

Zur Einstufung der „Kieselschiefer“ von der Lachtal-Grundalm (Fieberbrunn, Tirol)

Von H. MOSTLER*)

Mit 2 Abbildungen und einer Tabelle

Inhalt

1. Zur Lage des Silurprofiles
2. Der „Lydit-Kieselkalk-Komplex“
3. Der „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“
4. Bemerkungen zum Ablagerungsraum
5. Zusammenfassung

Als der Verfasser mit stratigraphischen Untersuchungen des Kitzbühler Paläozoikums begann, suchte er, um eine annähernd gute Ausgangsposition zu haben, an den wenigen Stellen, aus denen Makrofossilien beschrieben wurden, weiter aufzubauen. Dazu war gerade die Lachtal-Grundalm durch ihre graptolithenführenden Kieselschiefer ganz besonders geeignet. G. AIGNER (1931) beschrieb diese ausführlich und stufte die Kieselschiefer von Zone 18—22 nach ELLES & WOOD ein. Um so mehr gewann diese Einstufung Bedeutung, als der Verfasser H. MOSTLER (1956 a : 38) darüber Kalke fand, die auf Grund von Conodonten eine Einstufung in den Conodontenbereich III, nach der englischen Gliederung etwa den Graptolithen-Zonen 25—26 entsprechend, ermöglichten. Da nach O. H. WALLISER (1964 : 94) es sogar wahrscheinlich ist, daß auch Graptolithen-Zone 23 und 24 in diesen Bereich fallen könnten, schien einer normal sedimentären Abfolge von Zone 18—26 nichts im Wege (H. MOSTLER, 1965 b). Der Verfasser testete auch die Kieselschiefer auf Conodontenführung, fand aber nur Bruchstücke von *Paltodus* sp. indet. und *Hindeodella* sp. indet., konnte daher zunächst mittels Conodonten nichts Neues zur Einstufung der Kieselschiefer beitragen. Auffallend war nur, daß zwei Hindeodella-Bruchstücke in einer so fossilarmen Probe auftauchten, wo Hindeodellen in der *celloni*-Zone und Conodonten-Bereich I nach O. H. WALLISER (1964 : 36) — bis auf ein Exemplar in der *celloni*-Zone — überhaupt fehlen. Dies und der Umstand, daß durch Muren Schichtpakete aus dunklen gebankten Dolomiten unter den „Kieselschiefern“ freigelegt wurden, die Conodonten vom Conodonten-Bereich IV—X nach WALLISER, 1962, lieferten, war der Anlaß, die Kieselschiefer nochmals genauer unter die Lupe zu nehmen. Durch die starke Wasserführung im Frühjahr dieses Jahres waren am klassischen Graptolithenfundpunkt beste Aufschlußverhältnisse geschaffen, so daß eine komplette Feinprofilierung dieses Schichtpaketes durchgeführt werden konnte (siehe Profilsäule).

Bevor der Schichtkomplex der „Kieselschiefer“ selbst behandelt wird, sei kurz noch auf die Arbeiten G. AIGNERS eingegangen.

G. AIGNER (1930 : 222) fand einige Graptolithenreste in Kieselschiefern, die unter und über dunklen Kalken anstehen. Ein Fragment daraus war von E. HABERFELLNER als *Monograptus lobiferus* bestimmt worden. AIGNER beschrieb dieses Gestein als einen stark brüchigen, kalkigen Kieselschiefer in Verbindung mit schwarzen, kompakten, crinoidenführenden Kalken, entsprechend den Kal-

*) Dr. HELFRIED MOSTLER, Institut für Geologie und Paläontologie Innsbruck, Universitätsstraße 4/II.

ken, aus denen OHNESORGE ein Trilobitenpygidium barg (diese Stelle ist in den beigegebenen Profilen mit a gekennzeichnet).

1931 : 25 hat G. AIGNER etwas darüber (gekennzeichnet durch b) in mürben, von zahllosen Kalzitadern durchsetzten Kieselschiefern eine Menge von Handstücken mit Graptolitenabdrücken aufgesammelt und schreibt dazu folgendes: „Der Erhaltungszustand ist allerdings bedeutend schlechter als der der Karnischen Exemplare... Aber auch die Verwitterung — wie ein nach wenigen

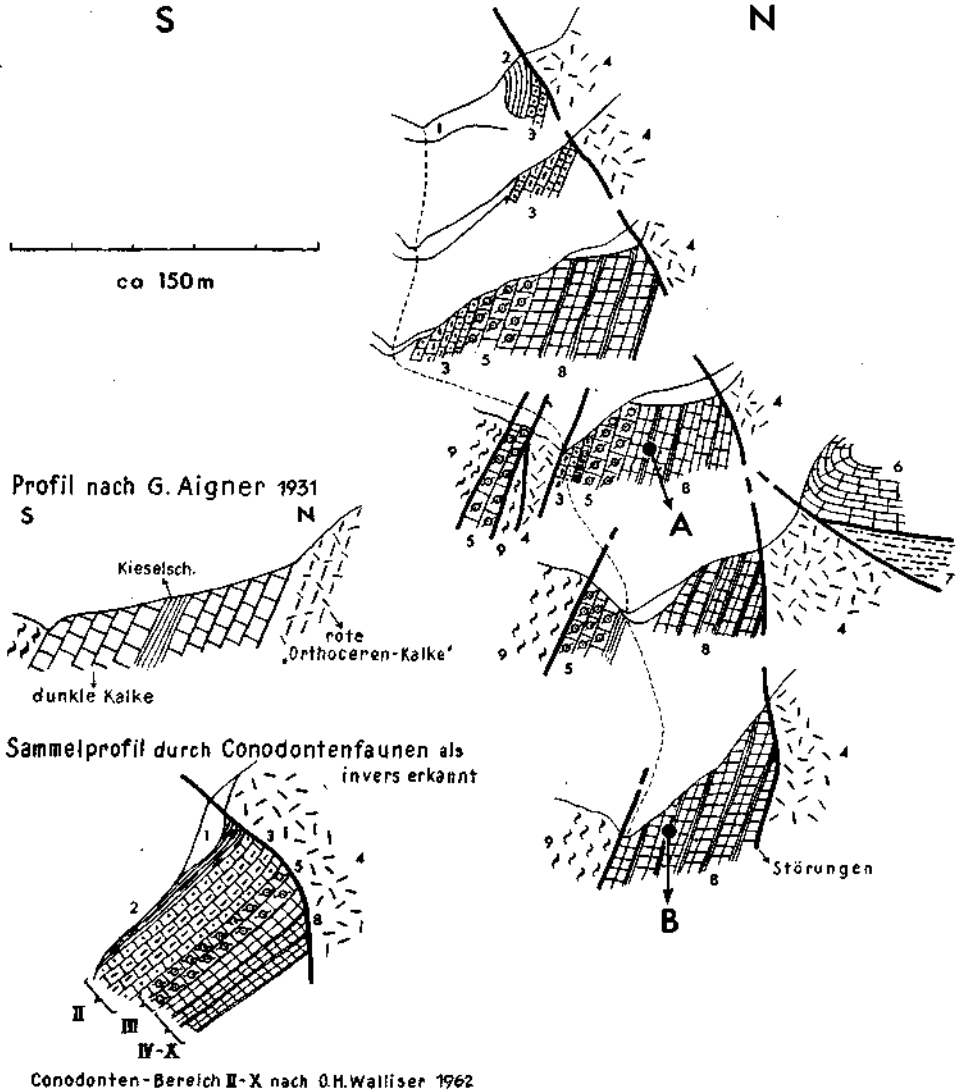


Abb. 1. Profile durch den Lachtalgraben in etwa 20 m Abständen von oben nach unten. 1 junge Schuttbedeckung, 2 Lydite, 3 Kieselkalke und Kieseldolomite, 4 grobkristalliner Dolomit, 5 dunkle Crinoiden-Kalke, 6 laminierte Dolomite, 7 lila Tonflaserkalke, 8 Kieselschiefer einschaltungen im laminierten Dolomit, 9 „Wildschönauer Schiefer“.

Wochen erfolgter zweiter Besuch der Fundstelle ganz deutlich zeigte — zerstört die hauchzarten Abdrücke innerhalb der kürzesten Frist. Die bei diesem zweiten Versuch gesammelten Stücke sind unverhältnismäßig schlechter erhalten; es ist bei ihnen kaum mehr eine Unterscheidung des Genus der Graptolithen möglich.“

Soweit zur Literatur, um einerseits die Lage der graptolithenführenden Schiefer und deren Vergesellschaftung mit den Kalken zu zeigen, auf der andern Seite ein Hinweis, wie schlecht die Graptolithen in dieser Schichtfolge erhalten sind, aus welchen Gründen es dem Verfasser unmöglich erscheint, damit zu einer genaueren zeitlichen Gliederung zu gelangen.

1. Zur Lage des Silurprofiles

Etwa 100 m von der Lachral-Grundalm, im Lachtalbach aufwärts, setzen im Bachbett (1220 m Höhe) die ersten zusammenhängenden Aufschlüsse ein. Sie beginnen etwa 20 m unter der Einmündung des von E, von der Bretteralm herabziehenden Grabens. Um einen halbwegs guten Einblick in die Lage des fast durchwegs durch Conodonten einstuftbaren Profils zu bieten, wurde eine Profilsérie etwa im Abstand von je 20 m dargestellt. Leider ist durch den tektonisch recht komplizierten Bau das Profil im Hangenden wie im Liegenden vor allem durch grobkristalline Dolomite bis Fe-reiche Magnesite amputiert. Infolge Mg-Metasomatose sind die sedimentären Gefüge fast durchwegs verwischt.

Besonders der in sich massige, teilweise graue bis rötliche Dolomit (nach der älteren Literatur obersilurischer Orthocerenkalk, auf Grund lithologischer Ähnlichkeit mit dem der Karnischen Alpen, aber in der Grauwackenzone nie durch Fossilführung belegt) ist steil auf die ganze Silurfolge aufgefahren und wird selbst von dunklen Kalken bis Dolomiten (Conodonten-Bereich IV—X) unter Einklemmung von Tonflaserkalken bis Dolomiten — getrennt durch eine 1—1,5 m mächtige Mylonitzone — überfahren. Südlich des Bacheinschnittes bzw. direkt vom Bacheinschnitt ausgehend, haben wir es mit einer schieferungsparallelen Verschuppung zu tun, wobei auch hier wieder Keile des massiv grobspätigen Dolomits einspießen.

Ein gerafftes Profil soll durch Kennzeichnung der Conodonten-Bereiche die inverse Lagerung der Schichtfolge darstellen.

2. Der „Lydit-Kieselkalk-Komplex“

a) Gesteine:

Das Profil beginnt mit etwa 1 m mächtigen Lyditen, die einen tektonischen Kontakt zum grobspätigen Dolomit — ausgeprägt durch eine Mylonitzone — bilden. Die Bezeichnung Lydit ist im Sinne der Definition von C. W. CORRENS (1924 : 18) wohl berechtigt. Es sind „makroskopisch vollkommen dichte, in Bänken auftretende organogene Kieselsedimente“.

Dünnschliffe (Nr. 1) zeigen einen fast dicht wirkenden, aus feinsten Quarzkörnern bestehenden Aufbau. Eine Schichtung ist deutlich erkennbar. Dunkles, nicht weiter auflösendes Pigment ist ziemlich gleichmäßig auf den ganzen Schliff verteilt. Viele kleine rundovale Körperchen aus feinstkristallinem Quarz, teilweise auch noch Chalzedonaggregate (pigmentfrei) liegen mehr oder weniger schichtungsparallel vor. Es kam trotz der starken tektonischen Beanspruchung der näheren Umgebung zu keiner durchgehenden Verschieferung, dazu waren augenscheinlich die 5- bis 6-cm-Bänke zu kompakt.

Die rundovalen bis kreisrunden Querschnitte — aus Quarz und Chalzedon bestehend — stellen wohl umkristallisierte Radiolarien dar. Sie zeigen zweierlei

Aufbau. Auf der einen Seite sind es solche, die einen Randbereich zeigen (Quarzkranz) und einen Kernbereich, der noch radiales Wachstum erahnen läßt. Dem zweiten Typus fehlt eine derartige Randzone, er wird nur von einem mehr oder weniger unregelmäßigen Quarzgranulat erfüllt. Sonst wurde an Biogenen nur noch ein Querschnitt durch ein fragliches Paltodus-Fragment angetroffen.

Darüber setzt allmählich ein rotbrauner, von schwarzen Tönhäuten belegter kieseliger Horizont, etwa 30 cm mächtig, ein, der eine stark knollige Ausbildung zeigt (Nr. 2). Es handelt sich um einen eisenreichen Dolomit, der einen so hohen Kieselsäuregehalt führt, daß er selbst in erwärmter Ameisensäure nicht oder kaum mehr lösbar ist. Außerdem besteht das Gestein aus einem so stark umkristallisierten Karbonatgranulat, an dem gerade noch Reste von biogenen Strukturen zu erkennen sind.

Diese Gesteine vermitteln zu roten, teilweise dickbankigen, rund 1,80 m mächtigen kieseligen Kalken. Nach Anschliff- und Dünnschliffuntersuchungen (Nr. 3, 4 und 5) haben wir es vorwiegend mit Biomikrit zu tun. Partienweise treffen wir auch auf unsortierten Bioarenomikrit (CL. MONTY, 1963) in Form von runden, unscharf begrenzten Körpern, um den Biomikrit schlierig herumfließt.

An Biogenen finden sich neben Echinodermaten-Resten (Crinoiden und Echinoiden) sehr viele zarte Schälchen (Filamente), Ostrakodenschälchen, Foraminiferenreste, Schalenbruchstücke von Brachiopoden und „Calciosphären“.

Die Kieselsäure ist sehr diffus verteilt, aber gerade um Biogene oft stärker gesammelt und ähnlich auch in kleinsten Rissen als Chalzedon siedelnd, sonst aber auch schon in feinsten Quarzkörnern zwischen Karbonat auskristallisiert.

Je höher hinauf wir in den Kieselkalken kommen, desto dünnbankiger wird die Folge. Eine etwa 4 cm dicke Bank (Nr. 6), etwas linsenförmig zulaufend, wird, im Liegenden wie im Hangenden, von welligen, dunklen, tonigen 2 bis 3 mm starken Häuten begrenzt. Der Unterteil der Bank wird aus einem sehr feinen Mikrit, diffus schlierig, kieselig, gebildet (darüber setzt schlierig Biomikrit ein, dem ein Bioarenomikrit folgt). Gerade die Bioarenomikritlage besteht in dem oberen Abschnitt aus sehr vielen Conodonten (meist Einzahnformen).

Probe (Nr. 7), die bereits die Basis der dunklen, grauen, kieseligen Kalke darstellt, wurde leider von einer stärkeren Umkristallisation erfaßt. Dennoch ist feststellbar, daß es sich um einen Biomikrit handelte (Biogene: Crinoidenstielglieder, Schalen von Lamellibranchiaten und Orthocerenquerschnitte sowie zarte Schälchen [wahrscheinlich Ostrakodenschalen]). Zonenweise kommt eine etwas mehr bioarenitische Ausbildung zur Geltung. Dem Anschliff nach ist es ein Typus, der der Probe (Nr. 3) entspricht, mit dem Unterschied, daß hier an Biogenen fast nur mehr Crinoiden, zu denen sich sporadisch Orthoceren gesellen, auftreten. Die Verkieselung dürfte einerseits doch sehr früh stattgefunden haben, andererseits finden sich Anzeichen, die für eine Mehrphasigkeit der Verkieselung sprechen (M. STORZ, 1931). Über den grauen Kieselkalken setzt eine 10 cm mächtige Lage (Nr. 8) von kieseligem „Knollen-Dolomit“ ein. Ursprünglich handelte es sich wohl um Biomikrit, der im Zuge der Mg-Metasomatose umkristallisierte. Die rot-bräunliche Färbung sowie die tonigen Häute im Liegenden und Hangenden der Bank zeigen starke Anlehnung an den Typus Probe Nr. 3. Der Biomikrit führt verhältnismäßig spärlich Biogene (= sparse Biomikrite nach FOLK [1926 : 76]). Auffallend sind eine Reihe von „Manganflecken“ und -nester. Mit Probe Nr. 9 kommen wir in das hangendste Glied des kieseligen „Knollendolomits“ (stark kalkig), der im wesentlichen aus Biomikriten bis

Bioarenomikriten aufgebaut wird. An Biogenen finden sich massenhaft Crinoiden, die lagenweise mit großen, dünnchaligen Muschelklappen alternieren. Dazwischen gesellen sich in den feineren biomikritischen Lagen hin und wieder Filamente und Ostrakodenschälchen. Das Verhältnis Biomikrit zu Bioarenit ist etwa 5 : 1.

Mit Probe Nr. 10 treffen wir auf einen etwas anders gearteten Sedimentationstypus, der im wesentlichen auf eine \pm gute Sortierung von Biogenen zu-

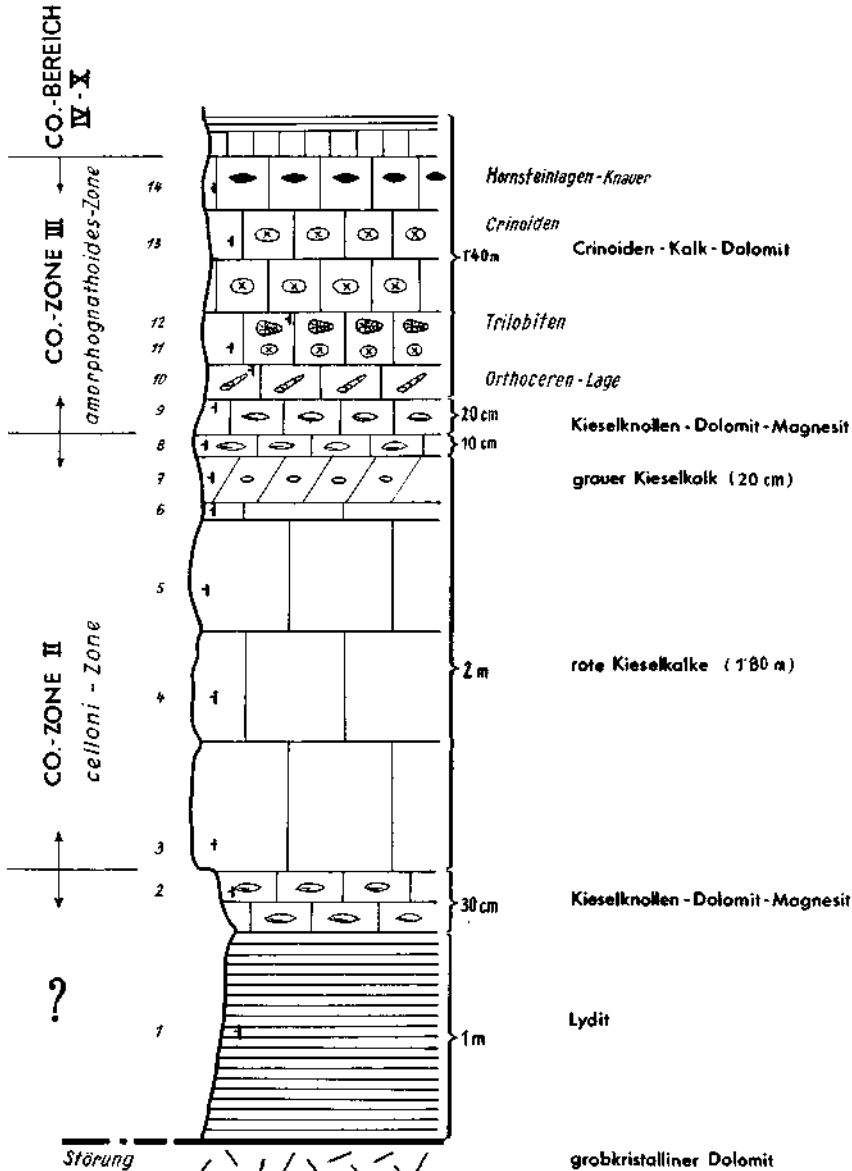


Abb. 2. Profilsäule: Lydit-Kieselkalk-Komplex.

rückzuführen ist (z. B. graded bedding von Crinoidendetritus, \pm geregelte Orthoceren). Beginnend mit schwarzen Kalken, die im wesentlichen aus Biomikrit mit Echinodermatenresten (Crinoidenhäcksels und Schalenreste von Lamelli-branchiaten, Brachiopoden und Conodonten) aufgebaut sind, folgen unter beinahe völligem Aussetzen von Crinoidendetritus Biomikrite mit massenhaft Orthoceren, die sehr gut eingeregelt sind und außerdem durch „fossile Wasserwaagen“ deutlich das Oben und Unten der Bank erkennen lassen. Dieser Typus leitet unter Beibehaltung der gradierten Abfolge von Biogenen (Probe Nr. 11) in die typischen Crinoidenkalken, wie sie bereits von H. MOSTLER (1965 : 6) beschrieben wurden, über. Es soll damit nicht gesagt sein, daß der gesamte Crinoidenkalk-Komplex aus gradiertem Biogendetritus aufgebaut wird. Neben Bereichen von gradiertem Crinoidenmaterial finden wir immer wieder Abschnitte, die reich an „coated grains“ sind oder fast nur aus diesen bestehen. Den Abschluß der Folge bildet ein gut sortierter crinoidenführender Kalkarenit ohne Cephalopoden, aber immer noch reich an Conodonten (Nr. 12, 13). Mit Probe Nr. 14 setzt bereits wieder eine kieselige Entwicklung ein. Es handelt sich um 1 bis 2 cm knollige, bis 3 cm anwachsende Lagen von Hornstein. Ein Typus, wie er speziell in den Horizonten des „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“ vertreten ist.

b) Fauna

In den Lyditen konnten außer Radiolarien und einem Querschnitt durch ein fragliches Paltodus-Element keine weiteren Biogene gefunden werden.

Aus dem Übergang Lydite in kieselige, knollige Dolomite — die genauso wegen des starken Kieselsäuregehaltes ein Herauslösen von Conodonten unmöglich machten —, die wiederum zu Kieselkalken vermitteln, dürfte es sich wohl am ehesten um den Conodonten-Bereich II (*celloni*-Zone) handeln. Vielleicht ist ein Teil des Kieselschiefers, wenn man diesen etwa mit dem Profil der Cellonetta-Rinne (Karnische Alpen) vergleicht — dort ist die *celloni*-Zone 2,40 m mächtig —, in den Conodonten-Bereich I zu stellen.

Der rote, im Hangenden graue, Kieselkalk läßt sich auf Grund folgender Conodontenfauna in den Conodonten-Bereich II = *celloni*-Zone nach O. H. WALLISER (1946 : 96) einstufen.

- Spathognathodus celloni* WALLISER
- Spathognathodus pennatus angulatus* WALLISER
- Ozarkodina adiutricis* WALLISER
- Ozarkodina* sp. ex aff. *Ozarkodina adiutricis* WALLISER
- Neoprioniodus costatus paucidentatus* WALLISER
- Neoprioniodus triangularis tenuirameus* WALLISER
- Roundya brevilata* WALLISER
- Neoprioniodus subcarnus* WALLISER
- Carniodus carnus* WALLISER
- Paltodus unicastatus* BRANSON & MEHL
- Paltodus* cf. *recurvatus* RHODES

Durch die reiche Conodonten-Fauna haben wir es gleich mit 7 Arten zu tun, die nur auf die *celloni*-Zone beschränkt sind (die ersten 7 Arten der Faunenliste).

Die weiteren zwei angeführten Formen kommen sowohl in der *celloni*- als auch *amorphognathoides*-Zone vor.

Die Arten der Gattung *Paltodus* gehen im ganzen Profil durch, wir finden sie selbst im Unter-Devon.

Man könnte an Hand des Materials der Lachtal-Grundalm zu einer weiteren Aufspaltung der *Paltodus*-Arten kommen, doch sind derzeit die einspitzigen Conodonten durch Prof. K. J. MÜLLER an einem viel reichhaltigeren Material in Bearbeitung und demnächst zu erwarten.

Hier seien noch einige Bemerkungen bezüglich der Verteilung der Arten angeführt. O. H. WALLISER (1964:15) schreibt, daß sich die beiden Arten *Spathognathodus celloni* und *Ozarkodina adiutricis* klar aus der übrigen Fauna hervorheben. „Auf 12 *Sp. celloni* und 8 *Oz. adiutricis* kommen von den häufigsten Begleitfaunen maximal je ein Exemplar.“ Nun, in der Fauna der Kieselkalke von der Lachtal-Grundalm treten *Sp. celloni* und *Oz. adiutricis* nur ganz selten auf, während die von O. H. WALLISER (1964:Taf. 4) als häufig angegebenen Formen wie *N. triangularis tenuirameus*, *N. costatus paucidentatus* und *Roundya brevilata* in den Kieselkalcken die weitaus häufigsten Arten darstellen. An einer anderen Stelle, wo in ostrakodenreichen, dunkleren dolomitischen Kalcken, etwa 700 m Luftlinie südlich der Lachtal-Grundalm, auch die *celloni*-Zone nachgewiesen werden konnte, sind *Sp. celloni* und *Oz. adiutricis* neben Einzahn-Formen die weitaus häufigsten oder oft die einzigen.

An den bereits auf S. 160 angeführten Biogenen läßt sich kaum etwas bestimmen, da diese nur zum Teil verkieselt sind, d. h. im herausgelösten Zustand hat man es nur mit Fragmenten zu tun. Nur einen wirklich guten Erhaltungszustand weisen die massenhaft anfallenden Ammodiscinen auf.

Interessant in diesem Zusammenhang ist der Fund einer Einzel-Koralle im mittleren Abschnitt der Kieselkalke. Da bisher nur ein Exemplar geborgen werden konnte — Querschnitt zufällig im Anschliff getroffen — wurde, um das einzige Exemplar nicht zu zerstören, kein Längsschliff angefertigt. Dem Anschliff nach dürfte sie zur Gattung *Syringaxon* zu stellen sein. Es handelt sich um den Querschnitt einer kleinen Einzel-Koralle (6 mm Ø) mit 16 ± zarten Septen, deren axiale Enden sich zu einer Art pseudocolumellaren Bildung verbinden. Die Epithek ist nur zum Teil erhalten. Dissepimente fehlen.

Die Form hat einerseits starke Ähnlichkeit mit der von F. HERITSCH (1929:100) in einer Zeichnung wiedergegebenen „*Allynea perfecta*“ POCTA, vor allem durch das geringe Übergreifen einiger Septen über die pseudocolumella-artige Bildung. Starke Anklänge sind auch an *Syringaxon (Alleynia) magnus* WEISSERMEL, allerdings reichen hier die Septen nicht über den Innenrand hinaus. Gegen *Syringaxon zimmermanni* WEISSERMEL unterscheidet sie sich, abgesehen von der Größe, besonders durch den kleinen Innenraum (0,8 mm Ø).

Da aber weder bekannt ist, durch welchen Abschnitt der Koralle der zufällige Querschnitt führt, ein Längsschliff erst nach Auffinden weiterer Korallen gemacht werden soll, muß von einer näheren Bestimmung Abstand genommen werden.

In der mit einem kieseligen Knollendolomit eingeleiteten, zur Hauptsache aus Crinoidenkalk bestehenden Folge wurde die Conodontenfauna ausführlich beschrieben (H. MOSTLER, 1965:2). Hier soll nur wieder, ähnlich wie in der *celloni*-Zone, darauf hingewiesen werden, daß die beiden so häufigen Elemente wie *Pt. amorphognathoides* und *Oz. gaertneri* im tieferen Teil des Profils (stärkere kieselige Entwicklung) recht selten sind, dafür treten viel häufiger die Vertreter der „Kärntner-Gruppe“ in Erscheinung (z. B. speziell *Carniodus carnulus*).

Ergänzend zu den Aufsammlungen im Frühjahr 1965 wurden nach weiterem intensiven Suchen in einer etwa 15 cm vollkommen verkiesten Bank 2 Glabellen-Reste und 2 recht gut erhaltene Pygidien gefunden, wobei eines der Pygidien ganz den Abbildungen von *Encrinurus beaumonti* BARR. var. *novaki* FRECH in F. HERITSCH (1929 : Taf. VIII) aus den Karnischen Alpen entspricht.

c) *Stratigraphische Einstufung und Vergleich mit dem Unter-Silur der Karnischen Alpen*

Der Conodonten-Bereich I konnte bisher im Raum um Fieberbrunn nirgends nachgewiesen werden und damit fehlen zunächst Anhaltspunkte für das tiefste Silur, wenn auch, wie bereits angedeutet, für die Lydite unter den Kieselkalken infolge ihrer sedimentären Verknüpfung die Möglichkeit einer solchen Einstufung in Erwägung gezogen wird.

Den besten Vergleich für die Untersilurabfolge der Lachtal-Grundalm bietet das von O. H. WALLISER 1965 genauestens, mittels Conodonten untersuchte Profil der Cellonetta (Karnische Alpen).

Die *celloni*-Zone (an der Lachtal-Grundalm 2,10 m mächtig) umfaßt dort ein Schichtpaket mit einer Mächtigkeit von 2,30 m. Nach dem Profil von H. R. v. GAERTNER (1931 : 133) fallen in diesen Abschnitt die Trilobitenschiefer und ein Teil der Aulacopleura-Schichten. Leider steht bisher eine moderne lithologische Bearbeitung dieser Sedimente aus, so daß ein Vergleich auf dieser Basis nur schwer möglich ist.

Lithologische Ähnlichkeiten mit den roten Kieselkalken des Lachtalgrabens wären in den roten und schwarzen, etwas „quarzitischen“ Kalken im hangenden Abschnitt der Trilobitenschiefer zu sehen. Auch die knolligen Kalke im unteren Teil der Aulacopleuraschichten bieten sich zum Vergleich mit den hangendsten Partien der *celloni*-Zone des Lachtalgrabens an.

Für die *celloni*-Zone ist nach O. H. WALLISER nur annähernd eine Obergrenze mit der Graptolithenzone 22 (? 23) anzugeben; nach unten, zum Conodonten-Bereich I, ist sie noch unklar. Es wäre denkbar, daß dieser Zeitabschnitt ungefähr dem der von G. AIGNER 1931 eingestufteten Graptolithen-Zonen entspräche. Daß die Lydite oberhalb (= im stratigraphisch Liegenden) nichts mit dem Graptolithenfundpunkt zu tun haben, beweist ihre Position mit etwa 80 m oberhalb der Einmündung des Bretter-Baches in den Lachtalgraben.

Mit dem Conodonten-Bereich III (= *amorphognathoides*-Zone) kommen wir in den höheren Abschnitt der Aulacopleura-Schichten der Cellonetta, mit schwarzen, plattigen, teilweise rötlichen Kalken. Sie sind zum Teil mit den Crinoidenkalken der Lachtal-Grundalm, besonders auf Grund ihrer faunistischen Zusammensetzung (Makrofauna), vergleichbar (H. MOSTLER, 1965 b).

Durch den Nachweis der Conodonten-Bereiche II und III konnte innerhalb der Kitzbühler Alpen das Llandoveryum (ausgenommen das tiefste) und der untere Teil des Wenlockiums belegt werden. Die von G. AIGNER 1931 auf Grund von Graptolithen in das Llandoveryum eingestufteten Kiesel-schiefer zwischen den „dunklen Kalken“ sind nach der Conodontenfauna in das obere Wenlockium zu stellen.

Im großen gesehen entspricht das tiefere Silur der Lachtal-Grundalm im wesentlichen der „Plöckener Fazies“.

3. Der „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“

a) Gesteine:

Der Dolomit-Kieselschiefer-Komplex beträgt, soweit er hier aufgeschlossen ist, 4,95 m; die Hangendgrenze dieses Sedimentpaketes ist noch völlig offen. Die Grenze zwischen *amorphognathoides*-Zone und dem nächst höheren Horizont läßt sich faunistisch recht scharf fassen, lithologisch vollzieht sich der Übergang schon etwas früher, und zwar mit dem Einsetzen der ersten Hornsteinlagen in den Crinoidenkalken-Dolomiten.

Hier muß gleich vorausgeschickt werden, daß der ganze „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“ aus einer \pm monotonen Abfolge aufgebaut wird. Es alternieren 10—20 cm mächtige laminierte Dolomitbänke mit im Durchschnitt 10 cm mächtigen Kieselschieferlagen (im Maximum 30 cm). Dazu kommt noch, daß dieses Schichtpaket bereits eine \pm ss-parallele Durchbewegung mit sogar teilweiser Zerschering (etwa 30° quer ss) mitgemacht hat, was wesentlich zu einer Umkristallisation beigetragen hat. Damit sind die meisten sedimentären Gefüge verloren gegangen, so daß z. B. in den Dünnschliffen oft nur mehr ein Dolomitgranulit mit kaum mehr erkennenden Biogenen zu sehen ist. Es hat sich als weitaus günstiger herausgestellt, mit Anschliffen, die vorher kurz mit 10% HCl angeätzt wurden, zu arbeiten, denn nur auf diesem Wege kann man gerade noch sedimentäre Reliktgefüge erkennen.

Die Dolomitbänke werden aus Bioareniten-Biomikriten aufgebaut. Biogene sind im wesentlichen Crinoidendetritus, dazu gesellen sich Schalenreste (? Lamellibranchiaten) und immer wieder oft sogar stark gehäuft Orthocerengehäuse. Je näher wir an die Kieselschieferlagen herankommen, desto deutlicher wird eine Schichtung, hervorgerufen durch den Wechsel von gröber- und feinerklastischen Lagen; letztere haben schon einen beträchtlichen Tongehalt. Ein sehr auffallendes Element dieser Serie sind Hornsteinlagen, die bis zu 3 cm Dicke in den laminierten Dolomiten anschwellen können. Oft reichte die Kieselsäure nicht aus, um richtige Lagen aufzubauen, dann hielt sie sich vor allem an Biogene (besonders die Orthoceren-Gehäuse sind in diesem Komplex fast durchwegs verkieselt, sie sind aus diesem Grunde leicht vom Dolomit mittels Ameisensäure herauslösbar).

In den Hornsteinlagen haben sich Dünnschliffe bestens bewährt, sie geben recht guten Aufschluß über die ursprüngliche Zusammensetzung des Sedimentes. Es sind Biomikrite — Bioarenomikrite. An Biogenen befinden sich bei weitem vorherrschend Crinoidendetritus, eine Reihe von Schalenbruchstücken und spärlich Kleingastropoden.

Die Kieselschiefer sind im Übergang vom Dolomit zunächst noch karbonatreich, im Endglied aber vollkommen karbonatfrei und daher tatsächlich als solche zu bezeichnen. In Dünnschliffen bleiben, trotz starker Durchbewegung und teilweiser Verfälschung, noch recht viele Biogene erhalten (sehr stark verfälschte Typen zeigen auch im Dünnschliff keine Relikte mehr). Viele rundovale Querschnitte (leicht deformierte? Radiolarien), Reste von zarten Schalen, vielleicht sogar Ostrakodenschälchen sowie Reste mit Chitinozoen-ähnlichem Aufbau; auch Reticula-Fragmente wurden hin und wieder im Schliff angetroffen.

b) Fauna:

Wie aus der beigegebenen Tabelle hervorgeht, ist der ganze „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“, bis auf 2 Proben, conodontenführend. Bevor wir zur Diskussion einer Trennung des Komplexes in eine *patula*- und eine *sagitta*-Zone schrei-

ten, die sicher modifizierbar ist, soll die gesamte Conodontenfauna dieses Schichtpaketes angeführt werden.

Hindeodella equidentata RHODES
Neoprioniodus excavatus (BRANSON & MEHL)
Ozarkodina media WALLISER
Paltodus cf. *compressus* BRANSON & MEHL
Paltodus cf. *unicostatus* BRANSON & MEHL
Paltodus unicostatus BRANSON & MEHL
Plectospathodus extensus RHODES
Spathognathodus inclinatus inclinatus (RHODES)
Trichonodella excavata (BRANSON & MEHL)
Trichonodella inconstans WALLISER

Die meisten der hier angeführten Formen gehören dem Conodonten-Apparat H nach O. H. WALLISER (1964:18) an. *Trichonodella inconstans*, die zum Conodontenapparat G gestellt wird, tritt hier als einziger Vertreter von G zusammen mit allen Formen des Apparates H auf. Ähnlich ist es mit *Ozarkodina media*, die neben vielen einspitzigen Conodonten ganz isoliert auftritt. Warum der Verfasser zu einer Aufgliederung in die *patula*- bzw. *sagitta*-Zone kommt, hat zweierlei Gründe. Erstens haben wir eine sichere Liegendgrenze (Con.-Zone III), die im sedimentären Verband mit dem Darüberliegenden steht, und außerdem, nur durch eine Aufschlußlücke etwas tiefer im Lachtalgraben (= Hangenteil über dem „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“) durch eine Conodontenfauna mit *Polygnathoides emarginatus* (BRANSON & MEHL) den Beleg, daß das gesamte Profil invers ist. Denn *Polygnathoides emarginatus* setzt erst in der oberen *crassa* Zone ein, so daß wir, abgesehen von der Aufschlußlücke die Conodonten-Zone 2, 3 und 6 durch Leitformen belegt haben während für Zone 4 und 5 nicht eine Spur einer Leitform zu sehen war. Zweitens war es immerhin auffallend,

Tabellarische Zusammenstellung der Mikrofauna des „Dolomit-Kieselschiefer-Komplexes“

Proben Nr.	Conodonten		Schwammnadeln	Graptolithenreste (Reticula-Fragmente)	Sonstige Fossilreste	
	Zone	Fauna				
30	+	sagitta-Zone	—	+	Radiolarien	
29	+		—	—	Radiolarien	
28	+		—	—	—	
27	+		—	+	—	
26	+		—	+	Scolecodonten, Radiolarien	
25	+		—	—	—	
24	+		—	—	—	
23	+		—	+	+	—
22	+		—	+	—	—
21	+		—	+	—	Radiolarien
20	+	patula-Zone	+	—	—	
19	+		+	—	Radiolarien	
18	—		+	—	Scolecodonten, Paracondonten	
17	—		—	—	Ostrakoden, Radiolarien	
16	+		—	—	—	
15	+		—	—	+	Foraminiferen

daß unter den ersten 9 Proben über Zone 3 immer nur *Ozarkodina media* auftrat (eine Form, die in den Karnischen Alpen bereits in der *patula*-Zone vorkommt) und schlagartig mit den nächsten Proben *Trichonodella inconstans*, *Neoprioniodus excavatus*, *Hindeodella equidentata* usw. (in den Karnischen Alpen in Zone 5 und 6) einsetzten.

Sehr bemerkenswert ist hier die Conodonten-Begleitfauna. Sie setzt sich aus Schwammnadeln (Triaxone), Graptolithenfeinbauelementen (Reticula-Fragmente), Radiolarien, Scolecondonten, Ostrakoden, Foraminiferen, Kleingastropoden und dazu (Makrofauna) Orthoceren und Crinoiden zusammen.

Wichtig sind hier die Schwammnadeln und Radiolarien. Mit ihnen ist der sichere Beleg für organische Kieselsäure, sowohl für den Hornstein als auch für den Kieselschiefer gegeben.

Betrachten wir die Graptolithenverbreitung, so finden wir sporadisches Auftreten schon im unteren Teil der *amorphognathoides*-Zone (verkiester *Monograptus pridon* siehe H. MOSTLER, 1965 b) und dann wieder, mit einigen Unterbrechungen, durch den ganzen „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“, d. h. wir haben eine fast durchlaufende Graptolithenführung, etwa von Graptol.-Zone (?23) 24—32 (vom obersten Llandoveryum—Unt. Ludlowium).

Die vom Verfasser aufgesammelten Graptolithen, nicht näher bestimmbar, fallen in den Bereich von Probe 22—26 (siehe Tabelle), würden also etwa in den Zeitabschnitt des oberen Wenlock einzustufen sein.

Graptolithen mit einer Reticula gehören zur Familie *Retiolitidae* LAPWORTH, die vom mittleren Ordovizium bis ins O. Gotlandium vorkommen. Aus den aufgelösten Dolomitproben kommen oft aus vielen Maschen bestehende Reticula-Fragmente vor, die in Form und Größe ganz den von A. EISENACK (1935 : Taf. VI) dargestellten Ausschnitten des *Siculars* entsprechen.

Hier stößt eine Faziesparallelisierung mit dem Profil der Cellonetta bereits auf einige Schwierigkeiten, denn dort setzt die rein kalkige Entwicklung weiter fort, während sich im Lachtalgraben ein laufender Wechsel von tonig-kieseliger und kalkiger Entwicklung vollzieht, wobei immer noch der Karbonatanteil überwiegt. Diese Entwicklung hat Anklänge an das Profil an der Basis des Findenigkofels, wo nach H. FLÜGEL (1964 : 406) ein Verzahnen von kalkiger und kieseliger Fazies stattfindet, nur daß die Entwicklung an der Lachtal-Grundalm zeitlich etwas früher beginnt.

Der „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“ umfaßt im spezialprofilierten Gebiet einen Zeitraum vom mittleren Wenlockium bis etwa tieferes Ludlowium. Nur durch eine Aufschlußlücke getrennt, dürfte, bei gleicher Ausbildung des Gesteins, auch noch der restliche Abschnitt des Unter-Ludlowium miteinzubeziehen sein. Weitere Untersuchungen, besonders auf der Gegenseite des Lachtalgrabens, lassen nach einigen Testproben eine günstigere Gliederung des Hangendkomplexes erwarten.

4. Bemerkungen zum Ablagerungsraum

Bevor wir uns in eine sedimentologische Betrachtungsweise verlieren, müssen wir uns vor Augen halten, daß die Gesteine der Grauwackenzone eine schwache Metamorphose (anchi- bis schwach epimetamorph) mitgemacht haben, d. h. wir müssen uns immer wieder mit einer partiellen Umkristallisation und einer Hand in Hand gehenden Verschieferung, bald stärker, bald schwächer, abfinden. So sind auch bei massigen Gesteinstypen, wie etwa bei den bankigen Kiesalken, die tonigen Bankflächen oft stark durchbewegt, d. h. sedimentäre Gefüge werden

hier verwischt oder unbedeutende Suturen werden infolge starker Durchbewegung stärker herausgearbeitet und können damit eine nicht unbedeutende Fehlerquelle bei der Ausdeutung der Sedimente mit sich ziehen. Dazu kommt noch die Verkieselung, die zum Großteil sicher auf einen primären Kalk-Kieselpelit zurückgehen mag, aber im Zuge der tektonischen Beanspruchung zum Teil wieder mobil wurde, so daß wir uns außerdem mit einer Mehrphasigkeit der Verkieselung etwa im Sinne des sekundären Verkieselungsprozesses nach M. STROZ, 1931, auseinandersetzen müssen.

Weiters spielen hier noch, abgesehen von der sedimentären Pyritvererzung, die in Nestern auftretenden Fahlerzvorkommen herein, durch welche in den Karbonaten eine starke Umkristallisation (Dolomitgrobspatbildung) einsetzt, die über Dezimeter-Bereich hinausgeht. Auf diese Vererzung geht die starke „authigene Quarzföhrung“ zurück, hat also nichts mit Salinar-Fazies zu tun, wenn auch oft der Habitus ganz mit den von W. D. GRIMM (1962 : 883) angegebenen Quarzen übereinstimmt. Aus all diesen Gründen heraus und nicht zuletzt, daß wir es mit einem Profil zu tun haben, das außerdem quer zum Streichen amputiert wurde — d. h. nur sehr geringe Möglichkeit für eine laterale Verfolgung der Fazies — soll das Folgende nur als ein Deutungsversuch gewertet werden.

Wenn wir die gesamte Schichtfolge betrachten, fällt für beide Sedimentkomplexe ein gemeinsames Merkmal sofort heraus; es ist der Kieselsäuregehalt, bald stärker, bald schwächer, aber es gibt kaum eine Schicht, wo er nicht in Spuren in Erscheinung tritt.

Beginnen wir mit den Lyditen, so steht es auf Grund der vielen Radiolarien außer Zweifel, daß es sich um organische Kieselsäure handelt. Daß so viele Radiolarien erhalten bleiben, hängt vom starken Bitumengehalt des Sedimentes und dem damit verbundenen Sauerstoffmangel ab, wodurch nur in geringem Maße eine Auflösung der wasserhältigen Kieselsäure der Radiolarien möglich war (C. W. CORRENS, 1925 : 46).

Über den Lyditen setzt sich noch mit starkem Kieselsäureanteil bereits geringe Karbonatsedimentation durch, in knolliger Ausbildung, umflossen von tonigen Häuten. Ihr folgt ein dickbankig-diffus-kieseliges Schichtglied. Diese knollige Entwicklung, mit Tonhäuten im Hangenden und Liegenden einer Bank, wäre am ehesten als eine „bankexterne“ Subsolution im Sinne R. HOLLMANN'S (1964 : 43) aufzufassen. Das schlierige Herumfließen von Biomikrit (mit über 50 Prozent Biogenanteil, vorherrschend Crinoiden und Filamente) — innerhalb der grob-bankigen Kieselkalke — um unregelmäßig begrenzte Bioarenomikrite (diffus verkieselt) weist auch in dieselbe Richtung und wäre in diesem Fall als eine „bankinterne“ Subsolution zu deuten. Betrachten wir noch dazu den Reichtum an Biogenen in diesem Sediment, wo neben Crinoiden und Filamenten massenhaft Foraminiferen und Conodonten auftreten — letztere z. B. im oberen Teil einer Bank (im Querschnitt auf 2 cm² über 50 einspitzige Conodonten) —, so deutet dies ganz in Richtung einer stratigraphischen Kondensation (A. HEIM, 1934 : 376).

Zusammenfassend, hätten wir es zunächst mit einem bituminösen, sauerstoffarmen, schwach durchströmten Sedimentationsraum zu tun, der wahrscheinlich infolge von Schwefelbakterien eine Karbonatsedimentation nicht aufkommen ließ. Dann stellte sich, zuerst noch zögernd, Karkobantabsatz ein. Der Ablagerungsraum wurde, bei etwa gleichbleibender schwacher Strömung wie vorher, allmählich besser durchlüftet. Unter diesen Verhältnissen bildeten sich durch intermittierende (= zeitweilig aussetzende, aber wiederkehrende; HOLLMANN, 1964 :

44) submarine Subsolution (= untermeerische Kalkauflösung) Hart- und Weichböden. (Die kalkfreien tonigen Absätze und unregelmäßigen Kalkknollen wären als Subsolutionsresiduen im Sinne HOLLMANN'S zu deuten.)

Mit Einsetzen der Crinoidenkalke (Bioarenite) kommt es zu einem Faziesumschlag. Plötzlich starke Einschüttung von vorwiegend Crinoidendetritus (gradiert); diese Art des Sediments läßt sich mit einiger Annäherung als allodapische Kalke nach K. D. MEISCHNER (1964 : 171) deuten (H. MOSTLER, 1965 b : 166). Im hangendsten Anteil dieser Folge beginnen laminierte Dolomite mit Hornsteinlage, die das Bild des ganzen weiteren Profils beherrschen. Bei diesen laminierten Dolomiten handelt es sich nicht primär um eine Dolomitfällung, sondern um eine Umkristallisation von Kalzit zu Dolomit. Es wären also ursprünglich Kalk-Bioarenomikrite (im wesentlichen Crinoidengrus), die mit tonigmikritischen Lagen eine Laminierung andeuten. Das heißt, die ehemals ruhigen Ablagerungsbedingungen versuchten sich immer wieder durchzusetzen, wurden aber durch eine \pm rhythmische Biogendetritus-Schüttung abgelöst bzw. unterbrochen. Nur ganz kurzfristig konnten sich die Bedingungen (bitumreiches, sauerstoffarmes Milieu) der Kieselschieferfazies halten.

5. Zusammenfassung

Von der Lachtal-Grundalm bei Fieberbrunn (westlicher Teil der nördlichen Grauwackenzone) wurde eine silurische Schichtfolge beschrieben. Für den tieferen Abschnitt = „Kieselschiefer-Kieselkalk-Komplex“ konnten mittels Conodonten Llandoveryum (ausgenommen das tiefste) und der tiefere Teil des Wenlockiums nachgewiesen werden. Die Hangendfolge = „Dolomit-Kieselschiefer-Komplex“ vermittelt vom mittleren Wenlockium in das tiefere Ludlowium. Aus der Hangendfolge stammen die Graptolithen führenden Kieselschiefer, die G. AIGNER (1931) in das Llandoveryum (Graptolithenzone 18—22) eingestuft hat. Der schlechte Erhaltungszustand der neu aufgesammelten Graptolithen erlaubte keine artliche Bestimmung, doch die aus dem gleichen Horizont stammenden Conodonten zeigten klar, daß die bisherige Einstufung zu revidieren ist, d. h. die Kieselschiefer sind in das obere Wenlockium zu stellen.

Literatur

- AIGNER, G.: Silurische Versteinerungen aus der Grauwackenzone bei Fieberbrunn in Tirol. — Verh. Geol. B. A. Wien, 222—224, Wien 1930.
- AIGNER, G.: Eine Graptolithenfauna aus der Grauwackenzone von Fieberbrunn in Tirol nebst Bemerkungen über die Grauwackenzone von Dienten. — Sitzber. Akad. Wiss. Wien, m.-n. Kl. I, 140, 23—55, Wien 1931.
- BASSLER, R. S.: Faunal lists and descriptions of paleozoic corals. — Geol. Soc. Am. Memoir 44, 315 S., New York 1950.
- CORRENS, C. W.: Beiträge zur Petrographie und Genesis der Lydite (Kieselschiefer). — Mitt. Abt. f. Erz-, Salz- und Gesteinsmikroskopie d. Preuß. Geol. L. Anst., Berlin 1924.
- CORRENS, C. W.: Einige Bemerkungen über die Entstehungsgeschichte der Lydite. — Nachrichtenblatt f. Geologie etc., 2. Jg. Nr. 3, 46—47, Leipzig 1925.
- EISENACK, A.: Neue Graptolithen aus Geschieben baltischen Silurs. — Paläont. Z. 17, 73—90, Berlin 1935.
- EISENACK, A.: Einige neue Annelidenreste aus dem Silur und dem Jura des Baltikums. — Ztschr. f. Geschiebeforschung und „Flachlandsgeologie“, 15, 153—176, Frankfurt 1939.
- FLÜGEL, H.: Das Paläozoikum in Österreich. — Mitt. Geol. Ges. Wien 1963, 56, 401—443, Wien 1964.
- GAERTNER, H. R. v.: Geologie der zentralkarnischen Alpen. — Denkschr. Akad. Wiss. Wien, m.-n. Kl., 102, 113—119, Wien 1931.

- GRIMM, W.D.: Idiomorphe Quarze als Leitminerale für salinare Fazies. — Erdöl u. Kohle, 15. Jg., 880—887, Hamburg 1962.
- HERITSCH, F.: Fauna aus dem Silur der Ostalpen. — Abh. Geol. B. A. 23, 183 S., Wien 1929.
- HERITSCH, F., & H. HERITSCH: Lydite und ähnliche Gesteine aus den Karnischen Alpen. — Mitt. Geol. Ges. Wien 1941, 34, 127—164, Wien 1942.
- HOLLMANN, R.: Subsolutions-Fragmente. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh. 119, 22—82, Stuttgart 1964.
- LOEBLICH, A. R., & H. TAPPAN: Protista 2, Sarcodina chiefly „Theca-amoebeans“ and Foraminifera. — In: R. C. MOORE, Treatise on Invertebrate Paleontology, Part C, 1964.
- MEISCHNER, K.-D.: Alłodapische Kalke, Turbidite in Riff-nahen Sedimentationsbecken. — Developments in Sedimentology, 3, Turbidites. Elsevier, Amsterdam 1964.
- MONTY, Cl.: Bases d'une nomenclature des roches calcaires marines. — Soc. Géol. de Belgique, 86, 87—122, Brüssel 1963.
- MOSTLER, H.: Bericht über stratigraphische Untersuchungen in der westlichen Grauwackenzone. — Anz. Akad. Wiss. Wien, m.-n. Kl., 37—39, Wien 1965 a.
- MOSTLER, H.: Conodonten aus dem Paläozoikum der Kitzbühler Alpen (Tirol). — Verh. Geol. B. A. Wien, 163—167, 1965 b.
- OHNESORGE, Th.: Über Silur und Devon der Kitzbühler Alpen. — Verh. Geol. R. A. Wien, 373—377, Wien 1905.
- POKORNY, V.: Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. Bd. I. Veb. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1958.
- SCHOUPPE, A.: Beitrag zur Kenntnis des Baues und der Untergliederung des Rugosen-Genus *Syringaxon* LINDSTRÖM. — S.-B. Akad. Wiss., m.-n. Kl., Abt. I, 160, 207—216, 2 Abb., Wien 1951.
- SCHOUPPE, A.: Die Korallenfauna aus dem ef des Paläozoikums von Graz. — Mitt. Naturw. Ver. Stmk., 84, 159—171, Taf. 2, Graz 1954.
- STORZ, M.: Die sekundäre authigene Kieselsäure in ihrer petro-genetisch-geologischen Bedeutung. — Monographien zur Geologie u. Paläontologie, I. Teil, 135 S., Berlin 1928 u. II. Teil, 139—429, Berlin 1931.
- WALLISER, O. H.: Conodonten aus dem oberen Gotlandium Deutschlands und der Karnischen Alpen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 85, 28—52, 3 Abb., 1 Tab., Taf. 1—3, Wiesbaden 1957.
- WALLISER, O. H.: Conodontenchronologie des Silurs (-Gotlandiums) und des tieferen Devons mit besonderer Berücksichtigung der Formationsgrenze. — Symposium Silur-Devon, Bonn—Bruxelles 1960, 281—287, Stuttgart 1962.
- WALLISER, O. H.: Conodonten des Silurs. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch. 41, 106 S., Wiesbaden 1964.
- WEISSERMEL, W.: Korallen aus dem Unterdevon des östlichen und westlichen Schiefergebirges Thüringens. — Zs. Dt. Geol. Ges., 93, 163—212, Berlin 1941.

Ludlow-Conodonten aus einem Kalkgeröll der Kainacher Gosau

VON GERD FLAJS und WALTER GRÄF *)

Zusammenfassung: Es wird die Mikrofazies und Mikrofauna eines Kalkgerölles aus einem Konglomerat der Kainacher Gosau beschrieben und mit den Kalken von Laufnitzdorf (Grazer Paläozoikum) verglichen. Die festgestellte weitgehende Übereinstimmung in Gesteinsausbildung und Fauna ist im Hinblick auf die Frage der Geröllherkunft der Gosau-Konglomerate (W. GRÄF, 1965) von Interesse.

*) Anschrift der Verfasser: Lehrkanzel für Paläontologie und Historische Geologie bzw. Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Graz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 1966

Band/Volume: [1966](#)

Autor(en)/Author(s): Mostler Helfried

Artikel/Article: [Zur Einstufung der "Kieselschiefer" von der Lachtal - Grundalm \(Fieberbrunn, Tirol\) 157-170](#)