halle liegt, entsteht die Hauptbelastung für den Flußlauf durch die Abwassereinleitung einer Kreisstadt am Flußkilometer 54.

Dadurch, daß gegenwärtig nur ein geringer Teil dieses Abwassers direkt dem Fluß zugeleitet wird, kann innerhalb des Jahres weitestgehend die Beschaffenhkeitsklasse 2 gehalten wer-

den. Der größte Teil des Abwassers wird gegenwärtig der Abwasserlandbehandlung zugeführt und gelangt somit über den Boden in das Grundwasser. Da der bereits derzeitig im Verregnungsgebiet vorhandene Kiesabbau ständig voranschreitet, ist davon auszugehen, daß bis spätestens im Jahr 2000 die Flächen für die Abwasserbehandlung nicht mehr zur Verfügung stehen. In diesem Fall würde sich die Gewässerschaffenhkeitsklasse im Flußlauf, da alle Abwässer der Stadt über die hier vorhandene mechanische Kläranlage dem Gewässer zugeleitet werden müßten, bis zum Flußkilometer 40 auf die Klasse 5 und im nachfolgenden Gewässerabschnitt auf die Klasse 4 verschlechtern.

Daraus ergeben sich erhebliche nachteilige Folgen für die Nutzung des am Flußkilometer 41 gelegenen Flachlandspeichers, der neben seiner Hauptfunktion als Hochwasserschutzanlage auch als fischereiwirtschaftliche Anlage, als Speicher zur Beregnungswasserabgabe, als Schutzgebiet für seltene Wasservogelarten und als Erholungsgebiet genutzt wird. Gleichzeitig würden die durch Infiltration von Flußwasser beeinflussten Grundwasserreserven des Territoriums gefährdet sein.

Um diese Gefahren ausschließen zu können, ist die Abwasserbehandlung so auszurichten,

2 Die Höhen der Wassernutzungsentgelte ergeben sich entsprechend den gesetzlichen Bestimmungen. Für die Beregnung landwirtschaftlicher Nutzflächen ist davon abweichend ein Beitrag von 0,03 Mark/m³ in Ansatz zu bringen.

daß im Gewässerabschnitt unterhalb der Abwasserbehandlungsanlage überwiegend die Klasse 2 gesichert ist. Wegen der gebietsspezifischen Besonderheit des Flachlandspeichers ist zur Absicherung dieser Zielvorstellung am Flußkilometer 54 der Bau einer vollbiologischen Abwasserbehandlungsanlage (1., 2. und 3. Reinigungsstufe) notwendig. Der für diese Maßnahme des Gewässerschutzes erforderliche einmalige Aufwand (A_{BE}) beläuft sich auf 26,6 Mio Mark. Der sich aus dem Betrieb dieser Anlage ableitende laufende Aufwand (A_{BL}) ist in einer Größenordnung von 1,633 Mio Mark/a zu erwarten. Der Nutzen dieser Maßnahme ergibt sich über die in ihrem Ergebnis gesicherte Einsatzeffektivität der Ressource Wasser. Der Gesamtnutzen, der im Einzugsgebiet in einer Höhe von 4,61 Mio Mark jährlich entsteht, erbringt den Nachweis der volkswirtschaftlichen Effektivität der Gewässerschutzmaßnahmen. Der Ausweis des sich ergebenden ökonomischen Nutzens nach Nutzungsarten erfolgt durch die Tabelle 2. Durch die Gegenüberstellung des volkswirtschaftlichen Nutzens und des gesellschaftlich notwendigen Aufwandes für die Sicherung der territorialen Bedarfsansprüche an die Ressource ergeben sich nachfolgende Bewertungskennziffern:

- volkswirtschaftliche Effektivität der laufenden Aufwendungen des Gewässerschutzes

$$E_{BL} = \frac{\Delta N}{A_{BL}}$$

- Rückflußdauer des einmaligen Aufwandes für den Gewässerschutz

$$R_{BE} = \frac{A_{BE}}{\Delta N}$$

Mit einer Rückflußdauer des einmaligen Aufwandes von nur 6 Jahren und einer Effektivität des laufenden Aufwandes von jährlich 2,82 kann die untersuchte Maßnahme trotz des für die Behandlung eines kommunalen Abwassers sehr hohen gesellschaftlichen Aufwandes als effektiv eingeschätzt werden. Dies wird vor allem durch die Tatsache bestätigt, daß mit einem laufenden Aufwand für die Gewährleistung der Beschaffenheitsklasse 2 von 1,00 Mark jährlich 2,82 Mark an volkswirtschaftli-

chem Nutzen nationaleinkommenswirksam verfügbar gemacht werden können.

Der für den Gewässerschutz notwendige gesellschaftliche Aufwand hat als Teil des gebietswirtschaftlichen Aufwandes zur Bereitstellung der bedarfsgerechten Verfügbarkeit der Ressource Wasser im Territorium (A_B) einen erheblichen Einfluß auf die Aufwendungen einzelner Bedarfsträger zur Versorgung mit Wasser (A_V). Aus dieser Wechselbeziehung leiten sich neben den oben genannten Möglichkeiten weitere Effektivitätsnachweise ab.

Der gesellschaftliche Aufwand zum Schutz der Ressource ist dann effektiv, wenn der gebietswirtschaftliche Aufwand (A) möglichst gering ist:

$$A = A_B + A_V \rightarrow \min,$$

oder wenn die für den Wasserbedarf notwendigen Aufwendungen des Gewässerschutzes (A_B) durch die aus der in ihrem Ergebnis erreichten erhöhten Produktivität der Ressourcenpotentiale bedingten Einsparungen an Versorgungsaufwand ΔA_V weitestgehend kompensiert werden:

$$A = \Delta A_V - A_B \rightarrow \max.$$

Diese Darstellungsform ist besonders für die Interpretation des einmaligen Aufwandes der Gebietswirtschaft von Bedeutung.

Dem Aufwand für den Bau von Anlagen für den Gewässerschutz werden hier die Aufwendungen der Gebietswirtschaft gegenübergestellt, die zu erbringen wären, wenn der Gewässerzustand 1 nicht auf das gesellschaftlich notwendige Verfügbarkeitsniveau verändert werden kann. Für diese Gegenüberstellung sind jedoch lediglich die Aufwendungen zu erfassen, die durch realistische Maßnahmen zur Sicherung des Wasserbedarfs innerhalb des jeweils betrachteten Gebiets notwendig sind. Im dargestellten Untersuchungsbeispiel ergaben sich derartige Darstellungsmöglichkeiten nur für den Bereich der Fischereiwirtschaft und für den des Erholungswesens. Die bei Nichtrealisierung der Maßnahme für die Fischereiwirtschaft ausfallende Produktionsfläche kann durch den Bau einer intensiv genutzten Teichfläche gleich großer Produktionskapazität kompensiert werden (36,087 Mio Mark); die

für die Erholung ausfallende Wasserfläche kann durch eine künstliche Freibadfläche mit gleich großer Erholungskapazität (0,939 Mio Mark) ersetzt werden. Der Ausfall der Beregnungswasserentnahme und der im Gebiet vorhandenen Grundwasserressourcen für die Trinkwasserversorgung kann innerhalb des Territoriums nicht durch Investitionen für Wasserüberleitungen ausgeglichen werden.

Dem Aufwand von 26,6 Mio Mark, der für den Bau der Abwasserbehandlungsanlage notwendig wird, steht somit ein Aufwand für die Schaffung von Ersatzvarianten in einer Höhe von 37,026 Mio Mark gegenüber.

Daraus leitet sich eindeutig ab, daß die Gebietswirtschaft durch den Bau der Abwasserbehandlungsanlage, in deren Ergebnis alle Bedarfsansprüche an die Ressource gewährleistet werden können, investitionsseitig um 10,426 Mio Mark (Δ A) geringer belastet wird als bei einem Verzicht auf die Durchführung der Maßnahme.

Die ökonomischen Kennziffern für die Bewertung der volkswirtschaftlichen Effektivität von Maßnahmen des Gewässerschutzes belegen mit Nachdruck, daß die Erhaltung und Verbesserung der qualitativen Verfügbarkeit unserer Wasserressourcen mit einem hohen ökonomischen Nutzen für die Gesellschaft verbunden ist.

Bei der mit der planmäßigen Gestaltung des Gewässerschutzes verbundenen Entscheidungsfindung kommt es jedoch darauf an, diese ökonomisch interpretierbaren Effekte mit denen, die nur außerökonomischen Bewertungen zugänglich sind, zu verbinden. Dieses Erfordernis leitet sich aus der Komplexität der Wechselbeziehung Mensch-Natur ab.

Gute Ansatzpunkte für eine derartige Verknüpfung im Interesse einer möglichst rationalen Entscheidungsfindung bieten Algorithmen zur Rang- und Reihenfolgebestimmung. Dabei ist es entscheidend, solche Berechnungsverfahren anzubieten, die für den Praktiker einfach handhabbar sind.

Literatur

BARKENTHIEN, H.-P.:

Die Ermittlung der volkswirtschaftlichen Effektivität von Maßnahmen zum Schutz der Ressource Wasser auf der Grundlage der Bewertung ihres Gebrauchswertes für den gesellschaftlichen Reproduktionsprozeß.
— Halle (Diss. A) 1983.

GUTZER, W.:

Probleme der reproduktiven Mehraufwendungen für Umweltschäden im Rahmen der komplexen sozialistischen Umgestaltung von Städten.
— In: Hall. Jb. Geowiss. — Gotha 8 (1983), S. 119...126.

MARX, K.:

Das Kapital. — Berlin, 1962.

—: Theorien über den Mehrwert, Zweiter Teil.
— Berlin, 1967.

REICHELT, H.:

Das neue Wassergesetz und seine höheren Anforderungen an alle Bereiche der Volkswirtschaft. — In: Die Wirtschaft. — Berlin 8 (1982), S. 3.

TGL 22764: Nutzung und Schutz der Gewässer, Klassifizierung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern. — Berlin, 1981.

Liste der Wassernutzungsentgelte — Wassereingelgelte für die Entnahme von Oberflächen- und Grundwasser zur Anordnung Nr. Pr 344.
— Berlin, 1983, 04—27.

Besprechungen

ROTHAUSEN, K., und V. SONNE
Mainzer Becken.

Band 79 – Sammlung geologischer Führer.
XI, 203 Seiten, 21 Abbildungen, 3 Tabellen,
23 ein- und mehrfarbige Tafeln.
Gebr. Borntraeger: Berlin [West];
Stuttgart, 1984.

Das 150jährige Bestehen der Rheinischen Naturforschenden Gesellschaft e. V. zu Mainz und das 75jährige Jubiläum des Naturhistorischen Museums in Mainz waren Anlaß für eine völlige Neubearbeitung und Herausgabe des geologischen Führers »Mainzer Becken«.

Der vorliegende Führer hat vier Vorgänger: G. R. LEPSIUS 1883, W. WENZ 1921, W. WAGNER 1938 und H. FALKE 1960. Daraus ist ersichtlich, welche Bedeutung und welches Interesse der erdgeschichtlichen Entwicklung dieser geologischen Einheit, einem tertiären Senkungsfeld am Nordende des Oberrheintalgrabens, zukommt und wie umfangreich der Erkenntniszuwachs der letzten 25 Jahre in diesem klassischen Tertiärvorkommen ist, das nicht nur regionale, sondern überregionale Bedeutung besitzt. Vollerorts in der Literatur sind seine geologischen Schichten und seine berühmten Fossilfundstellen als Typuslokalitäten dokumentiert. Eng gekoppelt mit der erdgeschichtlichen Entwicklung des Gebietes sind plattentektonische und paläogeographische Ereignisse im Känozoikum, die den Bau des Mainzer Beckens geprägt haben. Wechselseitige Zusammenhänge bestehen aber auch zwischen Schiefergebirgs-, Molasse- und Tafeldeckgebirgsstockwerk sowie dem Lockergebirgsstockwerk. So wird hier ein Landschaftsgebiet mit seinen Aufschlüssen dargestellt, dessen geologisch-paläontologische Probleme für jeden Geowissenschaftler und für viele geowissenschaftlich interessierte Laien von hoher Relevanz sind.

Der geologische Führer gliedert sich in neun Kapitel: „Allgemeiner Teil“ (1), „Erdgeschichte-Paläogeographie“ (2), „Tektonik und Lagerungsverhältnisse“ (3), „Geomorphologie“ (4), „Gewässer“ (5), „Hydrogeologie“ (6), „Lagerstätten“ (7), „Regionaler Teil (Exkursionsziele)“ (8) und „Anleitung zum Sammeln von mikropaläontologischen Objekten“ (9). Es ist verständlich, daß dem Abschnitt 2 mit 70 Seiten und dem Abschnitt 8 mit 48 Seiten der meiste Raum, für eine sehr ausführliche Darstellung, gewährt wird – 120 Exkursionsziele werden beschrieben. Tabellen, Fossiltafeln und farbige Tafeln mit geologischen Aufschlüssen und typischer Land-

schaftsmorphologie ergänzen in anschaulicher Weise den Text. Das etwa 470 neuere und zitierte Titel umfassende Literaturverzeichnis deutet noch einmal die Vielfalt und Bedeutung der dargestellten Probleme an und bietet dem Nutzer des Exkursionsführers eine Fülle weiterführender Literatur an, um tiefer in die Materie des auf den Exkursionen Gesehenen einzudringen. Berücksichtigung finden auch die geologischen Aufschlüsse als bedeutende Naturdenkmäler im Rahmen des Natur- und Umweltschutzes.

Die Nutzung des Führers wird sehr erleichtert durch ein ausführliches, gut gegliedertes Register. Hier sind die Exkursionsziele sowie die alte und neue Molluskennomenklatur genannt. Ein umfangreiches Sach- und Ortsverzeichnis dient der Information zur Geologie und Geographie des Exkursionsgebietes.

Der Titel spricht durch seine kurze, klare und moderne Darstellung und Aufmachung Geowissenschaftler in Forschung, Lehre und Praxis an. In ihm finden u. a. Studenten Anregungen, Geologie im Gelände „zu erleben und zu begreifen“. Nicht nur dem Fachwissenschaftler, sondern auch dem Nichtspezialisten wird hier „Geologie vor Ort“ verständlich gemacht.

Autoren und Verlag sind zu dem vorgelegten Werk vorbehaltlos zu beglückwünschen, und der Titel wird sicher eine weite Verbreitung finden. Er gehört in jede geowissenschaftliche Bibliothek.

G. KRUMBIEGEL

Kurze Mitteilungen

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10
Seite 125...128
VEB H. Haack Gotha 1985

Komatiit in der mineralogisch- petrographischen Sammlung der Sektion Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Die Granit-Grünsteingebiete des Archaikums sind zur Zeit ein Schwerpunkt der geowissenschaftlichen Forschung (z. B. KRÖNER 1981). Besonderes Interesse haben Komatiite, ultrabasische vulkanogene Gesteine, gefunden. *Ultrabasische Gesteine* sind silikatische Gesteine, die weniger als 44 % SiO₂ enthalten (BOGATIKOV u. a. 1981). Komatiite sind Vulkanite, die in der Regel aus Olivin, Klinopyroxen und teilweise Plagioklas bestehen. Charakteristisch ist die Spinifexstruktur (CONDIE 1981 – Spina = Dorn). Leisten von Olivin und/oder Klinopyroxen liegen in einer feinkörnigen Grundmasse von Olivin und Pyroxen. Diese ist eine durch rasche Abkühlung entstandene Struktur. Der MgO-Gehalt beträgt 10... > 30 %, meist über 18 %, der SiO₂-Gehalt 40... > 50 %. Somit gibt es komatiitische Basalte, basaltische Komatiite, Komatiite und peridotitische Komatiite. Nur ein Teil der letzteren sind Ultrabasite sensu strictu, die übrigen basische Gesteine (Tabelle 1). Es wird angenommen, daß die ultrabasischen und sehr basischen Typen dieser Gesteinsserie aus sehr heißen, ultrabasi-

schen Magmen entstanden, die sich durch weitgehende partielle Aufschmelzung (20 % bis < 30%) des oberen Mantels bildeten. Bereits F. v. WOLFF hatte 1943 auf die Möglichkeit der Existenz von ultrabasischen, aus Olivin (Peridotit) entstandenen Schmelzen hingewiesen.

Komatiite wurden erstmals aus Südafrika vom Komati-Fluß beschrieben. Die petrologische Untersuchung solcher Gesteine hat zur Auffassung geführt, daß der peridotitische obere Mantel zur Bildungszeit dieser Gesteine geochemisch heterogen war (CONDIE 1981). Ultrabasische Vulkanite sind selten, in der DDR jedoch schon lange bekannt. Es sind die Pikrite Ostthüringens (RÖSLER 1960). Diese Gesteine sind nicht aus ultrabasischen, sondern aus basaltischen, d. h. basischen Magmen entstanden und haben auch relativ hohe Al₂O₃-Gehalte (Tabelle 1). Es sind Produkte einer relativ geringen (< 15 %) partiellen Aufschmelzung des oberen Mantels.

Komatiite sind aus verschiedenen präkambrischen Gebieten bekannt. Auch phanerozoische Komatiite gibt es (ECHEVERRIA 1980). Über erste Funde aus der UdSSR berichtete KRESTIN (1978). Vom ukrainischen Schild sind 1983 komatiitische Gesteine bekannt geworden. SLOBENKO u. a. (1983) beschreiben eine Serie teilweise niedriggradig umgewandelter peridotitischer, pyroxenitischer und basaltischer Komatiite. Die Gesteine bestehen oft aus Kumulaten serpentinierten Olivins, die durch ein Aggregat von Tremolith-Aktinolith

Tabelle 1
Chemische Analysen von Ultrabasiten und Basiten

	Peridotit	Pikrit	Komatiit, peridotitisch (Mittelwert, Komati-Fluß)	Alkaliolivin- basalt	Olivindiabas	Komatiit, basaltisch
An- gaben aus	WEDEPOHL 1969, S. 100	RÖSLER und LANGE 1975, S. 286	CONDIE 1981, S. 84	WEDEPOHL 1969, S. 238	RÖSLER 1960, S. 119	SLOBENKO u. a. 1983, Analyse 18
SiO ₂	43,54	40,02	42,52 (45,20)	45,78	45,1	47,79
TiO ₂	0,81	0,59	0,18 (0,20)	2,63	0,9	0,97
Al ₂ O ₃	3,99	8,32	3,44 (3,66)	14,64	10,0	15,38
Fe ₂ O ₃	2,51	1,51	4,92 (5,23)	3,16	4,1	2,93
FeO	9,84	11,14	5,87 (6,24)	8,73	6,7	10,54
MnO	0,21	0,85	0,19 (0,22)	0,20	0,5	0,15
MgO	34,02	27,63	30,27 (32,20)	9,39	13,4	7,37
CaO	3,46	4,04	4,96 (5,28)	10,74	11,7	9,57
Na ₂ O	0,56	0,65	0,41 (0,44)	2,63	2,0	2,60
K ₂ O	0,25	0,32	0,16 (0,17)	0,95	1,3	0,32



Photo 1
Spinifexstruktur (Klinopyroxen) eines Komatiits aus Karelien, parallel zur vorherrschenden Längserstreckung der Nadeln, Nic. gekreuzt, Nadeldurchmesser ca. 0,5 mm

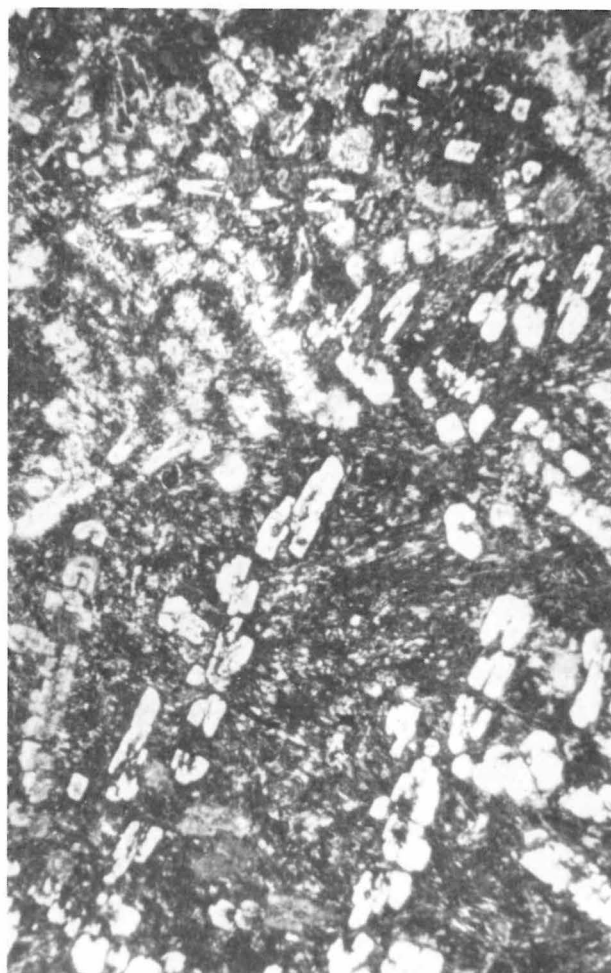


Photo 2
Wie Photo 1, senkrecht zur vorherrschenden Längserstreckung der Nadeln

zementiert werden. Da basaltische Komatiite vorherrschen, nehmen SLOBENKO u. a. (1983) an, daß sich die peridotitischen Komatiite durch Fraktionierung aus einem basaltoiden Komatiitmagma gebildet haben, d. h., daß sie ähnlich entstanden sind wie die Pikrite. Einen Vergleich der Chemismen von Komatiiten und petrochemisch ähnlichen Gesteinen ermöglicht Tabelle 1.

In der mineralogisch-petrographischen Sammlung der Sektion Geographie befinden sich aufgrund eines Freundschaftsvertrages zwischen der Partneruniversität Woronesh und der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg einzelne Komatiitproben aus Karelien, dem Woronesh-Kristallin und der Ukraine. Die Spinifexstruktur einer Probe ist auf den Photos 1 und 2 zu sehen.

Literatur

- BOGATITKOV, O. A., N. P. MICHAJLOV und V. I. GONŠAKOVA:
Klassifikacija i nomenklatura magmatičeskich porod. – Moskva, 1981.
- ECHVERRIA, L. M.:
Tertiary or mesozoic komatiites from Gorgona Island, Colombia: field relation and geochemistry.
– In: Contr. Min. Petr. – Berlin [West]; Heidelberg 73 (1980), S. 253...266.
- CONDIE, K. C.:
Archaean greenstone belts. – Amsterdam; Oxford; New York, 1981.
- KRÖNER, A. (ed.):
Precambrian plate tectonics. – Amsterdam; Oxford; New York, 1981.

- KRESTIN, E. M.:
Pervaja nachodka komatiitov v SSSR. — In:
Dokl. AN SSSR. — Moskva 242 (1978),
S. 412...415.
- RÖSLER, H.-J.:
Zur Petrographie, Geochemie und Genese der
Magmatite des Oberdevons und des Unter-
karbons in Ostthüringen. — In: Leipzig, 1960.
— (Freiberger Forsch.-H. ; C 92)
- RÖSLER, H.-J., und H. LANGE:
Geochemische Tabellen. — Leipzig, 1975.
- SLOBENKO, I. F., u. a.:
Komatiity Srednego Pobusha (Ukrainskij
Ščit). — In: Sov. Geol. — Moskva (1983), 9,
S. 103...108.
- WEDEPOHL, K. H. (ed.):
Handbook of Geochemistry I. — Berlin [West];
Heidelberg; New York, 1969.
- WOLFF, F. v.:
Stoff und Zustand im Innern der Erde. — In:
Nova Acta Leopoldina, N. F. — Halle (1943),
87..

Besprechungen

MURAWSKI, H.
Geologisches Wörterbuch.

VI, 281 Seiten, 81 Abbildungen, 8 Tabellen.
Ferdinand Enke Verlag: Stuttgart,
8. Auflage 1983.

Diese 8. Auflage des Geologischen Wörterbuches ist zugleich die 5. von H. MURAWSKI bearbeitete Auflage des von C. CHR. BERINGER begründeten Werkes, das sich über 45 Jahre in der vom ersten Herausgeber gewählten Form erhalten hat. Das Bestreben der Autoren, stets aktuell zu sein, ist auch in der vorliegenden Auflage zu spüren. Der Schwerpunkt des Wörterbuches liegt auf der Definition geologischer Sachbegriffe. Erläutert werden überwiegend Begriffe der Physikalischen Geologie, der Stratigraphie, der allgemeinen Gesteinskunde (Petrographie, Lithologie), der allgemeinen Geomorphologie und der Bodenkunde. Nicht behandelt werden die speziellen Termini der Paläontologie, der Geophysik und Geochemie sowie der Disziplinen der Angewandten Geologie, wie Ingenieur- und Hydrogeologie, ökonomische Geologie, Lagerstätten- und Erkundungsgeologie. Auch regionale Begriffe finden sich nur in sehr knapper Auswahl, z. B. für das mitteleuropäische Variszikum. Berücksichtigt werden vor allem die in der deutschsprachigen geologischen Literatur gebräuchlichen Begriffe.

Ergänzt wird der Text durch 81, zumeist der Literatur entnommene Abbildungen, über deren Zweckmäßigkeit im Einzelfall diskutiert werden könnte. Wesentlich sind die Tabellen zur Stratigraphie, Geochronologie und Petrographie sowie die umfassende Erläuterung der griechischen und lateinischen Fachbegriffe. Die geochronologische Skala sollte nach der Zeitskala von ODIN (1982) ergänzt werden. Abschließend sei vermerkt, daß die vorliegende Auflage wichtige Impulse durch die Übersetzung der 7. Auflage ins Russische (Moskau 1980) erhielt.

M. SCHWAB