Beih. Ber. Naturh. Ges.	5	Keller-Festschrift	Hannover 1968

Methodische Untersuchungen zur Feinstratigraphie an Oberkreide-Foraminiferen im Raum Hannover—Lehrte

Von TARIK AL-ABAWI*)

Mit 14 Abbildungen und 2 Tabellen

Zusammenfassung

Drei Methoden zur Verfeinerung der Stratigraphie werden an dem reichen Fossilmaterial benthonischer Oberkreide-Foraminiferen geprüft. Die untersuchten Proben stammen aus dem Ober-Santon und Unter-Campan einer westlich des Salzstocks Lehrte gelegenen Oberkreide-Mulde, die erhebliche Mächtigkeitsschwankungen, zwei Transgressionen und örtlich begrenzte Schichtlücken aufweist. Der ersten, hauptsächlich verwendeten Methode liegt die Windungsrichtung rotaliider Foraminiferen zugrunde. Die im Zeitablauf wechselnde Anzahl rechts- und linksgewundener Gehäuse wird zu Kurven aufgetragen. Hierfür werden 44 685 Gehäuse von *Globorotalites michelinianus* (ORBIGNY) und *Gyroidina nitida* (REUSS) aus 304 Proben ausgezählt. Die beiden anderen Methoden gründen sich auf die Individuenzahlen von *Globorotalites michelinianus* und auf die Anzahl der kalkschaligen Arten einer Foraminiferen-Fauna. Auch diese Zahlenwerte schwanken und ergeben stratigraphisch vergleichbare Kurven. — Mit diesen Kurven wird das reduzierte Profil eines Mergelkalkbruchs bei Misburg mit den mächtigeren Schichtenfolgen in 4 Erdölbohrungen bei Lehrte und Höver parallelisiert. Voraussetzung für die Parallelisierung sind ähnliche Schichtmächtigkeiten oder eine Angleichung der Profilmaßstäbe an die verschiedenen Sedimentationsgeschwindigkeiten sowie annähernd gleiche (möglichst dichte) Probenabstände. Eine Kontrolle der mit den Kurven der Windungsrichtung durchgeführten Schichtvergleiche erfolgt teils durch Diagramme elektrischer Bohrlochmessungen, teils durch die Individuen- und Artenzahl-Kurven. Die Ergebnisse der 3 verschiedenen feinstratigraphischen Methoden stimmen in zwei fast 5 km entfernten Profilen auf 0—1 m genau überein. Mit diesen Parallelisierungen ist es möglich, die Zonengliederung von Misburg auf die Bohrprofile zu übertragen, die Mächtigkeitszunahmen in der Oberkreide-Mulde schärfer zu erfassen, eine Schichtlücke in Misburg zu bestätigen sowie das allmähliche Vordringen der Santon-Transgression zu verfolgen und die Transgressionsgeschwindigkeit abzuschätzen (1 m in über 300 Jahren).

Inhalt

1. Einleitung
2. Tages- und Bohraufschlüsse
3. Statistische Methodik
4. Feinstratigraphie
5. Literatur

*) Dr. T. AL-ABAWI, Sebea Abkar, Othman Ben Afan street 99/18, Bagdad, Iraq

1. Einleitung

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist es, neue stratigraphische Methoden auf ihre allgemeine Anwendbarkeit hin zu prüfen. Diese Methoden arbeiten mit statistischen Auszählungen an Foraminiferen und verfolgen den Zweck, eine Schichtenfolge weitaus feiner zu gliedern, als es bisher auf Grund der artlichen Zusammensetzung einer Mikrofauna, der stratigraphischen Reichweite einzelner Foraminiferen oder selbst mit der Entwicklungshöhe phylogenetisch abwandelnder Arten möglich war.

Eine dieser Methoden bildet die Auszählung der Windungsrichtung bei rotaliiden Foraminiferen, wie sie verschiedene Autoren, zuletzt KAEVER (1960), für stratigraphische Vergleiche ausgewertet haben. Die Anzahl rechts- und linksgewundener Gehäuse in einer Population schwankt im Zeitablauf und eignet sich — in Kurven dargestellt — für feinstratigraphische Parallelisierungen. Da es sich bei der Rechts- oder Linkswindung vorwiegend um genetisch bedingte Merkmale handelt, hat BETTENSTAEDT (1962, S. 417) dieses Verfahren als „Allel-Stratigraphie" bezeichnet. — Eine weitere Methode legt die innerhalb eines Profils wechselnde Individuenzahl einer Art zugrunde. Frequenzkurven einzelner Mikrofossil-Arten sind schon mehrfach veröffentlicht, z. B. in GRABERT (1959, S. 26, Abb. 4), jedoch wurde bisher kaum versucht, solche Schwankungen zur Parallelisierung von zwei benachbarten Profilen heranzuziehen. — Das dritte Verfahren, eine „Artenzahl-Stratigraphie", hat kürzlich MICHAEL (1967) für die mikrofaunistische Untergliederung des nordwestdeutschen Barrême entwickelt. Hierbei wird die wechselnde Anzahl der Arten — nach sand- und kalkschaligen Foraminiferen getrennt — ebenfalls zu Kurven aufgetragen. Arten- und Individuenzahl-Stratigraphie gründen sich auf zeitliche Änderungen der Umweltverhältnisse, die den Reichtum und die Zusammensetzung einer Mikrofauna stark beeinflussen (BETTENSTAEDT 1960, S. 54). Diese Methoden basieren daher — in Gegensatz zur „Allel-Stratigraphie" — in erster Linie auf ökologischen Außenfaktoren[1]).

Untersucht wurden benthonische Kleinforaminiferen aus der Oberkreide, insbesondere aus dem Zeitabschnitt Ober-Santon bis Unter-Campan. Als Untersuchungsgebiet wurde der Raum Hannover—Lehrte gewählt, in dem die Mergel und Kalke des (transgredierenden) Ober-Santon und Unter-Campan in mehreren Kalkbrüchen und durch zahlreiche Tiefbohrungen des Ölfeldes Lehrte aufgeschlossen waren. Den günstigen Aufschlußbedingungen standen jedoch einige Komplikationen in den Sedimentationsverhältnissen gegenüber. Nach BETTENSTAEDT & DIETZ (1957, S. 480, 498) nimmt die Mächtigkeit des höheren Santon im Raum Hannover—Lehrte von 9 m auf über 130 m zu. Ferner hat ERNST

[1]) MICHAEL (1967, S. 92) bezeichnet daher auch seine Unterteilung des Barrême nach Artendiagrammen als eine „Ökostratigraphische Gliederung" — ein Ausdruck, der auf SCHINDEWOLF zurückgeht.

(1963b) in den Kalkbrüchen bei Misburg eine örtlich begrenzte Schichtlücke zwischen *pilula*-Zone (unteres Unter-Campan) und *granulataquadrata*-Zone (Ober-Santon) festgestellt. Die besondere Aufgabe der Untersuchung lag deshalb in dem Versuch, festzustellen, ob die erwähnten Methoden zur Verfeinerung der Stratigraphie, die bislang nur bei gleichmäßigen und übersichtlichen Lagerungsverhältnissen erprobt waren, auch bei komplizierten stratigraphischen Verhältnissen zu Ergebnissen führten.

Meinen verehrten Lehrern Prof. Dr. F. BETTENSTAEDT (Hannover) und Prof. Dr. G. KELLER (Braunschweig) gilt mein besonderer Dank für das Thema zu dieser Arbeit, für wertvolle Ratschläge und stete Förderung. Für die freundliche Hilfe bei der Beschaffung von Material und fachliche Hinweise bin ich ferner Dr. G. ERNST (Braunschweig) sehr dankbar.

Weiterhin danke ich der PREUSSAG AG., Erdöl- und Bohrverwaltung (Hannover), die mir entgegenkommenderweise den größten Teil des Untersuchungsmaterials (Bohrungen Lehrte 11, 40, 44) zur Verfügung stellte, sowie der Gewerkschaft Elwerath (Hannover), die an der Bohrung Höver W 1 beteiligt war. — Die Stiftung Volkswagenwerk gewährte ein Stipendium, das mir durch den Vergabeausschuß der Technischen Universität Braunschweig zugeteilt wurde und die vorliegende Promotionsarbeit ermöglichte. Für diese Unterstützung möchte ich der Institution meinen besten Dank aussprechen.

Das statistisch ausgewertete Foraminiferen-Material wird im Institut für Geologie und Paläontologie der Technischen Universität Braunschweig (THB) aufbewahrt.

2. Tages- und Bohraufschlüsse

Das Untersuchungsmaterial besteht aus Proben, die im Mai 1966 in dem Mergelkalkbruch der Hannoverschen Zementwerke in Misburg aufgesammelt wurden. Hierzu kamen zahlreiche Kern- und Spülproben der Bohrungen Lehrte 11, Lehrte 40, Lehrte 44 und Höver W 1, die die PREUSSAG AG. in den Jahren 1951—1959 zur Aufsuchung, Erschließung und Erweiterung des Erdölfeldes Lehrte abgeteuft hat (Abb. 1). Die Fundpunkte liegen zwischen Misburg und dem Nord-

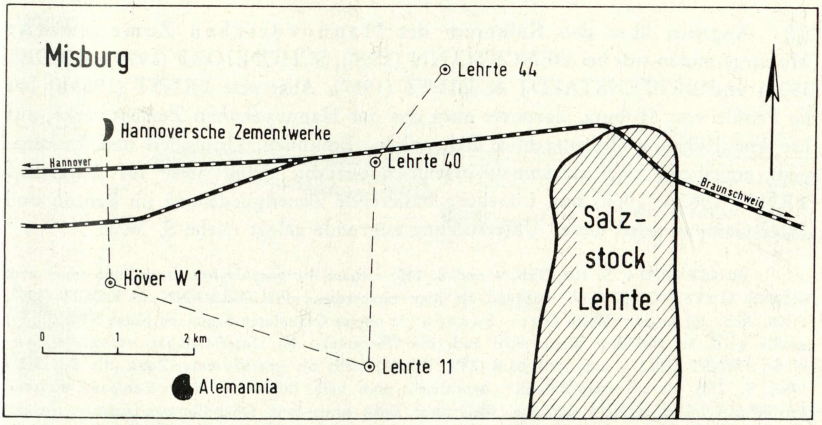


Abb. 1: Lageskizze der untersuchten Tages- und Bohraufschlüsse im Raum Misburg-Lehrte (Meßtischblatt Lehrte Nr. 3625). Kreise: Erdölbohrungen.

teil des Salzstocks Lehrte im Bereich der Lehrter Westmulde, die ihre Entstehung salztektonischen Bewegungen verdankt (BETTENSTAEDT & DIETZ 1957, S. 498, 506). Die synsedimentäre Einsenkung dieser Oberkreide-Mulde (Abb. 2) begann schon bald nach dem präsantonen Aufstieg des Salzstocks und

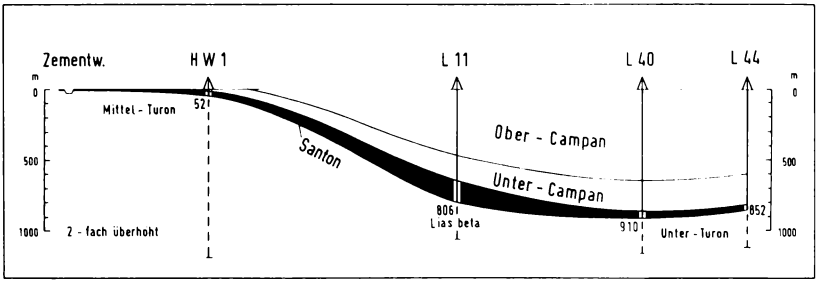


Abb. 2: Profilschnitt durch die Lehrter Westmulde, zweifach überhöht. Lage der Aufschlüsse siehe Abb. 1. Die größte Santon-Mächtigkeit (Bohrung Lehrte 11) fällt nicht mit der tiefsten Absenkung der Oberkreide-Mulde zusammen.

hatte zur Folge, daß das Ober-Santon in sehr unterschiedlicher Mächtigkeit abgelagert wurde. Die größte Mächtigkeit erreicht das Santon mit über 130 m im Bereich der Bohrung Lehrte 11, die nur 2,2 km vom westlichen Rand des Salzstocks entfernt ist. BETTENSTAEDT & DIETZ (1957, S. 498) führen die höheren Mächtigkeiten auf eine santone Salzabwanderungsmulde zurück. Die geringste Santon-Mächtigkeit (ca. 9 m) ist im Aufschluß Misburg zu beobachten, der etwa 6 km vom Salzstockrand entfernt liegt.

Angaben über den Kalkbruch der Hannoverschen Zementwerke (Misburg) finden sich bei DENCKMANN (1890), SCHÖNDORF (1919), RIEDEL (1938) und BETTENSTAEDT & DIETZ (1957). Aber erst ERNST (1963 b) hat die Profile von Misburg, darunter auch das der Hannoverschen Zementwerke, auf ihre Fossilführung (hauptsächlich Belemniten, Echiniden, Crinoiden und Inoceramen) eingehend und zusammenhängend untersucht. Seine auch auf Lägerdorf (ERNST 1963 a, 1966) und Lüneburg basierende Zonengliederung im Santon und Unter-Campan wird dieser Untersuchung zugrunde gelegt (siehe S. 397):

ERNST (1963 a, S. 102, Tab. 4 und S. 110) rechnet die *granulataquadrata*-Zone schon zum (tiefsten) Unter-Campan, während sie hier entsprechend HILTERMANN & KOCH (1962, S. 306, Abb. 25) in das höchste Ober-Santon (= oberes Granulaten-Senon im Sinne STOLLEYs) gestellt wird. In ähnlicher Weise wird auch die Obergrenze des Unter-Campan verschieden aufgefaßt. ERNST (1963 a und 1963 b, S. 145, Tab. 1) stellt die *gracilis/senior*-Zone, die SCHMID (1953, S. 235) als „overlap-Bereich" bezeichnet, noch zum (höchsten) Unter-Campan, während HILTERMANN & KOCH (1962, S. 304) diese Zone schon zum Ober-Campan rechnen. In der vorliegenden Bearbeitung wird die in der Mikropaläontologie gebräuchliche Gliederung zugrunde gelegt (Unter-Campan = *lingua/quadrata-* bis *conicus/papillosa*-Zone).

Ober-Campan	
	gracilis/senior-Zone
Unter-Campan	conicus/papillosa-Zone
	papillosa-Zone
	senonensis-Zone
	pilula-Zone
	lingua/quadrata-Zone
Ober-Santon	granulataquadrata-Zone
	Marsupites-Zone
	Uintacrinus-Zone
Mittel-Santon	rogalae/westfalicagranulata-Zone
	rogalae/westfalica-Zone

Die Grube der Hannoverschen Zementwerke wurde zur Zeit der Probenaufsammlung (1966) nicht mehr abgebaut. Das ehemals an der Ostseite aufgeschlossene Profil (vgl. ERNST 1963 b, S. 132) ist im Bereich des Ober-Santon verstürzt, jedoch war die nördliche, über 35 m hohe Wand noch erhalten. Nur ihr unterer, aus Turon-Plänern bestehender Teil war größtenteils von einer Schutthalde bedeckt. Zwei Abschiebungen störten nicht die Probenentnahme aus den übrigen intakten Profilen (Abb. 3). — Die Aufsammlung begann etwa 40 m rechts (östlich)

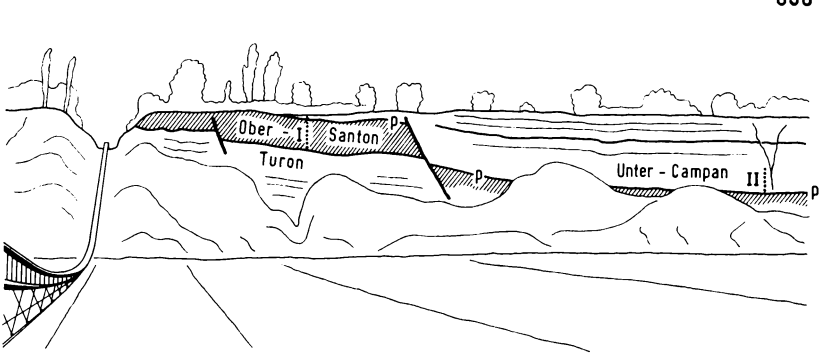


Abb. 3: Entnahmestellen der Proben aus dem Mergelkalkbruch der Hannoverschen Zementwerke bei Misburg. Links: Förderband. p = Basis der *pilula*-Zone. I und II: Profile der aufgesammelten Proben. Profilhöhe im Ober-Santon 9,3 m, im Unter-Campan 7,9 m. Zeichnung nach einem Foto vom 26. 5. 1966.

Proben-Nr.	Entnahme-Höhe über Santon-Transgression	Petrographie	Glaukonit im Schlämm-rückstand	Zonengliederung nach ERNST (1963 b)
33	17,20 m			
32	16,60 m			
31	15,90 m	Weißlichgraue, harte Kalk-		
30	15,10 m	bänke mit Kalk-		
29	14,30 m	mergeln		senonensis-Zone
28	13,50 m	wechsellagernd		
27	12,90 m			
26	12,00 m			
25	11,50 m			
				ca. 11,30 m
24	11,00 m	Knollige Kalke,		
23	10,50 m	unten grünlich-		pilula-Zone
22	10,00 m	graue, harte		
21	9,50 m	Kalke	+++	
	Transgression bei 9,30 m			Unter-Campan / Ober-Santon
20	9,10 m		+++	
19	8,80 m			
18	8,40 m			
17	7,80 m			
16	7,30 m	Mittel- bis		
15	6,80 m	dunkelgraue,		granulata-quadrata-Zone
14	6,25 m	weiche, kaum		
13	5,75 m	geschichtete		(unterer bis
12	5,15 m	Tonmergel		mittlerer Teil)
11	4,75 m			
10	4,20 m			
9	3,70 m			
8	3,20 m		+++	
7	2,80 m			
6	2,40 m			
5	2,00 m			
4	1,50 m			
3	1,00 m			ca. 1 m
2	0,50 m	dunkelgraue	+++	Marsupites-Zone
1	0,0-0,15 m	Tonmergel	+++	
	Transgression			Ober-Santon / Mittel-Turon

Tab. 1: Probenaufsammlung in dem Mergelkalkbruch der Hannoverschen Zementwerke (Misburg).

des Förderbandes und ca. 25 m oberhalb der Grubensohle — unmittelbar an der Transgression des Ober-Santon — mit den Proben Nr. 1—21 (Tab. 1). Die weiteren Proben Nr. 22—33 wurden um ca. 85 m nach rechts versetzt entnommen. Die beiden Profilteile schließen unmittelbar aneinander, wobei der Aufarbeitungshorizont der *pilula*-Zone als verbindende Orientierungsmarke diente. Das gesamte Profil umfaßt 17,20 m Mächtigkeit.

Das Ober-Santon transgrediert mit der *Marsupites*-Zone über Mittel-Turon (*lamarcki*-Pläner) unter Ausfall von Ober-Turon, Coniac, Unter- und Mittel-Santon (BETTENSTAEDT & DIETZ 1957, S. 480; ERNST 1963 b, S. 130). Die Transgression der *pilula*-Zone über die Tonmergel der *granulataquadrata*-Zone wurde schon von ERNST (1963 b, S. 136) als Aufarbeitungshorizont mit zahlreichen umgelagerten und angereicherten Belemniten beschrieben. Ausgefallen sind die gesamte *lingua/quadrata*-Zone sowie der höhere Teil der *granulataquadrata*-Zone (ERNST, S. 133).

In Tab. 1 sind 5 Proben besonders gekennzeichnet, deren Schlämmrückstände reichlich Glaukonit führen. Dies trifft vor allem für die beiden Transgressionshorizonte zu. Auffallenderweise enthält aber auch die etwa 20 cm unterhalb der *pilula*-Transgression entnommene Probe 20 reichlich Glaukonit. Dieser Glaukonit könnte durch fossile Grabgänge in die liegenden Mergel geraten sein. Es besteht aber auch die Möglichkeit einer autochthonen Deutung; in diesem Fall würden die höchsten, unter der Transgression lagernden Mergel der *granulataquadrata*-Zone Anzeichen einer sich verringernden Wassertiefe (im Sinne einer Regression) erkennen lassen.

Aus der Bohrung Lehrte 11 lagen Kernproben aus den Teufen 550,0 bis 752,5 m vor. Die in den Bohrkernen aufgefundenen Cephalopoden und Lamellibranchiaten wurden 1951 von Prof. Dr. O. SEITZ (Hannover) bestimmt, von denen die stratigraphisch wichtigsten Funde im folgenden zusammengefaßt werden (Mitteilung von Prof. Dr. BETTENSTAEDT):

550,0—620,6 m	*Gonioteuthis quadrata* (BLAINVILLE)
	Actinocamax verus MILLER
	Inoceramus lingua GOLDFUSS
	Inoceramus patootensis LOR
633,2—669,0 m	*Inoceramus lingua* GOLDFUSS
	Inoceramus patootensis LOR
669,5—673,0 m	*Gonioteuthis granulata* (BLAINVILLE)
	Inoceramus lingua GOLDFUSS
673,0—707,8 m	*Inoceramus lingua* GOLDFUSS
707,8—713,1 m	*Hauericeras pseudogardeni* SCHLÜTER
	Inoceramus lingua GOLDFUSS
	Inoceramus cf. *patootensis* LOR

Bei der im Jahre 1951 noch als *Gonioteuthis granulata* bestimmten Art dürfte es sich nach heutiger Artfassung um *Gonioteuthis granulataquadrata* (STOLLEY) handeln (vgl. ERNST 1964, S. 160). Nach den beiden *Gonioteuthis*-Arten liegt die Grenze Ober-Santon/Unter-Campan (entsprechend der Grenze zwischen *granulataquadrata*- und *lingua/quadrata*-Zone) zwischen den Kern-

teufen 620,6 m und 669,5 m, genauer — nach den Teufen der Funde — zwischen 619 und 672 m. Die Transgression des Santon auf Lias β wurde bei 806 m erbohrt.

In den Bohrungen Lehrte 40 und Lehrte 44 wurden keine Bohrkerne aus dem Unter-Campan und Ober-Santon gezogen. Es standen aber zahlreiche Spülproben (meist in 5 m-Abständen) zur Verfügung. Die Grenze Santon/Campan wurde damals durch einen Diagrammvergleich der elektrischen Bohrlochmessungen von der Bohrung Lehrte 11 auf die beiden anderen Bohrprofile übertragen; sie wies daher die gleiche Unsicherheit mit einem Spielraum von über 50 m auf. In beiden Bohrungen transgrediert das Ober-Santon über Unter-Turon, in der Bohrung Lehrte 40 bei 910 m und in der Bohrung Lehrte 44 bei 852 m.

Aus der Bohrung Höver W 1 lagen ebenfalls nur Spülproben (in 5 m-Abständen) vor. Die Santon-Transgression (über Mittel-Turon) lagert bei 52 m. Elektrische Bohrlochmessungen wurden erst in größeren Teufen ausgeführt. Die Einstufung der größtenteils als Ober-Santon datierten Mergel von 0,5—52 m erfolgte nach den reichen Mikrofaunen in den Spülproben. Nach BETTENSTAEDT (1962, S. 397), der diese Bohrung unter der Bezeichnung „Höver-Wealden 1" erwähnt, macht sich die Santon-Transgression — ähnlich wie in Misburg — in den Spülproben durch einen starken Glaukonitgehalt bemerkbar, der in höheren Proben allmählich abnimmt.

3. Statistische Methodik

Wie eingangs erwähnt, wurden statistische Auszählungen an Foraminiferen für folgende 3 Methoden vorgenommen:

1. Allel-Stratigraphie mit Hilfe der Windungsrichtung von *Globorotalites michelinianus* und *Gyroidina nitida* (Abb. 6, 7, 8, 9, 12),

2. Individuenzahl-Stratigraphie mit *Globorotalites michelinianus* (Abb. 10),

3. Artenzahl-Stratigraphie mit der kalkschaligen Foraminiferen-Fauna (Abb. 11).

Auf die stratigraphische Brauchbarkeit ihrer Windungsrichtung hin wurden verschiedene rotaliide Foraminiferen geprüft. Die Gattung *Globotruncana* (Arten aus der *lapparenti*-Gruppe) schied aus, weil ihre Gehäuse zu fast 100% rechtsgewunden sind. Vertreter der Gattungen *Gavelinella* und *Stensioeina* waren zwar stellenweise sehr häufig, aber in manchen Profilabschnitten fehlten sie oder wurden so selten (1—2 Exemplare in einer Schüttung auf der Ausleseschale), daß keine ausreichende Stückzahl ausgelesen werden konnte. Allein *Globorotalites michelinianus* (ORBIGNY) und *Gyroidina nitida* (REUSS) waren in fast allen Profilen

durchgehend vorhanden und ergaben kontinuierliche, für die Parallelisierung brauchbare Kurven[2]). Die Windungsrichtung wurde an

23 846 Gehäusen von *Globorotalites* und

20 839 Gehäusen von *Gyroidina*

bestimmt, insgesamt an 44 685 Exemplaren aus 304 Proben.

Weitere 8728 nach ihrer Windung ausgezählte Gehäuse von *Gavelinella* wurden aus den erwähnten Gründen nicht mehr berücksichtigt. Ihre Populationen zeigten jedoch ähnliche Schwankungen der Windungsrichtung wie die von *Globorotalites* und *Gyroidina*. Damit wäre auch die Gattung *Gavelinella* in anderen Gebieten, in denen sie durchlaufend vorhanden ist, für diese stratigraphische Methode geeignet.

Unter rechtsgewundenen Formen versteht man trochospirale Gehäuse, die auf der Spiralseite von der Anfangskammer bis zur Endkammer — entsprechend ihrem Wachstum — im Sinne des Uhrzeigers aufgerollt sind. Bei den linksgewundenen Gehäusen verlaufen Wachstum und Windungsrichtung auf der Spiralseite entgegen dem Uhrzeigersinn (POKORNÝ 1958, S. 100; KAEVER 1960, S. 821). Die rechts- und linksgewundenen Gehäuse wurden in jeder Probe ausgezählt und die gewonnenen Werte in Prozenten zur Gesamtzahl der untersuchten Formen umgerechnet. Dabei wurden alle Individuen einer Art in dem Schlämmrückstand einer Probe als eine paläontologische Population angesehen, die zahlreiche Foraminiferen-Generationen umfaßt (BETTENSTAEDT 1962, S. 391).

Die Anzahl der ausgelesenen und ausgezählten Exemplare beträgt meist 50—100. Nur bei fossilarmen oder fossilreichen Proben wurden auch unter 50 oder bis 200 Individuen ausgewertet. Herrschten rechtsgerollte Gehäuse in einer Population in stärkerem Maße vor — etwa im Verhältnis 60% R : 40% L (Differenz 20%) —, machte sich dieses Übergewicht schon bei den ersten 10—20 ausgezählten Exemplaren bemerkbar. Auch wenn das Verhältnis nur noch 54% R : 46% L (Differenz 8%) betrug, war die Rechts-Vorherrschaft schon am Anfang der Auszählung erkennbar. Bei diesen Populationen reichten schon 50 ausgezählte Exemplare aus; sie ergaben später extreme Ausschläge in den Kurven der Windungsrichtung und eigneten sich besonders gut zur Parallelisierung der Profile.

Anders verhält es sich mit Populationen, deren Rechts/Links-Anteil sich der Normalverteilung 50 : 50% näherte oder nur Differenzen unter 8% aufwies. In diesen Proben stimmten die Anfangsergebnisse der Auszählung oft nicht mit den Endresultaten überein, weil sich hier der „Zufall der geringen Zahl" auswirkt. Andererseits spielen solche stratigraphisch indifferenten Populationen für die Auswertung keine entscheidende Rolle. Trotzdem wurde bei diesen Proben solange ausgezählt, bis sich die Resultate endgültig nach einer Seite verschoben haben. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Vorherrschaft einer Windungsrichtung mindestens bei den 10 zuletzt gezählten Exemplaren konstant blieb.

[2]) Vor den Auszählungen wurde das ausgewertete Material der beiden Gattungen hinsichtlich ihrer morphologischen Merkmale (KAEVER 1961) taxonomisch und variationsstatistisch überprüft. Es zeigte sich, daß in dem umfangreichen Material nur jeweils eine Art von *Globorotalites* und *Gyroidina* vorkommt. Damit war gewährleistet, daß nicht etwa zwei ähnliche Arten, deren Gehäuse unter Umständen völlig verschiedene Rechts/Links-Verhältnisse aufweisen, zu einer Population gerechnet wurden.

Die prozentualen Häufigkeiten wurden zu einer Kurve aufgetragen. Die Abszisse gibt das Rechts/Links-Verhältnis wieder, während auf der Ordinate die entnommenen Proben mit ihren vertikalen Abständen maßstabgetreu in eine Meterskala eingetragen wurden. Alle in dieser Weise hergestellten Kurven (Abb. 4, 6—9, 12) zeigen wechselnd starke Schwankungen im Rechts/Links-Verhältnis, das sich von Probe zu Probe ändert. Eine völlig gleiche Verteilung (50 : 50) wurde nur selten angetroffen. Solche zeitlichen Schwankungen der Windungsrichtung sind schon seit längerem bekannt. BOLLI (1950, 1951), VASICEK (1953), ERICSON, WOLLIN & WOLLIN (1955), NAGAPPA (1957) und KAEVER (1960) haben bei verschiedenen rotaliiden Foraminiferen versucht, mit dem Wechsel ihrer Windungsrichtung Schichten zu untergliedern. Besonders KAEVER (1960, S. 826, Abb. 3) hat diese Methode erfolgreich zur Parallelisierung zweier Bohrprofile aus der Oberkreide des Münsterschen Beckens (Westfalen) benutzt.

Der vertikale Abstand der untersuchten Proben beträgt in den Tages- und Bohraufschlüssen:

Kalkbruch Misburg (Aufschlußproben)	0,3—0,9 m,
Bohrung Lehrte 11 (Kernproben)	meist 0,5 m, vereinzelt 1 m,
Bohrung Lehrte 40 (Spülproben)	5 m,
Bohrung Lehrte 44 (Spülproben)	5—10 m,
Bohrung Höver W 1 (Spülproben)	5 m.

Im Hinblick auf die ständig wechselnde Verteilung der rechts- und linksgewundenen Gehäuse sind bei einem Vergleich der Kurven möglichst gleiche Probenabstände erforderlich. Dies war bei Misburg und Lehrte 11 der Fall. Jedoch schlugen alle Versuche fehl, zwei Kurven miteinander zu parallelisieren, von denen sich eine auf Meßpunkt-Abstände von 0,3—1 m, die andere auf 5 m-Abstände gründeten. Um daher die detailliertere Kurve der Bohrung Lehrte 11 mit den Kurven der übrigen Bohrungen vergleichen zu können, wurden die Ergebnisse in Lehrte 11 in zwei Intervallen zu 5 m zusammengefaßt (Abb. 4). Vergleicht man die stärkeren Ausschläge der Kurven A und B, so differieren sie meist nur um 1,5—2,5 m. Die Fehlerquelle ist daher nicht groß.

Abb. 4: Originalkurve und zusammengefaßte Kurven der Windungsrichtung (Rechts/Links-Verhältnis) von *Gyroidina* in der Bohrung Lehrte 11 (Ausschnitt aus dem Ober-Santon und Unter-Campan).

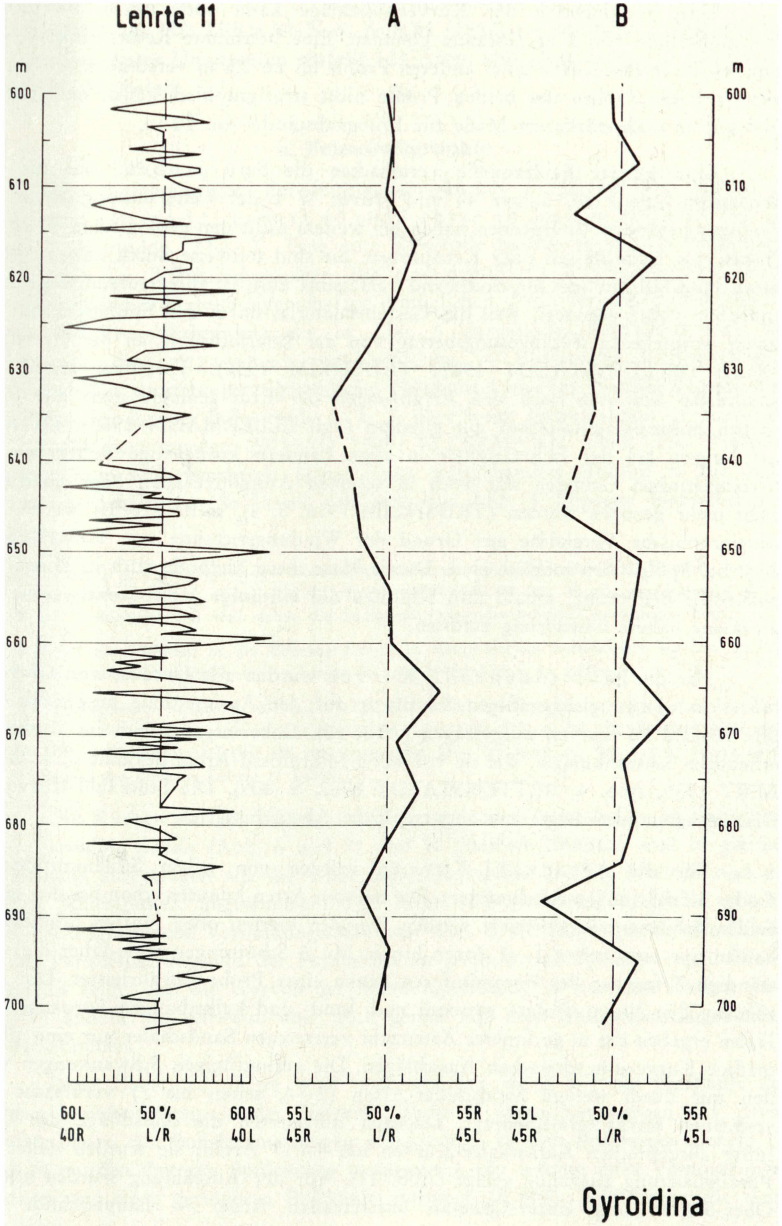
Abszisse: Prozentualverteilung der rechts- und linksgewundenen Gehäuse; die Mittellinie kennzeichnet die Normalverteilung (je 50% rechts- und linksgewundene Individuen); rechts der Mittellinie liegen Populationen mit vorherrschend rechtsgewundenen Exemplaren, links davon mit überwiegend linksgewundenen Gehäusen.

Ordinate: Bohrkernteufen.

Kurve A: Auszählergebnisse von etwa 602,5—607,5 m zu 605 m usw. zusammengefaßt;

Kurve B: Ergebnisse von etwa 605—610 m zu 607,5 m zusammengefaßt.

In den Kurven A und B ist der Maßstab auf der Abszisse verdoppelt, um die durch das Mitteln reduzierten Kurvenausschläge zu verstärken.


Lehrte 11
A
B
m
600
610
620
630
640
650
660
670
680
690
700
60L
40R
50 %
L/R
60R
40L
55L
45R
50 %
L/R
55R
45L
55L
45R
50 %
L/R
55R
45L
Gyroidina

Eine Verschiebung der Kurvenausschläge kann auch durch die großen Probenabstände von 5 m zustande kommen. Eine bestimmte Rechts/Links-Verteilung würde in der Kurve eines anderen Profils bis zu 2,5 m verschoben erscheinen, wenn sich die Proben der beiden Profile nicht stratigraphisch genau entsprechen. Dies gilt in noch stärkerem Maße für Probenabstände von 10 m.

Eine weitere Fehlerquelle verursachen die Spülproben, die aus den Bohrungen Lehrte 40, Lehrte 44 und Höver W 1 der Untersuchung allein zur Verfügung standen. Spülproben haben bei weitem nicht den geologischen Wert wie Proben aus Aufschlüssen oder Kernproben. Sie sind teilweise durch unkontrollierbaren Nachfall aus der Bohrlochwand verfälscht; auch ist ihre teufenmäßige Herkunft nie völlig gesichert, weil das Gesteinsmaterial durch den Spülungsstrom mit einem wechselnden Verzögerungsbetrag von der Bohrlochsohle an die Oberfläche gelangt (BETTENSTAEDT 1942; TRUSHEIM 1956). Trotzdem lassen sich fossilreiche Schichten nach den Erfahrungen der Erdölgeologie auch mit Spülproben mikropaläontologisch gut gliedern (vgl. ELLERMANN 1963). Da schon seit langem bei der Bohrtätigkeit in allen Ländern kostspielige Bohrkerne aus wirtschaftlichen Gründen nur noch in seltenen Ausnahmefällen oder überhaupt nicht mehr gezogen werden (TRUSHEIM 1956, S. 4), sollte geprüft werden, ob stratigraphische Vergleiche auf Grund der Windungsrichtung von Foraminiferen auch bei Spülproben möglich sind. Damit hätte diese Methode auch in Bohrungen praktische Bedeutung, sobald ihre Schichten nur eintönige Mikrofaunen enthalten, die keine nähere Gliederung zulassen.

Für die Individuenzahl-Kurven wurden alle Gehäuse von *Globorotalites* in einer gleichmäßigen Schüttung auf der Ausleseschale ausgezählt und ihre Anzahl zu Kurven aufgetragen (Abb. 10). Dabei ergaben sich im Zeitablauf erhebliche Schwankungen, wie sie von allen Mikrofossil-Arten bekannt sind (GRABERT 1959, Abb. 4; BETTENSTAEDT 1962, S. 409). Die Stückzahl-Kurve des Gesamtrückstandes zeigte nur unwesentliche Abweichungen.

Für die Artenzahl-Kurven wurden von jedem Schlämmrückstand 4 oder 5 Schüttungen durchmustert. Die meisten Arten konnten schon bei den ersten beiden Schüttungen registriert werden. Bei den vierten oder fünften Schüttungen kamen nur noch selten 1—2 Arten hinzu. Mit 5 Schüttungen war daher die vollständige Erfassung der Foraminiferen-Fauna einer Probe gewährleistet. Die Auszählung der Arten erfolgte getrennt nach sand- und kalkschaligen Foraminiferen. Dabei ergaben die in geringerer Artenzahl vertretenen Sandschaler nur eine gleichmäßige Kurve mit schwachen Ausschlägen. Die geringfügigen Schwankungen wurden nur durch wenige Sandschaler-Arten (2—4, selten bis 7) verursacht und erscheinen stark zufallsbedingt. Dagegen differierten die Ausschläge der deutlicher ausgeprägten Kalkschaler-Kurven um 4—17 Arten; sie wurden daher der Parallelisierung zugrunde gelegt (Abb. 11). Vor der Auszählung wurden alle im Ober-Santon und Unter-Campan auftretenden Arten — hauptsächlich nach

FRANKE (1928), BROTZEN (1936), CUSHMAN (1946), HAGN (1953), HOFKER (1957) und HILTERMANN & KOCH (1962) — bestimmt. Die Foraminiferen-Fauna dieser Unterstufen umfaßt 124 Arten und Unterarten (30 Sandschaler und 94 Kalkschaler).

4. Feinstratigraphie

Den Ausgangspunkt der feinstratigraphischen Parallelisierung bilden die Bohrungen Lehrte 11, Lehrte 40 und Lehrte 44 aus dem mittleren Teil der Lehrter Westmulde (Abb. 2). Eine gute Kontrolle hierfür boten die Diagramme der elektrischen Bohrlochmessungen, die eine detaillierte Gliederung auf Grund der physikalischen Gesteinseigenschaften ermöglichen. Prof. Dr. BETTENSTAEDT stellte mir freundlicherweise die in Abb. 5 dargestellte Parallelisierung von Widerstandsdiagrammen zur Verfügung. — Elektrische Bohrlochmessungen stellen ein wichtiges stratigraphisches Hilfsmittel in allen Erdölbohrungen dar, mit denen seit langem Bohrprofile — z. T. über weite Entfernungen — miteinander parallelisiert werden (SCHAD 1949; ELLERMANN 1963). Ein Vergleich solcher Diagramme vermittelt ferner einen weitgehenden Einblick in die Sedimentationsverhältnisse. So lassen sich auch aus Abb. 5 folgende Beobachtungen ablesen:

1. Die Mergel dicht oberhalb der Santon-Transgression nehmen in ihrer Mächtigkeit von der Bohrung Lehrte 11 (ca. 40 m) über Lehrte 40 nach Lehrte 44 (ca. 30 m) synsedimentär ab. In diesen Profilabschnitten war daher die Sedimentationsgeschwindigkeit verschieden hoch.
2. Während die Schichten in der Bohrung Lehrte 11 kontinuierlich sedimentiert wurden, sind in Lehrte 40 eine Schichtlücke und in Lehrte 44 zwei Schichtlücken zu erkennen.
3. Die Transgression in Lehrte 40 und 44 läßt sich nach den Diagrammen etwa mit der Teufe 715 m in der Bohrung Lehrte 11 gleichsetzen. Unterhalb 715 m hat die Bohrung aber noch über 90 m Santon-Mergel (bis 806 m) angetroffen. Die Transgression des Santon setzte daher im Bereich der Bohrung Lehrte 11 früher ein.

Die Kurven der Windungsrichtung von *Globorotalites michelinianus* und *Gyroidina nitida* (Abb. 6 und 7) sind in gleichem Maßstab und in gleicher Anordnung aufgetragen wie die Widerstandsdiagramme in Abb. 5. Auch sind die beiden Schichtlücken übernommen. Für einen unmittelbaren Vergleich wurden einige stratigraphische Verbindungslinien aus Abb. 5 als dünne gestrichelte Linien in das Parallelisierungsbild der Foraminiferen (Abb. 6 und 7) eingetragen. Dieser Vergleich zeigt, daß die Kurven der Windungsrichtung in manchen Zacken oder Kerben annähernd, teilweise aber auch genau mit den Widerstandsdiagrammen übereinstimmen.

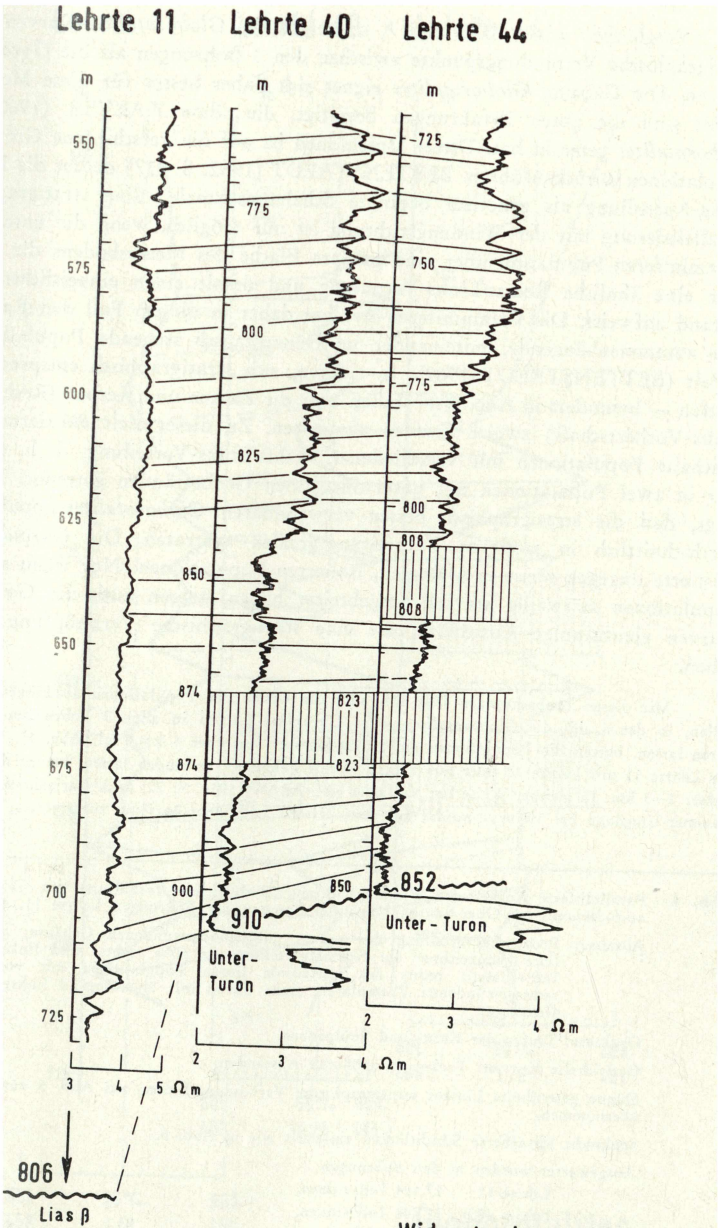
Diese Übereinstimmung wird noch schärfer, wenn wir die Herkunft der Proben berücksichtigen. In der Bohrung Lehrte 11 lagen Kernproben vor, deren Teufen denen der Bohrlochmessungen entsprechen. In den Bohrungen Lehrte 40 und 44 wurden dagegen Spülproben ausgewertet, die infolge ihres Verzögerungsbetrages aus einer geringeren Bohrteufe stammen (S. 404). Rückt man die Aus-

schläge der Foraminiferen-Kurven in Lehrte 40 um 2—6 m höher, decken sich die stratigraphischen Verbindungslinien mit der Parallelisierung in den Widerstandskurven oder laufen mit ihr parallel. Die Verschiebung entspricht damit zum Teil der Verzögerung, der die Foraminiferen in den Spülproben unterliegen (1—3 m nach BETTENSTAEDT 1942, S. 956). Außerdem scheinen sich hier noch die beiden Fehlerquellen von je max. 2,5 m auszuwirken, die durch die Zusammenfassung der Kurven (Abb. 4) und durch die Probenabstände von 5 m verursacht werden. Diese Teufendifferenzen bestehen nur zwischen Lehrte 11 und Lehrte 40, weil hier Kern- und Spülproben verglichen werden. Zwischen Lehrte 40 und 44 stimmt dagegen die Parallelisierung der Foraminiferen-Kurven mit der der elektrischen Messungen überein; in diesen Bohrungen wurden nur Spülproben-Ergebnisse verglichen, die den gleichen Verzögerungsbetrag aufweisen.

Unter Berücksichtigung der erwähnten Fehlerquellen kann die Übereinstimmung als gut bezeichnet werden. Vor allem zeigt sich, daß die Kurven der Windungsrichtung nicht nur in Spülproben (Lehrte 40 und 44), sondern auch bei Zusammenfassung der Ergebnisse zu 5-m-Bereichen (Lehrte 11) für Parallelisierungen verwendet werden können. In den Spülproben hat demnach eine ähnliche Mischung des Materials — entsprechend dem rechnerischen Mitteln — stattgefunden, was bei dem Transport durch den Spülungsstrom von der Bohrlochsohle an die Oberfläche auch zu erwarten ist. — Weiterhin ist bemerkenswert, daß eine Parallelisierung trotz der großen Probenabstände von 5 m (in der Bohrung Lehrte 44 teilweise sogar von 10 m) möglich ist. Jedoch ist zu berücksichtigen, daß die beiden Schichtlücken in den Bohrungen Lehrte 40 und 44 auf Grund der Widerstandsdiagramme v o r den Untersuchungen bekannt waren. Ohne Kenntnis der Schichtlücken hätte man zweifellos die Rechts/Links-Ausschläge unrichtig miteinander verknüpft, wie besonders eine Betrachtung der Abb. 6 zeigt. Nach diesen Beobachtungen ergeben sich folgende, für die stratigraphische Auswertung der Windungsrichtung erforderliche Voraussetzungen:

1. Möglichst kontinuierliche Schichtenfolgen ohne Sedimentationslücken,
2. ähnliche Schichtmächtigkeiten bzw. Sedimentationsgeschwindigkeiten in zwei zu vergleichenden Profilen,
3. annähernd gleiche Vertikalabstände der Proben in beiden Profilen,
4. Probenabstände möglichst unter 5 m, für die Ermittlung von Schichtlücken jedoch 0,5—1 m.

Abb. 5: Parallelisierte Diagramme elektrischer Widerstandsmessungen in den Bohrungen Lehrte 11, 40 und 44 (Ober-Santon bis Unter-Campan).
Abszisse: Widerstände in Ohm-Meter.
Ordinate: Bohrteufen.
Senkrecht schraffiert: Schichtlücken.
Geschlängelte Linien: Santon-Transgression.
Die Widerstandsmessung in den Bohrungen Lehrte 40 und 44 (schärfere Kurvenausschläge) wurde mit einer moderneren Apparatur registriert. — Die Abbildung stellte Prof. Dr. BETTENSTAEDT zur Verfügung.



Widerstandsmessung

Vergleichen wir Abb. 6 und 7, so zeigen die *Globorotalites*-Kurven mehr stratigraphische Verbindungspunkte zwischen den 3 Bohrungen als die *Gyroidina*-Kurven. Die Gattung *Globorotalites* eignet sich daher besser für diese Methode. Damit sind die guten Erfahrungen bestätigt, die schon KAEVER (1960) mit *Globorotalites* gemacht hat. Dieser Unterschied ist auf die verschiedene Größe der Populationen zurückzuführen. BETTENSTAEDT (1962, S. 417) deutet die Rechts/Links-Aufrollung als genetisch bedingte Schalenmerkmale. Eine stratigraphische Parallelisierung mit der Windungsrichtung ist nur möglich, wenn die untersuchte Foraminiferen-Population über eine größere Fläche des Meeresbodens die gleiche oder eine ähnliche Rechts/Links-Verteilung und damit einen einheitlichen Genbestand aufweist. Die Foraminiferen-Art hat daher in diesem Fall den Raum als eine zusammenhängende, miteinander im Genaustausch stehende Population besiedelt (BETTENSTAEDT 1962). In einigen, sich stratigraphisch entsprechenden Teufen — besonders in Abb. 7 — stoßen aber die Zacken und Kerben (Rechts- und Links-Vorherrschaft) zweier Kurven zusammen. Zu dieser Zeit existierten zwei gleichalte Populationen mit verschiedener Rechts/Links-Verteilung, d. h. die Art war in zwei Populationen mit unterschiedlichen Genbeständen getrennt. Hieraus folgt, daß die stratigraphisch besser verwendbaren *Globorotalites*-Populationen durchschnittlich in größeren Verbreitungsarealen auftraten. Die *Gyroidina*-Art existierte dagegen meist in kleineren, isolierten Populationen. Nur wenn sich ihre Populationen zeitweilig stärker ausgebreitet haben, zeigen auch die *Gyroidina*-Kurven gleichsinnige Ausschläge, die eine stratigraphische Verknüpfung ermöglichen.

Mit diesen Beobachtungen läßt sich auch die Größe der Populationen abschätzen. In den Fällen, in denen sich die *Globorotalites*- oder *Gyroidina*-Kurven in allen 3 Bohrungen parallelisieren lassen, hatten die Populationen einen Durchmesser von über 4 km (vgl. Abb. 1). Wenn sich nur Lehrte 11 mit Lehrte 40 oder nur Lehrte 40 mit Lehrte 44 verbinden lassen, betrug der Durchmesser 2—3 km. In gleicher Weise hat Verfasser (AL-ABAWI 1964, S. 22) auch Variationskurven der Kammer-Umgänge bei *Verneuilinoides* aus dem Mittel- und Ober-Barrême ausgewertet; nach dem

---

Abb. 6: Parallelisierte Kurven der Windungsrichtung (Rechts/Links-Verhältnis) von *Globorotalites michelinianus* im Ober-Santon bis Unter-Campan der Bohrungen Lehrte 11, 40 und 44.

Abszisse: Prozentualverteilung der rechts- und linksgewundenen Gehäuse; die Mittellinie kennzeichnet die Normalverteilung (je 50% rechts- und linksgewundene Individuen); rechts der Mittellinie liegen Populationen mit vorherrschend rechtsgewundenen Exemplaren, links davon mit überwiegend linksgewundenen Gehäusen.

Ordinate: Teufen der Kern- und Spülproben.

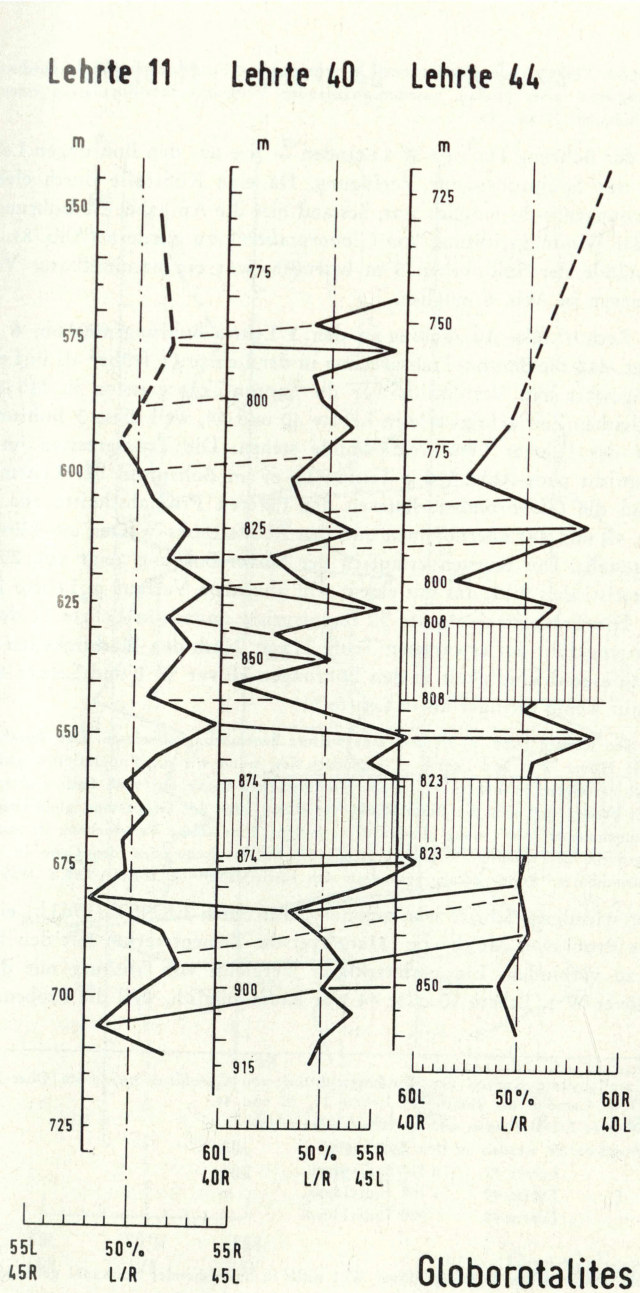
Gestrichelte Kurven: Proben in größeren Abständen.

Dünne gestrichelte Linien: stratigraphische Verbindungslinien, aus Abb. 5 zum Vergleich übernommen.

Senkrecht schraffierte Schichtlücken ebenfalls wie in Abb. 5.

Ausgewertet wurden in den Bohrungen

Lehrte 11	17 184 Individuen,
Lehrte 40	1 848 Individuen,
Lehrte 44	689 Individuen.


Lehrte 11
Lehrte 40
Lehrte 44
m
550
575
600
625
650
675
700
725
775
800
825
850
874
900
915
750
808
823
55L
45R
50%
L/R
55R
45L
60L
40R
60R
40L
Globorotalites

übereinstimmenden Verhalten der Populationen in verschiedenen Fundpunkten bei Braunschweig hatte das Verbreitungsareal einer großen, zusammenhängenden *Verneuilinoides*-Population einen Durchmesser von mindestens 20 km.

Aus der Bohrung Höver W 1 standen — wie aus den Bohrungen Lehrte 40 und 44 — nur Spülproben zur Verfügung. Da eine Kontrolle durch elektrische Bohrlochmessungen nicht möglich war, bestand hier die Aufgabe, die Bohrung allein mit Hilfe der Windungsrichtung von *Globorotalites*[3]) zu gliedern (Abb. 8). Da die Vertikalabstände der Spülproben 5 m betrugen, war ein unmittelbarer Vergleich mit den Kurven in Abb. 6 möglich.

Die Rechts/Links-Auszählung in den 3 Lehrte-Bohrungen (Abb. 6 und 7) hat bestätigt, daß die Santon-Transgression in der Lehrte 11 früher als in Lehrte 40 und 44 eingesetzt hat. Vermutlich war die Santon-Transgression in Höver W 1 etwa zur gleichen Zeit erfolgt wie in Lehrte 40 und 44, weil diese 3 Bohrungen im Randgebiet der Lehrter Oberkreide-Mulde stehen. Die Transgression im Randgebiet entspricht nach Abb. 5 der Teufe 715 m im Bohrprofil der Lehrte 11. In Abb. 8 sind die *Globorotalites*-Kurven der tieferen Profilabschnitte aus Abb. 6 (Lehrte 11, 40 und 44) übernommen und den Rechts/Links-Werten aus Höver W 1 gegenübergestellt. Der Kurvenverlauf in der Höver-Bohrung zeigt von 25—55 m ein charakteristisches Bild, das mit einem sehr ähnlichen Verlauf in Lehrte 11 übereinstimmt. Die Transgressionsteufe 52 m entspricht danach in Lehrte 11 der Teufe 708 m, also ungefähr der erwarteten Teufe 715 m. Nach den Mächtigkeiten war die Sedimentationsgeschwindigkeit in den Bohrungen Höver W 1 und Lehrte 44 gleich hoch und nur wenig geringer als in Lehrte 11.

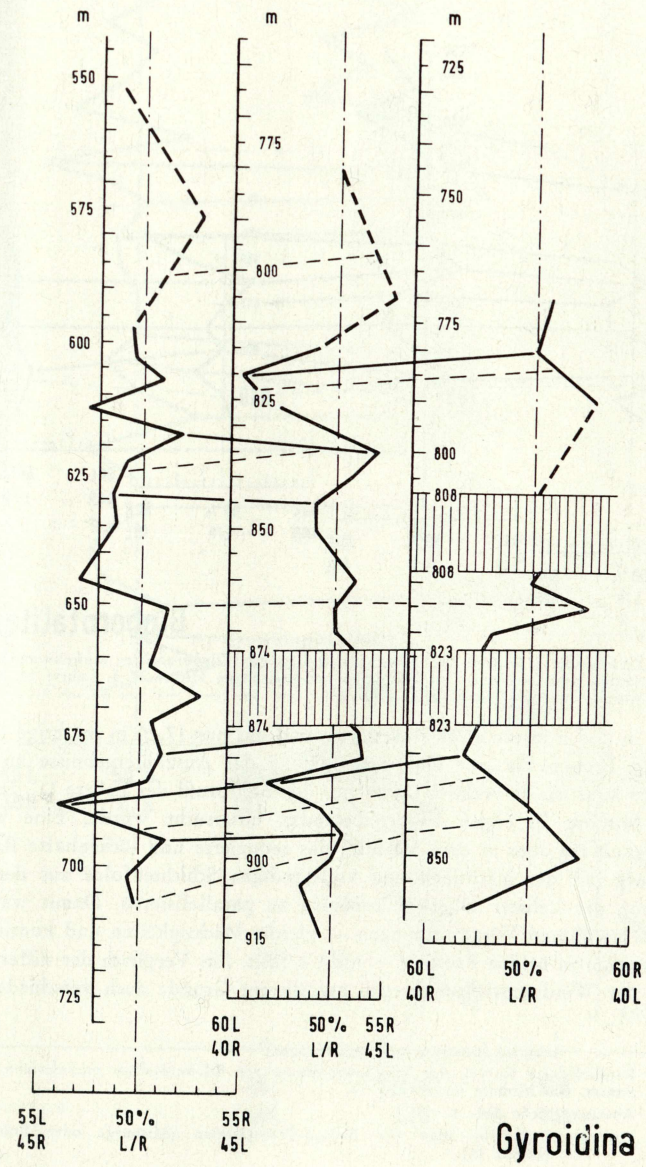
Aus den Kurven (Abb. 8) ist noch eine weitere Beobachtung abzulesen. Das charakteristische Kurvenbild in Höver W 1 und Lehrte 11 verändert sich, wenn wir die Populationen nach Norden zu horizontal verfolgen; in Lehrte 44 ist die *Globorotalites*-Kurve nur noch flach und wenig ausgeprägt. Dies besagt, daß sich die Rechts/Links-Verteilung oder der Genbestand gleichalter Populationen mit zunehmender Entfernung allmählich verändern. Eine solche Verschiebung ist auch aus der Populationsgenetik bei rezenten Organismen bekannt. „Die Frequenzen der Gene in den Genbeständen benachbarter Populationen verändern sich schrittweise" (DOBZHANSKY 1958, S. 158).

Der wichtigste Schritt war nunmehr, das durch ERNST (1963 b) eingehend gegliederte Profil von Misburg (Hannoversche Zementwerke) mit den Bohraufschlüssen zu verbinden. Ein unmittelbarer Vergleich von Misburg mit den Bohrungen Höver W 1, Lehrte 40 oder 44 war kaum möglich, weil die Probenabstände

---

Abb. 7: Parallelisierte Kurven der Windungsrichtung von *Gyroidina nitida* im Ober-Santon bis Unter-Campan der Bohrungen Lehrte 11, 40 und 44.
Weitere Erläuterungen wie in Abb. 6.
Ausgewertet wurden in den Bohrungen
Lehrte 11 16 312 Individuen,
Lehrte 40 1 168 Individuen,
Lehrte 44 480 Individuen.

[3]) *Gyroidina* wurde in der Bohrung Höver W 1 nicht in ausreichender Stückzahl gefunden.


Lehrte 11
Lehrte 40
Lehrte 44
m
550
575
600
625
650
675
700
725
775
800
825
850
874
900
915
808
823
55L 45R
50% L/R
55R 45L
60L 40R
50% L/R
55R 45L
60L 40R
50% L/R
60R 40L
Gyroidina

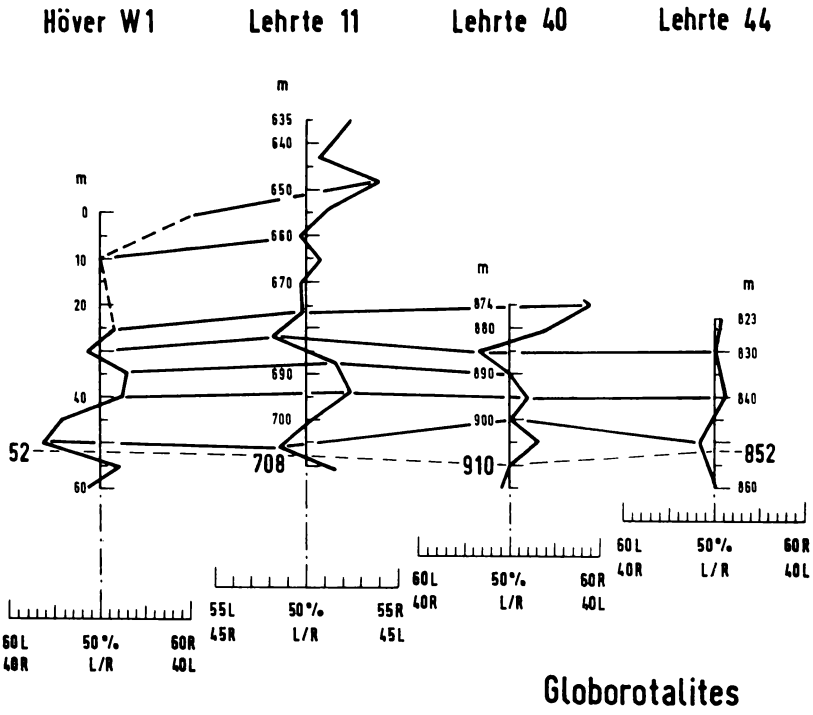
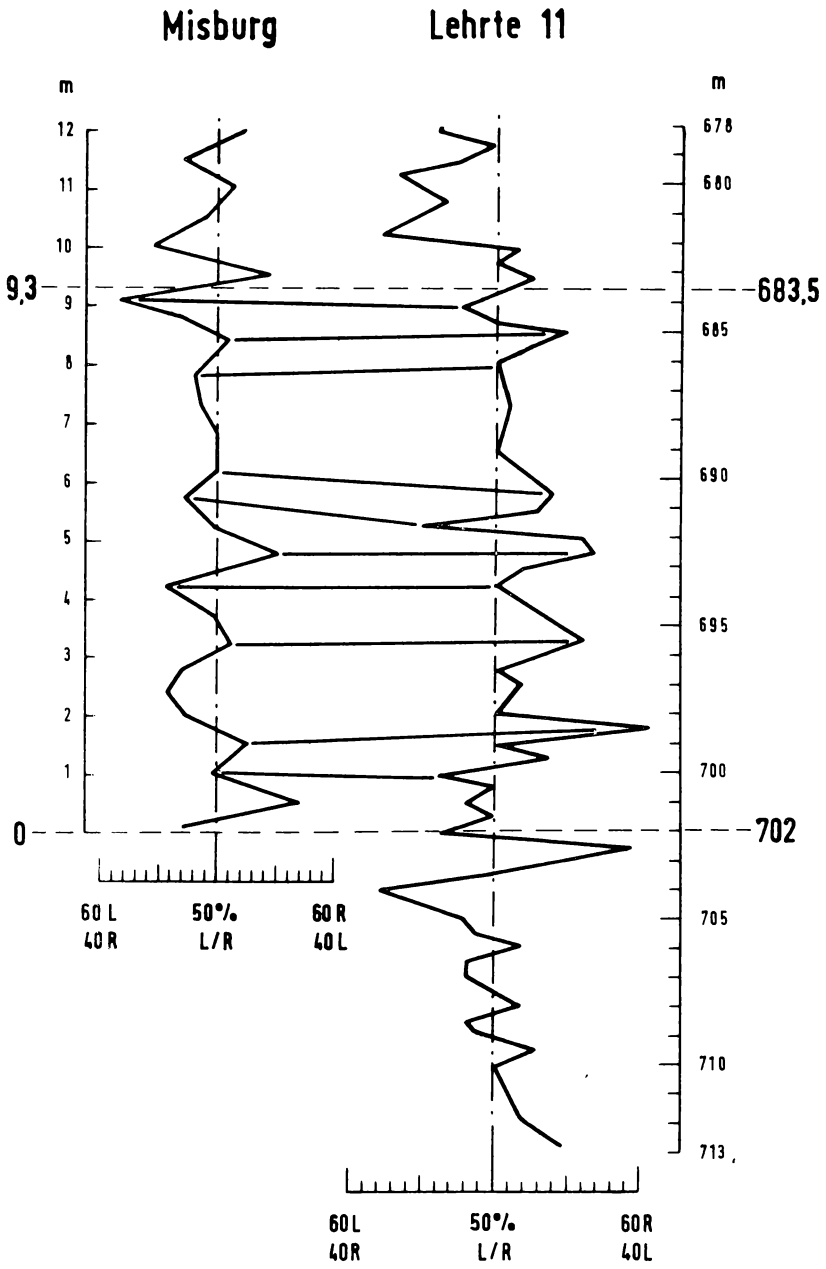


Abb. 8: Parallelisierte Kurven der Windungsrichtung von *Globorotalites michelinianus* im Ober-Santon und untersten Unter-Campan der Bohrungen Höver W 1, Lehrte 11, 40 und 44. Abszisse und Ordinate wie in Abb. 6.

(unter 1 m und 5 m) zu stark differieren, und das nur 17,20 m mächtige Profil der Misburger Proben für eine Zusammenfassung der Auszählergebnisse zu 5 m-Bereichen zu kurz ist. Es verblieb daher nur das Bohrprofil der Lehrte 11, das ähnlich wie in Misburg in engen Probenabständen untersucht wurde. Eine besondere Schwierigkeit lag aber in dem Versuch, das reduzierte und lückenhafte Randprofil in Misburg mit der mächtigen und vollständigen Schichtenfolge aus der tiefsten Absenkung der Lehrter Oberkreide-Mulde zu parallelisieren. Damit waren zwei der oben erwähnten Voraussetzungen — gleiche Mächtigkeiten und kontinuierliche Sedimentation in beiden Profilen — nicht erfüllt. Ein Vergleich der differenzierten Kurven der Windungsrichtung ergab aus diesem Grunde auch verschiedene Mög-

Abb. 9: Parallelisierte Kurven der Windungsrichtung von *Globorotalites michelinianus* im Ober-Santon von Misburg und Lehrte 11.
Abszisse: siehe Abb. 6.
Ordinate: Profilhöhe über der Santon-Transgression (Misburg) oder Bohrkernteufen (Lehrte 11).



Globorotalites

lichkeiten in der stratigraphischen Zuordnung der zahlreichen Rechts/Links-Ausschläge. Es war daher erforderlich, genauere Hinweise für die unterschiedlichen Mächtigkeiten bzw. Sedimentationsgeschwindigkeiten zu erhalten. Nach Angabe von Prof. BETTENSTAEDT und Dr. ERNST betragen die Mächtigkeiten des gesamten Unter-Campan (*lingua/quadrata-* bis *conicus/papillosa*-Zone)

in den Mergelkalkbrüchen bei Misburg	maximal 109 m,
in der Bohrung Lehrte 11	208—210 m.

Hieraus ergibt sich eine Mächtigkeitszunahme vom Randgebiet bis zur Mitte der Lehrter Oberkreide-Mulde um etwa das Doppelte. Daher wurden die Maßstäbe der Profile in Abb. 9—12 so angelegt, daß 10 m Sedimentmächtigkeit in Misburg 20 m Sedimentmächtigkeit in Lehrte 11 entsprechen.

Um bei der Gegenüberstellung die Schichtlücke zwischen *granulataquadrata-* und *pilula*-Zone in Misburg zu vermeiden, wurde zunächst nur das Ober-Santon von Misburg von der Transgression der *Marsupites*-Zone bis zur Transgression der *pilula*-Zone (Tab. 1) verglichen. Als Anhaltspunkt konnte davon ausgegangen werden, daß die Santon-Transgression in Höver W 1 das nur 2 km entfernte Gebiet von Misburg annähernd zur gleichen Zeit überflutet hat. Demnach war zu vermuten, daß die tiefste Probe 1 in Misburg etwa mit der Teufe 708 m in Lehrte 11 gleichzusetzen war. In diesem Bereich wurde der Vergleich zwischen Misburg und Lehrte 11 mit den Kurven der Windungsrichtung von *Globorotalites*[4]) angesetzt (Abb. 9). Es gelang, in beiden Profilen ähnliche Kurvenbilder zu erkennen, die in ihrer Aufeinanderfolge eine recht gute Übereinstimmung zeigen. Allerdings entspricht die Transgression in Misburg nicht der Bohrtiefe 708 m, sondern der von 702 m. Auf jeden Fall bestätigt sich, daß im Gebiet der Bohrung Lehrte 11 schon Santon-Mergel sedimentiert wurden, als die vorschreitende Transgression noch nicht den Raum Misburg erreicht hatte. Wie erwartet, ist die Mächtigkeit der parallelisierten Schichten in Lehrte 11 (683,5 — 702 m = 18,5 m) gegenüber Misburg (9,3 m) fast genau verdoppelt. Die Foraminiferen-Kurven der in Misburg oberhalb 9,3 m lagernden Kalke zeigen keine klare Parallelisierungsmöglichkeit mit den Teufen oberhalb 683,5 m in Lehrte 11, weil sich diese Horizonte stratigraphisch nicht entsprechen.

Zur Kontrolle wurden die Individuenzahlen von *Globorotalites michelinianus* in Misburg und Lehrte 11 im gleichen stratigraphischen Bereich verglichen (Abb. 10). Die gleichsinnigen starken Stückzahlschwankungen (10—280 Individuen) bestätigen die bisherige Parallelisierung bis auf unbedeutende Differenzen von 50 cm. Die Kurven der Individuenzahlen bieten sogar mehr stratigraphische Vergleichspunkte als die der Windungsrichtung und scheinen sich für lokale Gliederungen noch besser zu eignen. Voraussetzung hierfür ist jedoch eine dichte

[4]) In gleicher Weise wurden die Aufschlüsse Misburg und Lehrte 11 auch mit den Schwankungen der Windungsrichtung von *Gyroidina* verbunden. Ihre (hier nicht abgebildeten) Kurven ergaben dieselbe Parallelisierung wie die von *Globorotalites*.

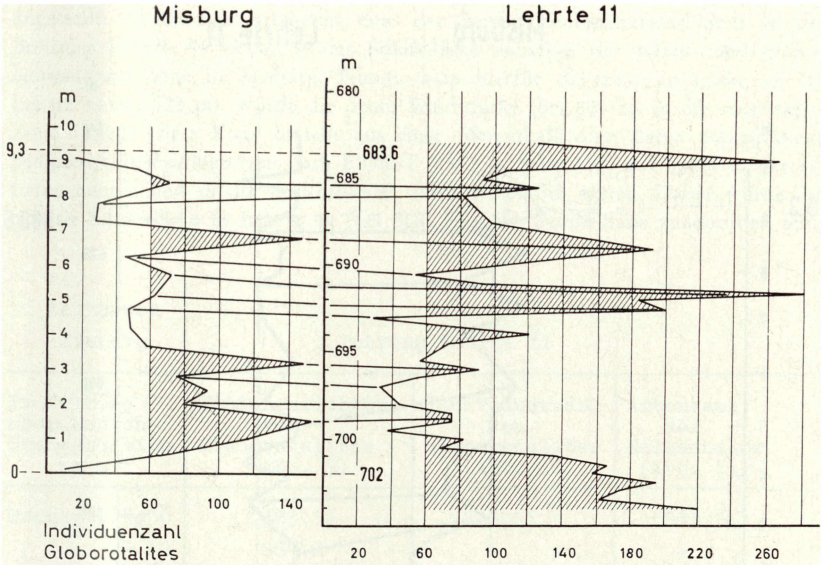


Abb. 10: Parallelisierte Individuenzahl-Kurven von *Globorotalites michelinianus* im Ober-Santon von Misburg und Lehrte 11.
Abszisse: Absolute Stückzahlen in einer Schüttung auf der Ausleseschale.
Ordinate: siehe Abb. 9.

Probenentnahme in Abständen von 30—50 cm oder noch weniger, um nicht kurzfristige und unter Umständen charakteristische Schwankungen außer acht zu lassen. Wie aus Abb. 10 hervorgeht, gründet sich eine solche Parallelisierung mehr auf die relativen Änderungen als auf die absoluten Individuenzahlen. Ähnlich war dies auch meist bei den Kurven der Windungsrichtung der Fall. — Eine letzte Kontrolle erfolgte durch die Artenzahl-Kurven der kalkschaligen Foraminiferen (Abb. 11). Wenn diese Kurven auch nur 6 Vergleichspunkte erkennen lassen, stimmen sie doch mit den bisherigen Gliederungen gut überein.

In den untersten beiden glaukonitführenden Proben von Misburg — unmittelbar über der Santon-Transgression — sind Kalkschaler (einschließlich *Globorotalites*) selten und erreichen erst 1 m über der Transgression ihre normale Häufigkeit (Abb. 10 und 11). BETTENSTAEDT & DIETZ (1957, S. 496) führen den Rückgang der Kalkschaler-Fauna auf die während oder kurz nach der Transgression noch geringe Wassertiefe zurück (strömungsreiche Flachwasser-Fazies).

Die Vergleiche in Abb. 9—11 haben daher mit 3 verschiedenen Kurvenpaaren, die sich auf verschiedene stratigraphische Methoden gründen, zu dem gleichen Ergebnis geführt. Um die Genauigkeit der Übereinstimmung zu prüfen, wurden die einzelnen Vergleichspunkte in Tab. 2 — auf das Profil in Misburg bezogen — zusammengestellt. Die parallelisierten (gleichsinnigen) Kurvenausschläge stimmen zwischen den verschiedenen stratigraphischen Methoden teils

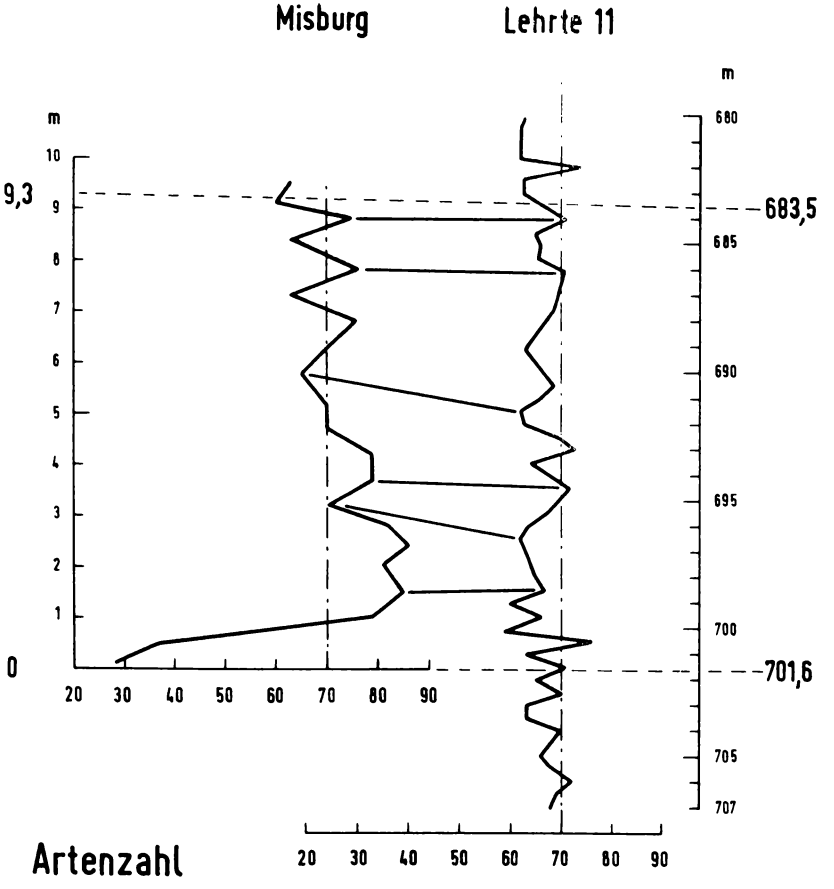


Abb. 11: Parallelisierte Artenzahl-Kurven im Ober-Santon von Misburg und Lehrte 11.
Abszisse: Artenzahl der kalkschaligen Foraminiferen-Fauna, bestimmt nach 4—5 Schüttungen auf der Ausleseschale.
Ordinate: wie in Abb. 9.

genau, teils mit Differenzen von nur 0,1—0,5 m, selten bis 1 m überein. Berücksichtigt man, daß der Aufschluß Misburg und die Bohrung Lehrte 11 ca. 4,8 km voneinander entfernt sind (Abb. 1), fallen diese Unstimmigkeiten kaum ins Gewicht. Die Parallelisierung von Misburg und Lehrte 11 im Ober-Santon (höchste *Marsupites*- bis mittlere *granulataquadrata*-Zone) kann daher als gesichert gelten.

Für den Versuch, auch das Unter-Campan-Profil von Misburg *(pilula*- bis untere *senonensis*-Zone) mit Lehrte 11 zu verbinden, wurde folgende Überlegung

angestellt. Vermutlich entspricht eine der beiden Sedimentationslücken in der Bohrung Lehrte 44 (Abb. 5) der Schichtlücke zwischen der *pilula*- und *granulataquadrata*-Zone in Misburg. Nimmt man hierfür die untere Lücke an (in Lehrte 44 bei 823 m), würde die obere Schichtlücke (bei 808 m) in die *senonensis*-Zone fallen. Diese Zone besteht aus einer Mergelkalkfolge, deren ausgeglichene Sedimentationsbedingungen nach ERNST (1963 b, Seite 138) auf größere Meerestiefen deuten und in der Schichtlücken unwahrscheinlich wären. Daher würde die obere Schichtlücke in Lehrte 44 (bei 808) eher der *pilula*-Basis zuzuordnen sein.

Kalkbruch Misburg	Bohrung Lehrte 11		
Profilhöhe über Santon-Transgression in m	Windungsrichtung von Globorotalites (Abb. 9)	Individuenzahl von Globorotalites (Abb. 10)	Artenzahl der Kalkschaler (Abb. 11)
Transgr. 9,30	(683,5)	(683,6)	(683,5)
9,10	684,2	-	-
8,80	-	-	684
8,40	685	685,5	-
7,80	686,2	(686)	686
7,30	-	-	-
6,80	-	689	-
6,25	-	690,5	-
5,75	691,5	691,5	691,5
5,15	-	(692,5)	-
4,75	692,5	693	-
4,20	693,6	-	-
3,70	-	-	694,5
3,20	695,5	696	696,5
2,80	-	697	-
2,40	-	-	-
2,00	-	(698)	-
1,50	698,5	(699)	698,5
1,00	700,1	-	-
0,50	-	-	-
Transgr. 0	(702)	(702)	(701,6)

Tab. 2: Parallelisierte Kurvenausschläge aus 3 methodisch verschiedenen Vergleichen im Ober-Santon von Misburg und Lehrte 11 (Abb. 9—11, vgl. auch Tab. 1). Teufenzahlen in Klammern: wahrscheinliche oder extrapolierte Vergleichspunkte.

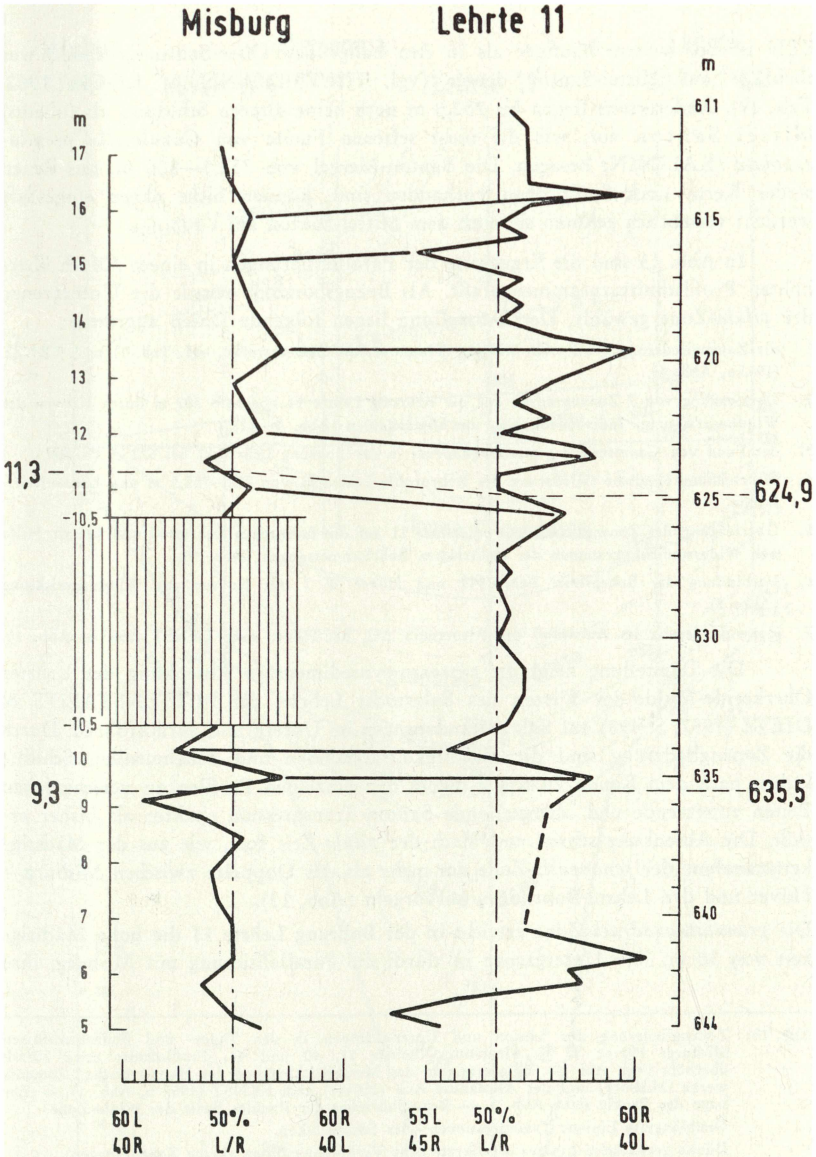
Dies entspräche nach den Widerstandsdiagrammen (Abb. 5) im Bohrprofil Lehrte 11 einer Teufe von etwa 632 m.

In diesem Teufenbereich (um 632 m) wurde die *Globorotalites*-Kurve von Lehrte 11 mit der von Misburg verglichen und eine Parallelisierungsmöglichkeit bei 635,5 m gesehen (Abb. 12). Unterhalb 635,5 m war — wie zu erwarten — keine Übereinstimmung festzustellen, aber auch oberhalb 633 m ähnelten sich die Kurvenbilder nicht. Erst von etwa 626—611 m ließ sich die *senonensis*-Zone von Lehrte 11 mit der von Misburg durch eine sich entsprechende Folge von Rechts/Links-Ausschlägen parallelisieren. Dieser Befund erklärt sich durch die verschiedene Mächtigkeit der *pilula*-Zone; sie beträgt in Misburg nur etwa 2 m (Tab. 1), in dem Kalkmergelbruch der Alemannia AG. bei Höver (Abb. 1) dagegen rd. 10 m (ERNST 1963 b, S. 137). Da die Schichten in der Bohrung Lehrte 11 wahrscheinlich ebenso vollständig ausgebildet sind wie in Höver, entspricht der nicht parallelisierbare Bereich in Abb. 12 offenbar der *pilula*-Zone. In Lehrte 11 beträgt ihre Mächtigkeit 10,6 m. Damit wird indirekt (über Lehrte 11) die von ERNST erkannte Schichtlücke in Misburg durch die Kurven der Windungsrichtung von *Globorotalites* bestätigt.

Mit den Parallelisierungen in Abb. 9—12 ist es möglich, die detaillierte Zonengliederung von ERNST (1963 b) in Misburg auf das Bohrprofil der Lehrte 11 oberhalb 702 m zu übertragen. Um auch die Santon-Mergel dieser Bohrung von 702 m bis zur Transgression bei 806 m genauer zu datieren, wurden die Schlämmrückstände der Bohrkerne erneut untersucht. Von 706,5—713,1 m fanden sich fast in jeder Probe zahlreiche Armglieder des Zonenfossils *Uintacrinus* sp., eines stiellosen, freischwebenden Crinoiden. Danach kann die Grenze *Uintacrinus-/Marsupites*-Zone bei ca. 706 m angenommen werden. Die Untergrenze der *Uintacrinus*-Zone liegt bei 713 m oder tiefer und ist heute nicht mehr zu ermitteln, weil in der Bohrung Lehrte 11 von 713,1—727,8 m mit einem Meißel gebohrt wurde. Im Vergleich mit der Mächtigkeit der *Uintacrinus*-Zone in Lägerdorf (12 m nach ERNST 1966, S. 136, Abb. 5) wird hier ein ähnlicher Betrag vermutet (14 m) und die Untergrenze des Ober-Santon bei etwa 720 m angenommen.

Unterhalb 720 m ist die *rogalae*-Zone (Mittel-Santon) zu erwarten, was durch die Foraminiferen-Faunen in den Bohrkernen 727,8—731,1 m und 751,1—752,5 m bestätigt wird. Die artliche Zusammensetzung entspricht weitgehend der Fauna aus dem höheren Santon. Hinzu treten einige Milioliden als wärmeliebende Flachwasser-Fossilien. Es fehlt jedoch die Leitform *Bolivinoides strigillatus* (CHAPMAN), die erst im Ober-Santon einsetzt. Auch ist *Bolivinitella eleyi* (CUSHMAN) nicht mehr vorhanden. *Stensioeina exsculpta gracilis* BROT-

Abb. 12: Parallelisierte Kurven der Windungsrichtung von *Globorotalites michelinianus* im Unter-Campan von Misburg und Lehrte 11.
Abszisse und Ordinate wie in Abb. 6 und 9.
Senkrecht schraffiert: Schichtlücke.



Globorotalites

ZEN ist bei weitem häufiger als in den hangenden Ober-Santon-Mergeln, was ebenfalls auf Mittel-Santon deutet (vgl. HILTERMANN & KOCH 1962, Tab. 19). Andererseits liegen bis 752,5 m noch keine älteren Schichten als (oberes) Mittel-Santon vor, wie die nicht seltenen Funde von *Gavelinella pseudoexcolata* (KALININ) besagen. Die Santon-Mergel von 752,5—806 m, aus denen weder Kern- noch Spülproben vorhanden sind, können nicht näher eingestuft werden; vermutlich gehören sie noch dem Mittel-Santon an.

In Abb. 13 sind die Ergebnisse der Parallelisierungen in einem 70fach überhöhten Profilschnitt zusammengefaßt. Als Bezugshorizont wurde die Untergrenze der *pilula*-Zone gewählt. Der Darstellung liegen folgende Daten zugrunde:

1. die Zonengliederung des Profils Misburg (Hannoversche Zementwerke, vgl. Tab. 1) nach ERNST (1963 b, Abb. 1),
2. Übertragung von 3 Zonengrenzen auf die Bohrung Lehrte 11 oberhalb 702 m durch Kurven der Windungsrichtung, Individuenzahlen und Artenzahlen (Abb. 9—12),
3. der Fund von *Gonioteuthis granulataquadrata* in der Bohrung Lehrte 11 bei 672 m (S. 399),
4. Mikropaläontologische Gliederung des Bohrprofils Lehrte 11 von 702—752,5 m und *Uintacrinus*-Funde,
5. Übertragung der Zonengliederung von Lehrte 11 auf die Bohrungen Lehrte 40 und 44 mit Hilfe von Widerstandsdiagrammen der elektrischen Bohrlochmessungen (Abb. 5),
6. Verbindung der Bohrprofile Lehrte 11 und Höver W 1 mit Kurven der Windungsrichtung (Abb. 8),
7. Zonengliederung im Aufschluß der Alemannia AG. bei Höver nach ERNST (1963 b, Abb. 1).

Die Darstellung zeigt die extreme synsedimentäre Absenkung der Lehrter Oberkreide-Mulde im Westen des Salzstocks Lehrte, die BETTENSTAEDT & DIETZ (1957, S. 498) auf Salzabwanderungen im Untergrund zurückführen. Durch die Zonengliederung sind die Mächtigkeitsabnahmen und zunehmenden Schichtlücken nach dem Rande zu sowie die in den einzelnen Profilen zu verschiedenen Zeiten einsetzende und übergreifende Santon-Transgression exakter als bisher erfaßt. Die Absenkung schritt auch nach der *pilula*-Zeit fort, wie aus der Mächtigkeitszunahme der *senonensis*-Zone um mehr als das Doppelte zwischen Misburg—Höver und den Lehrte-Bohrungen hervorgeht (Abb. 13).

Die *granulataquadrata*-Zone erreicht in der Bohrung Lehrte 11 die hohe Mächtigkeit von 30 m; ihre Untergrenze ist durch die Parallelisierung mit Misburg, ihre

---

Abb. 13: Zonengliederung des Santon und Unter-Campan in den Tages- und Bohraufschlüssen Misburg, Höver W 1, Alemannia, Lehrte 11, 40 und 44. Profilschnitt etwa 70fach überhöht (vgl. Abb. 2). Gliederung in den Mergelkalkbrüchen der Hannoverschen Zementwerke (Misburg) und der Alemannia AG. (Höver) nach ERNST (1963 b, Abb. 1). — Zur Lage der Profile siehe Abb. 1. — Bezugshorizont der Profile: Basis der *pilula*-Zone.

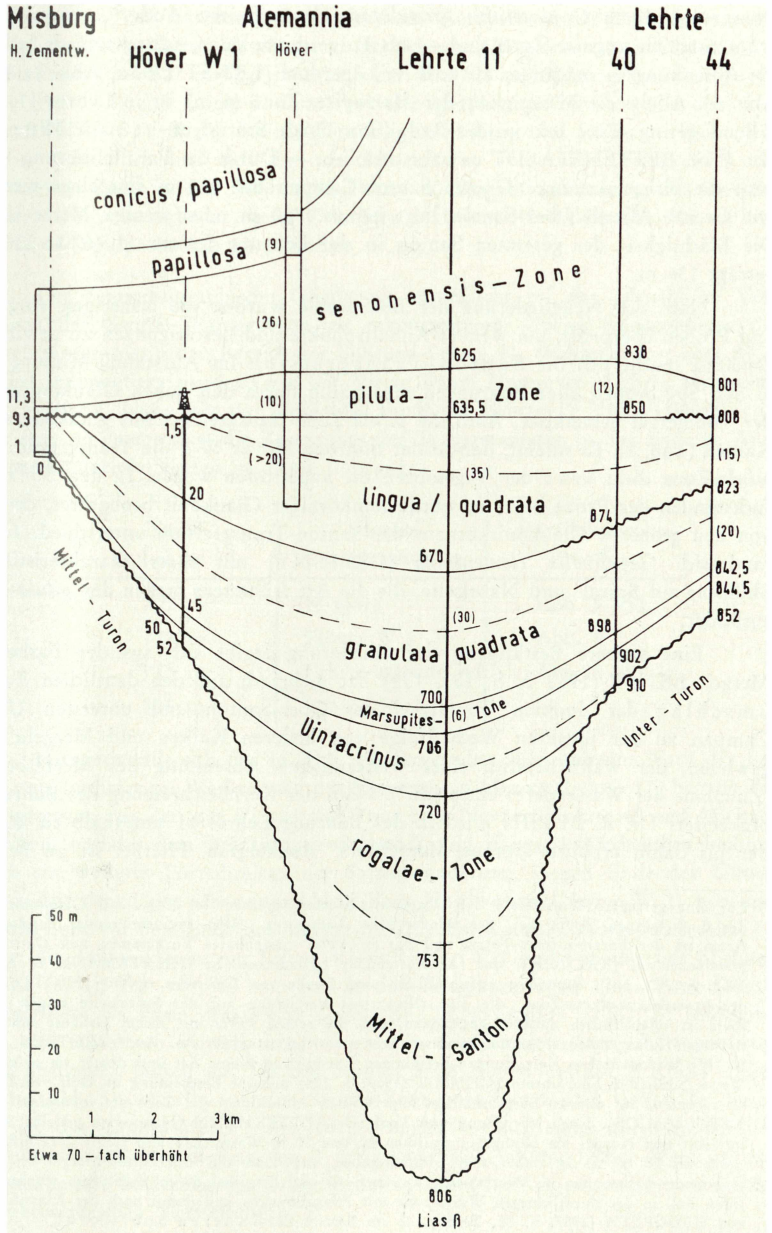
Geschlängelte Linien: Transgressionen oder Schichtlücken.

Dünne gestrichelte Linien: stratigraphische Verbindungslinien (keine Zonengrenzen).

Zahlen: Bohrteufen oder (in Misburg) Profilhöhe über der Santon-Transgression in Meter.

Kleinere Zahlen in Klammern: Zonenmächtigkeiten in Meter.

Die in der Bohrung Lehrte 11 bei 720 m angenommene Untergrenze der *Uintacrinus*-Zone hat einen Spielraum von ca. 713—727 m. Ebenso kann die Untergrenze der *rogalae*-Zone bei 753 m tiefer liegen. — Weitere Angaben im Text.


Misburg
H. Zementw.
Alemannia
Höver W 1
Höver
Lehrte 11
Lehrte
40
44
conicus / papillosa
papillosa
(9)
senonensis – Zone
(26)
625
838
11,3
9,3
1
0
(10)
pilula –
635,5
Zone
(12)
801
850
808
1,5
(>20)
(35)
(15)
20
lingua / quadrata
823
874
(20)
670
842,5
844,5
852
Mittel - Turon
45
50
52
(30)
granulata quadrata
898
902
910
700
Marsupites –
(6) Zone
Unter - Turon
Uintacrinus
706
720
rogalae – Zone
753
50 m
40
30
20
10
1
2
3 km
Etwa 70 – fach überhöht
Mittel – Santon
806
Lias β

Obergrenze durch *Gonioteuthis granulataquadrata* fixiert. Auch die *lingua/quadrata-* und die *rogalae*-Zone sind — als Folge der lokalen, salztektonisch bedingten Absenkung — mächtiger als z. B. in Lägerdorf (ERNST 1963 a, Abb. 7; 1966, Abb. 5). Allein die Mächtigkeit der *Marsupites*-Zone (6 m) ist in Lehrte 11 auffallend gering. Eine tektonische Reduktion durch Störungen ist nach Mitteilung von Prof. BETTENSTAEDT unwahrscheinlich. — Durch die Parallelisierung kann auch die bisher unsichere Grenze Santon/Campan bei 670 m festgelegt werden. Die Grenze Mittel-/Ober-Santon liegt bei ca. 720 m oder wenige Meter tiefer. Die Mächtigkeit des gesamten Santon in der Bohrung Lehrte 11 (670—806 m) beträgt 136 m.

Nach der Neugliederung der Bohrprofile wurden die bisherigen Angaben und Proben überprüft, um weitere Anhaltspunkte und Bestätigungen zu gewinnen. Zunächst macht sich die Santon-Transgression im Aufschluß Misburg und in den Spülproben aller Bohrungen regelmäßig durch den hohen Glaukonitgehalt der Tonmergel bemerkbar. Auch die *pilula*-Zone transgrediert mit glaukonitischen Kalken (Tab. 1). Es scheint, daß in der Bohrung Höver W 1 die Transgression der *pilula*-Zone dicht unter der Tagesoberfläche angetroffen wurde. In den Schlämmrückständen der Probe bei 1 m wurde feinkörniger Glaukonit beobachtet, der sich von den gröberen Glaukonitkörnern der Santon-Transgression unterschied; ferner fand sich *Gavelinella clementiana* (ORBIGNY) mit ihrer charakteristischen Skulptur auf Spiral- und Nabelseite, die die Art frühestens erst in der *pilula*-Zone ausbildet.

Eine weitere Bestätigung der Gliederung ergibt sich aus der Farbe der Mergel. ERNST (1963 b, S. 133, 138) hat mehrfach auf den deutlichen Farbumschlag der dunklen Tonmergel des Ober-Santon und untersten Unter-Campan zu der jüngeren Wechselfolge von helleren Kalken und Mergeln hingewiesen, der wahrscheinlich einer weiträumigen Absenkung des Meeresbodens (Zunahme der Wassertiefe) entspricht[5]). Nach der Kernbeschreibung des Bohrungsbearbeiters Dr. B. BESSIN wird in der Bohrung Lehrte 11 unterhalb ca. 627 m der bis dahin erbohrte „graue Mergelstein" dunkelgrau. Hierbei ist zu berück-

[5]) Für eine geringere Wassertiefe des Obersanton-Meeres sprechen der Ton- und Glaukonitgehalt der dunkelgrauen Tonmergel, der relativ hohe Anteil (ca. 24%) agglutinierender Sandschaler-Arten an der Foraminiferen-Fauna und das zeitweise massenhafte Vorkommen von *Gavelinella pseudoexcolata* (KALININ), das für Küstennähe bezeichnend ist (HILTERMANN & KOCH 1962, S. 303, 321). Besonders aufschlußreich sind Funde von *Cibicides ribbingi* BROTZEN aus der *granulataquadrata*-Zone, die eine rillenartige Vertiefung auf der Spiralseite zeigen. Diese Rille ist offensichtlich dadurch entstanden, daß die sessile Form mit ihrem Gehäuse um einen winzigen Pflanzenstengel herumgewachsen war und ihn so abformte. Auch BROTZEN (1936, S. 187) fand dieselben Vertiefungen bei einigen Exemplaren dieser Art und deutet sie in gleicher Weise. Schließlich beobachtete SCHMIDT (1953, S. 124) dieselbe Erscheinung im Golf von Neapel an rezenten, auf dünnen Seegrashalmen angehefteten Individuen von *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB). Nach Mitteilung von Prof. Dr. HILTERMANN (Hannover) gedeiht Seegras im Golf von Neapel am häufigsten zwischen 10 und 30 m Wassertiefe und reicht dort nicht viel tiefer als 50 m. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß auch die Obersanton-Mergel im Raum Hannover—Lehrte nur in Meerestiefen zwischen 10 und maximal 50 m abgelagert wurden, auf jeden Fall in der durchlichteten Wasserzone mit Pflanzenwuchs und damit nach der Klassifikation von HEDGPETH (1957, S. 18, Textfig. 1) im Bereich des Inneren Sublitoral.

sichtigen, daß der Farbton bei bergfeuchten Kernproben aus Bohrungen regelmäßig dunkler erscheint als an der ausgetrockneten Wand eines Aufschlusses. Der Farbumschlag bei 627 m liegt innerhalb der von 625—635,5 m ermittelten *pilula*-Zone (Abb. 13) und damit in demselben stratigraphischen Horizont, in dem auch nach ERNST (S. 138) der fazielle Umschlag in Misburg und Höver zu beobachten ist. — Schließlich ließ sich die aus Abb. 13 zu folgernde Transgression der *Uintacrinus*-Zone in den Bohrungen Lehrte 40 und 44 nachweisen. Nachträglich wurden einige Armglieder dieses Crinoiden in Lehrte 40 (Spülprobe 905 m) und Lehrte 44 (Spülprobe 850 m) gefunden.

Die feinstratigraphische Gliederung ermöglicht es, das allmähliche Vordringen der Santon-Transgression zu rekonstruieren. Zuerst transgredierte das Mittel-Santon bis in den Bereich der Bohrung Lehrte 11. Während dort über 90 m Mergel sedimentiert wurden, war der übrige Raum Hannover—Lehrte vermutlich noch Festland. Legen wir das lückenlose Profil der Lehrte 11 als Zeitmaßstab zugrunde, so entsprechen die Zeitpunkte der Transgressionen in den anderen Aufschlüssen folgende Teufen in dieser Bohrung:

Teufe in Lehrte 11	Santon-Transgression in	Parallelisierung nach
702 m	Misburg	Abb. 9—11
708 m	Höver W 1	Abb. 8
715 m	Lehrte 40 und 44	Abb. 5
806 m	Lehrte 11	—

Hiernach läßt sich das in Abb. 14 dargestellte Bild ablesen. Nach der begrenzten, buchtartigen Verbreitung des Mittelsanton-Meeres (Lehrte 11) begann die Transgression zur Zeit der *Uintacrinus*-Zone nach Norden (Lehrte 40 und 44) vorzurücken, entlang dem präsantonen Salzstock und daher wahrscheinlich bedingt durch ein weiteres Fortschreiten der Salzabwanderung. Gegen Ende der *Uintacrinus*-Zeit drang das Obersanton-Meer nach Nordwesten (Höver W 1) vor und erreicht kurz vor dem Ende der *Marsupites*-Zeit den Raum Misburg. Nach Abb. 14 schritt die Transgression von Lehrte 40 bis Höver W 1 und von dort bis Misburg jeweils ca. 1,5 km vor, d. h. 3 km in der Zeitspanne etwa einer Zone (Mitte *Uintacrinus*- bis Ende *Marsupites*-Zone). BETTENSTAEDT (1962, S. 388) gibt nach den absoluten Altersbestimmungen für das Santon einen Zeitraum von 5—6 Millionen Jahren an. Da das Santon 5—6 Zonen umfaßt (ERNST 1966, S. 136, Abb. 5), entfällt auf eine Santon-Zone ungefähr 1 Mill. Jahre. In dieser Zeit ist das Santon-Meer 3 km vorgedrungen — mit einer durchschnittlichen Transgressionsgeschwindigkeit von 1 m in über 300 Jahren. Dieser Wert ist nur als annähernde Schätzung der Größenordnung anzusehen; er entspricht aber durchaus aktualistischen Vorstellungen.

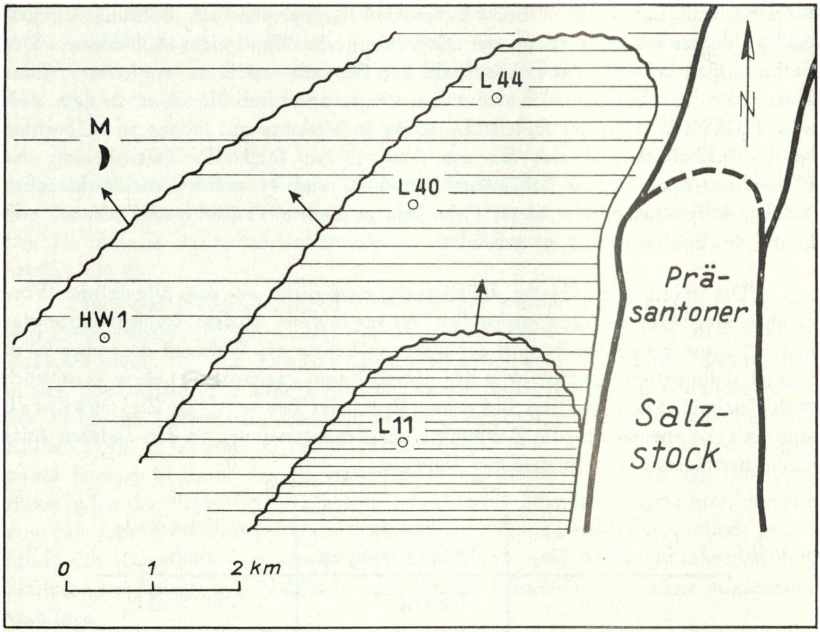


Abb. 14: Vordringen der Santon-Transgression im Raum Misburg—Lehrte. M = Misburg (Hannoversche Zementwerke). Lage der Aufschlüsse wie in Abb. 1.
Die Transgression drang zunächst nach Norden, später nach Nordwesten zu vor. Der präsantone Salzstock bildete anfangs eine „klippenartige Insel" im Santon-Meer (BETTENSTAEDT & DIETZ 1957, S. 497).

5. Literatur

AL-ABAWI, T.: Phylogenetische und ökologische Untersuchungen an *Verneuilinoides* (Foram.) aus der nordwestdeutschen Unterkreide. — Unveröffentlichte Diplomarbeit, 62 S., Braunschweig 1964.

BETTENSTAEDT, F.: Grundlagen und Erfahrungen bei mikrofaunistischen Untersuchungen an ausgeschlämmten Spülproben aus Rotary-Bohrungen in Tertiär und Kreide Nordwestdeutschlands. — Öl und Kohle, **38,** S. 949—964, Berlin 1942.

—: Die stratigraphische Bedeutung phylogenetischer Reihen in der Mikropaläontologie. — Geol. Rundschau, **49,** S. 51—69, Stuttgart 1960.

—: Evolutionsvorgänge bei fossilen Foraminiferen. — Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, **31,** S. 385—460, Hamburg 1962.

BETTENSTAEDT, F., & DIETZ, C.: Tektonische und erdölgeologische Untersuchungen im Raum Lehrte östlich Hannover. — Geol. Jb., **74,** S. 463—522, Hannover 1957.

BOLLI, H.: The direction of coiling in the evolution of some Globorotaliidae. — Contr. Cushman Found. Foram. Res., **1,** S. 82—89, Washington 1950.

—: Notes on the direction of coiling of rotalid foraminifera. — Contr. Cushman Found. Foram. Res., **2,** S. 139—143, Washington 1951.

BROTZEN, F.: Foraminiferen aus dem schwedischen untersten Senon von Eriksdal in Schonen. — Sver. geol. Unders., Ser. C, **396,** Arsb. 30, 206 S., Stockholm 1936.

CUSHMAN, J. A.: Upper Cretaceous Foraminifera of the Gulf Coastal Region of the United States and adjacent Areas. — US geol. Surv., prof. pap., **206,** 241 S., Washington 1946.

—: Foraminifera their classification and economic use. — 4. ed., 605 S., Cambridge, Massachusetts 1955.

DAM, A. TEN, & MAGNÉ, J.: Les espéces du genre de foraminiféres *Globorotalites* BROTZEN. Rev. Inst. Franc. Pétrol. Ann. Comb. Liquid., **3,** S. 222—228, Paris 1948.

DENCKMANN, A.: Über Aufschlüsse im Jura und in der Kreide bei Hannover. — Neues Jb. Mineral. etc., **2,** S. 97—98, Stuttgart 1890.

DOBZHANSKY, TH.: Die Entwicklung zum Menschen. Evolution, Abstammung und Vererbung. — Hamburg und Berlin 1958.

ELLERMANN, C.: Beitrag zur Gliederung und Verbreitung des Tertiärs im West-Emsland. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **117,** Festband Lotze, S. 111—130, Stuttgart 1963.

ERICSON, D. B., WOLLIN, G., & WOLLIN, J.: Coiling direction of *Globorotalia truncatulinoides* in deep-sea cores. — Deep-sea Res., **2,** S. 152—158, London/New York 1955.

ERNST, G.: Stratigraphische und gesteinschemische Untersuchungen im Santon und Campan von Lägerdorf (SW-Holstein). — Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, **32,** S. 71—127, Hamburg 1963 (1963 a).

—: Zur Feinstratigraphie und Biostratonomie des Obersanton und Campan von Misburg und Höver bei Hannover. — Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, **32,** S. 128—147, Hamburg 1963 (1963 b).

—: Ontogenie, Phylogenie und Stratigraphie der Belemnitengattung *Gonioteuthis* BAYLE aus dem nordwestdeutschen Santon/Campan. — Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **7,** S. 113—174, Krefeld 1964.

—: Fauna, Ökologie und Stratigraphie der mittelsantonen Schreibkreide von Lägerdorf (SW-Holstein). — Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, Heft **35,** S. 115—150, Hamburg 1966.

FRANKE, A.: Die Foraminiferen der Oberen Kreide Nord- und Mitteldeutschlands. — Abh. preuß. geol. L.-A., N. F., **111,** 208 S., Berlin 1928.

GRABERT, BR.: Phylogenetische Untersuchungen an *Gaudryina* und *Spiroplectinata* (Foram.) besonders aus dem nordwestdeutschen Apt und Alb. — Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., **498,** S. 1—71, Frankfurt a. M. 1959.

HAGN, H.: Die Foraminiferen der Pinswanger Schichten (Unteres Obercampan). Ein Beitrag zur Mikropaläontologie der helvetischen Oberkreide Südbayerns. — Palaeontographica, Abt. A, **104,** 119 S., Stuttgart 1953.

HEDGPETH, J. W.: Classification of Marine Environments. — In: Treatise on Marine Ecology and Paleoecology, Geol. Soc. America, Mem., **67,** S. 93—100, Baltimore, Maryland 1957.

HILTERMANN, H., & KOCH, W.: Mikropaläontologische Feinhorizontierung von Santon-Profilen durch das Erzlager Lengede-Broistedt. — Paläont. Z., **30,** Sonderheft, S. 33—44, Stuttgart 1956.

—: Oberkreide des nördlichen Mitteleuropa. — In: Leitfossilien der Mikropaläontologie, Arbeitskreis deutscher Mikropaläontologen, S. 299—338, Berlin — Nikolassee 1962.

HOFKER, J.: Foraminiferen der Oberkreide von Nordwestdeutschland und Holland. — Beih. Geol. Jb., **27,** 464 S., Hannover 1957.

KAEVER, M.: Biostratigraphische Auswertung der Windungsrichtung von Foraminiferen. — Geol. Jb., **77,** S. 821—832, Hannover 1960.

—: Morphologie, Taxionomie und Biostratigraphie von *Globorotalites* und *Conorotalites* (Kreide-Foram.). — Geol. Jb., **78,** S. 387—438, Hannover 1961.

MICHAEL, E.: Die Mikrofauna des nw-deutschen Barrême. Teil I: Die Foraminiferen des nw-deutschen Barrême. — Palaeontographica, Suppl.-Bd., **12,** 171 S., Stuttgart 1967.

NAGAPPA, Y.: Direction of coiling in *Globorotalia* as an aid in correlation. — Micropaleont., **3,** S. 393—398, New York 1957.

POKORNY, V.: Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. — Bd. **I,** Berlin 1958.

RIEDEL, L.: Der Westrand der POMPECKJschen Schwelle zur Kreidezeit in Hannover. — Z. deutsch. geol. Ges., **90,** 1, S. 26—41, Berlin 1938.

SCHAD, A.: Stratigraphische Auswertung von elektrischen Bohrlochmessungen. — In: Erdöl und Tektonik in Nordwestdeutschland, S. 364—374, Hannover/Celle 1949.

SCHMID, F.: Schlüsselprofile der Oberen Kreide NW-Deutschlands. — Paläontol. Z., **27,** 3/4, S. 234—235, Stuttgart 1953.

SCHMIDT, H.: Ökologische Beobachtungen an den Foraminiferen des Golfes von Neapel. — Paläontol. Z., **27,** S. 123—128, Stuttgart 1953.

SCHÖNDORF, F.: Geologisches Wanderbuch für die nähere Umgebung von Hannover. — Naturhist. Ges. Hannover, 2. Aufl., 144 S., Hannover 1919.

TRUSHEIM, F.: Über die Spülproben-Bearbeitung. — Erdöl-Zeitschrift, Heft **5,** S. 1—11, Wien 1956.

VASICEK, M.: Changes in the Ratio of Sinistral and Dextral Individuals of Foraminifer *Globorotalia scitula* (BRADY) and their Use in Stratigraphy. — Sbornick Ustr. ustavu geol., **20** (paleont.), S. 345—420, Prag 1953.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover

Jahr/Year: 1968

Band/Volume: BH_5

Autor(en)/Author(s): Al-Abawi Tarik

Artikel/Article: Methodische Untersuchungen zur Feinstratigraphie an Oberkreide-Foraminiferen im Raum Hannover— Lehrte 393-425