**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae

**Herausgeber:** Schweizerische Geologische Gesellschaft

**Band:** 65 (1972)

**Heft:** 3

**Artikel:** Stratigraphisch-mikropaläontologische Untersuchungen in der Äusseren Einsiedler Schuppenzone und im Wägitaler Flysch E und W des Sihlsees (Kt. Schwyz)

**Autor:** Kuhn, Jürg A.

**Kapitel:** Die Äussere Einsiedler Schuppenzone (AESZ)

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-164104

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 02.10.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

## GEOGRAPHISCHE ÜBERSICHT

Das untersuchte Gebiet liegt E und W des südlichen Sihlsees. Die Nordgrenze folgt dem Alpenrand zwischen Alptal und Hinter-Sattelegg. E wird es durch den Rand des Kartenblattes Einsiedeln, 1132, der Landeskarte der Schweiz 1:25000 begrenzt, der auch die Namen der Lokalitäten entnommen sind. Die Südgrenze verläuft ungefähr entlang der Linie Chli Aubrig–Unteriberg–Gschwändstock; im W bildet das Alptal bis zur subalpinen Molasse die Grenze. Die Zuflüsse der Sihl (Alp, Grossbach, Minster, Eubach) entwässern das Gebiet gegen N.

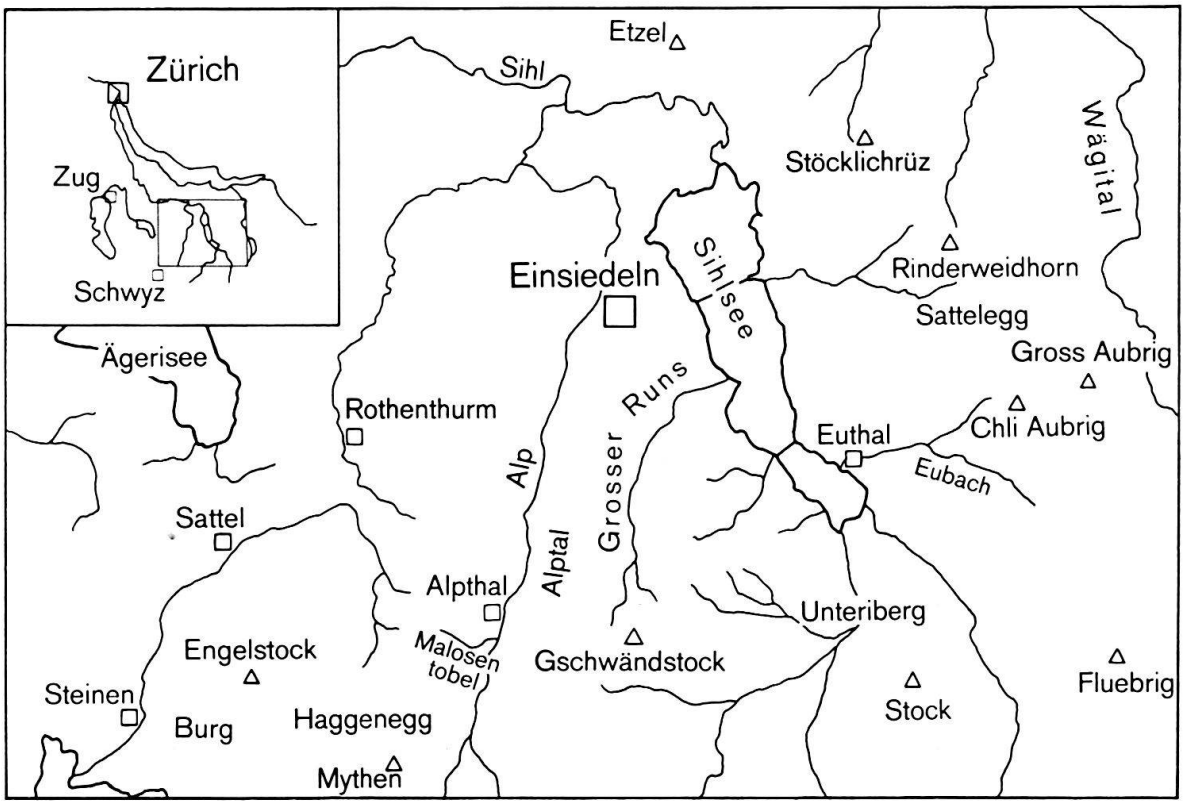


Fig. 1. Geographische Übersichtskarte 1:100000.

## DIE ÄUSSERE EINSIEDLER SCHUPPENZONE (AESZ)

### Historisches

Für einen umfassenden historischen Überblick über Tektonik, Stratigraphie und Paläontologie der Äusseren und Inneren Einsiedler Schuppenzone wird auf LEUPOLD (1966), FREI (1963, p. 17–25) und HERB und HOTTINGER (1965, p. 135–145) verwiesen. Der früher gebräuchliche Ausdruck «Einsiedler Flysch», der dem Gesteinscharakter der Schichtreihe nicht entspricht, wurde von FREI (1963, p. 24) durch die Bezeichnung «Äussere Einsiedler Schuppenzone» (AESZ) und «Innere Einsiedler Schuppenzone» (IESZ) ersetzt. Beide Zonen sind aufgebaut durch die Formationen: Amdenerschichten, Nummulitenkalk, Globigerinenmergel und südhelvetischen Flysch (Burgsandstein).

Im Rahmen der Diplomarbeiten von BAUMANN (1967) und KUHN (1967) wurde das Gebiet der AESZ W und E des Sihlsees neu kartiert. Diese Arbeiten umfassten auch mikropaläontologische Untersuchungen und die Altersbestimmung der Amdenerschichten und Globigerinenmergel der AESZ. MÜLLER (1971) hat seine Untersuchungen der N angrenzenden subalpinen Molasse als Dissertation publiziert.

## Tektonik

### *Übersicht*

JEANNET (1934) und JEANNET, LEUPOLD und BUCK (1935) erkannten den internen, dachziegelartigen Schuppenbau der AESZ und LEUPOLD (1937, 1943) klärte die stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse der weiter südlich gelegenen Vorkommen von helvetischem Alttertiär ab. Demnach ist die oberkretazisch-tertiäre Hülle der Drusberg-Decke in der Zentralschweiz in drei Komplexe verschiedener tektonischer Lage aufgeteilt. Von S nach N folgen zuerst die *Tertiärvorkommen*, die noch in direktem Verband mit der *Drusbergdecke* stehen (Fidersberg–Spirstock–Zone). Dann erscheint die *Innere Einsiedler Schuppenzone*, die von Ibach (Schwyz) über Haggenegg–Gschwändstock–Charenstock verfolgt werden kann, weiter E direkt vor der Stirn der Drusberg-Teildecke mit ihren drei Elementen Fluebrig, Räderten, Wiggis liegt und sich in der Ostschweiz in die Schuppenzone der Fliegenspitz–Wildhauser-Mulde fortsetzt.

Gegen die subalpine Molasse erscheint die *Äussere Einsiedler Schuppenzone* als drittes und am weitesten nach N geglittenes Element. Von W nach E setzt sie sich vom Lauerzersee in das Gebiet W des Sihlsees mit der klassischen Lokalität Steinbach fort und erreicht E des Sihltales die grösste Ausbissbreite. In isolierten Vorkommen lässt sie sich weiter nach E über Salbügel–Trepsental bis in die Flibachzone bei Weesen verfolgen. Diese drei Zonen von oberkretazischem bis tertiärem Südhelvetikum sind im N-S-Profil durch verschiedene Elemente begrenzt, die ebenfalls durch die oligozänen Bewegungen nach N verfrachtet wurden.

Es ergibt sich von N nach S folgende Aufgliederung der tektonischen Einheiten (Tf. VIII; im folgenden ist zum Vergleich den entsprechenden Elementen die Numerierung von FREI (1963, p. 10–11) beigefügt):

- subalpine Molasse, vertreten durch die karbonatreiche untere Süsswassermolasse (MÜLLER 1971, p. 11), Element (0); Oligozän.
- Wildflysch, eingeschuppt zwischen subalpiner Molasse und Helvetikum, sog. «Randflysch» (MÜLLER 1971, p. 12–14); Obereozän.
- Äussere Einsiedler Schuppenzone (AESZ), Element (1).
- Wildflysch im Dach der AESZ, nur W des Sihlsees festgestellt; Mittel- bis Obereozän.
- helvetische Randkette (Rigi-Hochflue, Urmiberg, Aubrige) Element (3).
- Wägitaler Flysch, Element ($4_1$); mit Fossilien des Campanian und unteren Maastrichtian.
- Wildflysch, eingespiesst im Wägitaler Flysch. Nur auf der Sihlsee-Westseite festgestellt; Mittel- bis Obereozän.

- Wägitaler Flysch, Element ($4_2$); mit Fossilien der Oberkreide und des Mitteleozäns.
- Innere Einsiedler Schuppenzone (IESZ), Element (5).

Weiter im S folgen Wildflysch-Vorkommen, die Stirnfalte der Drusbergdecke (Gibel-Guggerenchopf-Gewölbe, E des Sihltales die Fluebrig-Stirn), östlichster Ausläufer des Schlierenflysches und die mesozoischen Klippen (Mythen, Mördergruebi, Roggenstock). Nähere Angaben sind FREI (1963) zu entnehmen.

### *Tektonik der AESZ*

Die nördliche Begrenzung der AESZ ist durch ihre Aufschiebung auf die subalpine Molasse gegeben. Vom Alptal bis zur Sattelegg ist ein direkter Kontakt Molasse/Helvetikum infolge der quartären Überdeckung nirgends aufgeschlossen (MÜLLER 1971, p. 12–13). Vermutungen über das Bestehen eines eingeschuppten «Randflysches» zwischen Molasse und Helvetikum gehen auf OCHSNER (1921, p. 108–109) und FREI (1963, p. 143) zurück. Diese Frage wurde in den Diplomarbeiten von BAUMANN, KUHN, MÜLLER (alle 1967) verfolgt, und es gelang, diesen mittel- bis obereozänen «Randflysch» westlich und östlich des Sihlsees nachzuweisen (BAUMANN, p. 46; KUHN, p. 33; MÜLLER, p. 51–55; MÜLLER 1971, p. 12–14; OCHSNER 1969, Geologischer Atlas 1:25000, Blatt Linthebene, 1133). Die südliche Begrenzung der AESZ bildet im Untersuchungsgebiet der Kontakt gegen den Wägitaler Flysch. Lokal kann sich Wildflysch dazwischen schalten (Tf. VIII, Hummel). N des Chli Aubrig verhindern Schuttmassen den Einblick, so dass dort isolierte Aufschlüsse bisher nicht den verschiedenen tektonischen Einheiten zugeordnet werden konnten. Die AESZ ist aus vier dachziegelartig übereinanderliegenden Schuppen aufgebaut, die oberkretazische bis mitteleozäne Sedimente umfassen (Fig. 2).

*Amdenerschichten:* Diese Mergelfazies bildete den Gleithorizont des helvetischen Schichtpaketes, das wahrscheinlich durch Schweregleitung bei geringer Überlast im Oligozän von frontalen Teilen der Drusberg-Decke nach N abgefahren ist (TRÜMPY 1969, p. 125–127).

Diese inkompetenten Mergel waren als Abscherungshorizont prädestiniert. Die Trennfläche, an der sich das überliegende Alttertiär aus dem normalstratigraphischen Verband der Drusbergdecke löste, verläuft im untersuchten Gebiet mehr oder weniger an der Basis der Amdenerschichten.

Die zu den einzelnen Schuppen gehörigen Amdenermergel fehlen jedoch an einigen Stellen, so dass dort Nummulitenkalk direkt auf Globigerinenmergel der nächst tieferen Schuppe zu liegen kommt.

*Nummulitenkalk:* Den unveröffentlichten Diplomarbeiten von BAUMANN (1967) und KUHN (1967) ist zu entnehmen: Der Nummulitenkalk als kompetenter Schichtverband zwischen inkompetenten Mergelserien hat während der Bewegungen in dem Sinne reagiert, dass die Kalkplatten durch Bruchsysteme zerschert und in einzelne Schollen zerteilt wurden, die teilweise zurückblieben. So sind die Nummulitenkalkbänke von W nach E – von Alptal bis nördlich des Chli Aubrig – nicht durchgehend verfolgbar: über gewisse Strecken fehlen sie.

Von N nach S lassen sich vier zu den einzelnen Schuppen gehörige Nummulitenkalkplatten unterscheiden. E des Sihlsees: Gotertegg, Chilchevogteflue, Ruestel-

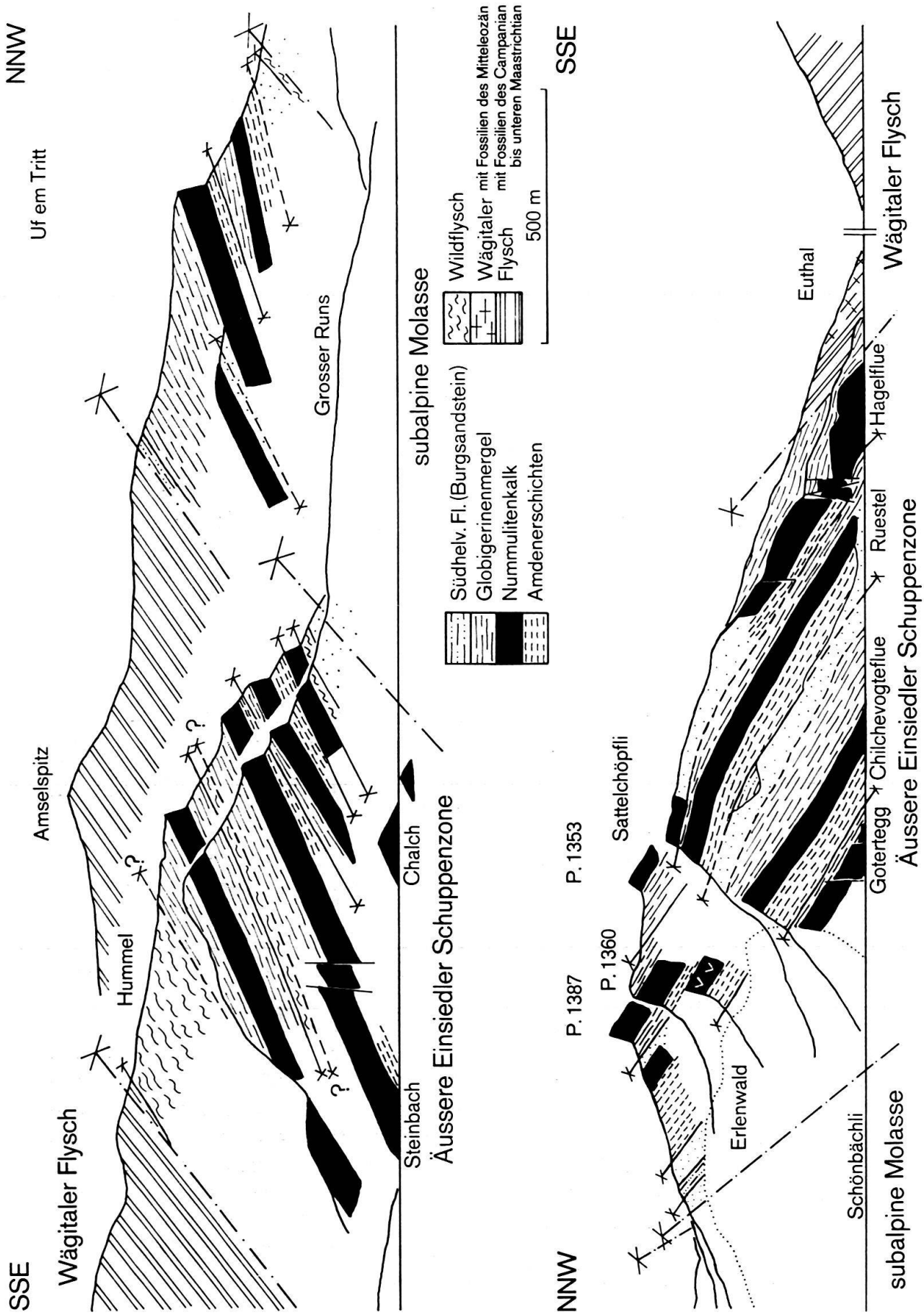


Fig. 2. Profilaufrisse der Ost- und Westseite des Sihlsees. (Nach LEUPOLD 1965, BAUMANN 1967, KUHN 1967).

platte, Hagelflue. Weiter gegen E ist das Einfallen des Nummulitenkalkes nur wenig steiler als die Hangneigung, und das Auseinanderhalten der versackten Kalkplatten wird schwierig. Unübersichtlich werden die Verhältnisse im Oberen Euthal, in den Bärlauibächen, wo Sackungsmassen von Nummulitenkalk und Mergelschiefern das Anstehende als mächtige Schuttmasse überdecken. Westlich des Sihlsees hat sich im Rücken der Schuppenzone im Streichen kein Tal ausgebildet. Dort sind daher die vier Kalkschuppen in den Nordabhängen gut verfolgbar, einzig am Amselspitz sind nur drei Nummulitenkalkplatten vorhanden.

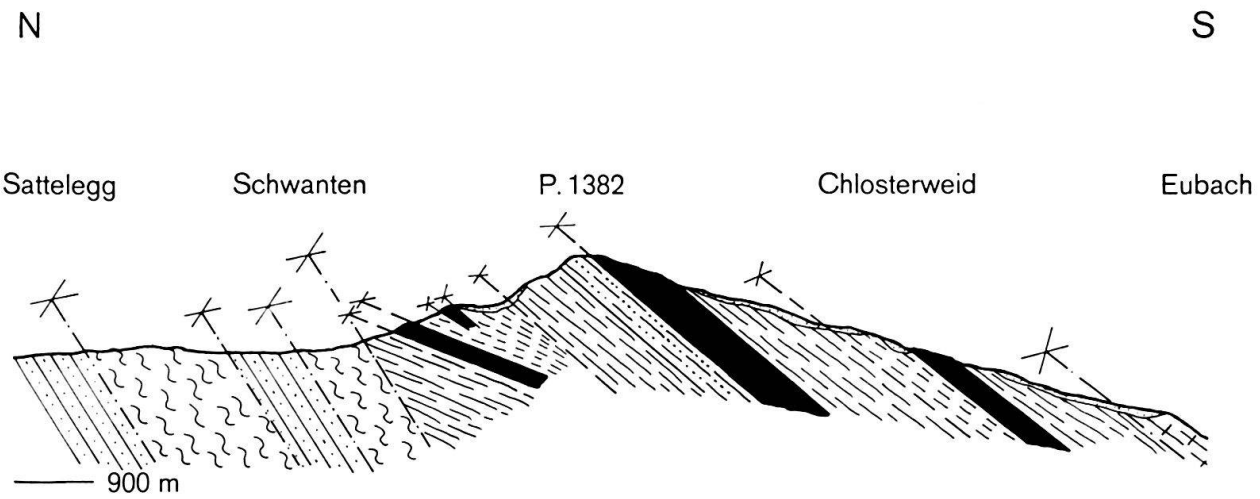


Fig. 3. Profil durch die Äussere Einsiedler Schuppenzone im Gebiete der Sattelegg. (Legende siehe Fig. 2).

Aufgrund von Faziesdifferenzen hat LEUPOLD (1934) eine Parallelisation der Nummulitenkalkbänke der West- und Ostseite des Sihltales abgelehnt. Er wies dabei auf die stratigraphischen Abweichungen des Steinbachprofils (Westseite) vom Profil der Hagelflue (Ostseite) hin. Dem ist entgegenzuhalten, dass die Kalkplatte bei Steinbach geometrisch nicht der Hagelflue, sondern der Chilchevogteflue entspricht. Ein weiteres Argument gegen die Ansicht von LEUPOLD bildet der Wildflysch im Dach der Steinbach-Schuppe, der E des Sihlsees in gleicher Position in der entsprechenden Ruestel-Schuppe ebenfalls feststellbar ist.

Problematisch ist die Stellung des Nummulitenkalkes im Chalch. ARN. ESCHER (in KAUFMANN 1877, p. 109) vermutete, dass dieser eine versackte Partie des weiter oben im Hang anstehenden Kalkes darstellt. KAUFMANN (1877, p. 109) und ARN. HEIM (1908, p. 110) verneinten diese Ansicht; FREI (1963, p. 142) betrachtete den Aufschluss Chalch ebenfalls als anstehend. Im überliegenden Gelände stellt man Sackungsmassen sowie Moräne fest, und BAUMANN (1967, p. 63) wies auf die nach S abgedrehte Streichrichtung hin. Durch den Steinbruchbetrieb wird ersichtlich, dass der Nummulitenkalk eine geringe seitliche Ausdehnung besitzt. Demzufolge erscheint es wahrscheinlicher, dass das Chalch-«Riff» aus dem normalen Schichtverband herausgebrochen ist. Das gleiche dürfte für den heute im Sihlsee verschwundenen, noch weiter nördlich gelegenen Nummulitenkalk (in der geologischen Karte des Kt. Zürich und seiner Nachbargebiete, HANTKE et al. (1967), eingezeichnet) und für die Nummulitenkalkbank bei Chnollen (P. 1062) zutreffen.

*Globigerinenmergel:* Im Gegensatz zu den Amdenerschichten an der Basis sind die Globigerinenmergel im Dach der Schuppen stets vorhanden. Eine interne Verschuppung der Amdener- und Globigerinenmergel konnte nirgends nachgewiesen werden. Nur auf der Westseite des Sihlsees wird der zwischen der dritten und vierten Nummulitenkalkplatte auftretende Wildflysch erneut von Globigerinenmergeln überlagert, die an der Basis mitteleozänes Alter besitzen.

*Südhelvetischer Flysch (Burgsandstein)*: Dieser bildet das stratigraphisch Hangende der Globigerinenmergel, ist jedoch innerhalb der AESZ nur an wenigen Stellen aufgeschlossen (Tf. VIII). Es wird deshalb angenommen, dass diese relativ geringmächtige Flyschserie während der tektonischen Vorgänge zur Hauptsache abgeschürft wurde.

Für die Tektonik der AESZ weiter westlich, im Gebiete des Lauerzersees, sowie der IESZ findet sich eine ausführliche Besprechung in FREI (1963, p. 138–143 und p. 147–154).

## Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen

Die AESZ umfasst südhelvetische Sedimente, die auf dem Rücken der frontalen Drusberg-Decke zu beheimaten sind und heute, abgeschert und in einzelne Schuppen aufgeteilt, am Alpenrand liegen (LEUPOLD 1943). Der Abscherungshorizont verläuft in den oberkretazischen Amdenerschichten, welche somit die stratigraphische Basis der verschiedenen Schuppen bilden sollten. Dies ist jedoch nicht durchwegs der Fall, da sie teilweise unter dem Nummulitenkalk ausgequetscht sind und fehlen können. Der obere stratigraphische Abschluss der Schuppen ist ebenfalls uneinheitlich. Auch hier können Schichtglieder – mittel- bis obereozäner südhelvetischer Flysch – aus tektonischen Gründen fehlen. Eine ungestörte und vollständige Schuppe würde von oben nach unten folgende stratigraphischen Einheiten umfassen:

Südhelvetischer Flysch (Burgsandstein)
Globigerinenmergel
    Omissionsfläche
Nummulitenkalke (im Steinbachprofil vollständig entwickelt)
    Transgressionsfläche
Amdenerschichten

Nicht berücksichtigt ist hier der im Dach der südlichsten (vierten) und der nächst nördlicheren (dritten) Schuppe festgestellte Wildflysch mit exotischen Blöcken, der auch in der Unterlage der Schuppenzone gegen die subalpine Molasse hin auftritt. Da eine normalstratigraphische Fortsetzung der südhelvetischen Schichtreihe in den Wildflysch im Untersuchungsgebiet nicht nachgewiesen werden kann, wird auf das Kapitel Wildflysch verwiesen.

Auf die grundlegenden stratigraphischen Arbeiten im helvetischen Tertiär von ARN. HEIM (1908, 1910, 1911) folgten diejenigen von LEUPOLD (1935, 1939, 1943) und seiner Schüler BISIG (1957), RÜEFLI (1959) und WEGMANN (1961). Diese führten zu einer detaillierten Ausscheidung von einzelnen Faziesstreifen, welche die Lage der heutigen Aufschlussgebiete im ursprünglichen helvetischen Sedimentationsraum erkennen lässt. Bereits BOUSSAC (1912) stellte die Heterochronie des helvetischen Alttertiärs fest und wies darauf hin, dass sich die Schichtreihe gegen SE sukzessiv nach

unten vervollständigt. Die Transgression setzte also zunächst im SE mit den ältesten, paleozänen Nummulitenkalken ein; gegen NW umfasst sie in derselben Fazies immer jüngere Horizonte. Das Hangende der Nummulitenkalke, die Globigerinenmergel, zeigen ebenfalls ein heterochrones Verhalten und stellen gegen NW immer jüngere Horizonte dar (BRÜCKNER 1952; TRÜMPY 1960b, Fig. 8). Weitere Angaben finden sich in den Arbeiten von BOLLI (1950), RÜEFLI (1959, p. 62–67), HERB (1962, p. 62–64; 1963, p. 893–901), ECKERT (1963, p. 1066–1089), HERB und HOTTINGER (1965, p. 136–137, Fig. 1, p. 150).

Diese Verjüngung von Nummulitenkalk und Globigerinenmergel gegen NW sinngemäss auf den südhelvetischen Flysch zu übertragen, ist nicht möglich. Die als umgelagert zu betrachtenden Foraminiferen dieses Flysches erlauben keine genauen Altersbestimmungen (HERB 1962, p. 67).

## *Amdenerschichten*

Die Oberkreide in der AESZ ist beschränkt auf einen Teil der Amdenerschichten, der anhand der Mikrofauna altersmässig dem Santonian zuzuordnen ist. Da Wangschichten in diesem Bereich des Faziesquerprofils nicht erhalten sind – ihr Verbreitungsareal setzt erst weiter südlich ein – werden die Amdenerschichten direkt von untereozänem Nummulitenkalk überlagert.

### *Allgemeines*

Zum ersten Male wurden Kreidemergel in der AESZ von ROLLIER (1912) erwähnt. Er isolierte daraus eine pyritisierte Gastropoden-Zwergfauna, welche den Funden aus dem Säntisgebiet entsprach (BÖHM und ARN. HEIM 1909). ARN. HEIM (1909, p. 7–10, 12–14, 16) prägte für diese molluskenführenden Mergelschiefer den Ausdruck Amdenerschichten; er unterteilte sie in Leibodenmergel unten und Leistmergel oben. Altersmässig ordnete HEIM die Leibodenmergel dem Coniacian bis Santonian zu, die Leistmergel dem Campanian bis Maastrichtian. BOLLI (1944) stellte die Amdenerschichten aufgrund von Globotruncanen ins Santonian bis unteres Campanian. Nach HERB (1962, p. 39–40) umfassen die Leibodenmergel unteres Santonian bis unteres Mittelsantonian (*Globotruncana concavata* Zone), die Leistmergel mittleres Santonian bis unteres Campanian (*G. concavata-carinata-* bis *G. elavata*-Zone).

In der AESZ ist wegen der tektonischen Abscherung an der Basis und erosiver Abtragung vor der tertiären Transgression im Dach kein vollständiges Profil der Amdenerschichten erhalten.

*Vorkommen und Profile*: Die Amdenerschichten sind in allen vier Schuppen W und E des Sihlsees vorhanden, und ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 30–80 m. Für die Verbreitung der Amdenerschichten wird auf das geologische Atlasblatt Einsiedeln 1:25000 (in Vorbereitung) und die Kartierungen 1:10000 der Diplomarbeiten BAUMANN, KUHN (1967) verwiesen, deren Resultate auch in der Geologischen Karte des Kt. Zürich und seiner Nachbargebiete (HANKTE et al. 1967) aufgenommen wurden. Auf der Sihlsee-Ostseite findet sich das beste Profil im oberen Bärichtibach, Kote 1270–1315 (Tf. VIII), im Anschluss an die in MÜLLER (1971, p. 13–14) beschriebene Profilaufnahme durch den Alpen-Molasse-Kontakt.

Auf der Sihlsee-Westseite liegen die Verhältnisse etwas besser. Die Nordabdachung der Schuppenzone ist steiler und weniger durch quartäre Ablagerungen und Wiesengelände überdeckt. Profile (siehe Tf. VIII):

Rotmooswald: Amdenerschichten der 2. Schuppe:
Kote 1060–1090, JK BA 43/66 bis JK BA 49/66.
Amdenerschichten der nächstfolgenden 3. Schuppe:
Kote 1110–1170, JK BA 121/66 bis JK BA 126/66.

Wassersprung: Amdenerschichten der 3. Schuppe:
Kote 1050–1090, JK BA 104/66 bis JK BA 110/66.

Amselspitz: Amdenerschichten der 3. Schuppe:
Kote 1150–1190, JK BA 56/66, 58/66, 57/66.

Diese vollständigen Profile wurden ergänzt durch zahlreiche Teilprofile; die Lage der daraus entnommenen Proben ist aus der zur Belegsammlung beigelegten Fundstellenkarte ersichtlich. Daneben wurden einige Vergleichsmuster in der IESZ aufgesammelt: am Gschwändstock, JK 68/69 bis 72/69.

*Lithologie*

Die Amdenerschichten sind in der AESZ als dunkelgraue bis silbergraue, im Bruch dunkelgraubraune Mergel ausgebildet, die gelegentlich auch tiefschwarz sein können. Hoher Kalkgehalt führt zu harten Kalkmergeln, die beim Anschlagen in längliche, spitzkantige Bruchstücke zerfallen. Im Gegensatz dazu stehen weiche, bröcklige Tonmergel. Stets ist die tektonische Beanspruchung durch eine Druckschieferung der Mergel erkennbar. Eigentliche Kalkbänke, entsprechend denjenigen der Churfirstengegend, sind nicht ausgebildet. Oft sind die Amdenerschichten von charakteristischen dünnen Calcitadern durchsetzt, die interne Störungen anzeigen; auf Kluftflächen kann eine kreuzweise verlaufende Striemung beobachtet werden.

In der geschlämmten Grobfraktion (0,4–3 mm) treten noch weitere Merkmale auf. Charakteristisch ist der häufig auftretende *Pyrit*: er kommt in Einzelkristallen vor oder bildet stenglige und kugelige Konkretionen. Auch die Hohlräume von Mikrofossilien können mit Pyrit ausgefüllt sein. Ferner treten auf:
*Hämatit*: ebenfalls ein häufiger Bestandteil, als körniges Aggregat oder Hohlraumfüllung.
*Limolit*: ockergelb, stellt das Verwitterungsprodukt der eisenhaltigen Mineralien dar.
*Calcit*: meist Kluftfüllungen.
*Quarz:* feinsiltige Mergel führen gerundete, matte Körner.
*Glaukonit*: dunkel- bis hellgrün, eigentliche Glaukonitnester sind selten vorhanden (Profil Sattelegg).
*Glimmer*: heller Muskowit ist in den silbergrau anwitternden Mergeln enthalten.

Verbreitet sind auch Calcitprismen von *Inoceramenschalen* und die von Herb (1962, p. 40) festgestellten, geraden oder gebogenen und gerillten Stäbchen: *Coptocampylodon lineolatus* Elliot. Die Deutung dieser Fragmente als Koprolithen (Leupold in Herb 1962, p. 40) oder als Überreste einer Oktokoralle (Elliot 1963, p. 298) ist noch unklar (Tf. VII, Fig. 23–24).

*Makrofossilien*

Die für die Amdenerschichten typische, pyritisierte Mollusken-Zwergfauna fand sich an verschiedenen Stellen (*-Signatur in Tf. VIII). Sie ist in der AESZ jedoch deformiert und nur in Bruchstücken erhalten. Die unserem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Vorkommen von datierbaren Makrofossilien (Mollusken, Cephalopoden, Echiniden) sind von Ochsner (1921, p. 50–58) aus den Amdenerschichten N der Fluebrigstirn beschrieben worden.

*Mikrofossilien*

Verschiedene Bearbeiter (ZIMMERMANN 1936, BOLLI 1944, LANGE 1956, BISIG 1957, RÜEFLI 1959, WEGMANN 1961, HERB 1962, THIERSTEIN 1969) befassten sich mit den Amdener- und Wangschichten der helvetischen Kreide und versuchten mit Hilfe der Foraminiferenfauna zur Klärung ihrer genaueren stratigraphischen Stellung beizutragen. BOLLI (1944) gelang eine detaillierte Alterseinstufung der Amdenermergel mittels Globotruncanen nicht. Dies ist auf ihr allmähliches Spärlicherwerden gegen oben und die Beschränkung auf die *lapparenti*-Unterarten zurückzuführen, welche innerhalb des Senons keine grosse stratigraphische Aussagekraft haben (BOLLI 1944, p. 314). Eine erste umfassendere Liste von planktonischen und benthonischen Kleinforaminiferen publizierte LANGE (1956, p. 181) aus den Leistmergeln des Schwarzwassertales (Vorarlberg). BISIG (1957) untersuchte die Amdenerschichten des Blattengratkomplexes, wo nach diesem Autor die Mikrofauna eine Aufteilung der Oberkreideschiefer in santone Amdenerschichten und in die Übergangsfazies Amdener-/Wangschichten (Campanian bis Maastrichtian) erlaubte. RÜEFLI (1959, p. 16–19) bearbeitete ebenfalls Amdenerschichten aus dem Blattengratkomplex. Er erwähnte die geringe Ausbeute an Mikrofossilien und deren schlechten Erhaltungszustand, glaubte jedoch anhand von *Globotruncana stuarti* oberstes Campanian feststellen zu können.

WEGMANN (1961, p. 84–87), als weiterer Bearbeiter dieser Region, legte einen Teil der Vorkommen von Amdenerschichten in das Coniacian bis Santonian, die Hauptmasse ins Campanian. HERB (1962, p. 34–40), der im Gebiete von Amden die Zweiteilung der oberkretazischen Mergel nach ARN. HEIM (1910) in Leiboden- und Leistmergel bestätigen konnte, was in der AESZ nicht möglich ist, belegte aufgrund der planktonischen Fauna ein unter- bis mittelsantones Alter für die Leibodenmergel und ein mittelsantones bis untercampanes Alter für die Leistmergel (siehe auch HERB 1965, p. 157–159). MOHLER (1966, p. 15) datierte Mergelschiefer in der helvetischen Unterlage der Giswiler Klippen als Santonian, basiert auf *Globotruncana concavata carinata* und *G. lapparenti coronata*, und verglich sie mit Vorbehalt mit Amdenerschichten.

Jüngst inventarisierte THIERSTEIN (1969, p. 45–50; 1971, p. 32, 34) die Foraminiferenfauna der Amdenerschichten der Grabser Voralp (östliche Churfirsten) und stellte sie in das Santonian. Es zeigt sich, dass Amdenerschichten des Campanian heute nur noch im Faziesstreifen vorhanden sind, der südlich der Einsiedlerzone liegt. Weiter nördlich sind sie vor der Ablagerung des Tertiärs teilweise abgetragen worden. Diesen Untersuchungen der Foraminiferen der Amdenermergel werden hier die der AESZ westlich und östlich des Sihlsees beigefügt. Aus zahlreichen Schlämmproben wurde eine Fauna gewonnen, die durch ihren teilweise guten Erhaltungszustand das Bestimmen der planktonischen und benthonischen Foraminiferen gestattete. Trotzdem die santonen Mergel der AESZ noch in den Bereich mit reichlicher Mikrofauna fallen, treten aber auch hier immer wieder Proben auf, die steril sind oder deren Fauna so schlecht erhalten ist, dass auch verschiedene Reinigungsmethoden – Kochen in Belloran (ECKERT 1963, p. 1007) oder $H_2O_2$, Ultraschallbehandlung, Umkristallisation durch Erhitzen im Platinlöffel – keine Erfolge brachten.

Planktonische Foraminiferen

Aus den Amdenerschichten der AESZ sind folgende Arten bestimmt worden:

*Globotruncana concavata carinata* DALBIEZ
*Globotruncana concavata concavata* (BROTZEN)
*Globotruncana concavata primitiva* DALBIEZ
*Globotruncana fornicata* PLUMMER
*Globotruncana globigerinoides* BROTZEN
*Globotruncana lapparenti bulloides* VOGLER
*Globotruncana lapparenti coronata* BOLLI
*Globotruncana lapparenti lapparenti* BOLLI
*Globotruncana lapparenti tricarinata* (QUEREAU)
*Globotruncana linneiana* (D'ORBIGNY)
*Globotruncana marginata* (REUSS)
*Heterohelix* sp.
*Rugoglobigerina rugosa* (PLUMMER)

Die planktonische Foraminiferenfauna der Amdenerschichten besteht in der Hauptsache aus Vertretern der Gattungen *Globotruncana*; daneben treten *Rugoglobigerina* sp. und *Heterohelix* sp. auf. Wie BOLLI (1944) und HERB (1962) erwähnt haben, setzt sich die Globotruncanenfauna überwiegend aus den verschiedenen Unterarten der *lapparenti*-Gruppe zusammen. Auch im vorliegenden Material ist die *lapparenti*-Gruppe überall nachgewiesen, wo planktonische Formen überhaupt vorkommen. Am häufigsten finden sich kleine Individuen des Formenkreises und die Art *G. lapparenti lapparenti*. Ebenfalls gut vertreten ist *G. lapparenti tricarinata*, die mit der vorigen meistens zusammen auftritt. Seltener erscheint *G. lapparenti bulloides*; *G. lapparenti coronata* wurde nur in wenigen Proben sicher nachgewiesen. Eng begrenzte Altersbestimmungen können mit diesen Arten allein nicht erreicht werden. Die gut vertretene *G. fornicata* – eine vom obersten Coniacian bis unteres Maastrichtian vorkommende Art – hat ebenfalls nur beschränkten Leitwert, ebenso *G. marginata* oder *G. globigerinoides*. Alle diese Arten sind in jedem Niveau der Amdenerschichten der AESZ vorhanden.

Um einzelne Zonen ausscheiden zu können, sind deshalb die stratigraphisch beschränkteren, doch seltener auftretenden Arten, *Globotruncana concavata concavata* und *Globotruncana concavata carinata*, von um so grösserer Bedeutung. *G. concavata concavata* stellt ein gutes Leitfossil für das untere Santonian dar und definiert die *G. concavata concavata* Zone (POSTUMA 1971), während *G. concavata carinata* oberes Santonian, die *G. concavata carinata* Zone (POSTUMA 1971), vertritt. Aufgrund der *concavata*-Gruppe gelang der Nachweis dieser beiden Biozonen in den Amdenerschichten der AESZ.

Die erstauftretende *G. concavata primitiva*, die zur späteren *G. concavata concavata* und *G. concavata carinata* überleitet, ist – allerdings selten – gefunden worden. Daraus lässt sich schliessen, dass die Basis des Santonian erreicht wird. Aus dem Auftreten von *G. concavata primitiva* auf die Anwesenheit von oberem Coniacian zu schliessen, ist dagegen im Vergleich mit der übrigen Fauna nicht gerechtfertigt (z.B. fehlen *G. angusticarinata*, *G. sigali*). *G. concavata carinata* bestätigt oberes Santonian als Obergrenze. Die Amdenermergel im Untersuchungsgebiet umfassen somit altersmässig das Santonian: *G. concavata concavata*- und *G. concavata carinata* Zone.

Die übrigen planktonischen Formen – *Rugoglobigerina* sp. und *Heterohelix* sp. – sind in den Amdenermergeln der AESZ Durchläufer und gestatten keine nähere Altersangabe.

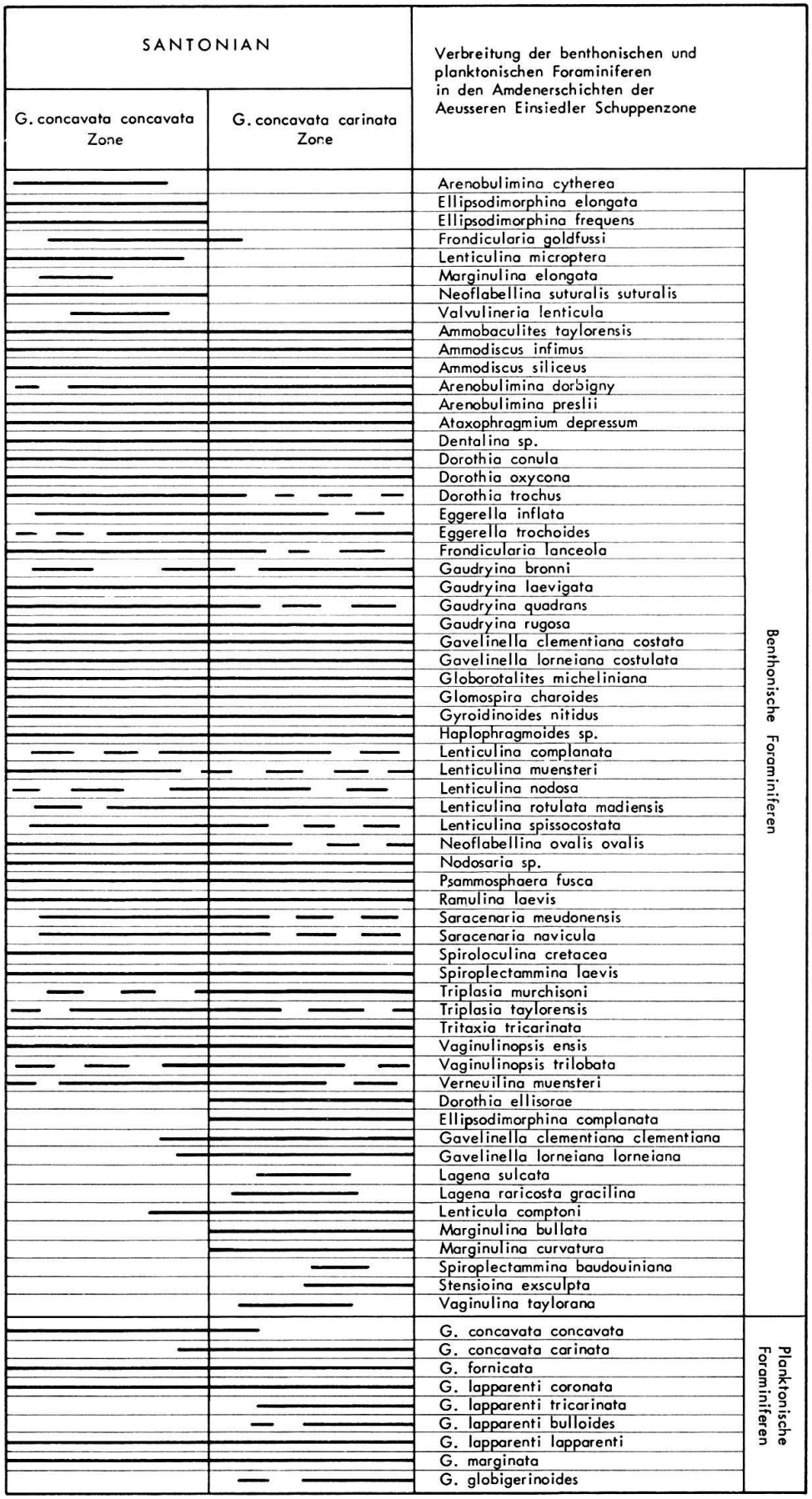
SANTONIAN
G. concavata concavata Zone
G. concavata carinata Zone
Verbreitung der benthonischen und planktonischen Foraminiferen in den Amdenerschichten der Aeusseren Einsiedler Schuppenzone
Arenobulimina cytherea
Ellipsodimorphina elongata
Ellipsodimorphina frequens
Frondicularia goldfussi
Lenticulina microptera
Marginulina elongata
Neoflabellina suturalis suturalis
Valvulineria lenticula
Ammobaculites taylorensis
Ammodiscus infimus
Ammodiscus siliceus
Arenobulimina dorbigny
Arenobulimina preslii
Ataxophragmium depressum
Dentalina sp.
Dorothia conula
Dorothia oxycona
Dorothia trochus
Eggerella inflata
Eggerella trochoides
Frondicularia lanceola
Gaudryina bronni
Gaudryina laevigata
Gaudryina quadrans
Gaudryina rugosa
Gavelinella clementiana costata
Gavelinella lorneiana costulata
Globorotalites micheliniana
Glomospira charoides
Gyroidinoides nitidus
Haplophragmoides sp.
Lenticulina complanata
Lenticulina muensteri
Lenticulina nodosa
Lenticulina rotulata madiensis
Lenticulina spissocostata
Neoflabellina ovalis ovalis
Nodosaria sp.
Psammosphaera fusca
Ramulina laevis
Saracenaria meudonensis
Saracenaria navicula
Spiroloculina cretacea
Spiroplectammina laevis
Triplasia murchisoni
Triplasia taylorensis
Tritaxia tricarinata
Vaginulinopsis ensis
Vaginulinopsis trilobata
Verneuilina muensteri
Dorothia ellisorae
Ellipsodimorphina complanata
Gavelinella clementiana clementiana
Gavelinella lorneiana lorneiana
Lagena sulcata
Lagena raricosta gracilina
Lenticula comptoni
Marginulina bullata
Marginulina curvatura
Spiroplectammina baudouiniana
Stensioina exsculpta
Vaginulina taylorana
Benthonische Foraminiferen
G. concavata concavata
G. concavata carinata
G. fornicata
G. lapparenti coronata
G. lapparenti tricarinata
G. lapparenti bulloides
G. lapparenti lapparenti
G. marginata
G. globigerinoides
Planktonische Foraminiferen

Fig. 4.

## Benthonische Foraminiferen

Neben den Angaben von LANGE (1956) und HERB (1962) hat THIERSTEIN (1969, 1971) eine umfangreichere Liste der benthonischen Foraminiferen der Amdenerschichten der Grabser Voralp (östliche Churfirsten) gegeben.

In den untersuchten Proben der Amdenerschichten der AESZ schwankt die Häufigkeit der benthonischen Foraminiferen erheblich. Es liessen sich folgende Arten unterscheiden:

*Ammobaculites taylorensis* CUSHMAN et WATERS, s, I/8
*Ammodiscus infimus* FRANKE, s, I/2
*Ammodiscus siliceus* (TERQUEM), zh, I/3
*Arenobulimina cytherea* MARIE, s, II/6–7
*Arenobulimina dorbignyi* (REUSS), h, II/11–12
*Arenobulimina ovoidea* MARIE, s, II/9
*Arenobulimina preslii* (REUSS), s, II/10
*Arenobulimina subsphaerica* (REUSS), s, II/13–14
*Astacolus harpa* (REUSS), ss, IV/12
*Ataxophragmium depressum* (PERNER), h, II/4, 8
*Ataxophragmium variabile* (D'ORBIGNY), ss, II/5
*Bathysiphon* sp., sh
*Dentalina carinata* NEUGEBOREN, h, IV/14
*Dentalina gracilis* D'ORBIGNY, s, IV/15
*Dorothia* cf. *beloides* HILLEBRANDT, s, II/17–18
*Dorothia conula* (REUSS), s, II/19, 24
*Dorothia ellisorae* (CUSHMAN), s, II/21–22
*Dorothia oxycona* (REUSS), h, III/2
*Dorothia trochus* (D'ORBIGNY), h, III/5
*Eggerella inflata* (FRANKE), s, III/6–7
*Eggerella trochoides* (REUSS), s, III/8–9
*Ellipsodimorphina complanata* LIEBUS, s, VI/20
*Ellipsodimorphina frequens* STORM, s, VI/19
*Frondicularia goldfussi* REUSS, s, IV/16
*Frondicularia lanceola* REUSS, s
*Gaudryina bronni* (REUSS), s, III/10
*Gaudryina* cf. *foeda* (REUSS), ss, III/11
*Gaudryina laevigata* FRANKE, zh, III/12
*Gaudryina quadrans* CUSHMAN, zh, III/13–14
*Gaudryina rugosa* D'ORBIGNY, s, III/17
*Gavelinella clementiana clementiana* (D'ORBIGNY), s, VII/13–14
*Gavelinella clementiana costata* (MARIE), s, VII/15–16
*Gavelinella lorneiana costulata* (MARIE), s, VII/17, 20–21
*Gavelinella lorneiana lorneiana* (D'ORBIGNY), ss, VII/18–19
*Globorotalites micheliniana* (D'ORBIGNY), h, VII/1–2
*Glomospira charoides* (JONES et PARKER), s
*Gyroidinoides nitidus* (REUSS), h, VII/3–4
*Haplophragmoides excavatus* CUSHMAN et WATERS, s, I/13
*Haplophragmoides* cf. *fraseri* WICKENDEN, s, I/14
*Haplophragmoides umbonatus* ROMANOVA, s
*Lagena raricosta gracilina* MARIE, s, IV/17
*Lagena sulcata* WALKER et JAKOB), s
*Lenticulina complanata* (REUSS), s, IV/20
*Lenticulina comptoni* (SOWERBY), s, IV/19
*Lenticulina microptera* (REUSS), s, V/1
*Lenticulina muensteri* (ROEMER), s
*Lenticulina nodosa* (REUSS) s, IV/24
*Lenticulina rotulata madiensis* (BROTZEN), s, V/3
*Lenticulina spissocostata* (CUSHMAN), s, V/4
*Marginulina bullata* REUSS, s
*Marginulina curvatura* CUSHMAN, s
*Marginulina elongata* D'ORBIGNY, s, V/5
*Neoflabellina ovalis ovalis* (WEDEKIND), s, V/10
*Neoflabellina rugosa* (D'ORBIGNY), ss
*Neoflabellina suturalis suturalis* (CUSHMAN), s, V/9
*Nodosaria paupercula* REUSS, s
*Nodosaria zippei* REUSS, h
*Psammosphaera fusca* SCHULZE, s
*Ramulina laevis* JONES, s
*Saracenaria meudonensis* MARIE, s, V/11–12
*Saracenaria navicula* (D'ORBIGNY), s, V/13
*Spiroloculina cretacea* REUSS s, IV/11
*Spiroplectammina baudouiniana* (D'ORBIGNY), s, I/18
*Spiroplectammina laevis* (ROEMER), s, II/3
*Stensiöina exsculpta* (REUSS), ss
*Triplasia murchisoni* REUSS, s, I/11
*Triplasia taylorensis* (CUSHMAN et WATERS), s, I/12
*Tritaxia tricarinata* REUSS, zh, IV/5–6
*Trochammina globigeriniformis* (PARKER et JONES), s
*Trochamminoides* cf. *apricarius* EICHER, s, I/19
*Vaginulina taylorana* CUSHMAN, s, V/15
*Vaginulinopsis ensis* (REUSS), s, V/18
*Vaginulinopsis trilobata* (D'ORBIGNY), s
*Valvulineria lenticula* (REUSS), s, VI/2
*Verneuilina muensteri* REUSS, ss, IV/9

h = häufig, zh = ziemlich häufig, s = selten, ss = sehr selten, I–VII = Tafeln, 1–24 = Figuren.

Die bestimmten Foraminiferen der Amdenerschichten der AESZ umfassen 87 Arten aus 39 Gattungen und nicht näher bestimmbare Arten aus 7 Gattungen. Diese gehören 20 Familien an, deren prozentuale Anteile sich wie folgt verteilen:

| | Arten | Prozente | | | Arten | Prozente | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Nodosariidae* | 27 | 28 | k | *Textulariidae* | 2 | 2 | a |
| *Ataxophragmiidae* | 21 | 22 | a | *Astrorhizidae* | 1 | 1 | a |
| *Globotruncanidae* | 12 | 14 | k | *Buliminidae* | 1 | 1 | k |
| *Lituolidae* | 7 | 8 | a | *Eouvigerinidae* | 1 | 1 | k |
| *Anomalinidae* | 5 | 5 | k | *Hormosinidae* | 1 | 1 | a |
| *Ammodiscidae* | 3 | 3 | a | *Nubeculariidae* | 1 | 1 | k |
| *Pleurostomellidae* | 2 | 2 | k | *Polymorphinidae* | 1 | 1 | k |
| *Discorbidae* | 2 | 2 | k | *Saccamminidae* | 1 | 1 | a |
| *Heterohelicidae* | 2 | 2 | k | *Trochamminidae* | 1 | 1 | a |
| *Osangulariidae* | 2 | 2 | k | *Turrilinidae* | 1 | 1 | k |

k = kalkschalig
a = agglutinierend

planktonische Fauna: kalkschalige Arten 15%
benthonische Fauna: agglutinierende Arten 40%
kalkschalige Arten 45%
Gesamtfauna: agglutinierende Arten 40%
kalkschalige Arten 60%

Das Verhältnis agglutinierende Benthosarten/kalkschalige Benthosarten/planktonische Arten ergibt 40:45:15. Individuenmässig überwiegen die planktonischen Formen; das Verhältnis agglutinierendes Benthos/kalkschaliges Benthos/Plankton liegt etwa bei 1:1:3.

Besonders häufig sind die Gattungen der Familien *Nodosariidae* (*Lenticulina*) und *Ataxophragmiidae* (*Dorothia*, *Arenobulimina*, *Gaudryina*) vertreten. *Nodosaria*, *Dentalina*, *Stilostomella* und *Bathysiphon* kommen beinahe in jeder Probe vor, sind jedoch infolge ihrer langgestreckten Gestalt nur in Bruchstücken erhalten. Wie aus der Verbreitungstabelle (Fig. 4) zu ersehen ist, fehlen in den Amdenerschichten stratigraphisch eng begrenzte Formen. Aus diesem Grunde müssen für eine genaue Alterseinstufung die planktonischen Foraminiferen herangezogen werden. Einige auf das Santonian beschränkte Benthosformen, die in den Amdenerschichten der AESZ auftreten, sind *Triplasia taylorensis*, *Vaginulina taylorana* und *Spiroplectammina laevis*.

## Nannoplankton

Im erwähnten Profil des oberen Bärichtibaches (S Sattelegg), wo sich aufgrund der planktonischen Foraminiferen santone Amdenerschichten nachweisen liessen, wurde auch das Nannoplankton untersucht (Fig. 5, Bestimmungen ausgeführt von H. THIERSTEIN). Dieses ist relativ gut erhalten und stimmt altersmässig und in bezug auf die Arten mit den Amdenerschichten der östlichen Churfirsten (THIERSTEIN 1971) völlig überein. Für die Systematik wird auf THIERSTEIN (1971, 1972) verwiesen.

## Hystrichosphären

Aus einer Probe von Amdenerschichten des Bärichtibaches konnten einige Hystrichosphären isoliert werden, die zu den Gattungen *Oligosphaeridium* und *Hystrichosphaeridium* zu stellen sind.

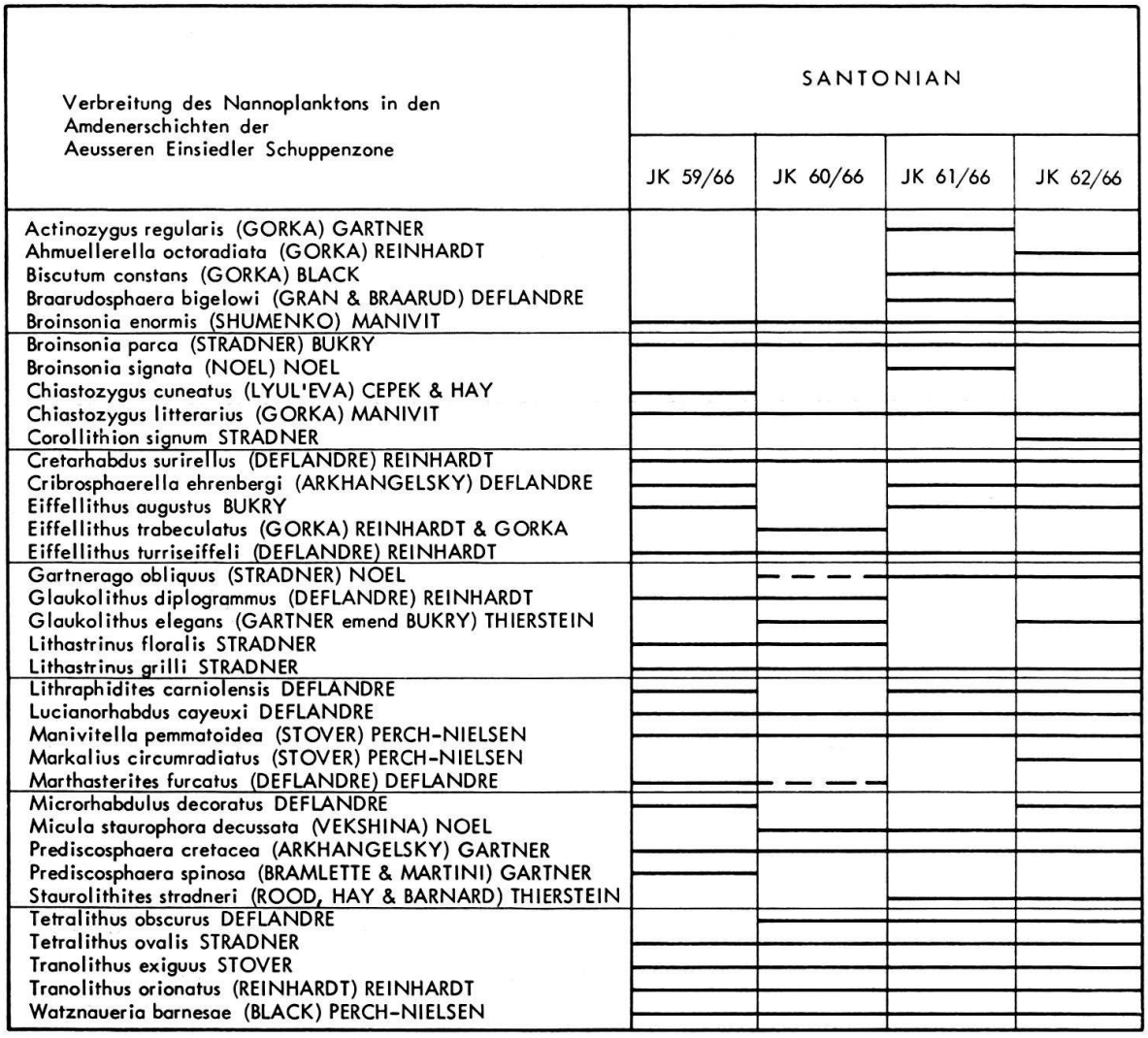


Fig. 5.

*Charakteristik der Mikrofauna*

Die Mikrofauna, bzw. -flora, zeigt innerhalb der untersuchten santonen Amdenerschichten wenig Variation. Foraminiferen und kalkiges Nannoplankton bilden den Hauptanteil, Ostrakoden, Hystrichosphären und die pyritisierte Mollusken-Zwergfaunen treten nur sporadisch und artenarm auf. Dagegen sind Inoceramenbruchstücke häufig.

Die artenreiche Foraminiferenfauna hat vollmarinen Charakter, Flachwasserformen wie Milioliden fehlen. Die Kalkschaler stellen inbezug auf die Gesamtfauna etwas mehr als die Hälfte (60%) aller Arten. In der Individuenzahl dominieren die *Nodosariidae* und *Globotruncanidae*. Häufige Sandschaler sind *Tritaxia tricarinata*, *Gaudryina laevigata*, *Arenobulimina* sp. und *Haplophragmoides* sp. Die Unterschiede zwischen Faunen der tieferen und höheren Niveaus sind nicht gross. Dennoch lässt sich eine eher typische untersantone von einer obersantonen Fauna unterscheiden:

Die Amdenerschichten des *unteren Santonian* sind gekennzeichnet durch *Globotruncana concavata concavata*, *G. concavata primitiva*, *Neoflabellina suturalis suturalis*, spärliches Auftreten von *Gavelinella* sp., die des *oberen Santonian* durch *G. concavata*

*carinata*, *Neoflabellina rugosa* (selten), *N. ovalis ovalis*, *Gavelinella lorneiana costulata*, *Stensiöina exsculpta* und *Saracenaria meudonensis*. Was die Neoflabellinen betrifft, erschwert ihr eher seltenes und unregelmässiges Auftreten die stratigraphische Verwendung.

*Ablagerungstiefe*

Aufgrund der Foraminiferenfauna der Amdenerschichten werden folgende Überlegungen über die paläoökologischen Verhältnisse im ursprünglichen Ablagerungsraum gemacht. Die Lithologie entspricht einer vorwiegend eintönigen Kalkschlammsedimentation, und der Ablagerungsraum lag nicht im Bereich grobklastischer Sedimentation.

Habitus und Zusammensetzung der Fauna lassen entsprechende Schlussfolgerungen zu (Fig. 4). Die planktonischen Foraminiferen überwiegen im Verhältnis 3:2 und setzen sich hauptsächlich aus Globotruncanen zusammen; Rugoglobigerinen und Heteroheliciden treten zurück. Nach DOUGLAS (1971, p. 1040) ist die Verbreitung der Globotruncanen direkt abhängig von der Entfernung von küstennahen Gebieten, und sie erreichen ihr Maximum im pelagischen Bereich.

Bei den benthonischen Foraminiferen sind besonders die Sandschaler und die *Nodosariidae* vertreten. Die Zusammensetzung der Fauna in den santonen Amdenerschichten ist mehr oder weniger konstant (Fig. 4); ausgesprochene Flachwasserforaminiferen und Grossforaminiferen fehlen. SLITER (1968) beschrieb eine bathyale Fauna der Oberkreide (La Jolla, Kalifornien), die in bezug auf die stratigraphisch weitverbreiteten Arten gut mit derjenigen der Amdenerschichten übereinstimmt; ebenso sind die Resultate von OHMERT (1969) – Abnahme der Häufigkeit der Neoflabellinen in pelagischen Mergeln – für die Kreidemergel der AESZ zu bestätigen. Zum Vergleich wird auf die santone Foraminiferenfauna eines typischen Flachwassermilieus hingewiesen, die durch GENDROT (1963, 1964, 1968) aus dem Senon der Gegend von Martigues (Südfrankreich) bekanntgeworden ist. In bezug auf die Verbreitung von benthonischen Foraminiferen der verschiedenen Wassertiefen liegen umfassende Untersuchungen an rezenten Faunen vor (CUSHMAN 1918–1931, PHLEGER 1960, UCHIO 1960, u.a.); diese Resultate können aber nicht direkt auf die Sedimente der Oberkreide übertragen werden.

Die Mikrofauna der Amdenerschichten wurde demnach ausserhalb des Flachwassermilieus abgelagert und entspricht am ehesten dem Bereich des oberen Teiles des Kontinentalabhanges.

*Vergleiche mit anderen Gebieten*

Die benthonische Fauna der Amdenerschichten der AESZ lässt sich mit der altersgleichen Fauna aus dem Gebiete der östlichen Churfirsten (THIERSTEIN 1971) und derjenigen aus dem Gebiete von Amden (HERB 1962) vergleichen. Auf diese Distanz sind keine nennenswerten Unterschiede festzustellen.

Aus dem Blattengratkomplex ist die benthonische Fauna, allein durch die Bestimmung in Dünnschliffen, ungenügend bekannt (BISIG 1957, RÜEFLI 1959, WEGMANN 1961). Noch in santonen Ablagerungen des österreichischen und bayrischen Helvetikums (LANGE 1956, HAGN 1953, 1954, 1961) zeigt die Fauna nur lokale Unterschiede. Im Vergleich mit Mikrofaunen, welche nicht dem helvetischen Faziesraum

angehören, ergeben sich dagegen erhebliche Unterschiede. In den Sedimenten des Gosaubeckens, die offenbar in geringerer Tiefe abgelagert wurden (Biostrome, klastische Sedimente) sind nur wenige gemeinsame Arten vorhanden (WILLE-JANOSCHEK 1966). Es handelt sich dabei um weltweit verbreitete Arten wie *Dorothia oxycona*, *D. conula*, *Globorotalites micheliniana*, *Gyroidinoides nitidus*, *Gavelinella* sp., *Spiroloculina cretacea*, *Triplasia murchisoni*, *Verneuilina muensteri*, *Stensiöina exsculpta*. In Norddeutschland und Schweden ist eine Zonierung der Oberkreide mit Hilfe von Arten von *Bolivinoides*, *Bulimina* und *Neoflabellina* möglich. In den Amdenerschichten der AESZ fehlt jedoch *Bolivinoides*, und *Bulimina* ist nur durch sehr seltene, kleinwüchsige Individuen vertreten.

Unterschiede bestehen auch im Vergleich mit amerikanischen Faunen, z.B. den Taylor Marls aus Texas (CUSHMAN 1946). In den Amdenerschichten ist das Verhältnis Sandschaler zu Kalkschaler (ohne Plankton) ungefähr 1:1, während in amerikanischen Faunen die Kalkschaler weit überwiegen.

Die santonen Amdenerschichten der AESZ weisen im Vergleich mit gewissen anderen altersgleichen Horizonten wie des Gosaubeckens und der Taylor Marls eine ärmere Foraminiferenfauna auf. Damit werden Faunenvergleiche erschwert. Hinzu tritt, dass die Nomenklatur der benthonischen Foraminiferen der Kreide noch zu wenig bereinigt ist; so dürften besonders zwischen amerikanischen und europäischen Artenlisten zahlreiche Synonymien bestehen.

*Zusammenfassung*

Die Amdenerschichten der AESZ umfassen das ganze Santonian (*Globotruncana concavata concavata- und Globotruncana concavata carinata* Zone).

Vergleichsproben aus der IESZ (Gschwändstock) lieferten ebenfalls eine santone Fauna.

Die in der Literatur erwähnten Wangrelikte in der AESZ: Unterlage der Hagelflue (E Sihlsee), am Wassersprung (W Sihlsee) und im Steinbachprofil (ARN. ESCHER in KAUFMANN 1877, p. 64; WINTER 1956, p. 50–52; BAUMANN 1967, p. 15) erwiesen sich als Santonian und sind als sandige, deutlich geschichtete Amdenerschichten zu betrachten.

Die fossile Mikrofauna und -flora umfasst planktonische und benthonische Foraminiferen, kalkiges Nannoplankton, spärliche Ostrakoden und Hystrichosphären.

## *Nummulitenkalk*

Der Nummulitenkalk liegt den Kreidemergeln transgressiv auf. Das klassische Profil bei Steinbach auf der Westseite des Sihlsees ist vollständig entwickelt (Fig. 6); dieses Standardprofil liegt jedoch in den einzelnen Schuppen oft reduziert vor. Paleozän wurde bis heute nur im Steinbachprofil beobachtet, so dass die Basis in den verschiedenen Schuppen hauptsächlich durch den untereozänen Mittleren Grünsand gebildet wird. Die Obergrenze ist ebenfalls nur an wenigen Stellen vollständig erhalten; meist folgen die hangenden Globigerinenmergel direkt auf einen glaukonitischen Nummulitenkalk.

Diese paleozänen bis mitteleozänen Nummulitenkalke der AESZ wurden im Rahmen der vorliegenden Studie nicht bearbeitet. Ausführliche Angaben über die Einsiedler Nummulitenkalke finden sich in LEUPOLD (1966).

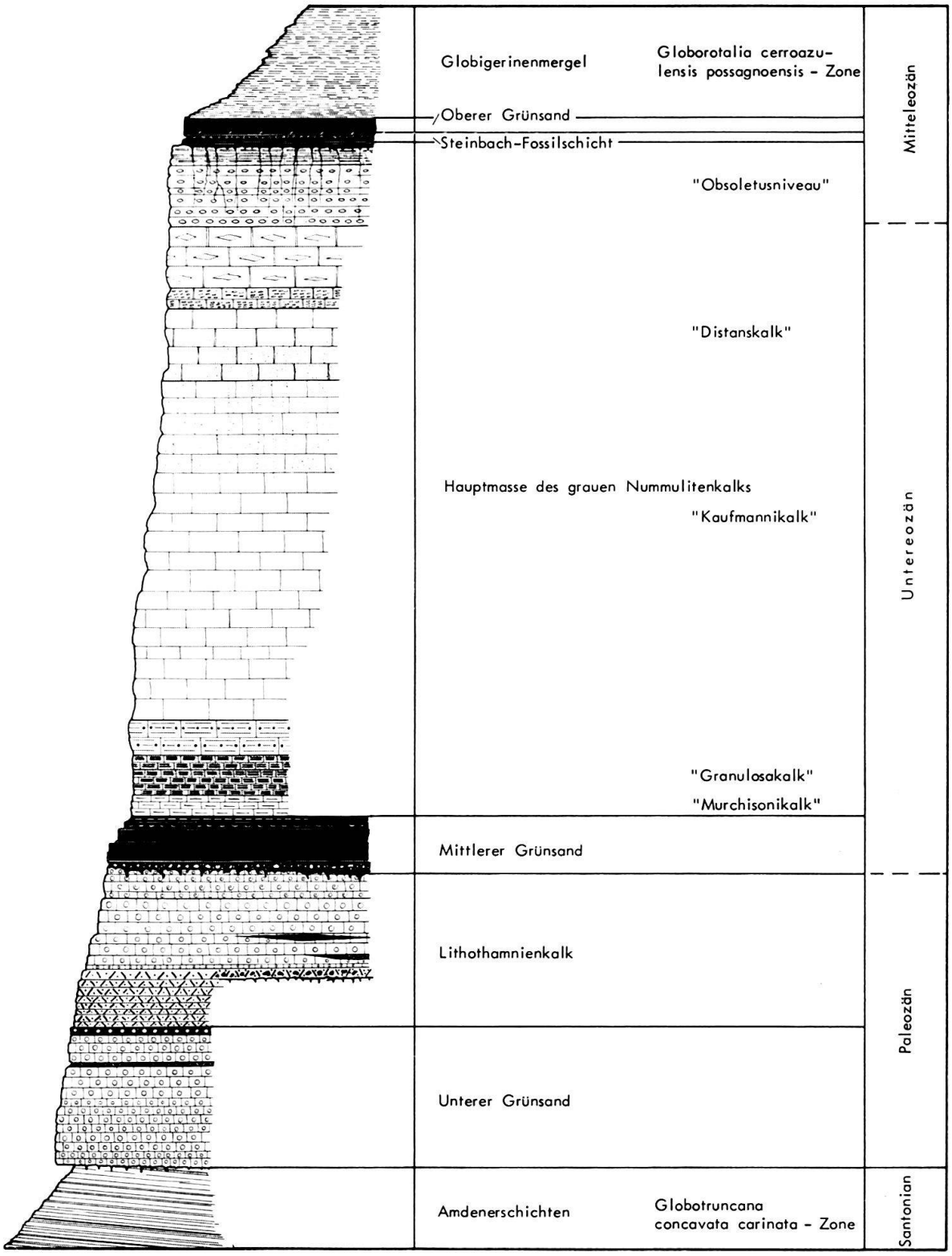


Fig. 6. Stratigraphisches Profil der Einsiedler Nummulitenkalke, Aufschluss Steinbach (nach LEUPOLD 1965 (Exkursionsbeilagen), 1966).

## *Globigerinenmergel*

### *Allgemeines*

Schon früh wurde das eozäne Alter der Mergelschiefer, welche die Nummulitenkalkbildungen des helvetischen Ablagerungsraumes begleiten, aufgrund der gut untersuchten Nummulitenstratigraphie der Kalke vermutet. Globigerinen aus diesen Mergeln waren bereits H. C. ESCHER, ARN. ESCHER, F. J. KAUFMANN, E. C. QUEREAU, ARN. HEIM u. a. bekannt. 1923 entwickelten ARN. HEIM und L. ROLLIER jedoch die abwegige Hypothese der Kreidenummuliten, wodurch ein tertiäres Alter der Mergel im Hangenden der Nummulitenkalke vorübergehend verneint wurde. Das Augenmerk richtete sich in dieser Zeit hauptsächlich auf die Nummulitenkalke, und auch spätere Bearbeiter von Globigerinenmergeln des Helvetikums (SCHIDER 1913, MOLLET 1921, BENTZ 1948, SCHUMACHER 1948, SODER 1949) beschränkten sich auf lithologische Angaben und summarische Hinweise über die Mikrofauna. In den Arbeiten von BISIG (1957), RÜEFLI (1959) und WEGMANN (1961) über den Blattengratkomplex erfolgten die Untersuchungen der Mikrofaunen anhand von Dünnschliffen, was keine eindeutigen Bestimmungen zulässt, während STYGER (1961) die Globigerinenmergel des nordhelvetischen Tertiärs nicht auf Foraminiferen hin untersuchte, sondern diese aufgrund der Nummulitenstratigraphie dem oberen «Lutétien» und dem Obereozän zuwies.

Die ersten modernen Bestimmungen von Foraminiferen des schweizerischen helvetischen Alttertiärs anhand isolierter Individuen stammen von BOLLI (1950, p. 105–114), der Arten von der Typuslokalität der Stadschiefer (Alpnach-Stad) beschrieb. HERB (1962, Tab. 4) untersuchte im Gebiete von Amden isolierte planktonische Foraminiferen helvetischer Globigerinenmergel. Im Alttertiär der Wildhauser Schuppenzone, das vom Paleozän bis ins Obereozän reicht und auf Wangschichten transgrediert, konnte HERB (1963, p. 897–900) die bis heute ältesten bekannten Globigerinenmergel des Südhelvetikums nachweisen. Benthonische und planktonische Foraminiferen wurden von ECKERT (1963, p. 1009–1011, 1017–1018, 1020) in den obereozänen Stadschiefern zwischen Pilatus und Schrattenfluh erstmals eingehend untersucht. Foraminiferenlisten aus südhelvetischen Globigerinenmergeln der Giswiler Klippen-Region gab MOHLER (1966, p. 27–29). In der AESZ bestimmte HERB (1965, p. 144–145) planktonische und benthonische Foraminiferen aus einigen Proben der Glorigerinenmergel im Hangenden der Nummulitenkalke.

Die Globigerinenmergel überlagern als einheitliche 40-65 m mächtige Mergelserie den Nummulitenkalk. Mit raschem lithologischem Übergang vollzieht sich der Wechsel in die Globigerinenmergel, der im vollständig entwickelten Profil Steinbach vom Nummulitenkalk über die Steinbach-Fossilschicht und den Oberen Grünsand erfolgt. In reduzierten Profilen können sie direkt das Hangende des grauen Nummulitenkalks bilden. Im oberen Teil des liegenden Nummulitenkalks ist jedoch immer eine Glaukoniteinstreuung zu beobachten, die sich im basalen Teil der Globigerinenmergel nach ca. 1 m verliert. Der Obere Grünsand und die phosphoritisierte Molluskenfauna der Steinbach-Fossilschicht stellen wohl einen Zeitraum mit Mangelsedimentation oder lokaler, untermeerischer Erosion dar, bis dann durch verstärkte Absenkung die Globigerinenmergelfazies einsetzte.

*Vorkommen und Profile:* Wie die Amdenerschichten treten die Globigerinenmergel in allen vier Schuppen der AESZ auf. Teilweise sind sie abgeschürft worden, so dass Amdenerschichten direkt auf Nummulitenkalk zu liegen kommen. Der Kontakt gegen den unterliegenden Nummulitenkalk ist stratigraphisch, gegen oben werden die Mergel von südhelvetischem Flysch, von höher liegenden Schuppen, von Wildflysch oder vom Wägitaler Flysch überlagert. Für die Verbreitung der Globigerinenmergel wird auf das in Ausarbeitung begriffene Blatt Einsiedeln, 1132, des Geologischen Atlasses der Schweiz 1: 25000 verwiesen, sowie auf HANTKE et al. (1967).

Die besten Profile fanden sich über der Lokalität Chalch und am Amselspitz (Tf. VIII). Daneben ergänzten zahlreiche weitere Proben die Untersuchungen (siehe Fundstellenkarte Belegsammlung). Zu Vergleichszwecken wurden einige Profile in der IESZ aufgesammelt: bei Burg, an der Strasse Schwyz–Sattel (Fig. 1), unterliegende Globigerinenmergel bei der Typlokalität des Burgsandsteins (südhelvetischer Flysch), JK 90/68–95/68, Einzelproben; Profil beim Gasthaus «Felsberg» (Strasse Schwyz–Steinen), JK 78/68–83/68, von E nach W;Haggenegg (in den Anrissen S des Passes), JK 98/68–101/68, von S nach N; Aufschluss Chlösterli, ob Schwyz (siehe unten), JK 102/68–104/68, Einzelproben.

*Lithologie*

Die Globigerinenmergel treten in der AESZ in folgenden lithologischen Ausbildungen auf:

- Gelblichgrau anwitternde, im Bruch dunkelbraune bis grünliche, weiche, tonige Mergel, die bröcklig zerfallen. Im feuchten Zustand zeigen sie die typischen dunklen Flecken, was zur früheren Bezeichnung «Fleckenmergel» führte. Aus diesen Mergeln lässt sich ein praktisch quarzfreier, reiner Foraminiferenrückstand ausschlämmen.
- Graue Globigerinenmergel, die eine hellgraue Anwitterung aufweisen und im frischen Bruch dunkelgraubraun sind. Bei grossem Glimmergehalt zeigt die verwitterte Oberfläche eine weissliche Patina. Dieser Typus ist hart, kalkig und zerfällt in plattige, scharfkantige Bruchstücke. Der Siltgehalt kann zeitweise hoch sein, so dass eigentliche sandige Mergelschiefer auftreten.
- Als Besonderheit stellte BAUMANN (1967) schwarze Einschaltungen fest, die sich durch einen hohen Pyritgehalt auszeichnen. Solche dunkelgraue bis schwärzliche Globigerinenmergel liessen sich auch in der IESZ beobachten (Aufschluss Chlösterli, ob Schwyz, Koord. 693 300/208 600).

Die grauen bis schwärzlichen Globigerinenmergel lassen sich im Felde nicht von Amdenerschichten unterscheiden und können nur anhand der Mikrofossilien als Eozän erkannt werden. Eine eindeutige stratigraphische Abfolge dieser verschiedenen lithologischen Ausbildungen ist nicht erkennbar. Es lässt sich aber feststellen, dass die grauen Globigerinenmergel vorwiegend in den nördlicheren Schuppen verbreitet sind, während die gelblichen, weicheren Mergel häufiger im Dach der südlichsten Schuppe erscheinen (BAUMANN 1967).

Ein geringer Quarzgehalt ist durchwegs vorhanden und kann lokal erheblich ansteigen. Sandige Lagen in den Mergeln sind nicht selten und insbesondere an der Basis – der Grenzfläche gegen den Nummulitenkalk – ist der Quarzgehalt in den ersten Dezimetern hoch und nimmt gegen oben rasch ab.

Schlämmrückstände geben folgende zusätzliche Aufschlüsse zur Lithologie:
*Quarz*: gröbere, meist gerundet und matte Körner (bis 0,5 mm in sandigen Mergeln) bis feinstkörnig (siltige Mergel).
*Calcit*: tritt auch als Kluftcalcit auf.
*Pyrit*: ist vorhanden als Konkretionen in Stäbchenform oder kugeligen Aggregaten (vgl. Amdenermergel), oft ist er limonitisiert.
*Glaukonit*: erscheint als gerundete Körner von schwarzgrüner bis hellgrüner Farbe. An der Basis der Globigerinenmergel, über dem Oberen Grünsand, ist der Glaukonitgehalt noch hoch, nimmt aber gegen oben rasch ab.
*Glimmer*: heller Glimmer ist weit verbreitet, während Biotit seltener auftritt. Auch glimmerfreie, dann meist sandige Mergel sind vorhanden.
*Schweremineralien und Erze*: vereinzelt Epidot, Apatit, Rutil; Hämatit.

In den Globigerinenmergeln der AESZ konnten keinerlei Einschaltungen oder Wechsellagerungen festgestellt werden, die auf eine «Verflyschung» hinweisen würden, und die isolierten Vorkommen des hangenden südhelvetischen Flysches gewähren keinen Einblick in eventuelle lithologische Übergänge, wie sie offenbar weiter N vorkommen (FREY 1967). Innerhalb der stets druckverschieferten Mergel ist lokal Kleinfältelung zu beobachten. Feine Klüfte, mit Calcit ausgefüllt, durchziehen die Serie und oftmals tritt ein rascher Wechsel im Streichen und Fallen auf. Die primäre Schichtung verläuft ungefähr parallel zu den Schieferungsflächen.

### *Makrofossilien*

Makrofossilien fehlen im Untersuchungsgebiet wie allgemein in den mitteleozänen Globigerinenmergeln des südhelvetischen Ablagerungsraumes.

### *Mikrofossilien*

#### Planktonische Foraminiferen

Die Globigerinenmergel der AESZ sind reich an planktonischen Foraminiferen (Fig. 7), doch variiert deren Erhaltungszustand stark. Oft sind die durch mechanische Beanspruchung bis zur Unkenntlichkeit deformiert und rekristallisiert. Dennoch lassen sich Faunen isolieren, die in einem guten Erhaltungszustand und nach Anwendung von Reinigungsmethoden frei von anhaftendem Gesteinsmaterial sind.

*Globigerina:* Die Gattung *Globigerina* ist charakterisiert einerseits durch grosswüchsige Formen mit 3 bis 5 Kammern in der letzten Windung. Dazu gehören *G. eocaena*, *G. cryptomphala*, *G. venezuelana* s. l., *G. yeguaensis*, die in den Globigerinenmergeln weitverbreitet sind. *G. hagni*, eine Art, die erstmals aus dem mitteleozänen Helvetikum N von Salzburg (Österreich) beschrieben wurde (GOHRBANDT 1967, p. 324–326), erscheint noch in den basalen Mergeln, die der *Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* Zone angehören. Neben dieser Formengruppe finden sich anderseits kleinwüchsige Globigerinen wie *G. praebulloides*, *G. officinalis*, *G. linaperta* s. l.. Bei *G. yeguaensis* und *G. linaperta* ist die letzte Kammer etwas kugeliger ausgebildet als beim Holotyp (BAUMANN 1970, p. 1186). Individuen mit 3 kugeligen Kammern im letzten Umgang, können mit *G. compacta* verglichen werden. Die *Globigerina*-Arten in der AESZ und IESZ sind für die helvetischen Globigerinenmergel des oberen Mitteleozäns typisch (vgl. HERB 1962, p. 63; 1965, p. 144; MOHLER 1966, p. 28) und stimmen auch mit dem Faunenbild des altersgleichen Abschnittes der Scaglia im zentralen Apennin (BAUMANN 1970, Fig. 26) überein.

| Verbreitung der planktonischen Foraminiferen in den Globigerinenmergeln der Aeusseren Einsiedler Schuppenzone | | Globigerina hagni | Globigerina cryptomphala | Globigerina eocaena | Globigerina yeguaensis s.l. | Globigerina praebulloides | Globigerina linaperta s.l. | Globigerina venezuelana | Globigerina officinalis | Globorotalia cf. broedermanni | Globorotalia lehneri | Globorotalia cerroazulensis frontosa | Globorotalia cerroazulensis possagnoensis | Globorotalia bullbrooki | Globorotalia spinulosa | Globorotalia cerroazulensis pomeroli | Globorotalia rugosoaculeata | Globorotalia opima nana | Globorotalia renzi | Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis | Globigerinatheka subconglobata euganea | Globigerinatheka index index | Globigerinatheka mexicana barri | Globigerinatheka mexicana mexicana | Globigerinatheka subconglobata luterbacheri | Globigerinatheka subconglobata subconglobata | Globigerinita pera | Globigerinita unicava primitiva | Globorotaloides suteri | Pseudohastigerina micra | Hantkenina dumblei | Truncorotaloides rohri | Truncorotaloides topilensis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zone | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mittleres bis oberes Mitteleozän | Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis/ Globorotalia cerroazulensis pomeroli | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Globorotalia cerroazulensis pomeroli | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Globorotalia cerroazulensis possagnoensis, oberer Teil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fig. 7.

*Spinose Arten:* Allgemein vertreten sind *Globorotalia bullbrooki* und *G. spinulosa; G. lehneri*, *Truncorotaloides rohri* und *T. topilensis* kommen seltener vor; nur selten wurde *G. rugosoaculeata* festgestellt. Diese Arten sind typisch für mittleres bis oberes Mitteleozän.

*Globigerinatheka:* Eine Revision dieser Gattung sowie deren stratigraphische Verbreitung findet sich in BOLLI (1972). Aufgrund dieser Arbeit wurden im Untersuchungsgebiet folgende Arten festgestellt: *Globigerinatheka index index*, *G. mexicana mexicana. G. mexicana barri*, *G. subconglobata subconglobata*, *G. subconglobata euganea* und *G. subconglobata luterbacheri.* Mögliche Übergangsformen von *G. index* s.l. zu *G. semiinvoluta* finden sich in JK 67/66, JK 115/66, JK BA 129/66 (*Globorotalia cerroazulensis pomeroli/Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis* Zone). Sie zeigen eine relativ grosse, annähernd hemisphärische Endkammer mit 3, seltener 2 sekundären, suturalen Öffnungen, die jedoch noch nicht so hoch gewölbt sind wie bei der obereozänen *G. semiinvoluta.*

Übrige planktonische *Arten*: *Globigerinita pera*, *G. unicava primitiva*, *Globorotalia opima nana*, *G. renzi*, *Globorotaloides suteri*, *Pseudohastigerina micra*, *Globorotalia* cf. *broedermanni* und *Hantkenina dumblei.* Die beiden letztgenannten deuten auf unteres Mitteleozän, *Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* Zone, hin.

*Globorotalia cerroazulensis-Gruppe*: Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, dass eine Zonierung der Globigerinenmergel des Mitteleozäns auf Schwierigkeiten stösst. Es fehlen wichtige Zonenleitfossilien oder sie treten zu selten auf: *Orbulinoides beckmanni* wurde im helvetischen Tertiär bisher nicht festgestellt, *Globorotalia lehneri* und *Truncorotaloides rohri* sind selten. *Hantkenina* sp. erscheint spärlich und

ist nur durch *H. dumblei* vertreten (Verbreitung siehe Fig. 7); *Globigerinatheka* sp. ist beschränkt auf die im Mittel- bis Obereozän verbreiteten Arten *G. index index*, *G. mexicana mexicana*, *G. mexicana barri*, *G. subconglobata euganea*, *G. subconglobata luterbacheri*, *G. subconglobata subconglobata*.

Da Vertreter der *Globorotalia cerroazulensis*-Unterarten relativ häufig und regelmässig auftreten, ist die von TOUMARKINE und BOLLI (1970) vorgeschlagene Zonierung mit Hilfe dieser Entwicklungsreihe im Untersuchungsgebiet von Bedeutung. Die Autoren wiesen darauf hin, dass diese zusätzliche Zonierung des Mittel- und Obereozäns im alpin-mediterranen Raum auch dort gut angewendet werden kann, wo andere Leitfossilien fehlen. In den Globigerinenmergeln der AESZ ist die *G. cerroazulensis*-Gruppe vertreten durch *G. cerroazulensis frontosa*, *G. cerroazulensis possagnoensis*, *G. cerroazulensis pomeroli* und *G. cerroazulensis cerroazulensis*. Damit lassen sich im Untersuchungsgebiet folgende Zonen unterscheiden:

*Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* Zone: Da G. c. *frontosa* nicht allein auftritt, sondern zusammen mit *G. c. possagnoensis* und *G. c. pomeroli*, ist nur der obere Teil der *Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* Zone vorhanden, entsprechend der *Globorotalia lehneri* Zone (BOLLI 1957). Äquivalente der tiefern *Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* Zone (= *Globigerinatheka subconglobata subconglobata* Zone [BOLLI 1972]) konnten nicht sicher nachgewiesen werden.

*Globorotalia cerroazulensis pomeroli* Zone: Diese Zone ist charakterisiert durch das alleinige Auftreten von *G. c. pomeroli* und entspricht etwa der *Orbulinoides beckmanni* Zone (*Porticulasphaera mexicana* Zone [BOLLI 1957]), deren Indexfossil jedoch fehlt.

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th colspan="2">ZONEN</th></tr>
<tr><th>BOLLI 1972</th><th>TOUMARKINE & BOLLI 1970</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Ober Eozän</td><td rowspan="2">Globorotalia cerroazulensis s. l.</td><td>Globorotalia cerroazulensis cunialensis</td></tr>
<tr><td>Globorotalia cerroazulensis cocoaensis</td></tr>
<tr><td>Globigerinatheka semiinvoluta</td><td>Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Mittel Eozän</td><td>Truncorotaloides rohri</td><td>Globorotalia c. cerroazulensis/ Globorotalia c. pomeroli</td></tr>
<tr><td>Orbulinoides beckmanni</td><td>Globorotalia cerroazulensis pomeroli</td></tr>
<tr><td>Globorotalia lehneri</td><td rowspan="2">Globorotalia cerroazulensis possagnoensis</td></tr>
<tr><td>Globigerinatheka subcongl. subcongl.</td></tr>
<tr><td>Hantkenina aragonensis</td><td rowspan="2">Globorotalia cerroazulensis frontosa</td></tr>
</table>

Fig. 8.

*Globorotalia cerroazulensis pomeroli/Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis* Zone: Als Zone des obersten Mitteleozäns ist sie die höchste nachgewiesene und entspricht etwa der *Truncorotaloides rohri* Zone (BOLLI 1957). Dieses Intervall ist gekennzeichnet durch das gemeinsame Auftreten von *G. c. pomeroli*, *G. c. cerroazulensis*, *T. rohri* und *T. topilensis*.

Im Vergleich zur AESZ sind in der IESZ die Foraminiferen der Globigerinenmergel allgemein schlechter erhalten. Ein Aufschluss von ca. 50 m Globigerinenmergel der IESZ (p. 507) an der Strasse Schwyz–Steinen, beim Gasthaus «Felsberg», kann in die mitteleozäne *Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* Zone bis *Globorotalia cerroazulensis pomeroli* Zone gestellt werden; dasselbe Alter besitzen die Globigerinenmergel an der Haggenegg und am Aufschluss Chlösterli (Lokalität vgl. p. 507).

Benthonische Foraminiferen

Wie die planktonischen sind die benthonischen Foraminiferen starken Häufigkeitsschwankungen und unterschiedlichem Erhaltungszustand unterworfen. Innerhalb des kurzen Zeitintervalls des mittleren bis oberen Mitteleozäns liess sich kein Erstauftreten oder Verschwinden einzelner Arten feststellen, so dass alle benthonischen Arten als Durchläufer erscheinen. Es sind folgende Arten bestimmt worden:

*Ammobaculites cubensis* CUSHMAN et BERMUDEZ, s, I/9
*Ammodiscus siliceus* (TERQUEM), zh
*Anomalina badenensis* D'ORBIGNY, s, VII/7
*Anomalina dorri dorri* COLE, h, VII/8–9
*Anomalina dorri aragonensis* NUTTALL, s, VII/10
*Anomalinoides alazanensis* (NUTTALL), h, VII/12
*Anomalinoides mantaensis* GALLOWAY et MORREY, s
*Anomalinoides pompilioides semicribatus* (BECKMANN), zh, VII/11
*Aragonia aragonensis* (NUTTALL), ss, VI/21
*Bathysiphon* sp., h
*Bolivinopsis grzybowskii* (FRIZZEL), ?, ss
*Bulimina alazanensis* CUSHMAN, ss, V/19
*Bulimina jarvisi* CUSHMAN et PARKER, ss, V/21
*Bulimina tuxpamensis* COLE, s, V/20
*Chrysalogonium eocenicum* CUSHMAN et TODD, s, IV/13
*Chrysalogonium eximium* CUSHMAN, ss
*Chrysalogonium tenuicostatum* CUSHMAN et BERMUDEZ, ss
*Cibicides ammophilus* (GÜMBEL), h, VI/5–6
*Cibicides eocaenus* (GÜMBEL), h, VI/7
*Cibicides granulosus* BERMUDEZ, s, VI/8
*Cibicides grimsdalei* NUTTALL, h, VI/9–10
*Cibicides pippeni* CUSHMAN et GARRETT, s, VI/11
*Cibicides pseudowuellerstorfi gigas* HAGN, ss, VI/12
*Cibicides pseudowuellerstorfi pseudowuellerstorfi* COLE, s
*Cibicides sinistralis* CORYELL et RIVERO, h, VI/13
*Cibicides tuxpamensis* COLE, h, VI/14
*Clavulina parisiensis* D'ORBIGNY, ss
*Clavulina yabei* ASANO, ss, II/15
*Cyclammina garcilassoi* FRIZZEL, s
*Daucina ermaniana obtusa* DE KLASZ et RERAT, s
*Dorothia asiphonia* (ANDREAE), s, II/16
*Dorothia fallax* HAGN, h, II/20
*Dorothia lodoensis* (ISRAELSKY), h, II/13, III/1
*Ellipsoglandulina labiata* (SCHWAGER), s
*Eponides jaumei* BERMUDEZ, ss
*Eponides umbonatus ecuadorensis* (GALLOWAY et MORREY), s
*Gaudryina pseudocollinsi* CUSHMAN et STAINFORTH, s, III/16
*Gavelinella zealandica* HORNIBROOK, ss, VII/22
*Glandulina laevigata* (D'ORBIGNY), s
*Globocassidulina globosa* (HANTKEN), s, VI/22
*Glomospira charoides* (JONES et PARKER) h, I/4
*Gyroidinoides soldanii altiformis* (R.E. et K.C. STEWART), s
*Gyroidinoides soldanii soldanii* (D'ORBIGNY), h, VII/5–6
*Haplophragmium tuba* GÜMBEL, s, I/10
*Haplophragmoides longifissus* ISRAELSKY, zh, I/16–17
*Haplophragmoides robustus* ISRAELSKY, s, I/15
*Hyperammina* sp., h
*Kalamopsis grzybowskii* (DYLAZANKA), h

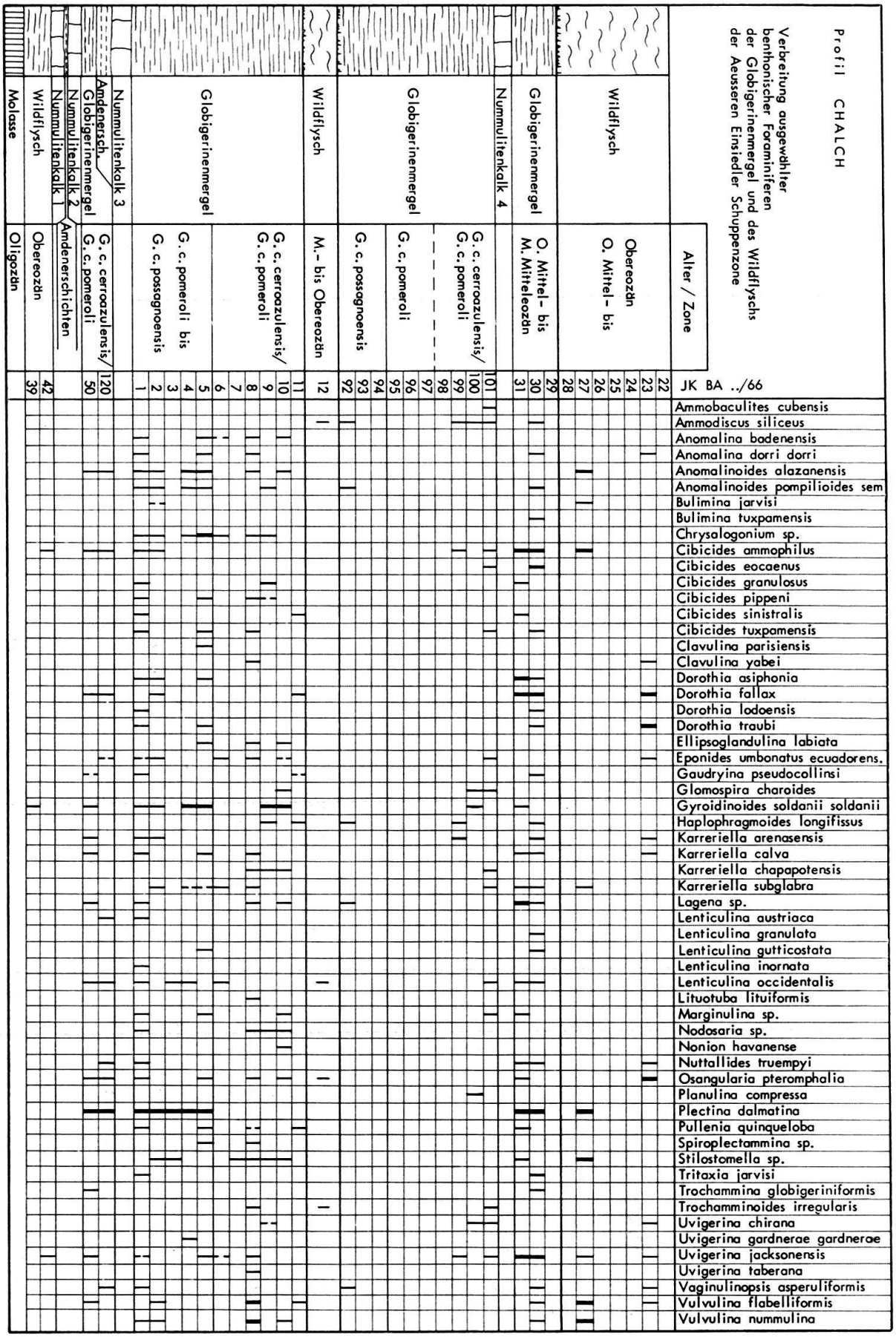
Profil CHALCH
Verbreitung ausgewählter benthonischer Foraminiferen der Globigerinenmergel und des Wildflyschs der Aeusseren Einsiedler Schuppenzone
Alter / Zone
JK BA ../66
Wildflysch
Globigerinenmergel
Nummulitenkalk 4
Globigerinenmergel
Wildflysch
Nummulitenkalk 3
Amdenersch.
Globigerinenmergel
Nummulitenkalk 2
Nummulitenkalk 1
Amdenerschichten
Molasse
Wildflysch
Obereozän
Oligozän
Obereozän
O. Mittel- bis
M. Mittelozän
O. Mittel- bis
G. c. cerroazulensis/
G. c. pomeroli
G. c. pomeroli
G. c. possagnoensis
M.- bis Obereozän
G. c. cerroazulensis/
G. c. pomeroli
G. c. pomeroli bis
G. c. possagnoensis
G. c. cerroazulensis/
G. c. pomeroli
Ammobaculites cubensis
Ammodiscus siliceus
Anomalina badenensis
Anomalina dorri dorri
Anomalinoides alazanensis
Anomalinoides pompilioides sem
Bulimina jarvisi
Bulimina tuxpamensis
Chrysalogonium sp.
Cibicides ammophilus
Cibicides eocaenus
Cibicides granulosus
Cibicides pippeni
Cibicides sinistralis
Cibicides tuxpamensis
Clavulina parisiensis
Clavulina yabei
Dorothia asiphonia
Dorothia fallax
Dorothia lodoensis
Dorothia traubi
Ellipsoglandulina labiata
Eponides umbonatus ecuadorens.
Gaudryina pseudocollinsi
Glomospira charoides
Gyroidinoides soldanii soldanii
Haplophragmoides longifissus
Karreriella arenasensis
Karreriella calva
Karreriella chapapotensis
Karreriella subglabra
Lagena sp.
Lenticulina austriaca
Lenticulina granulata
Lenticulina gutticostata
Lenticulina inornata
Lenticulina occidentalis
Lituotuba lituiformis
Marginulina sp.
Nodosaria sp.
Nonion havanense
Nuttallides truempyi
Osangularia pteromphalia
Planulina compressa
Plectina dalmatina
Pullenia quinqueloba
Spiroplectammina sp.
Stilostomella sp.
Tritaxia jarvisi
Trochammina globigeriniformis
Trochamminoides irregularis
Uvigerina chirana
Uvigerina gardnerae gardnerae
Uvigerina jacksonensis
Uvigerina taberana
Vaginulinopsis asperuliformis
Vulvulina flabelliformis
Vulvulina nummulina

Fig. 9.

*Karreriella arenasensis* CUSHMAN et BERMUDEZ, zh, III/15
*Karreriella calva* CUSHMAN, zh, III/18
*Karreriella chapapotensis* (COLE), s, III/19
*Karreriella siphonella* (REUSS), zh, III/20
*Karreriella subglabra* (GÜMBEL), zh, III/21
*Lagena advena* CUSHMAN, s
*Lagena castrensis castrensis* SCHWAGER, zh
*Lagena castrensis plagata* MATTHES, s
*Lagena globosa* (MONTAGU), s
*Lagena marginata striolata* SIDEBOTTOM, s
*Lagena nuttalli* GALLOWAY et HEMINWAY, s
*Lagena scarenaensis glabrata* SELLI, s
*Lagena sculpturata* (CUSHMAN et BERMUDEZ), s, IV/18
*Lagena striata* (D'ORBIGNY), s
*Lagena sulcata* (WATERS et JACOB), s
*Lenticulina arcuatostriata* (HANTKEN), s
*Lenticulina austriaca* (D'ORBIGNY) zh
*Lenticulina* cf. *clericii* (FORNASINI), ss
*Lenticulina clypeiformis* (D'ORBIGNY), s
*Lenticulina granulata* (HANTKEN), ss, IV/21
*Lenticulina gutticostata* (GÜMBEL), s, IV/22–23
*Lenticulina inornata* (D'ORBIGNY), zh
*Lenticulina limbosa hockleyensis* CUSHMAN et APPLIN, s
*Lenticulina occidentalis glabrata* CUSHMAN, h, V/2
*Lenticulina pterodiscoidea* (GÜMBEL), s
*Lenticulina trinae* (BERMUDEZ), ss, V/6
*Lituotuba lituiformis* (BRADY), s
*Marginulinopsis fragaria* (GÜMBEL), s, V/7
*Nodosarella subnodosa* (GUPPY), s
*Nodosaria congrua* EICHWALD, s
*Nodosaria latejugata* GÜMBEL, h
*Nodosaria longiscata* D'ORBIGNY, s
*Nonion havanense* CUSHMAN et BERMUDEZ, ss
*Nuttallides carinotruempyi* FINLAY, ss, VI/3
*Nuttallides truempyi* (NUTTALL), zh
*Osangularia pteromphalia* (GÜMBEL), h, VI/25
*Planulina compressa* HANTKEN, ss, VI/15–16
*Plectina dalmatina* (SCHUBERT), h, III/22–25
*Pleurostomella* cf. *bierigi* PALMER et BERMUDEZ, ss, VI/17
*Pleurostomella* cf. *rimosa* CUSHMAN et BERMUDEZ, ss, VI/18
*Psammosiphonella rzehaki* (ANDREAE), h
*Psammosphaera fusca* SCHULZE, h
*Pullenia quinqueloba* (REUSS), zh, VI/23–24
*Recurvoides* sp., s
*Reophax pilulifer* BRADY, zh
*Reophax texanus* CUSHMAN et WATERS, s
*Rhabdammina* sp., h
*Rhizammina* sp., h
*Rotalia serrata* TEN DAM et REINHOLD, ss, VI/4
*Saracenaria hantkeni* CUSHMAN, ss
*Semivulvulina dalmatina* (DE WITT PUYT), zh, II/1–2
*Spiroplectammina trinitatensis* CUSHMAN et RENZ, ss
*Stilostomella abyssorum abyssorum* (BRADY), zh
*Stilostomella abyssorum gracillima* CUSHMAN et JARVIS), zh
*Stilostomella consobrina* (D'ORBIGNY), zh
*Stilostomella jarvisi* (CUSHMAN), zh
*Stilostomella verneuili* (D'ORBIGNY), s
*Tritaxia haeringensis* (CUSHMAN), ss, IV/1
*Tritaxia jarvisi* CUSHMAN, h, IV/2–4
*Tritaxilina pupa* (GÜMBEL), s, IV/8
*Trochammina globigeriniformis* (PARKER et JONES), s
*Trochamminoides irregularis* WHITE, zh
*Uvigerina chirana* CUSHMAN et STONE, s, V/22
*Uvigerina gardnerae gardnerae* CUSHMAN, zh, V/23
*Uvigerina gardnerae texana* CUSHMAN et APPLIN, V/24
*Uvigerina jacksonensis* CUSHMAN, h, V/25
*Uvigerina mexicana* NUTTALL, s, V/26
*Uvigerina taberana* BERMUDEZ, s, V/27
*Uvigerina yazooensis* CUSHMAN, s, V/28
*Vaginulina costifera* COLE, s, V/14
*Vaginulinopsis asperuliformis* (NUTTALL), h, V/16
*Vaginulinopsis cumulicostata* (GÜMBEL), h, V/17
*Valvulineria critchetti* LEROY, ss
*Valvulineria* cf. *wittpuyti* VAN BELLEN, ss, VI/1
*Verneuilinoides compressus* (ANDREAE), s, IV/10
*Vulvulina flabelliformis* (GÜMBEL), h
*Vulvulina nummulina* (GÜMBEL), h

h = häufig, zh = ziemlich häufig, s = selten, ss = sehr selten, I–VII = Tafeln, 1–28 = Figuren.

Die Foraminiferenfauna umfasst 157 Arten aus 68 Gattungen und nicht näher bestimmbare Arten aus 8 Gattungen. Diese gehören 28 Familien an, deren prozentuale Anteile sich wie folgt verteilen:

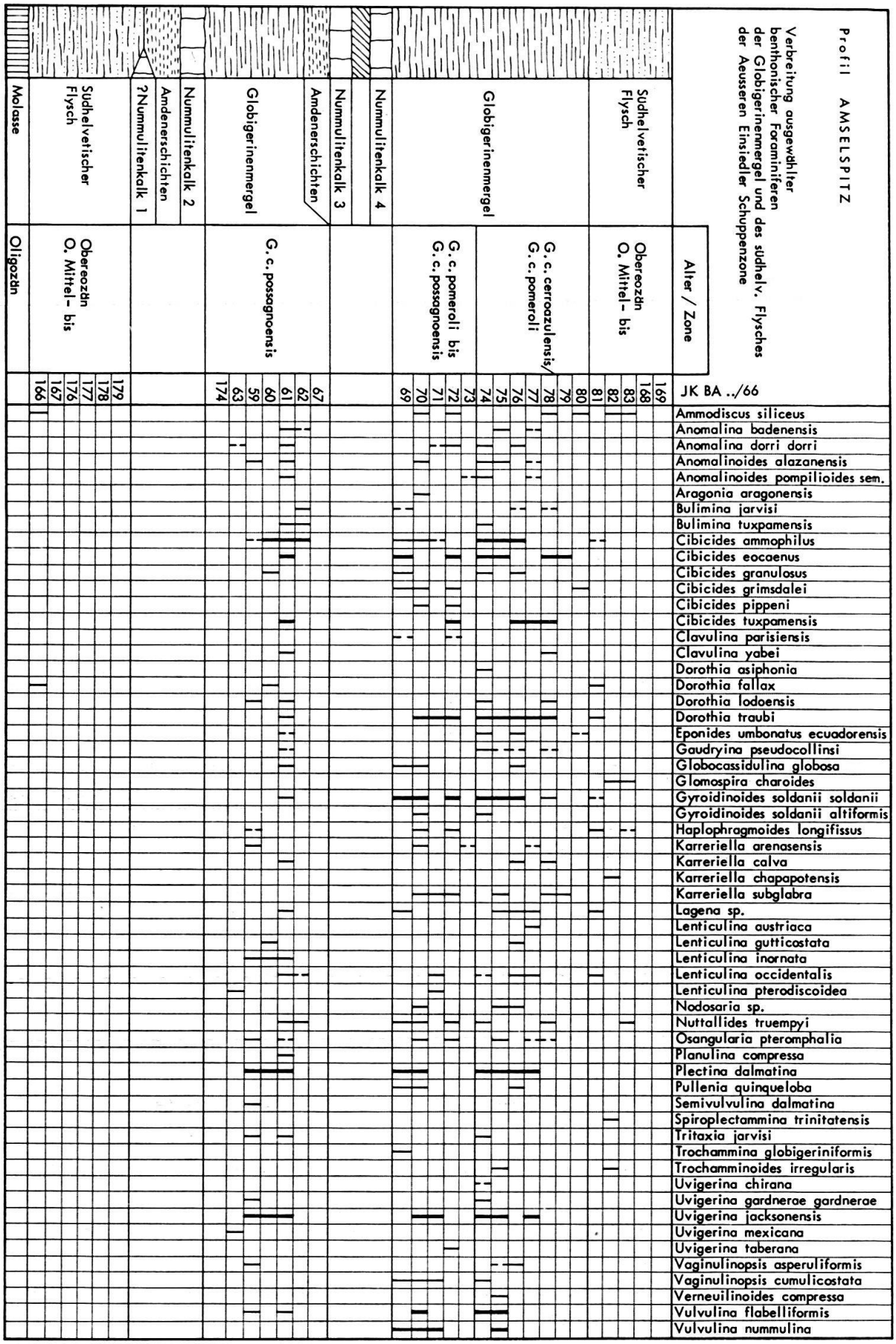
Profil AMSELSPITZ
Verbreitung ausgewählter benthonischer Foraminiferen der Globigerinenmergel und des südhelv. Flysches der Aeusseren Einsiedler Schuppenzone
Alter / Zone
JK BA ../66
Südhelvetischer Flysch
Globigerinenmergel
Nummulitenkalk 4
Nummulitenkalk 3
Amdenerschichten
Globigerinenmergel
Nummulitenkalk 2
Amdenerschichten
?Nummulitenkalk 1
Südhelvetischer Flysch
Molasse
Obereoztän O. Mittel- bis
G. c. cerroazulensis/ G. c. pomeroli
G. c. pomeroli bis G. c. possagnoensis
G. c. possagnoensis
Oligoztän
Ammodiscus siliceus
Anomalina badenensis
Anomalina dorri dorri
Anomalinoides alazanensis
Anomalinoides pompilioides sem.
Aragonia aragonensis
Bulimina jarvisi
Bulimina tuxpamensis
Cibicides ammophilus
Cibicides eocaenus
Cibicides granulosus
Cibicides grimsdalei
Cibicides pippeni
Cibicides tuxpamensis
Clavulina parisiensis
Clavulina yabei
Dorothia asiphonia
Dorothia fallax
Dorothia lodoensis
Dorothia traubi
Eponides umbonatus ecuadorensis
Gaudryina pseudocollinsi
Globocassidulina globosa
Glomospira charoides
Gyroidinoides soldanii soldanii
Gyroidinoides soldanii altiformis
Haplophragmoides longifissus
Karreriella arenasensis
Karreriella calva
Karreriella chapapotensis
Karreriella subglabra
Lagena sp.
Lenticulina austriaca
Lenticulina gutticostata
Lenticulina inornata
Lenticulina occidentalis
Lenticulina pterodiscoidea
Nodosaria sp.
Nuttallides truempyi
Osangularia pteromphalia
Planulina compressa
Plectina dalmatina
Pullenia quinqueloba
Semivulvulina dalmatina
Spiroplectammina trinitatensis
Tritaxia jarvisi
Trochammina globigeriniformis
Trochamminoides irregularis
Uvigerina chirana
Uvigerina gardnerae gardnerae
Uvigerina jacksonensis
Uvigerina mexicana
Uvigerina taberana
Vaginulinopsis asperuliformis
Vaginulinopsis cumulicostata
Verneuilinoides compressa
Vulvulina flabelliformis
Vulvulina nummulina

Fig. 10.

| | Arten | Prozente | | | Arten | Prozente | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Nodosariidae* | 36 | 22,0 | k | *Hormosinidae* | 3 | 1,8 | a |
| *Ataxophragmiidae* | 18 | 11,0 | a | *Buliminidae* | 3 | 1,8 | k |
| *Globigerinidae* | 16 | 9,7 | k | *Eponididae* | 2 | 1,2 | k |
| *Globorotalidae* | 14 | 8,5 | k | *Discorbidae* | 2 | 1,2 | k |
| *Cibicididae* | 10 | 6,0 | k | *Epistomariidae* | 2 | 1,2 | k |
| *Anomalinidae* | 7 | 4,2 | k | *Hantkeninidae* | 2 | 1,2 | k |
| *Lituolidae* | 7 | 4,2 | a | *Nonionidae* | 2 | 1,2 | k |
| *Uvigerinidae* | 7 | 4,2 | k | *Cassidulinidae* | | | k |
| *Pleurostomellidae* | 6 | 3,6 | k | *Glandulinidae* | | | k |
| *Eouvigerinidae* | 5 | 3,0 | k | *Loxostomidae* | | | k |
| *Textulariidae* | 5 | 3,0 | a | *Rotaliidae* | 1 | 0,6 | k |
| *Astrorhizidae* | 5 | 3,0 | a | *Polymorphinidae* | | | k |
| *Osangulariidae* | 3 | 1,8 | k | *Trochamminidae* | | | a |
| *Ammodiscidae* | 3 | 1,8 | a | *Saccamminidae* | | | a |

k = kalkschalig
a = agglutinierend

planktonische Fauna: kalkschalige Arten 19%

benthonische Fauna: agglutinierende Arten 26%
kalkschalige Arten 55%

Gesamtfauna: agglutinierende Arten 26%
kalkschalige Arten 74%

Das durchschnittliche Artenverhältnis agglutinierendes Benthos/kalkschaliges Benthos/planktonische Arten liegt bei 26:55:19.

Im Vergleich zu den Amdenerschichten, wo sich agglutinierendes und kalkschaliges Benthos ungefähr die Waage halten, ist in den Globigerinenmergeln das Artenverhältnis der kalkschaligen, benthonisch lebenden Foraminiferen doppelt so hoch. Der Anteil der planktonischen Fauna steigt von 15% (14 Arten) in den Amdenerschichten auf 19% (32 Arten) in den Globigerinenmergeln. Individuenmässig liegt das Verhältnis Plankton/Benthos ungefähr bei 4:1 gegenüber 3:2 in den Amdenerschichten. Dies deutet auf ein mehr offenmeerisches Lebensmilieu in den Globigerinenmergeln hin.

Hauptsächliche Unterschiede der mitteleozänen, benthonischen Fauna der AESZ gegenüber der obereozänen der Stad- und Schimbergschiefer sind:

- In der AESZ ist die Artenzahl bei allen Gruppen (Plankton, agglutinierendes und kalkschaliges Benthos) grösser.
- Die Gattungen *Heterohelix*, *Plectofrondicularia*, *Fissurina*, *Bulimina*, *Bolivina* sind kaum vertreten oder fehlen.
- Ausgesprochene Flachwasserformen (Milioliden, Grossforaminiferen) fehlen.
- ECKERT (1963, p. 1009) konnte *Clavulinoides szaboi* in den sandigen Übergangsschichten Hohgantserie – Stadschiefer feststellen, was er als möglicherweise faziell bedingtes Auftreten deutete.
- Die benthonische Fauna der AESZ zeigt einen unverkennbaren mitteleozänen Aspekt mit einigen typischen Arten: *Anomalina dorri dorri*, *A. dorri aragonensis*, *Cibicides ammophilus*, *Cyclammina garcilassoi*, *Uvigerina chirana*, *U. jacksonensis*. Als häufigstes benthonisches Fossil tritt *Plectina dalmatina* auf.

Nannoplankton

Bisherige Untersuchungen des helvetischen Tertiärs auf Nannoplankton beschränken sich auf MOHLER (in ECKERT, HOTTINGER, MOHLER und SCHAUB 1965, p. 122), der eine Liste von Nannoplanktonarten aus den helvetischen Stadschiefern publizierte. Er konnte das obereozäne Alter der Typlokalität von Alpnachstad (BOLLI 1950, ECKERT 1963) aufgrund des Vorkommens von *Isthmolithus recurvus* bestätigen.

Ergänzend zu den Foraminiferen wurden die Globigerinenmergel der AESZ in bezug auf Nannoplankton im Profil Chalch untersucht und in Figur 11 dargestellt. Es zeigte sich, dass gegenüber den Foraminiferen das Nannoplankton zurücktritt und schlecht erhalten ist. Ähnlich wie bei den planktonischen Foraminiferen konnten wichtige Leitfossilien, wie *Discoaster tani nodifer*, nicht beobachtet werden. Eine Unterteilung der Globigerinenmergel der AESZ aufgrund des Nannoplanktons musste deshalb unterbleiben. Gemäss den neuen Korrelationen von Foraminiferen- und Nannoplankton Zonen (MARTINI 1971; ROTH, BAUMANN und BERTOLINO 1971) fallen die Globigerinenmergel in das Intervall der *Discoaster tani nodifer* Zone bis Basis *Discoaster saipanensis* Zone.

Erwähnenswert ist das Auftreten von *Discoaster multiradiatus* im Bereiche des im Profil Chalch (Fig. 11) eingeschalteten Wildflysches. Diese Form des Oberpaleozäns ist hier umgelagert, was in Flyschsedimenten häufig der Fall ist.

Hystrichosphären

Eine Globigerinenmergelprobe (JK 112/66) wurde auf das Vorhandensein von Hystrichosphären und Pollen untersucht. Lediglich schlecht erhaltene Reste von Hystrichosphären und ein Koniferenpollen konnten dabei festgestellt werden.

*Charakteristik der Mikrofauna*

Die Fauna und Flora der Globigerinenmergel setzt sich ausschliesslich aus Mikroorganismen zusammen. Den überwiegenden Anteil derselben bilden die Kleinforaminiferen und das Nannoplankton, während Ostrakoden, Hystrichosphären und Pollen spärlich auftreten; Grossforaminiferen und Radiolarien fehlen gänzlich. Neritische Faunenelemente, wie sie ECKERT (1963, p. 1018) in den obereozänen Mergeln beobachtete, kommen in der Äusseren und Inneren Einsiedler Schuppenzonen nicht vor. Dies lässt auf einen tieferen, vollmarinen Sedimentationsraum schliessen. Trotz dem sedimentologisch einheitlichen Charakter der Mergelserie ist das Auftreten der Mikrofauna Schwankungen unterworfen; Lagen mit reicher, guterhaltener Foraminiferenfauna werden abgelöst durch solche, die praktisch steril sind. Erwähnenswert ist das Fehlen von *Clavulinoides szaboi*, einer Art, die in den Stocklettenmergeln (Bayern) und den Übergangsschichten Hohgantserie-Stadschiefer als häufiges Fossil auftritt (HAGN 1960, ECKERT 1963).

*Ablagerungstiefe*

Hinweise über eine mögliche Ablagerungstiefe der Globigerinenmergel im ursprünglichen Sedimentationsraum lassen sich der Mikrofauna und der Lithologie entnehmen. Bei der Fauna ist folgendes zu beachten:

- Abwesenheit von neritischen Flachwasserformen (ausgenommen ein Einzelexemplar von *Operculina* sp., JK BA 5/66).

Profil CHALCH

Verbreitung des Nannoplanktons in den Globigerinenmergeln der Aeusseren Einsiedler Schuppenzone

| | JK BA ../66 | Braarudosphaera bigelowi (GRAN & BRAARUD) DEFLANDRE | Chiasmolithus solitus (BRAMLETTE & SULLIVAN) HAY, MOHLER & WADE | Coccolithus sp. | Cyclococcolithus floridanus (ROTH & HAY) ROTH | Cyclococcolithus formosus KAMPTNER | Discoaster barbadiensis TAN SIN HOK | Discoaster deflandrei BRAMLETTE & RIEDEL | Discoaster gemmifer STRADNER | Discoaster multiradiatus BRAMLETTE & RIEDEL | Discoaster saipanensis BRAMLETTE & RIEDEL | Discolithus fimbriatus BRAMLETTE & SULLIVAN | Ericsonia eopelagica (BRAMLETTE & RIEDEL) ROTH | Ericsonia sp. | Helicopontosphaera compacta (BRAMLETTE & WILCOXON) ROTH | Isthmolithus recurvus DEFLANDRE | Marthasterites sp. | Pemma papillatum MARTINI | Reticulofenestra coenura (REINHARDT) ROTH | Reticulofenestra sp. | Sphenolithus moriformis (BRöNNIMANN & STRADNER) BRAMLETTE & WILCOXON | Zygrhablithus bijugatus (DEFLANDRE) DEFLANDRE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wildflysch | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Globigerinenmergel | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nummulitenkalk 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Globigerinenmergel | 101 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 92 | | | | | | | | | c | | | | | | | | | | | |
| Wildflysch | 12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Globigerinenmergel | 11 | | | | | | | | | c | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nummulitenkalk 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Amdenersch./Globigerinenmergel | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NK 2, Amdenersch. NK 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wildflysch | 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fig. 11

- Hoher Anteil der planktonischen Foraminiferen an der Gesamtfauna (bis zu 80 %).
- Reich entwickelte benthonische Fauna, der Prozentsatz der kalkschaligen Arten ist doppelt so gross wie derjenige der arenazischen Arten.

Die Vermutung liegt nahe, dass der Ablagerungsraum der Globigerinenmergel in relativ tiefem Wasser, im oberen Teil des Kontinentalabhanges lag. Die benthonischen Kalkschaler entfalten hier einen grossen Artenreichtum, während die Sandschaler zurücktreten. Die auftretenden Grossforaminiferen und Milioliden in den Schimbergschiefern und das Vorkommen von *Clavulinoides szaboi* in den Übergangsschichten Hohgantserie-Stadschiefer lassen, mit nach NW fortschreitender Transgression im helvetischen Ablagerungsraum, ein Verringern der Ablagerungstiefe in den obereozänen Globigerinenmergeln annehmen.

*Vergleiche mit anderen Gebieten*

*Planktonische Foraminiferen:* Die planktonische Fauna der mitteleozänen Globigerinenmergel der AESZ ordnet sich gut in den alpin-mediterranen Bereich ein. TOUMARKINE und BOLLI (1970, p. 135–136) haben die Unterschiede erwähnt, die sich hier gegenüber dem karibischen Raum ergeben: es fehlen oft gerade die Arten, die in Trinidad (BOLLI 1957) eine enge Zonierung ermöglichten. Im mitteleozänen Abschnitt gilt dies vor allem für *Orbulinoides beckmanni.* Während die Hantkeninen im mediterranen Gebiet und in den Südalpen noch relativ häufig sind, werden sie im helvetischen Eozän selten. *Globigerina hagni*, erstmals aus dem österreichischen Eozän beschrieben (GOHRBANDT 1967, p. 324–326), tritt in der Einsiedler Schuppenzone ebenfalls auf und konnte auch im zentralen Apennin (BAUMANN 1970, p. 1185) nachgewiesen werden.

*Benthonische Foraminiferen:* Im *schweizerischen Helvetikum* ergeben sich enge Beziehungen zu den obereozänen Stad- und Schimbergschiefern (ECKERT 1963). Als wesentlicher Unterschied in der AESZ ist das Fehlen neritischer Formen wie Discocyclinen, Asterocyclinen und *Heterostegina* sp. sowie das spärliche Auftreten von *Bulimina* sp. und *Bolivina* sp. zu nennen. Aus dem Gebiet von Amden (HERB 1962, 1963, 1965) liegen keine Untersuchungen über benthonische Foraminiferen vor.

In der *östlichen Fortsetzung des Helvetikums* stellen die Stocklettenmergel altersmässig vergleichbare Horizonte dar. Ihre benthonische Mikrofauna wurde erstmals von GÜMBEL (1868) untersucht. Neuere Bearbeitungen liegen von HAGN (1954, 1960) vor. Zahlreiche schon von GÜMBEL beschriebene Arten finden sich auch im schweizerischen Helvetikum. Vergleichsmaterial konnte dank dem Entgegenkommen von Dr. F. RÖGL, Wien, (z.Z. Geol. Inst. ETH-Zürich) eingesehen werden, das Übereinstimmung der benthonischen Arten zeigte. Dasselbe trifft auch für die «*Clavulinoides szaboi*-Schichten» aus dem ungarischen Raum zu (HANTKEN 1875). Mit dem *mediterranen Gebiet* hat die benthonische Fauna der Globigerinenmergel der AESZ analog den planktonischen Foraminiferen viele Arten gemeinsam (SCHUBERT 1900, 1904; DE WITT PUYT 1941; VAN BELLEN 1941; CITA 1950; HAGN 1956; BODELLE 1971). Ein Hindernis für interkontinentale Korrelationen stellt immer noch die ungenügend verglichene Taxonomie der benthonischen Foraminiferen dar.

Folgende weltweit verbreitete Arten, die u. a. in Amerika, im Mittelmeergebiet und im bayrischen und österreichischen Helvetikum vorkommen, treten auch in der AESZ auf:

*Anomalina dorri*
*Anomalinoides alazanensis*
*Anomalinoides pompilioides semicribratus*
*Aragonia aragonensis*
*Bulimina jarvisi*
*Cibicides ammophilus* (= *C. cushmani* NUTTALL)
*Cibicides eocaenicus* (= *C. perlucidus* NUTTALL)
*Cibicides grimsdalei*
*Eponides umbonatus*
*Glomospira charoides*
*Gyroidinoides soldanii*
*Karreriella subglabra*
*Lagena sculpturata*
*Lenticulina gutticostata* (= *L. cocoaensis* (CUSHMAN))
*Lenticulina occidentalis*
*Nuttallides truempyi*
*Osangularia pteromphalia* (= *Parrella mexicana* (COLE), = *O. mexicana* (COLE))
*Pullenia quinqueloba*
*Tritaxia jarvisi*
*Trochammina globigeriniformis*
*Trochamminoides irregularis*
*Uvigerina chirana*
*Uvigerina jacksonensis*
*Uvigerina mexicana*

Meist sind es Arten des tieferen Wassers, die den verschiedenen Gebieten gemeinsam sind.

*Fazieswechsel Nummulitenkalk/Globigerinenmergel*

Im helvetischen Alttertiär werden die Nummulitenkalke als neritische Bildung gegen oben brüsk von der pelagischen Fazies der Globigerinenmergel abgelöst. ARN. HEIM (1908, p. 194) neigte aus diesem Grunde zur Ansicht, dass Globigerinenmergel in gleicher Fazies sowohl in der bathyalen wie in der neritischen Zone zur Ablagerung gelangen könnten. Da er das oberkretazische Alter der Mergel im Liegenden der Nummulitenkalke, der Amdenerschichten, noch nicht kannte und die Nummulitenkalke als seitlich wenig ausgedehnte Körper betrachtete, glaubte ARN. HEIM eine gleichzeitige Ablagerung der beiden Fazies sei gegeben. Nach den heutigen Kenntnissen wird der Nummulitenkalk aber nur gegen oben von Globigerinenmergeln abgelöst, womit sich die Frage des raschen Fazieswechsels erneut stellt.

Dieses Problem diskutierte auch O. RENZ (1967, p. 65–66) am Aufschluss an der Hagelflue (an der Strasse Sihlseebrücke–Euthal, Tf. VIII). Verfaltete Globigerinenmergel unterlagern hier den Nummulitenkalk, der nach oben rasch in die hangenden Globigerinenmergel übergeht. Er wies darauf hin, dass derartige Verhältnisse durch submarine Gleitung der Kalke zu erklären sind, führte das Tertiärbecken von Barquisimeto (Venezuela) als Vergleich an und lehnte eine tektonische Repetition der Nummulitenkalkbänke ab.

Dem ist zu entgegnen, dass Globigerinenmergel an diesem Punkt wohl das Liegende des Nummulitenkalkes bilden, aber nur lokal in diese Position geraten sind, was in der AESZ noch an anderen Orten der Fall ist. Nur 120 m höher im Hang unterlagern Amdenerschichten den gleichen Nummulitenkalk, womit die normale Schichtabfolge dieser Schuppe wieder besteht. Die Interpretation von RENZ für diese lokale

Situation dürfte sich daher für die Einsiedler Schuppenzonen nicht verallgemeinern lassen. Die Problematik des raschen Fazieswechsels bleibt bestehen, und eingehende lithologische und sedimentologische Untersuchungen sind nötig, um einer Lösung näherzukommen. Gleichzeitig hat eine Bearbeitung der Faunen der Nummulitenkalkprofile und speziell deren Obergrenze gegen die Globigerinenmergel nach neuen paläontologischen und ökologischen Erkenntnissen zu erfolgen. Hinweise auf mögliche Sedimentationslücken und der altersmässigen Umfang von Kondensationshorizonten wären ebenfalls kritisch zu prüfen.

*Zusammenfassung*

Die Zonierung nach TOUMARKINE und BOLLI (1970), basierend auf der Entwicklungsreihe von *Globorotalia cerroazulensis*, erlaubt eine Unterteilung der Globigerinenmergel der AESZ von unten nach oben in folgende drei Biozonen:

*Globorotalia cerroazulensis possagnoensis* Zone (entspricht *Globigerinatheka subconglobata subconglobata* Zone und *Globorotalia lehneri* Zone): es konnte nur der obere Teil dieser Zone nachgewiesen werden, charakterisiert durch *Globorotalia c. frontosa*, *G, c, possagnoensis*, *G. lehneri*, *Globigerina hagni*, *Truncorotaloides rohri*, *T. topilensis*, *Globigerinatheka subconglobata luterbacheri*, *G. subconglobata euganea*, *Hanthenina dumblei*.

*Globorotalia cerroazulensis pomeroli* Zone (entspricht *Orbulinoides beckmanni* Zone): charakterisiert durch *Globorotalia c. pomeroli*, spinose Globorotalien und *Truncorotaloides* sp., *Globigerinatheka subconglobata luterbacheri*, *G. subconglobata subconglobata*, *Hantkenina dumblei*.

*Globorotalia cerroazulensis pomeroli/Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis* Zone (entspricht *Truncorotaloides rohri* Zone): charakterisiert durch *Globorotalia c. pomeroli*, *G. c. cerroazulensis*, *Globigerina officinalis*, *Globorotaloides suteri*, *Truncorotaloides rohri*, *Globigerinatheka index index*, *G. subconglobata subconglobata*.

Die Mikrofauna und -flora umfasst vor allem planktonische Foraminiferen und kalkschaliges Benthos neben arenazischen Formen, wenig Nannoplankton, seltene Ostrakoden und Hystrichosphären.

Die in den helvetischen Nummulitenkalken feststellbare von SE nach NW verlaufende Heterochronie ist ebenfalls in den Globigerinenmergeln vorhanden.

## *Südhelvetischer Flysch (Burgsandstein)*

*Allgemeines*

LEUPOLD (1943) zeigte, dass im Südhelvetikum der Zentralschweiz die Schichtreihe des Alttertiärs, zwischen den Globigerinenmergeln der Blattengrat-Schuppen und dem tektonisch aufliegenden Sardonaflysch, mit einem Sandsteinflysch abgeschlossen wird. Er nannte diesen jüngsten Horizont «intermediären oder Lavtinaflysch». BISIG (1957, p. 16) benannte dieses Schichtglied «Blattengratsandstein», um seine Zugehörigkeit zur stratigraphischen Abfolge des Blattengratkomplexes zu verdeutlichen. In der AESZ fand LEUPOLD am Ottenfels W des Lauerzersees und bei Ruestel E des Sihlsees den entsprechenden Sandsteinflysch. FREI (1963, p. 30–33) befasste sich näher damit und beschrieb ein Typusprofil unterhalb der Burg an der Strasse Schwyz-Sattel (Fig. 1). Er bestimmte das Alter dieses Sandsteinflysches aufgrund von *Halkyardia*

aff. *minima* als Obereozän und verwendete den Namen «Burgsandstein». Aus dem Bereich der Einsiedler Faziezone sind weitere Vorkommen solcher Sandkalke in analoger stratigraphischer Stellung aus der östlichen Wildhauser Mulde von FORRER (1949, p. 14) und HERB (1963, p. 900–901) beschrieben worden; HANTKE fand Vorkommen N von Gersau, am Gätterlipass. HERB (1962, p. 64–67) untersuchte diese Flyschfazies, welche die Globigerinenmergel ablöst, in den oberen Rinderbächen bei Amden (Fliegenspitz) sowie in der Mättlerruns (Amdener Mulde), wo der südhelvetische Flysch tektonisch in der Stellung einer «Randflyschzone» vorliegen könnte. Für die oben aufgeführten Flyschvorkommen gebrauchte HERB den Ausdruck «Südhelvetischer Flysch», da Namen wie «Blattengratsandstein» und «Burgsandstein» lithologisch unzutreffend sind. Dies gilt auch für das Verbreitungsgebiet des Burgsandsteins, der eindeutig Flyschcharakter hat. Wenn im weiteren der Ausdruck «Burgsandstein» trotzdem verwendet wird, so deshalb, weil er in der AESZ eine geringmächtige, jedoch charakteristische Verbreitung hat.

*Vorkommen:* W des Sihlsees findet sich Burgsandstein am Gätterlipass in der Unterlage der Rigihochflue, in der Schuppenzone W und E des Lauerzersees, an der Typlokalität bei der Burg und im Dach der südlichsten Schuppe in der Bergkette Amselspitz, wo er dank einer 1966 neuerbauten Waldstrasse aufgeschlossen wurde. In kurzer Zeit haben sich hier die Aufschlussverhältnisse wieder stark verschlechtert: der von der Strasse angeschnittene Hang ist von höherliegenden Rutschmassen überdeckt und das Strassenbord begrünt worden. Östlich des Sihlsees liegen die Vorkommen bei Ruestel (Kote 1100 m), südlich der Sattelegg (Chrähwäldli, jetzt abgeholzt), im Nordabfall der AESZ im Dürrgschwänd und an der Hirzenegg, im Bach westlich Chleriweid und im Dach der südlichsten Schuppe (Koord. 706 080/218 700/1270 und 706 170/218 500/1190, Tf. VIII).

*Lithologie*

Nach der ruhigen Sedimentationsphase der Globigerinenmergel setzte in der AESZ mit dem Burgsandstein die orogene Flyschfazies ein, die weiter im S (Spirstock) bereits früher begann und sukzessive auf nördlichere Gebiete übergriff. Der Burgsandstein ist das jüngste Schichtglied des Helvetikums im Gebiet der Einsiedler Schuppenzone und nur an wenigen Stellen zwischen den einzelnen Schuppen erhalten.

Es handelt sich um einen gebankten Kalksandstein mit Glaukonitkörnern, Discocyclinen- und Nummulitenbruchstücken. Der Burgsandsteinaufschluss im Untersuchungsgebiet ob Ruestel (LEUPOLD 1943) zeigt einen hellen, groben Kalksandstein. Die Vorkommen im Dach der südlichsten Nummulitenkalkschuppe E des Sihlsees weist eine kleinzyklische Flyschfazies auf. W des Sihlsees, im Heissenfluewald, folgt auf Globigerinenmergel ein wirrgelagerter, sandiger feinsiltiger, glimmerführender Mergelschiefer von ca. 10 m Mächtigkeit, der als südhelvetischer Flysch betrachtet wird. Eine Wechsellagerung ist nur andeutungsweise zu erkennen. Darüber folgt der Wägitaler Flysch mit einer Wechsellagerung von Sandkalkbänken und Mergeln, die Kreidefaunen führen.

*Mikrofauna und Alter*

An der Typlokalität bestimmte FREI (1963, p. 31–32) das Alter des Burgsandsteins als Obereozän. Er stützte sich dabei auf einen Fund von *Halkyardia* aff. *minima*

(LIEBUS); FREI führte sie fälschlicherweise als *Halkyardia* aff. *minima* HERON-ALLEN et EARLAND auf und betrachtete diese Art als Leitform des Obereozäns. Dem ist entgegenzuhalten, dass der Holotyp von LIEBUS wie auch das Typmaterial der synonymen Art «*Linderina chapmani* HALKYARD 1919» von ihren Autoren ins Mitteleozän gestellt wurden. *H. minima* wurde aus folgenden weiteren Gebieten beschrieben: Mitteleozän: Dalmatien (LIEBUS 1911) und Marnes bleues, Biarritz (HALKYARD 1919); Obereozän bis Aquitanian: zentraler Apennin (RENZ 1936); Oligozän: Trinidad (STAINFORTH in THALMANN 1947). Danach hat diese Art eine stratigraphische Verbreitung vom Mitteleozän bis ins Miozän.

Im Burgsandstein tritt *H. minima* zusammen mit Globigerinen und Trümmern von Nummuliten und Discocyclinen auf (FREI, p. 31), am Gätterlipass fand FREI dieselbe Trümmerfauna. Diese dürfte umgelagert sein und damit auch *H. minima*. FREI (p. 32) führte weitere Vorkommen von *H. minima* an, die ebenfalls aus Flyschgebieten stammen, so dass auch hier eine Umlagerung der Formen nicht ausgeschlossen werden kann. Die Alterseinstufung des gesamten Burgsandsteins als Obereozän kann deshalb nicht auf *Halkyardia minima* allein gestützt werden. Schlämmproben von Mergelschiefern aus Aufschlüssen E des Sihlsees lieferten lediglich spärliche, schlecht erhaltene, eozäne Globigerinen, die ebenfalls aufgearbeitet sein könnten.

Da der Fossilgehalt des Burgsandsteins keine sichere Altersbestimmung zulässt, wurde versucht, eine solche wenigstens annäherungsweise zu erreichen durch die Fauna von Globigerinenmergeln, die den Burgsandstein direkt mit scharfem Kontakt unterlagern. Die Foraminiferenfauna dieser Mergel lässt jedoch nur eine Altersbestimmung von wahrscheinlich Mitteleozän zu. Die Proben wurden den liegenden Globigerinenmergeln des Typusprofils entnommen (FREI 1963, p. 30–31, Schicht (2)):

JK 90/68 auf Kote 590:
*Globigerina eocaena*
*Globigerina linaperta*
*Ammodiscus siliceus*
*Bathysiphon* sp.
*Dorothia fallax*
*Haplophragmoides* sp.
*Vulvulina flabelliformis*

JK 91/68 unmittelbar unterhalb Schicht (3), FREI, p. 31:
*Globigerina venezuelana* s.l.
*Globigerina linaperta*
*Globigerinita* cf. *pera*
*Ammodiscus siliceus*
*Bathysiphon* sp.
*Cibicides ammophilus*
*Cibicides eocaenus*
*Gyroidinoides soldanii soldanii*
*Lagena castrensis*
*Nodosaria* sp.
*Trochammina globigeriniformis*
*Trochamminoides* sp.
*Vulvulina flabelliformis*

JK 92/68 aus Schicht (4), FREI, p. 31: fossilleer.

Trotz des scharfen lithologischen Wechsels, mit welchem der Burgsandstein auf die Globigerinenmergel folgt, scheint keine stratigraphische Lücke zu bestehen. Für eine normalstratigraphische Auflagerung sprechen z. B. die von FREI (p. 33) erwähnten Load Casts an der Basis der untersten Sandsteinbank, die anzeigen, dass der Flysch noch unverfestigte Globigerinenmergel überlagerte. Die Basis des Burgsandsteins der AESZ dürfte demnach ein mittel- bis obereozänes Alter haben.

Der südhelvetische Flysch der AESZ ist als nördlicher Ausläufer der von S her transgredierenden Sandsteinflyschfazies zu betrachten, die in der Spirstockserie direkt auf den Nummulitenkalk folgt und dort das Mittel- bis Obereozän umfasst. Am Fidisberg, im Faziesquerprofil ca. 2 km nördlicher gelegen als der Spirstock, sind bereits geringmächtige, untermitteleozäne Globigerinenmergel entwickelt. Gegen die Einsiedler Schuppenzone hin nimmt die Mächtigkeit der Globigerinenmergel weiter zu und umfasst das obere Mitteleozän. Aufgrund der gemeinsamen Trümmerfaunen von Nummuliten und Discocyclinen sowie des Glaukonitgehalts ist der Burgsandstein der AESZ am ehesten mit den Oberen Sandsteinen der Spirstockserie zu parallelisieren.

## WILDFLYSCH

Wir folgen den Ausführungen von HERB (1962, p. 69; vgl. auch FREI 1963, p. 64–65) über den Begriff «Wildflysch». Einerseits ist damit eine Fazies beschrieben, wie sie KAUFMANN (1886, p. 553) in der Originalbeschreibung definierte; anderseits findet «Wildflysch» hier als provisorische Formationsbezeichnung lithostratigraphische Verwendung. Es besteht kein Zweifel, dass unter «Wildflysch» Formationen verschiedenen Alters und verschiedener tektonischer Stellung verstanden werden; doch sind unsere Kenntnisse hierüber noch zu summarisch, um die Einführung von formalen Bezeichnungen zu rechtfertigen.

### *Verbreitung im Untersuchungsgebiet*

Wildflyschablagerungen erscheinen im Untersuchungsgebiet in drei verschiedenen Bereichen (Tf. VIII; Fig. 2, 3, 12):

- als «Randflysch», eingeschuppt zwischen AESZ und subalpiner Molasse,
- im Dach der 3. und 4. Schuppe der AESZ,
- als Wildflyschschuppe im Wägitaler Flysch.

*Wildflysch als «Randflysch»*: Dieser ist im Bärichtibach S der Sattelegg aufgeschlossen, wo eine Wechsellagerung Molassemergel-Wildflysch-Molassemergel-Wildflysch-Globigerinenmergel der AESZ vorliegt. Ein Detailprofil längs des Bacheinschnittes findet sich in MÜLLER (1971, p. 13–14). Der Wildflysch zeigt die übliche wechselhafte lithologische Ausbildung: schiefrige, schwarze Mergel mit Kristallin-Exoten – Zweiglimmergneis, Habkerngranite, Dioritporphyrite –, Flyschkalke, Ölquarzitbänke, intensiv gefärbte Tone und Sandsteine mit Kristallindetritus. Aus den Wildflyschmergeln wurde von MÜLLER (p. 13) eine heterogene Kreide/Eozän Foraminiferenfauna beschrieben, die als stratigraphisch charakteristische und jüngste Formen *Globorotalia* cf. *cerroazulensis cerroazulensis* und *G. c. cocoaensis* enthielt, welche obereozänes Alter andeuten.