

Sedimentologische Untersuchungen in der eocaenen Hohgant-Serie im Helvetikum nördlich von Interlaken

Autor(en): **Breitschmid, Alfred**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **71 (1978)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-164721>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Sedimentologische Untersuchungen in der eocaenen Hohgant-Serie im Helvetikum nördlich von Interlaken

Von ALFRED BREITSCHMID¹⁾

ZUSAMMENFASSUNG

In der helvetischen Randkette (Wildhorn-Decke s.l.) nördlich von Interlaken wurden auf der Niederhorn-Gemmenalphorn-Platte die Hohgant-Serie und ein Teil der Globigerinenmergel untersucht.

Die Hohgant-Serie umfasst hier über der Tertiär-Transgression auf Schrattekalk folgende lithologische Einheiten mit unterem Obereocaen-Alter: Discus-Schicht, Hohgant-Sandstein im allgemeinen, Wagenmoos-Sandsteinbank 1-4, Kohleschicht 1 und 2, Discocyclinenkalk und Lithothamnienkalk. Innerhalb dieser Abfolge können drei Zyklotheme aufgestellt werden, die durch den Wechsel von Transgressionen und Regressionen entstanden sind.

Auf Grund der Lithologie, des Fossilinhalts, der Korngrösse und deren Verteilung sowie von allgemeinen Feldbeobachtungen wurde der Versuch unternommen, diesen Gesteinen die zugehörigen Faziesräume in einem Sedimentationsmodell zuzuweisen:

- 1 = Küstensumpf und Küstenlagune (Kohleschichten 1 und 2)
- 2 = nasser Strand und Vorstrand (Wagenmoos-Sandsteinbänke 1-4)
- 3 = Übergangzone (Hohgant-Sandstein im allgemeinen)
- 4 = innerer Schelf (Discus-Schicht, Discocyclinen- und Lithothamnienkalk)
- 5 = äusserer Schelf (Globigerinenmergel)

Am Schluss der Arbeit werden Gedanken über die regionalen Verhältnisse und die Herkunft des terrigenen Materials festgehalten.

ABSTRACT

The Hohgant series and a part of the Globigerina marls in the Helvetic Border Chain (Wildhorn nappe s.l.), exposed on the Niederhorn-Gemmenalphorn area north of Interlaken, were investigated.

The Hohgant series here was deposited during the Tertiary transgression on Schrattekalk and consists of the following lithologic units of oldest Upper Eocene age: Discus bed, Hohgant sandstone, Wagenmoos sandstone-beds 1-4, coal layers 1 and 2, Discocyclina limestone and Lithothamnium limestone. Within this sequence three cyclothems can be identified, formed by the alternation of transgressions and regressions.

On the basis of lithology, fossil content, grain size and grain size distribution, as well as field observations, an attempt has been made to place these units into their appropriate sedimentary environments in a sedimentation model:

- 1 = coastal marsh and lagoon (coal layers 1 and 2)
- 2 = foreshore and shoreface (Wagenmoos sandstone-beds 1-4)
- 3 = transition zone (Hohgant sandstone)
- 4 = inner shelf (Discus bed, Discocyclina and Lithothamnium limestone)
- 5 = outer shelf (Globigerina marls)

Finally the regional relationships are considered and the origin of the terrestrial sediments assessed.

¹⁾ Geologisches Institut, Universität Bern, Sahlstrasse 6, CH-3012 Bern.

1. Einleitung

1.1 Allgemeines

Auf Anregung von Herrn Prof. W. Nabholz entstand, im Zusammenhang mit einer Kartierung 1:10000, eine Lizentiatsarbeit in der Randkette im Gebiet Beatenberg-Gemmenalphorn-Habkern (Fig. 1). Der Schwerpunkt lag bei den Tertiärgesteinen der Niederhorn-Gemmenalphorn-Platte, wovon hier die wichtigsten Ergebnisse zusammengestellt sind. Für die Betreuung während der Arbeit danke ich Herrn Prof. W. Nabholz herzlich, ebenso Herrn Prof. R. Herb für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Als Unterlage dienten uns vor allem die Dissertationen mit Karten von BECK (1911) und GIGON (1952) sowie die Diplomarbeit von COLOMBI (1960), der wesentliche Grundgedanken schon festgestellt hat.

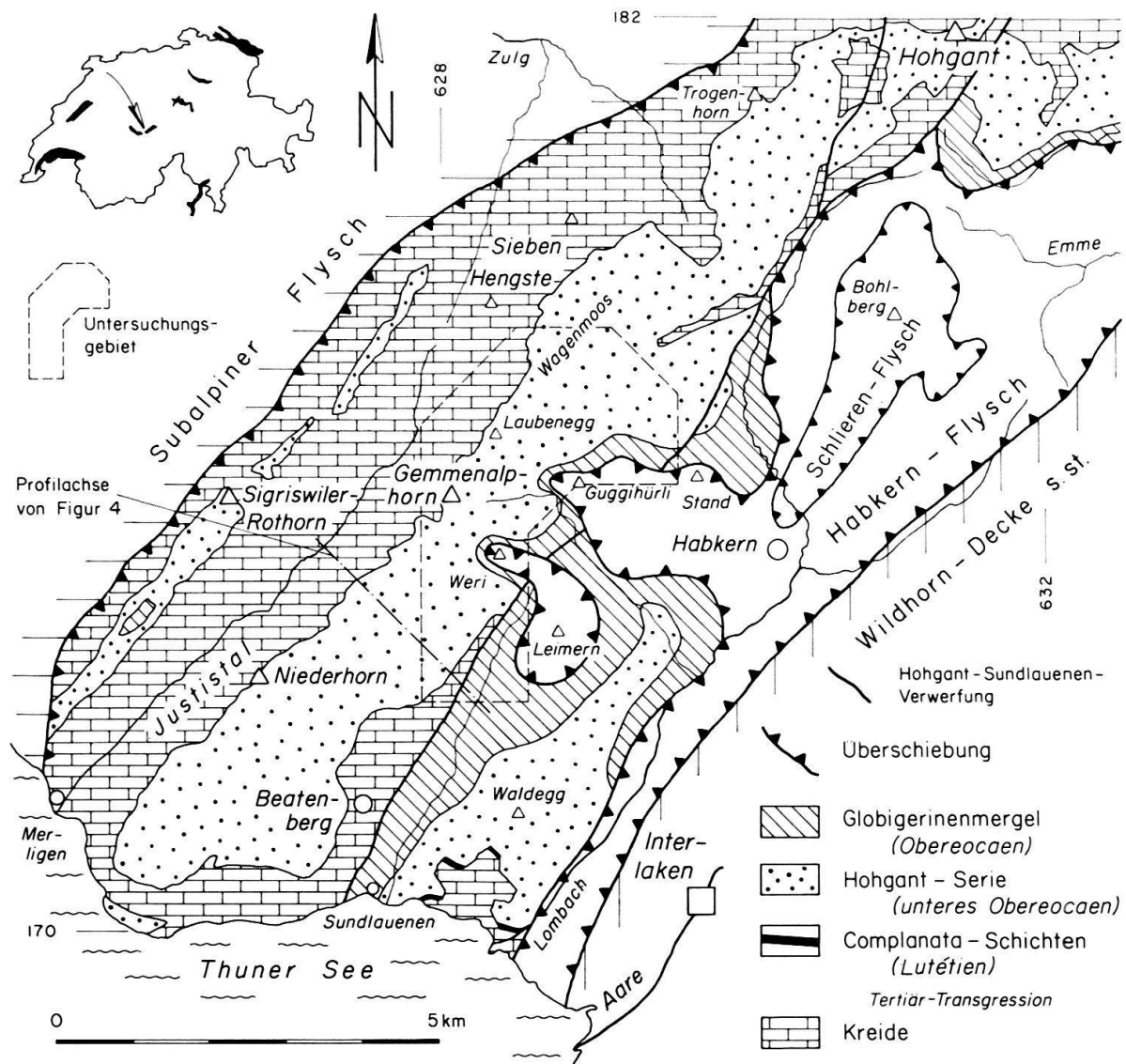


Fig. 1. Geologisch-tektonische Kartenskizze der Randkette nördlich von Interlaken.

1.2 Untersuchungsmethoden

Sämtliche Untersuchungen wurden am Geologischen Institut der Universität Bern durchgeführt. Die Grundlage bildeten mikroskopische Betrachtungen an Dünnschliffen, in denen sich auch die Korngrößen bestimmen liessen. Mit einem Netzokular wurden in Schliffen mit mehr als 5% terrigenem Detritus 60 Körner ausgezählt und deren Verteilung in einem Histogramm dargestellt (Fig. 4). Dadurch konnte auch die auffallende Bimodalität grafisch festgehalten werden. Die Bestimmung der Kalifeldspäte gelang mit der Färbmethode von BAILEY & STEVENS (1960), und mit Hilfe der bekannten Scheibler-Apparatur konnte der Karbonatgehalt gemessen werden.

1.3 Die Hohgant-Serie

Den Begriff Hohgant-Serie braucht GIGON (1952) erstmals und fasst darin «Hohgantschiefer mit glaukonitischer Basis» und «Hohgantsandstein mit Discocyclinen- und Lithothamnienkalken» zusammen. Wir erweitern diesen Begriff mit der Discus-Schicht [nach GIGON (1952) Discocyclinenschicht], so dass in unserem Untersuchungsgebiet die Hohgant-Serie alle lithologischen Einheiten von der Tertiär-Transgression bis zu den Globigerinenmergeln umfasst (Fig. 2). Eine entsprechende Formation müsste am Hohgant selber aufgestellt werden.

Die Altersfrage der Hohgant-Serie ist noch nicht eindeutig abgeklärt. SCHUMACHER (1948) stellt sie ins Priabonien auf Grund von *Heterostegina helvetica*. Dafür spricht nach GIGON (1952) auch das Auftreten von *Chapmanina*. Da aber die Ausdehnung des Priabonien nach unten noch nicht international geregelt ist, brauchen wir die neutrale Bezeichnung Obereocaen. COLOMBI (1960) hat die Nummuliten-Fauna innerhalb der Hohgant-Serie eingehend untersucht. Er konnte dabei keinen Vertreter der *Fabianii*-Gruppe finden, die nach BOMBITA & MOISESCU (1968) mittleres und oberes Obereocaen bestätigen würden. Dies gibt den Hinweis, dass die Hohgant-Serie älter ist, also unteres Obereocaen, was auch *Nummulites striatus* anzeigt. K. Perch-Nielsen und J. van Stuijvenberg haben freundlicherweise Proben mit Nannoplankton aus dem Bereich der Vermergelung des Lithothamnienkalkes im Dach der Hohgant-Serie untersucht. Durch *Coccolithus eopelagicus*, *Cyclococcolithus formosus*, *Discoaster saipanensis*, *Reticulofenestra bisecta*, *Reticulofenestra umbilica*, *Lanternithus minutus*, *Cyclococcolithus floridanus* und *Chiasmolithus oamaruensis* können wir, verglichen mit der Arbeit von DECIMA, ROTH & TODESCO (1975), auch Obereocaen eingabeln. Ein leider nur fraglicher *Markalius inversus* deutet ebenfalls auf unteres Obereocaen hin. Jedenfalls konnten *Isthmolithus recurvus* und *Sphenolithus pseudoradians*, die mittleres und oberes Obereocaen belegen, nicht gefunden werden.

2. Lithostratigraphie

2.1 Discus-Schicht

In unserem Untersuchungsgebiet transgrediert das Tertiär mit der neritischen biogenen Discus-Schicht, die bisweilen auch Taschen im liegenden Schratzenkalk

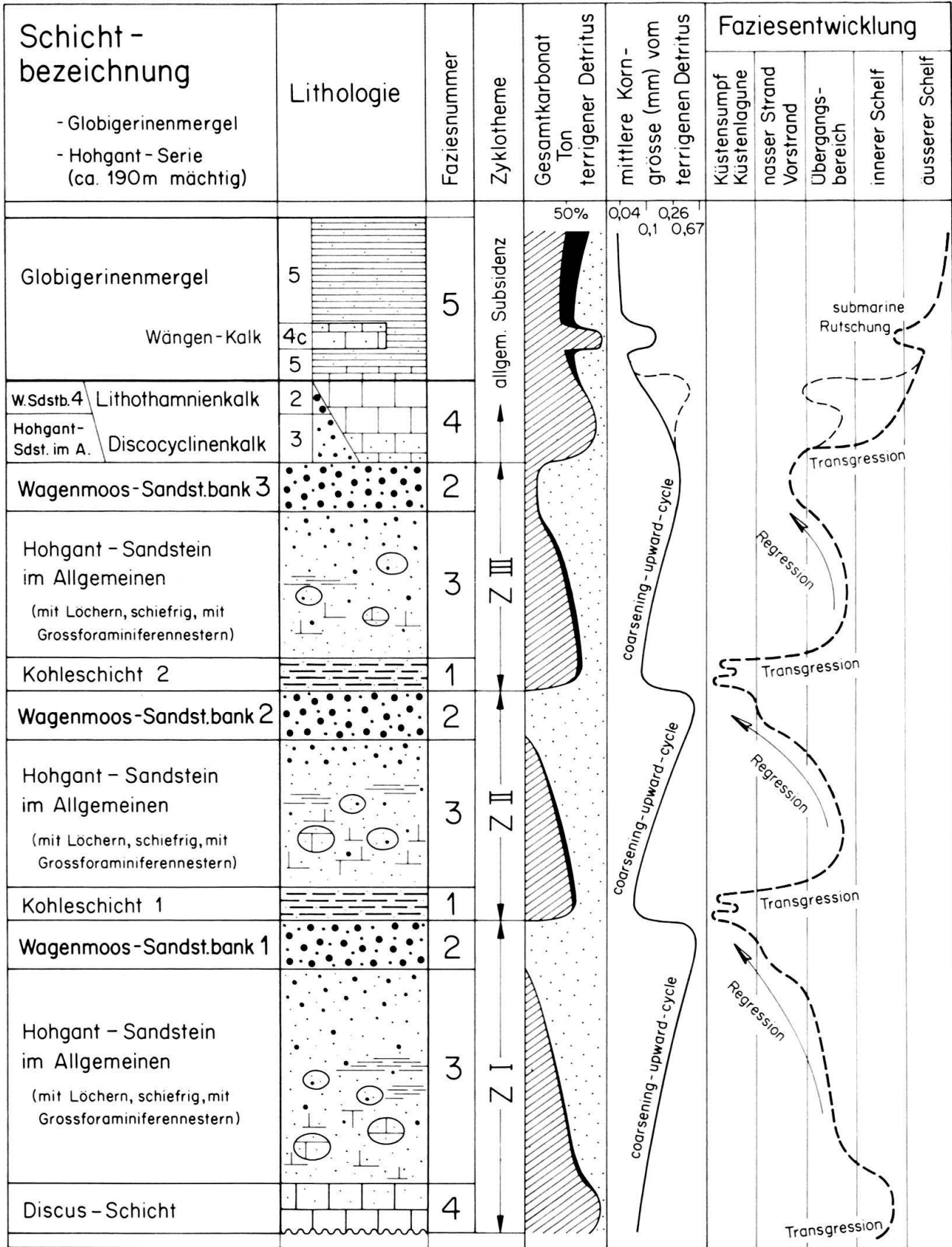


Fig. 2. Schematisches Profil durch die Hohgant-Serie im Gebiet Niederhorn-Gemmenalphen.

ausfüllt. Auffallend ist die gesteinsbildende, bis zu 4 cm grosse *Discocyclus discus* neben kleineren Discocyclinen, Nummuliten, Operculinen, Actinocyclinen, Heterosteginen, Eorupertien, Bryozoen, Echinodermen und benthonischen Kleinforaminiferen. In Dünnschliff ist der typische, diagenetisch neugebildete Glaukonit in Foraminiferen-Kammern und in der Grundmasse zu erkennen. Im Sedimentationsmodell (Fig. 3) wird die Discus-Schicht mit der Fazies 4a beschrieben.

2.2 Wagenmoos-Sandsteinbänke

COLOMBI (1960) erkannte den lithostratigraphischen Leitwert von drei Quarzitbänken und konnte dadurch den Hohgant-Sandstein neu gliedern (siehe Lex. strat. int. 1964 Fasc. 7c). Es sind 3–10 m mächtige Sandsteinbänke, die als Härtlinge in Form von Platten oder als herauswitternde Bänke landschaftsformend in Erscheinung treten. Sehr oft sind sie von der hellgrünen Flechte *Lecidea geographica* weitflächig bewachsen. Wir nennen sie Wagenmoos-Sandsteinbänke (Planquadrat 177–178/629–630). Diese werden von mittelmässig bis schlecht sortiertem terrigenem Detritus aufgebaut, der mehrheitlich aus Quarz und bis zu 30% aus Gesteinsbruchstücken besteht. Quarz-Zement kittet die Körner bei unimodaler Verteilung zusammen (Fazies 2a), wobei durch die Kompaktion konkav-konvexe Kontakte und erste Anzeichen von Verzahnung zu beobachten sind. Nach KOSOVSKAYA & SHUTOV (1970) wird damit der Diagenesegrad «deep epigenesis» erreicht. Sobald die Körner eine typische bimodale Verteilung aufweisen (Fig. 4, Wagenmoos-Sandsteinbank 3), erscheint Calcit als Bindemittel (Fazies 2b). Kalifeldspat kann bis zu 10% ausmachen, und erstmals treten Bruchstücke von Foraminiferen auf. Dieser Gesteinstyp bildet die Wagenmoos-Sandsteinbänke 3 und 4 sowie Teile der Wagenmoos-Sandsteinbänke 1 und 2.

2.3 Hohgant-Sandstein im allgemeinen

Zwischen den Wagenmoos-Sandsteinbänken liegen zurückwitternde Sandsteinabfolgen, deren Karbonatgehalt gegen oben abnimmt, die Korngrösse dagegen aber zunimmt. Es handelt sich dabei um einen «coarsening-upward cycle» als Folge einer Regression (Fig. 2). Die Kornverteilung kann unimodal (Fazies 3c) oder bimodal sein (Fazies 3a). Als Spezialfälle unterscheiden wir Hohgant-Sandstein mit Grossforaminiferen-Nestern (Fazies 3b), schiefriger Hohgant-Sandstein und Hohgant-Sandstein mit Löchern. Die im Felde auffallende dm-grosse, meist ovale Löcherbildung entsteht durch ein Zusammenwirken von sedimentären, chemischen und botanischen Faktoren. Diese anfälligen Sandsteine werden nämlich einerseits durch grosse, gut gerundete und andererseits durch kleine, angulare Quarzkörner und Gesteinsbruchstücke aufgebaut, welche zusammen als uneinheitliches bimodales Mosaik mit Calcit-Zement verkittet sind. Wenn nun dieser über 20% ausmacht, stützen sich die Körner nicht mehr gegenseitig ab, so dass durch die chemische Verwitterung, unterstützt durch die rezenten Blaualgen Cyanophyceen (RYTZ 1941), die Gesteinspartie zerbröckelt. Schiefriige Partien im Hohgant-Sandstein (nicht zu verwechseln mit den stratigraphisch tiefer liegenden Hohgant-Schiefern) erlangen selten eine grössere laterale Ausbreitung, können aber bisweilen über 1 m mächtig

werden. Sie haben ebenfalls bimodale Kornverteilung (Fazies 3a) und besitzen einen erhöhten biogenen Anteil mit grösserem Reichtum an Individuen als der normale Hohgant-Sandstein (Einzelkorallen, Austern, Mollusken, Seeigel).

2.4 Kohleschichten

Im letzten Jahrhundert wurde am Niederhorn und auf der Gemmenalp die tertiäre Kohle bergmännisch abgebaut (WEHRLI 1919). Sie hat keinen hohen Heizwert und wird von FREY & NIGGLI (1971) mit 39–43 Gewichtsprozent flüchtigen Bestandteilen in die Gasflammkohle gestellt. Dies stimmt mit Reflexionsmessungen von TEICHMÜLLER (unpubl.) an Vitrinit von 0,80% Rm überein.

Die berühmte Fauna der Brackwasserschichten an der Berglikehle am Sigriswilgrat wurde schon von vielen Autoren beschrieben (siehe Lex. strat. int. 1964 Fasc. 7c). Verschiedene Bearbeiter haben darin Übergänge in Kohlemergel und sogar ein Flöz beschrieben. Brackwasserschichten und Kohle lösen sich lateral und vertikal ab, sind also faziell eng miteinander verbunden (Fazies 1a und 1b). Sie sind als Schichtglied über eine grössere Distanz nicht durchgehend vorhanden, treten aber immer unmittelbar über der Wagenmoos-Sandsteinbank 1 und 2 auf. Wir nennen sie daher analog Kohleschichten 1 und 2. Die Niederhorn-Kohle ist über die Wagenmoos-Sandsteinbank 1 zu stellen, die Brackwasserschichten der Berglikehle und die Gemmenalp-Kohle dagegen über die Wagenmoos-Sandsteinbank 2.

2.5 Karbonatische Entwicklung mit Discocyclinen- und Lithothamnienkalk

Verschiedene Autoren brauchen für die Karbonatgesteine im Dach der Hohgant-Serie den unglücklichen Ausdruck «Ralligmarmor». Wir verwenden im Sinne von GIGON (1952) die lithologisch zutreffenderen Bezeichnungen Discocyclinenkalk und Lithothamnienkalk.

Im Unterschied zur Discus-Schicht sind im Discocyclinenkalk die namengebenden Foraminiferen wesentlich kleiner, treten aber ab und zu auch massenhaft auf. Der geringere Glaukonitgehalt ist in Form von Körnern, selten aber als Hohlräumfüllung vorhanden. Der terrigene Detritus mit unimodaler Verteilung (Fig. 4, Discocyclinenkalk) kann noch bis zu 30% ausmachen. Etwas häufiger als in der Discus-Schicht sind Bryozoen und benthonische Kleinforaminiferen anzutreffen, die Fazies (4a) bleibt aber dieselbe. Mit abnehmendem Detritusgehalt erscheinen die ersten Rotalgen, die schliesslich gesteinsbildend den Lithothamnienkalk aufbauen (Fazies 4b). In seiner reinsten Form bildet er eine weisse Schrattenlandschaft, wie wir sie vom Schrattenkalk her kennen. Feldbeobachtungen zeigen in unserem Untersuchungsgebiet, dass die karbonatische Entwicklung über der Wagenmoos-Sandsteinbank 3 stets mit einem Discocyclinenkalk einsetzt. Erst später weitet sich das Algenbiostrom von Süden her in nördliche Gebiete aus, falls es nicht von einer letzten Sandschüttung (Wagenmoos-Sandsteinbank 4) verdrängt wird (Fig. 2).

2.6 Globigerinenmergel mit Wängen-Kalken

Im Untersuchungsgebiet ist der Übergang von der karbonatischen Entwicklung im Dach der Hohgant-Serie in die Globigerinenmergel, von zwei Habkern-Flysch-

kappen geschützt, noch vorhanden (Fig. 1). Am Leimern-Weri ist die Verfingerung vom Lithothamnienkalk mit den Globigerinenmergeln aufgeschlossen. Es entstanden hier auch isolierte Pakete von Lithothamnienkalk inmitten der Globigerinenmergel, so dass man hier eigentlich schon von Wängen-Kalken sprechen kann. Unter der Flyschkappe vom Guggihürli-Stand geht der Discocyclinenkalk allmählich in die Globigerinenmergel über. Schon nach wenigen Metern erscheinen Linsen und bis zu 15 cm grosse Gerölle aus Lithothamnienkalk-Material, die nach oben kleiner werden. Dies sind offensichtlich Teile von einem nahen Algenbiostrom, die submarin in die Globigerinenmergel hinuntergerutscht oder gekollert sind (Fazies 4c).

Ganz allgemein geht in den Globigerinenmergeln der Karbonatgehalt zugunsten des Tons zurück. Der feine terrigene Detritus besteht nur noch aus angularen Quarzkörnchen ohne Gesteinsbruchstücke. Die Feldspäte verschwinden ganz, dafür nimmt der Glimmer schlagartig zu. Der biogene Anteil setzt sich vor allem aus planktonischen und wenig benthonischen Kleinforaminiferen zusammen (Fazies 5).

3. Faziestypen

3.1 Allgemeines

Auf Grund der Lithologie, des Fossilinhalts, der Korngrösse und deren Verteilung sowie von allgemeinen Feldbefunden wurde der Versuch unternommen, den besprochenen tertiären Sedimenten ihre Faziesräume in einem Sedimentationsmodell zuzuweisen (Fig. 3).

Im wesentlichen handelt es sich um ein flaches, von Wellen dominiertes Küstengebiet mit einem nahen Fluss, dessen terrigener Detritus in küstenparallelen Sandbänken abgelagert wird. Wir unterscheiden dabei 5 Hauptfaziesgebiete und übernehmen die Einteilung von MASTERS (1965) in REINECK & SINGH (1973). Herr Dr. W. Gigon (z. Z. Shell Exploration, Sarawak) bestätigte mir freundlicherweise in einer mündlichen Mitteilung, dass dieses Faziesbild in ähnlicher Art an der Nordküste Borneos rezent vorhanden ist.

Messungen von Korngrössen, Abnahme von Kalifeldspat und Karbonat (Fig. 4) zeigen auf einen Küstenverlauf von südwestlicher in nordöstlicher Richtung.

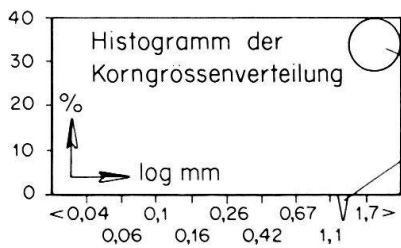
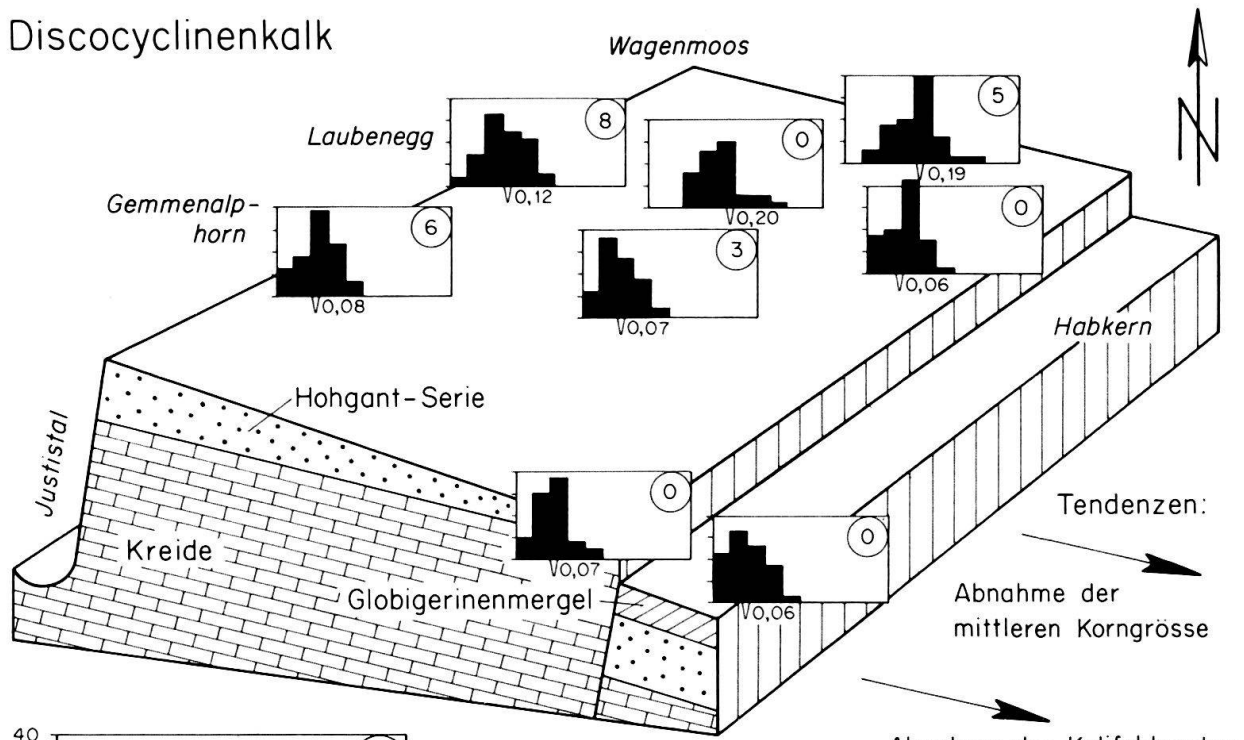
Die 5 Hauptfaziesgebiete sind folgende (Fig. 3):

- 1 = Küstensumpf und Küstenlagune (Kohleschichten 1 und 2)
- 2 = nasser Strand und Vorstrand (Wagenmoos-Sandsteinbänke 1-4)
- 3 = Übergangszone (Hohgant-Sandstein im allgemeinen)
- 4 = innerer Schelf (Discus-Schicht, Discocyclinen- und Lithothamnienkalk)
- 5 = äusserer Schelf (Globigerinenmergel)

3.2 Fazies 1: Küstensumpf und Küstenlagune

Die beiden Faziestypen Küstensumpf (1a) und Küstenlagune (1b) sind mit ihren Sedimenten eng miteinander verknüpft. In der flachen Küstenlandschaft bilden sich

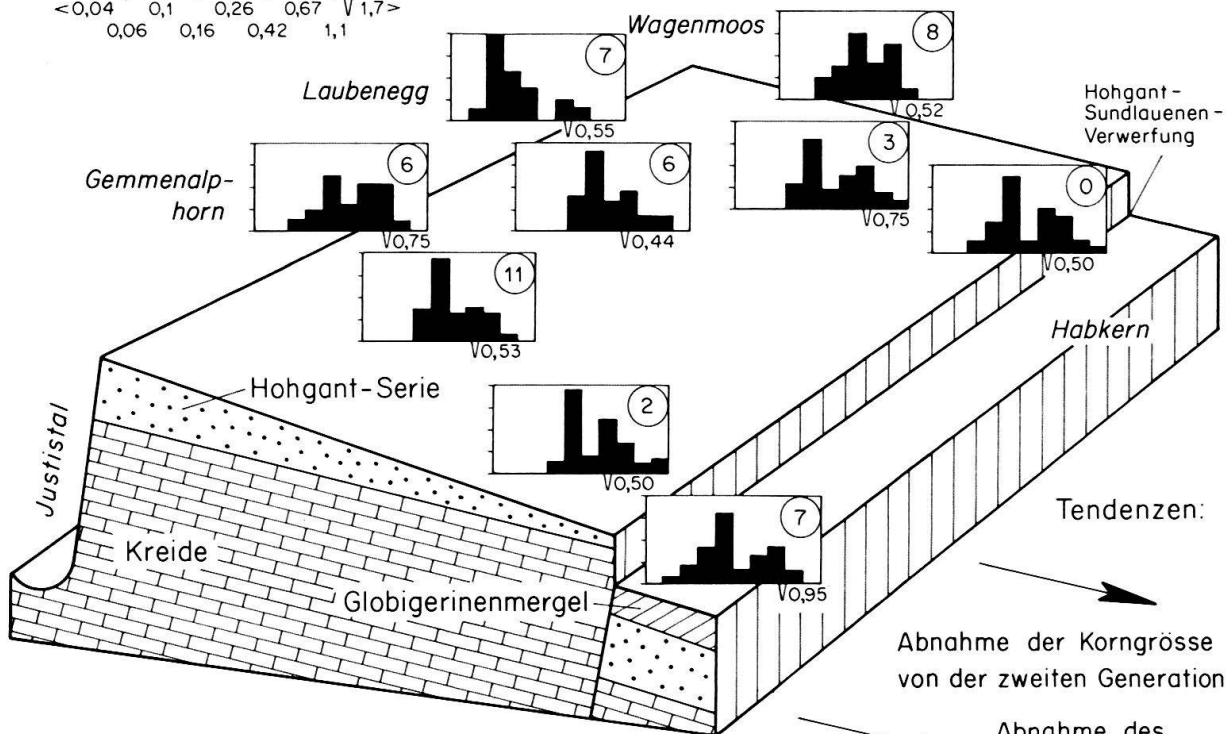
Discocyclinenkalk



Prozentanteil des Kalifeldspates vom terrigenen Detritus

wichtige Korngröße (siehe Tendenzen)

ca. 1km



Wagenmoos - Sandsteinbank 3

Fig. 4. Schematische Blockbilder mit Histogrammen der Korngrößen-Verteilung.

mit üppiger Vegetation bewachsene Sümpfe und Torfmoore, die das organische Material für die Kohlebildung liefern. Bei starken Regengüssen schwellen die Flüsse rasch an, treten über die Ufer und geben ihr Wasser an Seitenarme ab. In geschützten Buchten und Lagunen entstehen so die brackischen Verhältnisse. Hier leben die an Brackwasser oder sogar an Süßwasser gewöhnten Lamellibranchier (*Cyrena*, *Limnaeus*, *Cerithium*, *Planorbis*, *Melania*), wie sie an der Berglikehle bestimmt wurden. Auch die auf der Gemmenalp in der Kohleschicht 2 gefundene Lebensspur *Gyrochorte?* würde nach der Darstellung von HALLAM (1970) gut in unser Bild passen, indem er sie einem brackischen Küstenmilieu zuschreibt mit zeitweiliger Süßwasserzufuhr von einem nahen Fluss. Dieses Ichnogenus wird auch von SCHLEICHER (1954) in den nichtmarinen Abfolgen der Bochumer Schichten (Ruhr-Karbon) erwähnt.

3.3 Fazies 2: nasser Strand und Vorstrand

Der vom Fluss aus dem Hinterland herbeigeführte terrigene Detritus baut die küstenparallelen Sandkörper im nassen Strand (Fazies 2a) und im Vorstrand (Fazies 2b) auf. Daraus entstehen die Wagenmoos-Sandsteinbänke 1-4. Zeitweilig bilden sich zum Schutz der Lagunen und Sümpfe auch Dünen (trockener Strand), die jedoch fossil nicht nachweisbar sind.

Der nasse Strand (Fazies 2a) wird durch mittelmässig sortierte Sande aufgebaut. Die gerundeten Körner mit einem mittleren Durchmesser bis zu 0,6 mm haben unimodale Verteilung. Eingeschwemmte Pflanzenhäcksels zeigen die Nähe von Fazies 1a und 1b an. Während der Diagenese hatte denn auch die nahe Kohlebildung einen Einfluss auf die Zementation dieser Sande. Nach FÜCHTBAUER & MÜLLER (1970) bleibt das saure Porenmilieu innerhalb kohligter Abfolgen durch die überdurchschnittliche Kohlendioxydbildung lange erhalten und verhindert oder verzögert dadurch die Karbonat-Zementation. Hier entstehen die unimodalen Teile der Wagenmoos-Sandsteinbänke 1 und 2, die mit SiO₂ zementiert wurden. Die häufig auf der Bankoberfläche zu beobachtenden Lebensspuren in Form von horizontalen, geraden oder gewundenen Gängen mit einheitlichem Durchmesser von zirka 1 cm können nach SIMPSON (1975) als *Planolites* bestimmt werden.

Die Sande des Vorstrandes (Fazies 2b) weisen erstmals eine bimodale Kornverteilung auf. Körner im Bereich zwischen 0,26 bis 0,42 mm sind nur selten oder überhaupt nicht vertreten, was in den Histogrammen (Fig. 4, Wagenmoos-Sandsteinbank 3) eine zweigipflige Balkenabstufung verursacht. Die eckigen Körner der kleinen Generation haben einen beinahe gleichmässigen mittleren Korndurchmesser von zirka 0,25 mm, während die Korngrösse der zweiten Generation meerwärts abnimmt. Bruchstücke von Grossforaminiferen und Echinodermen werden vom Meer her angeschwemmt. Diese Wellenaktivität verursacht am Vorstrand und am nassen Strand Schrägschichtungen und Rippelmarken, die fossil noch teilweise erhalten sind. Während der Diagenese dringt in den Sedimenten des Vorstrandes die Karbonat-Zementation durch, was heute die bimodalen Teile der Wagenmoos-Sandsteinbänke 1 und 2 sowie die Wagenmoos-Sandsteinbänke 3 und 4 gegen die Verwitterung anfälliger macht.

3.4 Fazies 3: Übergangszone

In dieser Zone findet der Übergang von der rein sandigen Fazies im Strandbereich zur karbonatischen Fazies im inneren Schelf statt. Hier wird der «Hohgant-Sandstein im allgemeinen» sedimentiert, dessen Karbonat-Anteil bis zu 50% ausmachen kann. Während ruhiger Zeiten, in denen nicht viel terrigener Detritus geschüttet wird, nisten sich auf dem sandigen Boden die ersten Discocyclinen und Nummuliten ein, zusammen mit Bryozoen, Mollusken und Echinodermen. Es entsteht der Hohgant-Sandstein mit Grossforaminiferen-Nestern (Fazies 3b).

Innerhalb des Hohgant-Sandsteins konnte eine Grenze der bimodalen zur unimodalen Kornverteilung meerwärts festgestellt werden, die parallel zur Küste verläuft. Der Raum, in dem die bimodalen Sande abgelagert werden, umfasst also den Vorstrand und einen Teil der Übergangszone (Fazies 3a). Es handelt sich somit um einen bimodalen Gürtel (Fig. 3), der längs durch das gesamte Sedimentationsgebiet der Hohgant-Serie läuft. Die auffallende Bimodalität wurde denn auch schon von BIERI (1974) im Schimbrig-Gebiet LU und von WILDBERGER (1975) an der Lenk BE erwähnt.

Für die Entstehung der Bimodalität sind nach unserer Meinung drei Sedimenttransporte möglich, die das grobe Material der zweiten Generation kurzfristig in einen Sedimentationsraum bringen, wo eine zu kleine Energie herrscht, um die anwesenden Körner zu einer unimodalen Verteilung zu verarbeiten:

1. Periodische Meeresstürme zerstören die wahrscheinlich vorhanden gewesenen Dünen und reissen zusätzlich grobes Material vom nassen Strand bis in den Schelf hinaus.
2. Verursacht durch starke Regenfälle im Hinterland schwellen die Flüsse stark an und «stossen» ihre Fracht ins Meer, während sie in trockenen Zeiten nur feineren Detritus zuführen (diese Möglichkeit wurde uns freundlicherweise von Herrn Dr. W. Gigon auf Grund eigener Beobachtungen in Borneo mitgeteilt).
3. Synsedimentäre tektonische Unruhen (siehe Kapitel 4) lösen unverfestigte Sandmassen im nassen Strand sowie im Vorstrandbereich, die anschliessend subaquatisch in den tiefer liegenden Übergangsbereich abgleiten. Die im Felde beobachteten gradierten Partien und Rinnenfüllungen von gröberem Detritus bestätigen solche Transporte.

Es ist jedoch anzunehmen, dass ein Zusammenwirken aller aufgeführten Punkte die Bimodalität verursachen.

Für den «Hohgant-Sandstein im allgemeinen» mit unimodaler Verteilung und generell kleinerem mittlerem Korndurchmesser wird Fazies 3a ausgeschieden.

3.5 Fazies 4: innerer Schelf

Wir befinden uns hier in einer typischen karbonatischen Entwicklung des Schelfgebietes, in der eine aussergewöhnlich reiche Lebewelt vertreten ist: Es tummeln sich eine Menge Discocyclinen, aber auch Nummuliten, Asterocyclinen, Heterosteginen, Operculinen, Eorupertien und benthonische Kleinforaminiferen

zusammen mit Echinodermen, Bryozoen und Lamellibranchiern (Fazies 4a). Nach HERB & HEKEL (1975) und nach HOTTINGER (1972) kommen diese Verhältnisse in 40–80 m Wassertiefe in gut durchlüftetem und warmem Wasser zustande. In diesem Faziesraum entstehen die Discus-Schicht und der Discocyclinenkalk. Der häufig eingeschwemmte terrigene Detritus verursacht hier noch eine gewisse Wassertrübung. Im Gegensatz dazu herrscht in Fazies 4b (Lithothamnienkalk) eine ausgezeichnete Lichtdurchlässigkeit, die für das ausgedehnte Riffwachstum der Rotalgen erforderlich ist. Diese setzen sich mehrheitlich aus Lithothamnien, Archäolithothamnien und selten aus Melobesien zusammen. Dazu gesellen sich die Grossforaminiferen aus Fazies 4a mit weniger Bryozoen und Echinodermen. Diese enge Verwandtschaft mit dem Discocyclinenkalk deutet darauf hin, dass auch das Lithothamnien-Biostrom in gleicher Wassertiefe entstand. WRAY (1977) bestätigt, dass Lithothamnien in Warmwassergebieten in tiefere Regionen vorstossen können. Auch Umkrustungen und Algenknollen (rhodolites), wie sie im Lithothamnienkalk häufig vorkommen, erscheinen in klaren tropischen Gewässern in Tiefen über 50 m (ADEY & MACINTYRE 1973).

Mit Fazies 4c befinden wir uns an der Grenze vom inneren zum äusseren Schelf, wo das Algenbiostrom in die Globigerinenmergel greift. Während verschiedenen Intervallen, eventuell durch tektonische Unruhen unterstützt, gleitet turbiditartig unverfestigtes Lithothamnienkalk-Material submarin in die Globigerinenmergel und bildet dort die Wängen-Kalke.

3.6 Fazies 5: äusserer Schelf

Bei einer Landferne von zirka 10 km überschreitet die Meerestiefe die 100-m-Grenze. Damit verschwindet die aussergewöhnlich reiche Lebewelt von Fazies 4. Wir befinden uns im äusseren Schelf, wo die Globigerinenmergel sedimentiert werden. Mit den namengebenden planktonischen Foraminiferen treten noch selten benthonische Kleinforminiferen auf, zusammen mit Bruchstücken von Grossforaminiferen und Rotalgen, die aber eingeschwemmt wurden. Nebst dem ansteigenden Tongehalt und dem markanten Zuwachs von Glimmer sind im feinen Quarzdetritus mit einem mittleren Durchmesser von zirka 0,04 mm noch vereinzelt grosse gerundete Körner bis zu 1 mm anzutreffen. Diese werden offensichtlich im Zusammenhang mit den besprochenen Sandtransporten (siehe Kapitel 3.4), welche die Bimodalität verursachen, sogar bis in den äusseren Schelf hinaus verschleppt.

4. Zykltheme der Hohgant-Serie

Im zusammengestellten Profil der Hohgant-Serie (Fig. 2) fällt eine Zyklizität der Sedimentabfolge auf, die COLOMBI (1960) schon festgehalten hat. Es sind insgesamt drei Zykltheme, die jeweils durch eine Wagenmoos-Sandsteinbank abgeschlossen werden. Prinzipiell kommt diese Zyklizität durch das Wechselspiel von Transgressionen und Regressionen zustande.

Vergleichen wir die lithologische Abfolge mit den Regel-Cylothemen des Ruhr-Karbons (JESSEN 1956), so fällt eine erstaunliche Ähnlichkeit auf. Dort wiederholen sich aber die Einheiten 300 bis 400mal bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit

eines Zyklotems von zirka 10 m, während ein solches in der Hohgant-Serie etwa 50 m mächtig wird. Die günstigen Bedingungen für die Kohlebildung wiederholten sich im Ruhrgebiet also um ein Vielfaches, die Verdoppelung der Flöze innerhalb eines Zyklotems ist aber auch in den Kohlevorkommen am Niederhorn und auf der Gemmenalp zu beobachten.

Über den Kohleschichten schreiten die Transgressionen relativ rasch voran, so dass Sedimente des Übergangsbereiches folgen (Fig. 2). Die anschliessenden Regressionen aber können sich nur langsam durchsetzen. Dies zeigt sich durch die allmähliche Zunahme von terrigenem Detritus auf Kosten des Karbonatgehaltes und durch die Kornvergrößerung im «coarsening-upward cycle».

Über der Wagenmoos-Sandsteinbank 3 kommt es nicht mehr zu einer Kohlebildung. Die rasche Transgression begünstigt die karbonatische Entwicklung mit dem Discocyclinen- und Lithothamnienkalk. Diese wird aber lokal, zum Beispiel am Gemmenalphorn und im Wagenmoos, durch eine erneute Sandschüttung verhindert, so dass hier die Wagenmoos-Sandsteinbank 4 entsteht (Fig. 2).

Nach der Ablagerung der Hohgant-Serie leitet eine allgemeine Subsidenz die Sedimentation der Globigerinenmergel ein. Die Mächtigkeitsdifferenzen im Bereich der Hohgant-Sundlauenener-Verwerfung, das Auftreten der grossen gerundeten Körner sowie die turbiditischen Ablagerungen der Wängen-Kalke in den Globigerinenmergeln geben weitere Hinweise auf die, von COLOMBI (1960) postulierten, synsedimentären Bewegungen. PAIRIS & PAIRIS (1975) weisen auch in der Haute-Savoie eine eocaene Bruchtektonik und ihre Einwirkungen auf die Sedimentation nach.

5. Regionale Betrachtungen

Die idealen Verhältnisse im Wagenmoos sind gegen Südwesten bis zum Niederhorn und gegen Nordosten bis zum Trogenhorn und Hohgant, also über eine Strecke von zirka 15 km, zu verfolgen. Da die helvetischen Faziesräume bekanntlich schief zum alpinen Streichen verlaufen, müssten ähnliche Verhältnisse gegen Osten im Autochthon anzutreffen sein. Tatsächlich sind im Jochpass-Gebiet in der Hohgant-Serie markant herauswitternde Quarzitbänke eingelagert, die den Wagenmoos-Sandsteinbänken entsprechen würden. Ihre Numerierung wird aber schwierig sein, da hier die Tektonik nicht so einfach ist wie auf der Niederhorn-Gemmenalphorn-Platte.

Bei anderen Vorkommen der Hohgant-Serie, zum Beispiel an der Lenk (WILDBERGER 1975) und am Schimbrig (BIERI 1974), können die Zykloteme nicht eindeutig ausgemacht werden, da dort während der Transgressionen und Regressionen nicht alle hier ausgeschiedenen Faziesgebiete erreicht werden. Vielfach sind nur Sedimente vom Übergangsbereich und vom inneren Schelf vorhanden.

6. Herkunft des terrigenen Materials

Grundsätzlich müssen im gesamten helvetischen Raum mehrere Schüttungszentren für die Hohgant-Serie angenommen werden, da die Sandsteine nicht überall einheitlich aufgebaut sind. Die in unserem Untersuchungsgebiet nicht selten zu

findenden Rosaquarzkörner sind an der Lenk nicht vorhanden, und der Gehalt an Kalifeldspat ist dort nur halb so gross.

Wegen des mutmasslichen Küstenverlaufs von Nordosten gegen Südwesten kommen Liefergebiete aus nördlichen bis nordwestlichen Richtungen in Frage, also die Vogesen, der Schwarzwald oder das Massif Central. Dabei muss es sich um kristalline und sedimentäre Muttergesteine handeln, da im Dünnschliff häufig Bruchstücke von metamorphen Schiefen und silifizierten Quarzsandsteinen zu beobachten sind. Das Fehlen von Granat, der sonst im eocaenen Schwermineralspektrum des Helvetikums vorkommt, deutet auf eine Herkunft vom Massif Central, wie dies VATAN (1950) in klastischen Gesteinen vom Obereocaen im Pariser Becken zeigt. Aus mesometamorphen Glimmerschiefen des Massif Central bezieht er aber auch noch weniger stabile Schwerminerale, die in der Hohgant-Serie fehlen. Allerdings könnten diese auf dem längeren Transportweg dem tropischen Klima zum Opfer gefallen sein, wie wahrscheinlich auch der Grossteil der Kalifeldspäte.

LITERATURVERZEICHNIS

- ADEY, W.H., & MACINTYRE, I.G. (1973): *Crustose Coralline Algae: A Re-evaluation in the Geological Sciences*. – Bull. geol. Soc. Amer. 84, 883–904.
- BAILEY, E.H., & STEVENS, R.E. (1960): *Selective Staining of K-Feldspars and Plagioclase on Rock Slabs and Thin Sections*. – Amer. Mineralogist 45, 1020–1025.
- BECK, P. (1911): *Geologie der Gebirge nördlich von Interlaken*. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 29.
- BIERI, B. (1974): *Geologie des Schimbriggebietes (Entlebuch LU)*. – Lizentiatsarb. Univ. Bern (unpubl.).
- BOMBITA, G., & MOISESCU, V. (1968): *Données actuelles sur le Nummulitique de Transylvanie*. – Mém. Bur. Rech. géol. min. 58, 693–729.
- BREITSCHMID, A. (1976): *Geologie im Gebiet des Gemmenalporhorns (nördlich von Interlaken)*. – Lizentiatsarb. Univ. Bern (unpubl.).
- COLOMBI, C. (1960): *Stratigraphie und Mikrofauna des helvetischen Alttertiärs nördlich von Interlaken*. – Diplomarb. ETH Zürich (unpubl.).
- DECIMA, F.P., ROTH, P.H., & TODESCO, L. (1975): *Nannoplankton Calcareo de Paleocene e dell'Eocene della Sezione di Possagno*. – Schweiz. paläont. Abh. 97.
- FREY, M., & NIGGLI, E. (1971): *Illit-Kristallinität, Mineralfazien und Inkohlungsgrad*. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 51, 229–234.
- FÜCHTBAUER, H., & MÜLLER, G. (1970): *Sedimente und Sedimentgesteine*. – Schweizerbart, Stuttgart.
- GIGON, W. (1952): *Geologie des Habkerntales und des Quellgebietes der Grossen Emme*. – Verh. natf. Ges. Basel 63/1.
- HALLAM, A. (1970): *Gyrochorte and other trace fossils in the Forest Marble (Bathonian) of Dorset, England*. In: CRIMES, T.P., & HARPER, J.C. (Eds.): *Trace Fossils* (p. 189–200). – Seel House Press, Liverpool.
- HERB, R., & HEKEL, H. (1975): *Nummuliten aus dem Obereocaen von Possagno*. – Schweiz. paläont. Abh. 97.
- HOTTINGER, L. (1972): *Larger Foraminifera in the Gulf of Elat (Red Sea), A Provisional Inventory*. – Hebrew Univ. Jerusalem, Dept. Geol.
- JESSEN, W. (1956): *Das Ruhrkarbon (Namur C ob. – Westfal C) als Beispiel für extratellurisch verursachte Zyklizitäts-Erscheinungen*. – Geol. Jb. 71, 1–20.
- KOSSOVSKAYA, A.G., & SHUTOV, V.D. (1970): *Main Aspect of the Epigenesis Problem*. – Sedimentology 15, 11–40.
- PAIRIS, B., & PAIRIS, J.L. (1975): *Précisions nouvelles sur le Tertiaire du massif de Platé (Haute-Savoie)*. – Géol. alp. (Grenoble) 51, 83–127.
- REINECK, H.E., & SINGH, I.B. (1973): *Depositional Sedimentary Environments*. – Springer, Berlin/Heidelberg/New York.

- RYTZ, W. (1941): *Algenflora auf Hohgantsandstein, ein neuer Beitrag zum Problem der Karrenbildung*. – Mitt. natf. Ges. Bern 212.
- SCHLEICHER, L. (1954): *Grabspuren aus den nichtmarinen Schichten der Bochumer Schichten (Fettkohenschichten) Westfalens*. – N. Jb. Geol. Paläont. [Mh.] 1954/1, 274–284.
- SCHUMACHER, J. (1948): *Zur Gliederung des marinen Lutétien und basalen Priabonien der Schweizer Alpen*. – Eclogae geol. Helv. 41/1.
- SIMPSON, S. (1975): *Classification of Trace Fossils*. In: FREY, R.W. (Ed.): *The Study of Trace Fossils* (p. 39–54). – Springer, Berlin/Heidelberg/New York.
- VATAN, A. (1950): *General Aspects of Sedimentation in the Geological Basins of France*. – J. sediment. Petrol. 20, 65–73.
- WEHRLI, L. (1919): *Die postkarbonischen Kohlen der Schweizer Alpen*. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 7.
- WILDBERGER, A. (1975): *Zur Geologie des Iffigtales und des Fensters von Schwand (Obersimmental)*. – Lizentiatsarb. Univ. Bern (unpubl.).
- WRAY, J.L. (1977): *Calcareous Algae*. – Elsevier, Amsterdam/Oxford/New York.

