

Zusammenfassung

Möglichkeiten zur Bestimmung der natürlichen Senkungsrate in bergbaubeeinflußten Senkungsgebieten

Am Beispiel der Senkungsgebiete in der Mansfelder Mulde werden Möglichkeiten zur Bestimmung der natürlichen, d. h. vom Bergbau nicht mehr beeinflussten Senkungsrate aufgezeigt. Am besten eignen sich für derartige Berechnungen limnische Sedimente. Aus dem Vergleich des Sedimentalters, das vorwiegend durch ^{14}C -Datierungen ermittelt wurde, mit den Sedimentmächtigkeiten lassen sich Sedimentationsraten berechnen, die den Senkungsgeschwindigkeiten der Auslaugungshohlform gleichgesetzt werden können. Voraussetzung dafür ist aber der Nachweis gleichmäßiger Ablagerungsbedingungen im Becken, der durch die mathematisch-statistische Auswertung bodenphysikalischer Kennziffern erbracht werden kann. Es wurde nachgewiesen, daß im limnischen Sedimentationsbereich Senkungsbeträge von 1 mm/Jahr nur selten überschritten werden. Die natürlichen Senkungen sind durch die technologischen Maßnahmen des Kupferschieferbergbaues um ein Vielfaches beschleunigt worden.

Summary

Possibilities of determining the rate of natural subsidence in mining-affected depression areas

With the depression areas in the Mansfeld Basin taken as an example, the possibilities of determining the rate of natural subsidence, i. e. the one not affected by mining, are shown. Limnic sediments are highly suited for such calculations. Comparison of sediment age, mainly based on C^{14} data, with sediment thickness permits rates of sedimentation to be calculated, which can be equated with the rates of subsidence of the leached hollow mould. A prerequisite, however, is the evidence of consistent depositional factors applying to the basin, which can be furnished by the mathematical-statistical evaluation of soil-physical indices. It has been shown that the rate of subsidence in the limnic sedimentation area only rarely exceeds 1 mm/year. Natural subsidence has been accelerated many times that rate by the technological steps involved in copper shale mining.

¹ Herrn Prof. (em.) RUDOLF HOHL zum 70. Geburtstag gewidmet.

Möglichkeiten zur Bestimmung der natürlichen Senkungsrate in bergbaubeeinflußten Senkungsgebieten¹

*Mit 6 Abbildungen, 4 Photos und einer Tabelle
im Text*

Autor:

Dr. GERD SUDERLAU
Rat des Bezirkes Halle,
Abteilung Geologie
402 Halle (Saale)
Richard-Wagner-Straße 56

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd 2
Seite 55...72
VEB H. Haack Gotha/Leipzig 1977

Возможность определения природной степени опускания в районах, находящихся под влиянием горного промысла

На примере районов опускания Мансфельдской мульды выявляются возможности для определения природной степени опускания, т. е. степени опускания не обусловленной горным промыслом. Для таких определений наиболее пригодны пресноводные осадки. Сравнение возраста осадков, определённого преимущественно датированием ^{14}C и мощности осадков позволяет вычислять степень седиментации, которую можно приравнять скорости опускания пустотелой формы выщелачивания. Предпосылкой однако является доказательство равномерных условий седиментации в котловине, которое можно получить математико-статистическим анализом агрофизических показателей. Было доказано, что в пресноводной области седиментации величины годового опускания лишь изредка превышают 1 мм. Природные опускания многократно ускоряются технологическими мероприятиями добычи медистого сланца.

1.

1.1.

Problemstellung

Senkungserscheinungen der Erdoberfläche können natürliche oder künstliche Ursachen haben. Zu den *natürlichen* Ursachen ist der gesamte Komplex der subterranean Abtragung (Subrosion) zu rechnen. Die bergbauliche Tätigkeit des Menschen führt im wesentlichen zu *künstlichen* Veränderungen der Erdoberfläche. Unabhängig davon, ob beide Ursachen im Komplex oder jede für sich wirksam werden, sind die supraterranen Folgeerscheinungen einander sehr ähnlich.

Es besteht kein Zweifel, daß die natürlichen Senkungen durch technologische Maßnahmen des Bergbaues, z. B. Maßnahmen zur Wasserhaltung, erheblich intensiviert werden können. Man wird dies in erster Linie dort erwarten müssen, wo Bergbau auf Kupferschiefer oder Kalisalz umgeht (v. HOYNINGEN-HUENE 1959; PLÖTTNER; FANTASNY 1971; PELZEL u. a. 1972; SUDERLAU 1974).

Nach Beendigung des Bergbaues werden die Grubenhohlräume zum überwiegenden Teil durch Flutung verwahrt. Für die Belange der Territorialplanung, des Bauwesens, der Landwirtschaft und der Wasserwirtschaft ist die Frage nach der Größenordnung der nach erfolgtem Wasseranstau zu erwartenden Senkungen unter natürlichen, d. h. vom Bergbau nicht mehr beeinflussten Verhältnissen, von großer Bedeutung.

Am Beispiel der Senkungsgebiete in der Mansfelder Mulde sollen einige Methoden untersucht werden, die der Beantwortung dieser Frage dienen.

Der Verfasser ist Herrn Prof. (em.) Dr. R. HOHL für die ständige Förderung der Untersuchungen zu Dank verpflichtet.

1.2.

Geologischer Überblick

Die flach herzynisch streichende Mansfelder Mulde (Abbildung 1) enthält in der Schwittersdorfer Teilmulde einen Kern aus Unterem Muschelkalk, während die zentralen Gebiete der südöst-



Abbildung 1
 Tektonische Übersicht der Mansfelder Mulde mit Lage der Senkungsgebiete
 (nach Unterlagen des VEB Mansfeld Kombinat „W. Pieck“)

lichen Nietleben-Bennstedter Teilmulde aus Oberem Muschelkalk aufgebaut sind. Die Zechsteinbasis liegt in der Schwittersdorfer Mulde bei etwa -800 m NN und in der Nietleben-Bennstedter Mulde bei -1200 m NN .

Als trennendes Strukturelement zur Querfurter Mulde erstreckt sich der herzynisch streichende Teutschenthaler Sattel von Teutschenthal bis in die Gegend von Eisleben. Die Sattelachse hebt sich nordwestlich von Wansleben heraus, so daß das Steinsalz der Zechsteinfolge in den Auslaugungsbereich gelangen konnte. Der Salzspiegel des Staßfurtsteinsalzes wird bei durchschnittlich -150 m NN angetroffen. Als Folge der Auslaugungsvorgänge bildete sich über dem Scheitel des Teutschenthaler Sattels die Eislebener Niederung, in der die drei Mansfelder Seen liegen.

Die subsalinare Tektonik ist nach JUNG (1965) durch herzynisch streichende Störungszone gekennzeichnet, die im zentralen Teil der Mulde in die flach herzynisch verlaufenden Mansfelder Flözgraben einschwenken (Abbildung 1). Sie werden nordwestlich der Hornburger Tiefenstörung von erzgebirgisch streichenden Störungen gekreuzt, so daß sich insgesamt das Bild eines subsalinaren Schollenmosaiks ergibt. Die Störungen verlaufen nach JUNG (1965) annähernd äquidistant.

Als bedeutendste subsalinare Störung tritt die Hornburger Tiefenstörung (HERRMANN 1927) nur zwischen Hornburg und Erdeborn zutage. Der weitere Verlauf nach ENE kann nur mittelbar nachgewiesen werden und zwar durch das Abtauchen des Teutschenthaler Sattels nach SE und

Ortslage		Gesamtsenkung 1955–1975 (mm)	Senkungsmaxima Zeit	Geschwindigkeit (mm/Jahr)	mittlere Senkungs- geschwindigkeit 1955–1973 (mm/Jahr)	gegenwärtige Senkungs- geschwindigkeit (mm/Jahr)
Volkstedt		1 241 (seit 1969)	1971– 1972	370	226	25
Helfta		5 245	1961– 1962	480 730	272	64
Erdeborn	RTS-Kessel	478	1960 1973	180 135	24	18
	Schulkessel	597	1955	174	31	7
	Friedhofskessel	2 809	1967	500	147	13
Röblingen		2 382	1960 Okt. 73– Apr. 74	225 410	125	42
Rollsdorf		1 757	1968– 1969	360 max. 807	146	21

Tabelle 1
Die Entwicklung des Senkungsgeschehens in den wichtigsten Senkungsgebieten der Eislebener Niederung

die Gliederung der Mansfelder Mulde in zwei Teilmulden (v. HOYNINGEN-HUENE 1959). Die diagonal durch den ehemaligen Salzigen See verlaufende Erdfallkette wird von v. HOYNINGEN-HUENE ebenfalls mit der Hornburger Tiefenstörung in Zusammenhang gebracht.

1.3. *Senkungsgebiete, Senkungsbeträge*

Die Senkungen konzentrieren sich in der Mansfelder Mulde in der Hauptsenkungszone (BRENDDEL u. a. 1970). Wie der Tabelle 1 zu entnehmen ist, reduzieren sich die Senkungen im Bereich der Hauptsenkungszone von NW nach SE. Die stärksten Veränderungen (Abbildung 1) traten vorzugsweise über dem subterranean Ausstrich der Kalisalze auf, nämlich am Südwest- und Südrand der Hauptsenkungszone, im Rollsdorfer Kessel und am Ostrand des Süßen Sees. Dieser Sachverhalt wird durch die hydrogeologischen und tektonischen Besonderheiten des Gebietes weiter modifiziert. So treten Kreuzungspunkte tektonischer Störungen bevorzugt als Wasserversenkungsstellen in Erscheinung, z. B. im Rollsdorfer Kessel. Die gleiche Funktion erfüllen die an den Rändern der

Auslaugungshohlform verbreiteten Zerrspaltenbereiche (SUDERLAU u. a. 1972). Ein grober Überblick über die Entwicklung des Senkungsgeschehens in den Senkungszentren wird in Tabelle 1 gegeben. Die seit 1971 registrierten Senkungsmaxima lassen sich dadurch erklären, daß zum Zeitpunkt der Überstauung des Salzspiegels durch den Wasseranstau eine kurzzeitige Intensivierung der Auslaugungsvorgänge erfolgt ist.

1.4. *Die Sedimentfolgen im ehemaligen Salzigen und im Faulen See*

Obwohl für die hier zu untersuchende Problematik vorwiegend der holozäne Sedimentkomplex von Interesse ist, sollen die älteren quartären Ablagerungen kurz beschrieben werden (vgl. Abbildung 3).

Der holozäne Sedimentkomplex wird im Gebiet des Salzigen Sees von fluviatilen Bildungen unterlagert, die drei Gewässersystemen angehören. Die sog. „Zellgrundschotter“ (v. HOYNINGEN-HUENE 1959) sind von Erdeborn bis östlich der Straße Aseleben – Röblingen zu verfolgen. Es handelt sich

um buntsandsteinreiche Schotter (SUDERLAU 1975). Vom Eintritt der Weida in den Salzigen See bei Röblingen können deren Schotter bis in die Gegend des Kernner-Sees nachgewiesen werden. Die Weidaschotter (Sedimentkomplex VII-b der Abbildung 3) zeichnen sich durch hohe Kalksteinanteile von $> 50\%$ aus. Buntsandsteinreiche Schotter der Bösen Sieben mit einem Sandsteinanteil $> 54\%$ sind schließlich auf den Rollsdorfer Kessel beschränkt.

Die Schotter des Zellgrundbaches und der Bösen Sieben sind stratigraphisch in das Frühglazial der Weichselzeit zu stellen. Etwas älter sind die Weidaschotter. Ihre Akkumulationszeit reicht vom Späteem bis zum Weichselfrühglazial (SUDERLAU 1975, vgl. auch Abbildung 6).

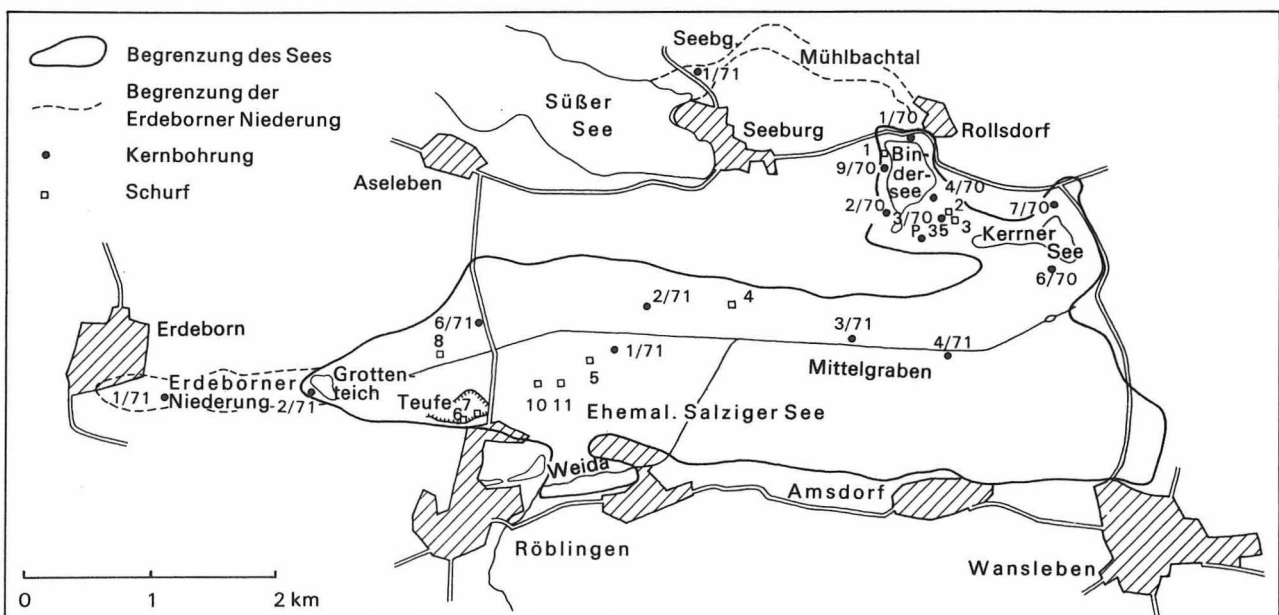
In lokalen Senken sind im Liegenden der Schotter limnische Sedimente erhalten geblieben, deren Zuordnung zur Eemzeit aufgrund paläontologischer und paläobotanischer Untersuchungen sowie absoluter Altersdatierungen als gesichert erscheint (SUDERLAU 1975, vgl. auch Abbildung 6).

Im ehemaligen Faulen See bei Eisleben folgen unter dem holozänen Sedimentkomplex zunächst Grobschotter der Bösen Sieben mit Sandstein-

anteilen $> 60\%$. Darunter ist ein Limnithorizont erbohrt worden, der sich aus Beckentonen und Tonmudden mit eingeschalteten Flachmoortorfen und Torfmudden zusammensetzt. Dieser Limnithorizont überlagert wiederum Grobschotter der Bösen Sieben (Abbildung 4).

Die stratigraphische Einordnung des Limnithorizontes ist durch eine ^{14}C -Datierung möglich. Eine Torflage an der Basis der limnischen Ablagerungen ist mit $25\,800 \pm 1600$ B.P. datiert worden (Datierung im ^{14}C -Labor der Bergakademie Freiberg). Dieses Datum entspricht etwa dem hangenden Teil der 5. Wärmeschwankung des Weichsel-Frühglazials im Ascherslebener See (MANIA 1972, 1973) oder den interstadialen Abschnitten der Profile von Skado und Lohsa im Lausitzer Urstromtal (CEPEK 1965). Eine zeitliche Korrelation zu der von STEINMÜLLER (1966) publizierten Datierung einer Torflinse im Liegenden eines Grobschotterkörpers in der Goldenen Aue ist ebenso möglich. Setzt man voraus, daß das o.g. ^{14}C -Datum dem wirklichen Alter nahekommt, wäre der obere Grobschotterkörper im Faulen See dem ausgehenden Hoch- bis Spätglazial der Weichselzeit, der untere dem Weichselfrühglazial zuzuordnen.

Abbildung 2
Ehemaliger Salziger See mit den wichtigsten Aufschlüssen



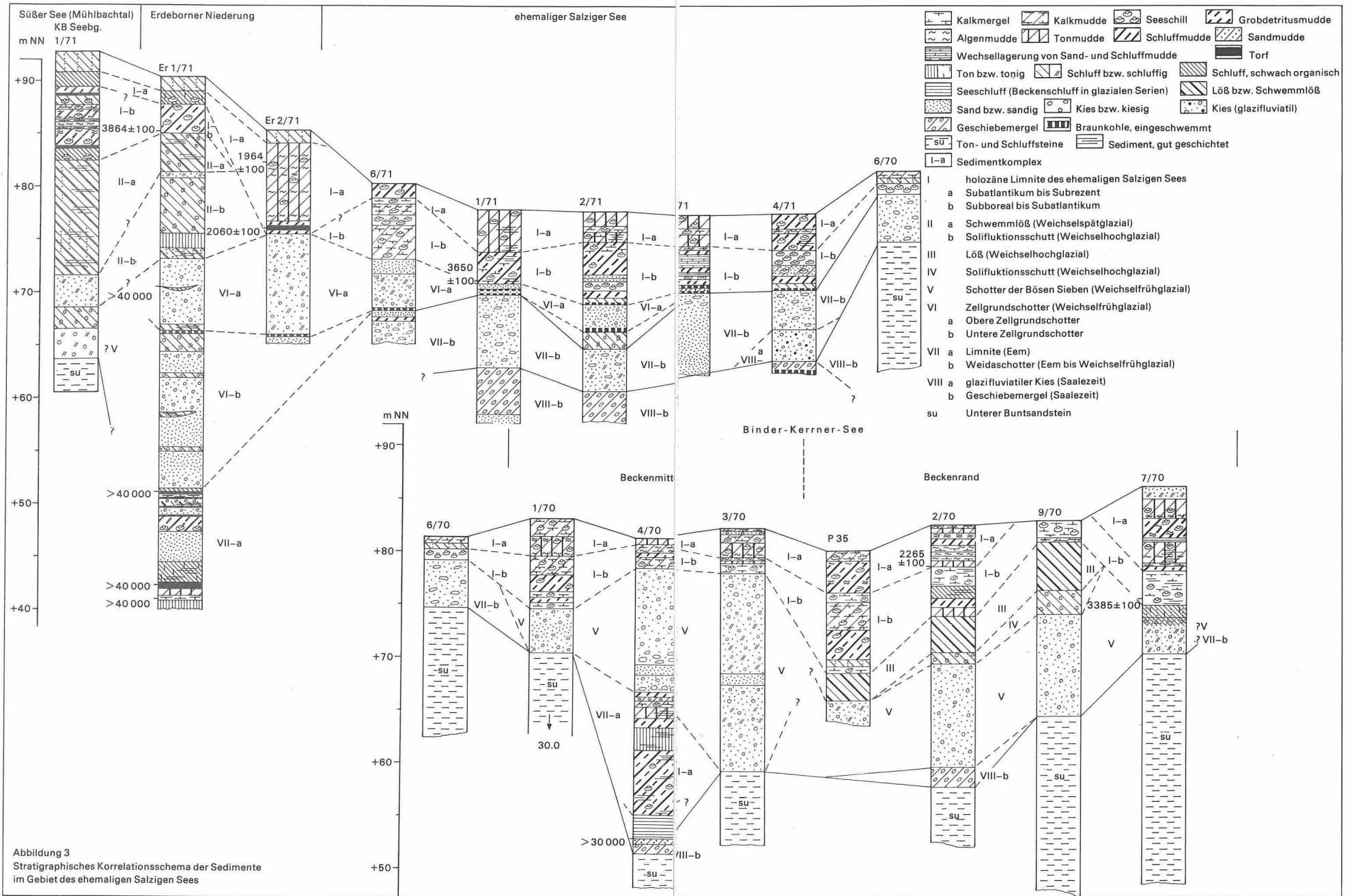


Abbildung 3
Stratigraphisches Korrelationsschema der Sedimente
im Gebiet des ehemaligen Salzigen Sees



Photo 1
Übergang von dunklen Limnoklastiten zu hellen
Limnoklastiten
(Photo SUDERLAU)

2. Die Bestimmung der natürlichen Senkungsrate

2.1. *Vorbemerkungen*

Der Berechnungsmethode liegt die Überlegung zugrunde, daß Auslaugungssenkungen syngenetisch oder postgenetisch durch Akkumulationsvorgänge kompensiert werden. Bestimmt man das Alter und die Mächtigkeit eines Sediments, so kann man dessen Ablagerungsgeschwindigkeit und damit die Senkungsgeschwindigkeit der Auslaugungshohlform ermitteln. Voraussetzung für eine Korrelation von Sedimentations- und Senkungs-

geschwindigkeit ist der Nachweis gleichmäßiger Sedimentationsbedingungen im Sedimentationsraum. Dabei ist der Einfluß einer Reihe variabler Faktoren wie des präholozänen Reliefs des Materialliefergebietes und der Wassertiefe zu prüfen (vgl. KLIEWE; LANGE 1971). Ferner dürfen nur solche Sedimente in Betracht gezogen werden, die die jeweiligen Auslaugungshohlformen syngenetisch ausgefüllt haben.

2.2. *Holozäne Limnite im Untersuchungsgebiet*

2.2.1. *Petrographie*

Die holozänen Limnite (Sedimentkomplex I, Abbildung 3) lassen im Salzigen See eine deutliche Zweiteilung erkennen (Photo 1, 2), nämlich in eine obere (Sedimentkomplex I-a) und eine untere Folge (Sedimentkomplex I-b).

Im Sedimentkomplex I-a überwiegen ungeschichtete braungraue bis dunkelgraue Limnoklastite (Ton- und Schluffmudden) mit hohem feinklastischen Anteil und geringem Gehalt an unverwittertem pflanzlichen Detritus. Die Sedimentmächtigkeit schwankt im Beckenzentrum zwischen 2 und 4 m. Im Übergangsbereich von Beckenzentrum zu Beckenrand tritt stellenweise eine größere Mächtigkeit bis zu 8 m auf. Dies ist ein Hinweis auf erhöhte synsedimentäre Senkungen an solchen Stellen, die auch gegenwärtig durch Nivellements als intensive Senkungsgebiete identifiziert worden sind.

Im Sedimentkomplex I-b herrschen in den oberen Teilen weiß- bis hellgraue Limnokalzite vor. Im unteren Teil schalten sich in zunehmendem Maße Limnoklastite ein, die in vielen Profilen zu einer bänderartigen Wechsellagerung beider Sedimenttypen führen (Photo 3, 4).

Zunächst liegen unter dem Sedimentkomplex I-a mit scharfer Grenze und deutlichem Farbunterschied etwa 0,60 m mächtige weiß- bis hellgraue Kalkmergel und -mudden mit einem sehr hohen Gehalt an Mollusken- und Ostracodenschalen. Vielfach tritt die Salzwasserschnecke *Hydrobia stagnorum* (GMELIN 1870) so häufig auf, daß sie sedimentbildend wird (Seeschill). Der untere

Teil dieses Sedimentkomplexes hat infolge der Wechsellagerung von dunklen Schluff- und hellgrauen Kalkmudden in vielen Profilen den Charakter einer Jahresschichtung, wobei Kalkmudden als Sommer- und Schluffmudden als Winterwarven anzusehen sind. Die mittlere Mächtigkeit des Sedimentkomplexes I-b beträgt im Beckenzentrum etwa 4 m.

Wie der Abbildung 3 zu entnehmen ist, wird der Sedimentkomplex I meist unmittelbar von Schotterbildungen unterlagert. In einigen Schurfprofilen ist jedoch auch älteres Holozän ausgebildet bzw. erhalten (Abbildung 5). In der Schichtenfolge des Schurfes 4 ist der im Hangenden des Stengeltraver-

tins abgelagerte Tonhorizont von Bedeutung, der in anderen Profilen als Ton-, Schluff- oder Sandmudde vorliegt. Er enthält einen hohen Anteil an Molluskenarten der offenen Landschaften wie *Pupilla muscorum* (LINNE 1758), *Vallonia costata* (O.F.MÜLLER 1774) und *Vallonia pulchella* (O.F.MÜLLER 1774). Dieser Horizont ist im Salzigen See erstmalig in mehreren Aufschlüssen nachzuweisen. Der See hat, wie die Fauna beweist, zu dieser Zeit noch nicht bestanden. Vorher kam es lediglich an prädestinierten Stellen, vermutlich im Bereich von Erdfällen oder lokalen Senken, zu einer limnischen Sedimentation geringen Ausmaßes.

Photo 2
Schurf 3 – dunkle Limnoklastite (Sedimentkomplex I-a) überlagern mit scharfer Grenze helle Limnoklastite (Sedimentkomplex I-b)
(Photo SUDERLAU)

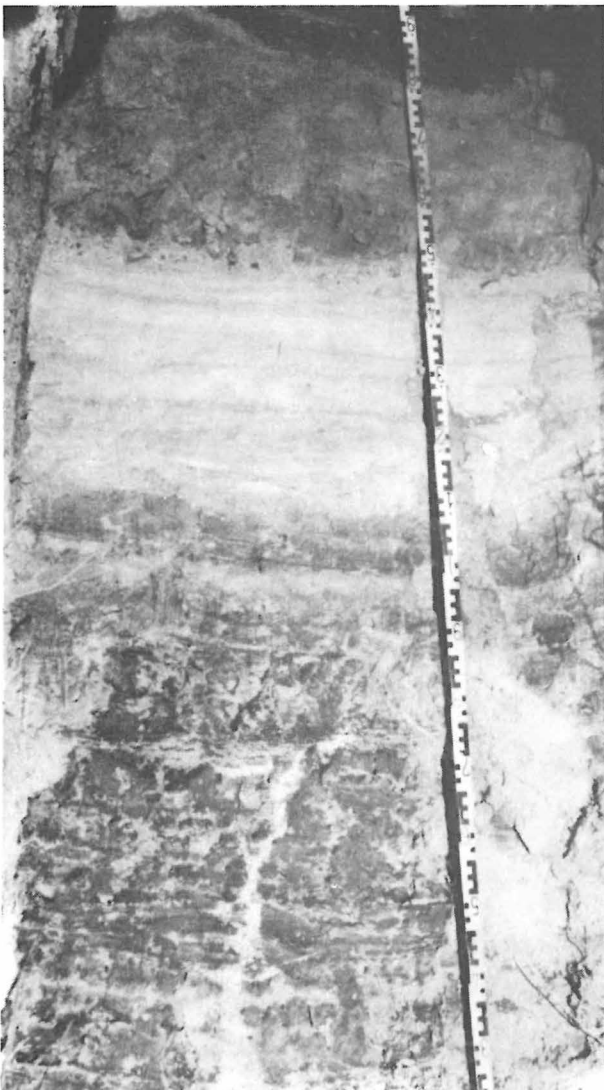
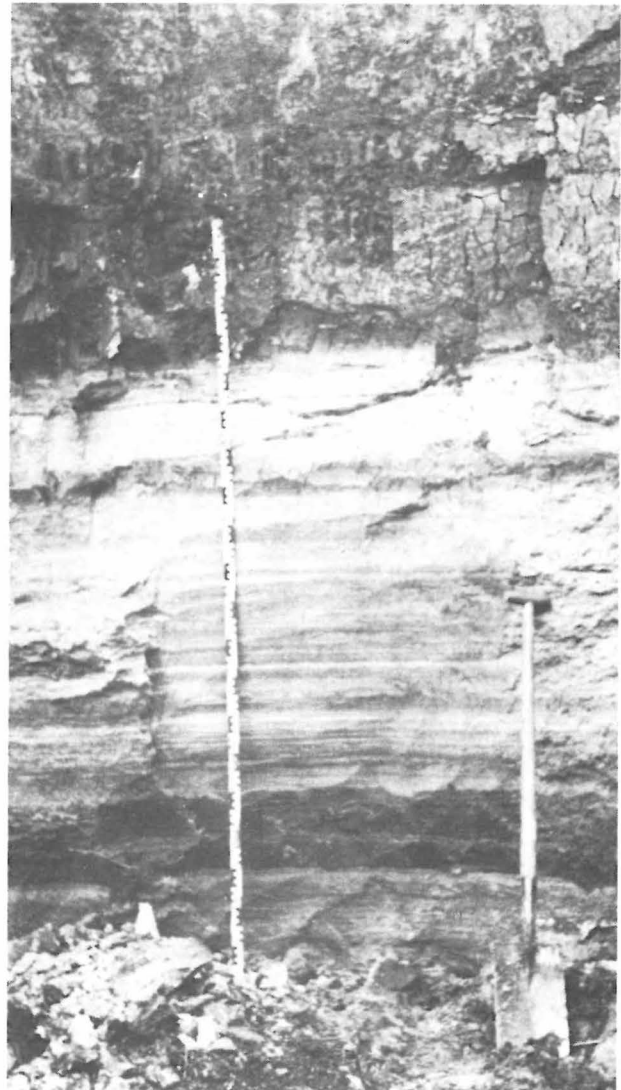


Photo 3
Schurf 8 (wie Photo 2).
Im unteren Teil des Profils ist eine gut ausgeprägte Jahresschichtung erkennbar
(Photo SUDERLAU)



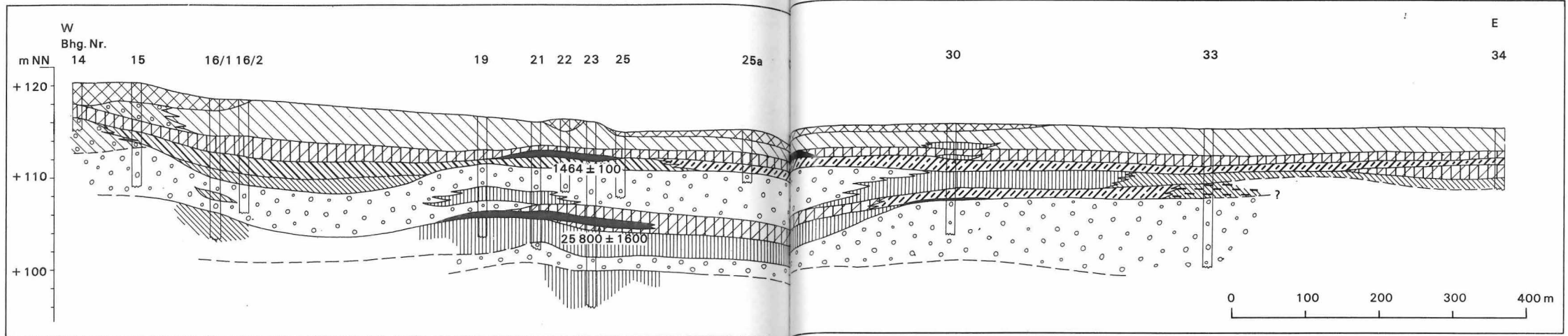


Abbildung 4
Ost-West-Schnitt durch den ehemaligen Faulen See bei Eisleben

- Auffüllung
- Auelehm
- Abschwemmassen
- Tonmudde
- Torf
- Schluffmudde
- Ton- und Schluffmuddelagen
- Schwemmlöß
- Beckenschluff
- Beckenton
- Kies (Grobschotter)

Im ehemaligen Faulen See bei Eisleben sind limnische Sedimente unter einer im Mittel 2,5 m mächtigen Auelehmdecke verbreitet (Abbildung 4). Ähnlich wie im Salzigem See können zwei limnische Teilkomplexe unterschieden werden. Der obere besteht aus dunkel- bis schwarzgrauen Torf- und Tonmudden mit einer artenreichen Fauna, in der Sumpf- und Wasserarten mit einem hohen Anteil an eingeschwemmten Formen der offenen Landschaft überwiegen. Der untere Teilkomplex wird von graugrünen, detritushaltigen Schluffmudden mit einer sehr ähnlichen

Faunenzusammensetzung eingenommen. In den zentralen Beckenteilen wird der holozäne Limnithkomplex maximal 2,8 m mächtig.

2.2.2. Altersstellung

Eine stratigraphische Gliederung der holozänen Limnite im Salzigem See konnte mit Hilfe paläozoologischer Untersuchungen nicht erreicht werden, da durch den zeitweilig hohen Salzgehalt im Becken sehr artenarme Thanatozönosen bedingt waren. Die Fauna ist jedoch ein guter Indikator für den in einem See vorhandenen Salzgehalt. Aus dem ökologischen Anspruch der Mollusken und Ostracoden ergaben sich Hinweise auf die Salinitätsgrade im Becken zur Zeit der Sedimentation. An der Faunenverteilung und -häufigkeit ist die Tendenz abzulesen, daß zur Sedimentationszeit des Sedimentkomplexes I-b meso- bis polyhaline, im Sedimentkomplex I-a dagegen oligo-, höchstens mesohaline Bedingungen bestanden haben. Die den Sedimentkomplex I-b beherrschende Salzwasserfauna geht im Sedimentkomplex I-a bei gleichzeitigem Auftreten von Mollusken- und Ostracodenarten mit geringerem Salinitätsanspruch mengenmäßig zurück. Im Sedimentkomplex I-a ist eine Aussüßung der Wässer erfolgt, die für geringere Subrosionsintensität spricht.

Paläobotanische Untersuchungen brachten ebenfalls keine befriedigenden Ergebnisse, da der größte Teil der Proben eine zu geringe Pollendichte aufwies. Die wenigen auswertbaren Proben er-

laubten lediglich die generelle Einschätzung, daß es sich um Sedimente jungholozänen Alters handelt. Zum Vergleich sei hier auf die Untersuchungen von MÜLLER (1953) verwiesen.

Erst durch absolute Altersdatierungen mit Hilfe der ¹⁴C-Methode konnte eine gesicherte stratigraphische Einstufung der holozänen Limnite im Untersuchungsgebiet vorgenommen werden. Die Datierungen sind in den ¹⁴C-Labors der Akademie

Photo 4
Schurf 8 (wie Photo 3)
(Photo SUDERLAU)



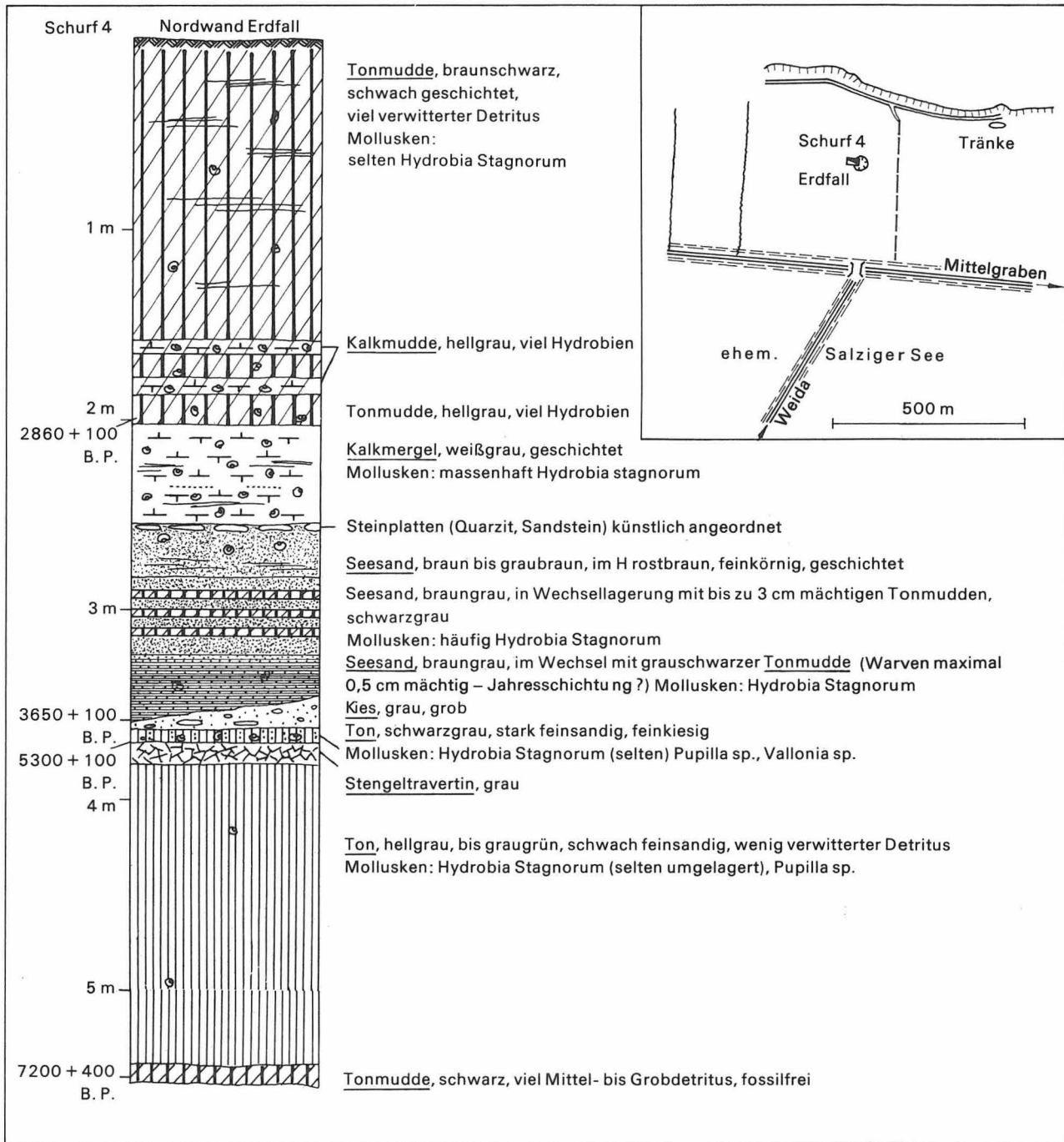


Abbildung 5
Aufnahme des Schurfes 4 (Erdfall im Salzigen See)

der Wissenschaften der DDR in Berlin (G. KOHL) und der Bergakademie Freiberg (Dr. HEBERT) durchgeführt worden.

Die ältesten holozänen Limnite sind zu Beginn des Atlantikums in lokalen Senkungsgebieten bzw. Erdfällen abgelagert worden (Abbildung 6). Die Tonmudde im tiefsten Teil des Profils hat ein Alter von 7200 ± 400 a. B. P. (Fr. 53). In der Folgezeit wurden die lokalen Senken mit schwach organischen Limnoklastiten aufgefüllt. Der in ihrem

Hangenden ausgebildete Travertinhorizont zeigt das postglaziale Klimaoptimum an (vgl. JÄGER 1965). Danach kam es erstmalig in weiten Teilen des Beckens zur Ablagerung geringmächtiger Ton-, Schluff- und Sandmudden (5300 ± 100 B. P.) mit der schon genannten Molluskengesellschaft der offenen Landschaften.

Die Basis des im gesamten Becken ausgebildeten Sedimentkomplexes I-b hat auf Grund von drei Datierungen subboreales Alter (Bln. 1045 – 3650

± 100 B. P., Bln. 1047 – 3385 \pm B. P. im Salzigen See und Bln. 1115 – 3864 ± 100 B. P. in der Erdebörner Niederung).

Auf Grund der klimatischen Bedingungen müssen die Auslaugungsvorgänge, die zur Beckenbildung geführt haben, wesentlich früher, wahrscheinlich zu Beginn des Postglazials (? Spätglazial) angesetzt werden. Zu Beginn des Subboreals hatte die Senkung dann einen Betrag erreicht, bei dem das Becken abflußlos und die Seebildung möglich wurde.

Die Zeitdifferenz von 1500 Jahren zwischen den beiden im Schurf 4 dicht aufeinanderfolgenden Schichten (Abbildung 5) weist auf eine Erosionsphase hin, die sich im Profil auch durch eine geringmächtige Kiesschüttung andeutet.

Die Basis des Sedimentkomplexes I-a ist in zwei Aufschlüssen datiert worden (Schurf 4 – 2860 ± 100 B. P., Schurf 3 – Fr. 52 – 2900 ± 300 B. P.). In der Erdebörner Niederung ist diese Basis mit Bln. 1121 – 2060 ± 100 B. P. jünger. Der im gesamten Becken zu beobachtende plötzliche Sedimentationsumschwung von vorwiegend Limnokalziten (Sedimentkomplex I-b) zu vorwiegend Limnoklastiten (Sedimentkomplex I-a) an der Grenze Subboreal/Subatlantikum ist anthropogen bedingt (SUDERLAU 1975), so daß es gerechtfertigt erscheint, die Limnoklastite des Sedimentkomplexes I-a als genetisches Äquivalent der Auelehme der Flußauen anzusehen.

Im ehemaligen Faulen See bei Eisleben ist die Basis des oberen limnischen Teilkomplexes (vgl. Abbildung 4, 6) mit Bln. 1048–1464 ± 100 B. P. datiert worden. Die Sedimentation hielt bis zur künstlichen Trockenlegung des Sees am Beginn des 13. Jahrhunderts an. Danach setzte die Auelehmakkumulation ein.

Der untere Teilkomplex ist nach oben zeitlich durch das genannte ^{14}C -Datum begrenzt. Nach der Molluskenfauna könnte der Sedimentationsbeginn dagegen bis in das Altatlantikum zurückreichen. Vermutlich erfolgte die Seebildung aber analog den Verhältnissen im Salzigen See später, nämlich im Jungatlantikum (? Subboreal).

2.2.3.

Sedimentations- und Senkungsgeschwindigkeiten

Der für eine Korrelation von Sedimentations- und Senkungsgeschwindigkeit erforderliche Nachweis

gleichmäßiger Sedimentationsbedingungen im Becken gelangt mit Hilfe der Auswertung bodenphysikalischer Kennziffern (SUDERLAU 1974, 1975). Ohne hier auf die Ergebnisse der Korrelationsanalyse im Detail einzugehen, kann festgestellt werden, daß zwischen den bodenphysikalischen Kennwerten sehr enge korrelative Zusammenhänge bestehen. Offenbar ist dies Ausdruck einer horizontal wie vertikal recht gleichmäßigen stofflichen Zusammensetzung der Sedimente und damit ein Anzeichen für bestehende lithogenetische Homogenität. Die Ergebnisse rechtfertigen es, die aus Sedimentmächtigkeit und -alter ermittelten Sedimentationsraten den Senkungsgeschwindigkeiten der Auslaugungshohlform gleichzusetzen.

Im Sedimentkomplex I-a liegen die Sedimentationsraten in den zentralen Beckenteilen zwischen 0,3 und 1,7 mm/Jahr. 78 % aller Werte haben Sedimentationsgeschwindigkeiten $\leq 1,0$ mm/Jahr. Höhere Geschwindigkeiten sind nur für solche Gebiete berechnet worden, in denen auch gegenwärtig hohe Senkungsgeschwindigkeiten nivellistisch nachgewiesen sind (Randbereich Binder-Kernner-See, Westrand ehemaliger Salziger See, Umgebung Erdfall Heller Loch). Extrem hohe Werte weisen der Nordostrand mit 2,7 mm/Jahr und der Westrand mit 4,8 mm/Jahr auf.

Im Sedimentkomplex I-b sind die Sedimentations- = Senkungsgeschwindigkeiten etwa 6mal größer als in I-a. Die durchschnittliche Sedimentationsgeschwindigkeit ist mit 3,8 mm/Jahr errechnet worden.

Es besteht kein Zweifel, daß die höheren Sedimentationsraten im Komplex I-b auf eine höhere Subrosionsintensität während des Atlantikums und Subboreals infolge günstigerer klimatischer Bedingungen zurückzuführen sind. Dafür sprechen auch die oben genannten Salinitätsgrade, die mit Hilfe der Fauna den einzelnen Sedimentkomplexen zugeordnet werden konnten.

Die Bestimmung der Sedimentationsgeschwindigkeit im ehemaligen Faulen See bei Eisleben ist problematischer als im Salzigen See und nur auf indirektem Wege möglich. Bei einer mittleren Mächtigkeit von 2,5 m und einer Sedimentationsdauer von ca. 770 Jahren kann die Sedimentationsrate des Auelehms mit 3,3 mm/Jahr angegeben werden. Dieser Wert darf jedoch der Senkungsgeschwindigkeit der Auslaugungshohlform

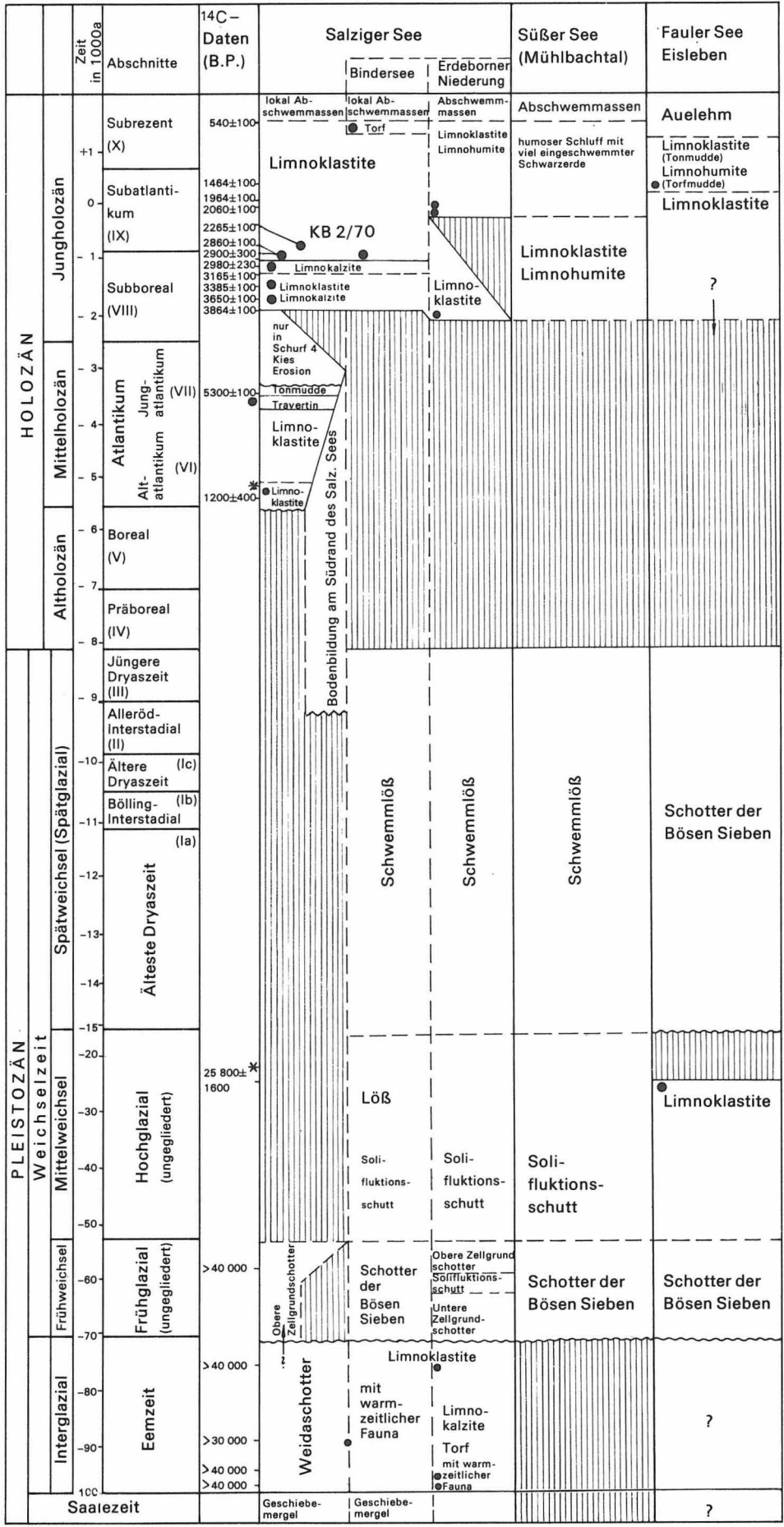


Abbildung 6
Stratigraphie und Fazies
(Übersicht über die
sedimentäre Entwicklung im
Untersuchungsgebiet)

- Schichtlücken
- Erosion
- 14C-Datierung (Laboratorium Berlin)
- 14C-Datierung (Laboratorium Freiberg)

nicht gleichgesetzt werden, da natürliche Sedimentationsbedingungen durch die Meliorationsmaßnahmen im Zuge der Trockenlegung des Sees nachhaltig verändert wurden (vgl. UNGER; RAU 1966).

Sedimentationsbeginn und -ende des oberen limnischen Teilkomplexes können durch das schon genannte ^{14}C -Datum und den bekannten Zeitpunkt der Trockenlegung des Sees hinreichend genau angegeben werden. Aus der Ablagerungsdauer von etwa 700 Jahren und einer mittleren Mächtigkeit von 1,20 m läßt sich eine Sedimentationsrate von 1,7 mm/Jahr errechnen. Auf Grund des Sedimentcharakters muß man annehmen, daß das Becken während dieser Zeit nicht in der Lage war, die durch die morphologischen Verhältnisse und anthropogenen Einflüsse, z. B. Waldrodungen und Ackerbau, bedingte hohe Materialzufuhr durch stärkere Senkungen zu kompensieren. So bildete sich bald eine Verlandungsfazies mit Tonmudden, Torfmudden, Torfen und Sapropelen sowie der dafür typischen Fauna. Die Sedimentationsrate von 1,7 mm/Jahr ist folglich nicht gleichbedeutend mit der natürlichen Senkungsgeschwindigkeit; diese muß niedriger gewesen sein.

3.

Weitere Bestimmungsmethoden

Die Möglichkeiten sind begrenzt, eine Überprüfung der für die einzelnen Aufschlüsse berechneten natürlichen Senkungsraten mit anderen Methoden vorzunehmen. Im Aufschluß bietet sich dazu allein die Warvenzählung an, die jedoch nur dort möglich ist, wo Sedimente mit eindeutiger Jahresschichtung vorliegen. Im Salzigen See war dies in einigen Profilen im liegenden Teil des Sedimentkomplexes I-b der Fall. Die auf diese Weise berechneten Sedimentationsarten liegen zwischen 4 und 5,7 mm/Jahr und entsprechen damit den Werten, die unter 2.2.3. für den Sedimentkomplex I-b schon genannt worden sind.

Alle anderen Berechnungsmethoden erfassen nur den Großraum und lassen eine Aussage für den Einzelstandort nicht zu. Dennoch kann und muß die Brauchbarkeit der bisher besprochenen Berechnungsverfahren mit anderen Methoden geprüft werden. Recht zuverlässige Werte sind zu gewin-

nen, wenn man von den Senkungsbeträgen zur Zeit der bergbaulichen Tätigkeit ausgeht und sie in Beziehung zur Wasserbilanz des entsprechenden hydrogeologischen Systems bringt. Berechnungen dieser Art sind Gegenstand einer laufenden Untersuchung von PLÖTTNER. Den Ergebnissen kann daher an dieser Stelle nicht vorgegriffen werden. Erlaubt ist lediglich der Hinweis, daß die auf diese Weise berechnete natürliche Senkungsgeschwindigkeit für den Bereich der Eislebener Niederung mit etwa 0,7 mm/Jahr angegeben werden kann.

Eine weitere Berechnungsmöglichkeit ergibt sich durch den Niveauvergleich stratigraphisch gut korrelierbarer Sedimentfolgen. So sind im Jahre 1972 am Südrand des Salzigen Sees in zwei Bohrungen pollenanalytisch belegte holsteinzeitliche Limnite erbohrt worden, für die das massenhafte Auftreten der Salzwasserschnecke *Hydrobia stagnorum* charakteristisch ist. Man kann demzufolge annehmen, daß

1. ein Salziger See mit größerer Ausdehnung als im Holozän bereits während der Holsteinzeit bestanden hat,

2. damit die Vorstellung von H.; R. LEHMANN (1930), die Salzke sei damals durch das Gebiet des Salzigen Sees, die Weida dagegen über Teutschenthal geflossen, wieder an Wahrscheinlichkeit gewinnt und

3. die von MERTIN (1940) aus der *Corbicula*-Fundsicht der Kiesgrube Köchstedt beschriebene Brackwasserfauna aus dem Gebiet des damaligen Salzigen Sees stammt.

Wenn diese Annahmen stimmen, muß der Salzige See jener Zeit ca. 60 m höher gelegen haben als heute. Setzt man die Zeit der postelsterzeitlichen Wiedererwärmung mit HESEMANN (1970) auf ca. 250 000 Jahre vor heute an, so ergibt sich für das Gebiet des Salzigen Sees ein jährlicher Senkungsbetrag von 0,25 mm. Da sich die Subrosionsvorgänge vorwiegend während der Warmzeiten abgespielt haben müssen (SUDERLAU 1974), steht für den Senkungsbetrag von 60 m bei Berücksichtigung der von HESEMANN (1970) vertretenen Zyklik des pleistozänen Geschehens lediglich eine Subrosionsdauer von ungefähr 120 000 Jahren zur Verfügung. Damit erhöht sich die durchschnittliche Senkungsrate auf 0,5 mm/Jahr.

Aus der Höhendifferenz der Weidaschotter im Gebiet des ehemaligen Salzigen Sees kann ein nach der Schotterakkumulation erfolgter Senkungs-

betrag von maximal 22 m errechnet werden. Nimmt man an, daß die Schotterakkumulation bis in das Frühglazial der Weichselzeit gereicht hat, so würden infolge der allgemeinen Subrosionsbedingungen (BRENDDEL 1972) maximal 15 000 Jahre für die Auslaugung zur Verfügung gestanden haben. Daraus kann eine Senkungsgeschwindigkeit von 1,4 mm/Jahr abgeleitet werden.

Zu ähnlichen Ergebnissen (max. 2,2 mm/Jahr, min. 1,5 mm/Jahr) kommt man, wenn das Abflußniveau der Salzke aus dem See vor der Seebildung rekonstruiert und mit den gegenwärtigen Oberkanten der Weidaschotter im Becken verglichen wird (Abbildung 3, Bhg. 1...2/71, Bhg. 7/70).

4. Senkungsprognose

Um die natürliche Senkungsrate für den Bereich des ehemaligen Salzigen Sees möglichst genau bestimmen zu können, ist es erforderlich, von den beiden holozänen Sedimentkomplexen denjenigen auszuwählen, in dem die geologischen, hydrogeologischen und paläoklimatischen Verhältnisse den gegenwärtigen am nächsten kamen. Das war während der Sedimentationszeit des Sedimentkomplexes I-a der Fall (Subboreal-Subrezent). Folglich werden die für diesen Sedimentkomplex berechneten Senkungsraten jenen entsprechen, die nach vollendetem Wasseranstau in der Mansfelder Mulde zu erwarten sind. Für den Salzigen See sind das Beträge zwischen 0,3 und 1,7 mm/Jahr, wobei der größte Teil aller Werte < 1,0 mm/Jahr sein wird.

Am Westrand der Erdeborner Niederung kann die natürliche Senkungsrate mit maximal 1,4 mm/Jahr angegeben werden. Am Ostrand, im Bereich des Grottenteiches, ist sie mit > 4 mm/Jahr wesentlich höher. Dieser Höchstwert hat lokale Ursachen und ist für das übrige Seegebiet nicht repräsentativ.

Im Gebiet des ehemaligen Faulen Sees bei Eisleben ist mit natürlichen Senkungsgeschwindigkeiten $\leq 1,7$ mm/Jahr zu rechnen. Schließlich sprechen die am Ostrand des Süßen Sees abgelagerten holozänen Sedimente dafür, daß eine Senkungsgeschwindigkeit von 2,6 mm/Jahr nicht überschritten wird.

Schwieriger ist eine Prognose für die übrigen Senkungsschwerpunkte (Volkstedt, Eisleben, Helfta, Erdeborn, Röblingen und Rollsdorf) zu erstellen. Das Fehlen jungquartärer Ablagerungen nennenswerter Mächtigkeit spricht dafür, daß hier Senkungsbeträge zu erwarten sind, die nicht wesentlich über die für den Salzigen See prognostizierten Werte hinausgehen.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die natürlichen Senkungen in der Mansfelder Mulde vorwiegend gleichmäßig, weitgespannt und mit geringer Intensität (< 1 mm/Jahr) verlaufen werden. Stärkere Senkungen sind an tektonisch prädestinierten Stellen möglich, wobei Senkungsraten > 4 mm/Jahr Spitzenwerte darstellen, die nur lokale Bedeutung haben.

Beim Vergleich der berechneten natürlichen Senkungsgeschwindigkeit mit den durch Nivellements nachgewiesenen Oberflächenveränderungen ergibt sich, daß die natürlichen Senkungen durch die Wasserhaltungsmaßnahmen des Kupferschieferbergbaues um das 18- bis 98fache im Gebiet des ehemaligen Salzigen Sees beschleunigt worden sind. Kurzzeitig sind hier wie in anderen Senkungsgebieten der Eislebener Niederung Beschleunigungen bis auf das 600fache feststellbar.

Literatur

BRENDEL, K.

Die Rötfolge der Trias im südöstlichen und nördlichen Harzvorland in ingenieurgeologischer Sicht. Halle: Diss. (unveröffentlicht) 1972.

BRENDEL, K.; D. FANTASNY u. G. SUDERLAU

Der Einfluß der Senkungs- und Erdfallgebiete in der Mansfelder Mulde auf Baubestand und Bauplanung. Aufgaben, Rolle und Bedeutung der geologischen Wissenschaften bei der komplexen Erschließung sowie ökonomischen und landeskulturellen Entwicklung des industriellen Ballungsgebietes Halle – Merseburg – Bitterfeld. Exkursionsführer. Berlin 1970, S. 39...101.

CEPEK, A. G.

Geologische Ergebnisse der ersten Radiokarbondatierungen von Interstadialen im Lausitzer Urstromtal. Geologie, 14, 1965, 5/6, S. 625...657.

HERRMANN, R.

Der Gebirgsbau Nordost-Thüringens. Beitr. z. Geol. v. Thüringen, 1, 1927, S. 39...57.

- HESEMANN, J.
Versuch einer neuen Pleistozängliederung. Eiszeitalter und Gegenwart, 21, 1970, S. 97...107.
- HOYNINGEN-HUENE, E. v.
Salztektonik und Auslaugung im Gebiet der Mansfelder Seen. Freib. Forschungshefte, C 56, 1959, S. 1...57.
- JÄGER, K.-D.
Beobachtungen und Untersuchungen zum Übergang vom Pleistozän zum Holozän im Thüringer Becken. Wiss. Zschr. d. Friedrich-Schiller-Universität Jena, math.-nat. R., 14, 1965, S. 59...72.
- JUNG, W.
Zum subsalinen Schollenbau im südöstlichen Harzvorland. Mit einigen Gedanken zur Äquidistanz von Schwächezonen. Geologie, 14, 1965, S. 254...271.
- KLIEWE, H.; E. LANGE
Ergebnisse geomorphologischer, stratigraphischer und vegetationsgeschichtlicher Untersuchungen zur Spät- und Postglazialzeit auf Rügen. Peterm. Geogr. Mitt., 112, 1968, 4, S. 241...255.
- LEHMANN, H.; R. LEHMANN
Die diluvialen Flußterrassen in der Umgebung von Halle—Saale. Leopoldina, 6, 1930, S. 233...251.
- MANIA, D.
Zur spät- und nacheiszeitlichen Landschaftsgeschichte des mittleren Elb-Saalegebietes. Hall. Jb. f. Mitteldeutsche Erdgeschichte, 11, 1972, S. 7...36.
—: Paläoökologie, Faunenentwicklung und Stratigraphie des Eiszeitalters im mittleren Elb-Saale-Gebiet auf Grund von Molluskengesellschaften. Geologie, 21, Beih. 78/79, 1973.
- MERTIN, H.
Das erstinterglaziale Vorkommen von *Corbicula fluminalis* bei Köchstedt westlich Halle a. d. S. Zschr. f. Geschiebeforsch. u. Flachlandgeol., 16, 1940, 2, S. 53...81.
- MÜLLER, H.
Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des mitteldeutschen Trockengebietes. Nova Acta Leopoldina, N. F., 16, 1953, Nr. 100, S. 1...67.
- PELZEL, J.; M. HEMMANN u. G. SEIFERT
Ursachen und Entwicklung der Senkungserscheinungen und Erdfälle bei der Flutung der Grube Friedenshall bei Bernburg. Ber. Deutsch. Ges. f. geol. Wiss., R. A, Geol. Paläont., 17, 1972, 2, S. 191...219.
- PLÖTTNER, K.; D. FANTASNY
Hydro- und ingenieurgeologisches Gutachten zur Soleversenkung im Raum Rollsdorf-Seeburg. Rat des Bezirkes Halle, Abt. Geologie, Archiv (unveröffentlicht). Halle 1971.
- STEINMÜLLER, A.
Eine weichselzeitliche Schichtenfolge in der Goldenen Aue bei Nordhausen. Jb. Geol., 1, 1966, S. 373...394.
- SUDERLAU, G.; K. BRENDL;
F. KAMMERER u. H. SCHOOF
15 Jahre Senkungsmessungen in der Mansfelder Mulde und ihre Bedeutung für den vorbeugenden Katastrophenschutz. Zschr. f. angew. Geol., 18, 1972, 6, S. 262...273.
- SUDERLAU, G.
Die spät- und postglazialen Ablagerungen in den Senken des Raumes Eisleben—Artern—Bad Frankenhausen und ihre ingenieurgeologische Bedeutung. Halle: Diss. (unveröffentlicht) 1974.
—: Jungquartäre Ablagerungen in den Senken des Raumes Eisleben—Artern—Bad Frankenhausen. Herzynia, N. F., 12, 1975, S. 228...253.
- UNGER, K. P.; D. RAU
Zur Gliederung und Entwicklung der rezenten Talauen des zentralen Thüringer Beckens. Jb. Geol., 1, 1966, S. 395...410.

Zusammenfassung

Die Gattung Dicranophyllum Gr. Eury in den varistischen Innensenken der DDR

Es wird eine paläofloristische Übersicht über die Gattung *Dicranophyllum* in den varistischen Innensenken der DDR gegeben. Wichtige Neufunde liegen aus dem Westfal D des Erzgebirgischen Beckens, des Stefans und Autuns im SW-Saaletrog (Thüringer Wald) und des Rotliegenden Sachsens vor. Die Epidermisstruktur der Blätter wird untersucht. Vergleichsstudien an französischem Typus-Material ermöglichen eine Aussage über die ausgeprägte Mosaikstruktur der einzelnen Merkmale. *Dicranophyllum* wird als Ausgangsgruppe für Koniferen angesehen; ihre Gabelblätter mit Spitzenwachstum weisen auf Pteridospermen-Herkunft hin.

Summary

Genus

Dicranophyllum Gr. Eury in the various Variscan interior depressions of the GDR

A paleofloristic survey dealing with genus *Dicranophyllum* in the Variscan interior depressions of the GDR is given. Important new discoveries have been made in the D Westphalien of the Ergebirge Basin, the Stephanian and Autunian in the SW Saale Trough (Thuringian Forest), and the Rotliegende of Saxony. The epidermal structure of the leaves is examined. Comparative studies of French type material permit a statement to be made on the distinct mosaic structure of the individual features. *Dicranophyllum* is regarded as the origin group for conifers; the furcate leaves with apex growth point to Pteridosperm origin.

Резюме

Род Dicranophyllum Gr. Eury в различных варисцийских внутренних котловинах ГДР

Дается палеофлористический обзор о роде *Dicranophyllum* в варисцийских внутренних котловинах ГДР. Обнаружены важные находки вестфаль-

¹ Herrn Prof. (em.) Dr. RUDOLF HOHL zum 70. Geburtstag gewidmet.

Die Gattung *Dicranophyllum Gr. Eury* in den varistischen Innensenken der DDR¹

*Mit 2 Abbildungen und
20 Photos im Text*

Autor:

Dr. habil. MANFRED BARTHEL
Humboldt-Universität zu Berlin,
Museum für Naturkunde,
Paläontologisches Museum
104 Berlin
Invalidenstraße 43

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd 2

Seite 73...86

VEB H. Haack Gotha/Leipzig 1977

ского Д века котловины Рудных гор, стефанского и отенийского веков в юго-западном жёлобе р. Заале (Тюрингенский лес) и саксонского красного лежня. Исследуется структура кожицы листов. Сравнительные исследования французских эталонных материалов позволяют заключить о чётко выраженной структуре-мозаике отдельных признаков. *Dicranophyllum* рассматривается как исходная группа хвойных пород; их виллообразные листья с макушечным ростом указывают на происхождение из папоротниковой спермы.

1. Einleitung

Am Ende des Paläophytikums treten im euramerischen Florengebiet gymnosperme Pflanzen auf, deren ausgeprägtes Merkmalsmosaik eine eindeutige Zuordnung zu einer Gymnospermen-Klasse nicht erlaubt. Die Erforschung solcher Gattungen wie *Trichopitys*, *Taeniopteris*, *Pterophyllum* und *Carpentieria* im Oberkarbon und Unteren Perm ist für die Kenntnis der Evolution von Ginkgophyten, Cycadophyten und Koniferen Voraussetzung. Aber auch die Lösung angewandt-paläobotanischer Aufgaben, wie Biostratigraphie und Faziesanalyse, beruht auf solchen neuen mesophytischen Elementen innerhalb der alten, paläophytischen Floren und auf deren Neubesiedlung weiter Festlandgebiete. Eine der interessantesten Pflanzen aus dieser Gruppe ist die Gattung *Dicranophyllum*, ein Gehölz mit gegabelten Nadelblättern und lepidodendroiden Blattpolstern. In der paläofloristischen Literatur der DDR-Binnenbecken ist diese Pflanze, die bei fragmentarischer Erhaltung sicher häufig übersehen oder falsch bestimmt wurde, bisher wenig beachtet worden. Neufunde der letzten Jahrzehnte mit erhaltener Epidermisstruktur und Vergleichsstudien an vorzüglich erhaltenem Material aus französischen Binnenbecken (Typus-Gebiet)

Photo 1

Dicranophyllum gallicum Gr. EURY, beblätterter Zweig; 1:1,
Erzgebirgisches Becken, Westfal D,
Halde Martin-Hoop-Schacht, leg. D. STORCH
(Photo BARTHEL)

Photo 1a

Ausschnitt mit Blatt-Nervatur und Stomata-Furchen; 4:1
(Photo BARTHEL)

Photo 1b

Ausschnitt mit Blatt-Nervatur und Gabelung; 4:1
(Photo BARTHEL)

Photo 1c

Epidermis der Blatt-Unterseite mit einem
Stomata-Streifen; 100:1
(Photo BARTHEL)

Photo 2

Dicranophyllum gallicum Gr. EURY, Zweigspitze; 1:1;
SW-Saaletrog, Manebacher Schichten/Langguth-Zeche
(Photo BARTHEL)

Photo 3

Wie Photo 20;
ein Zweig mit voll entwickelten Blättern; Forstmeisterweg
(Photo BARTHEL)