

**Mikrofazielle, geochemische und paläogeographische Untersuchungen
des Plattenkalks und der Kössener Schichten
der mittleren Gailtaler Alpen (Kärnten). **)**

von

Manfred KÖHLER *)

(mit 1 Tab., 24 Abb. und 7 Taf.)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	129
Legende und Abkürzungen	131
Einleitung und Dank	132
Untersuchungsmethoden	133
Plattenkalk	133
Zusammenfassung Plattenkalk	140
Kössener Schichten	142
Mikrofazies der Kössener Schichten	145
Mikropaläontologische Untersuchungen der Kössener Schichten	147
Zyklische Sedimentation in den Kössener Schichten	150
Ca-Dolomite als Milieuanzeiger	154
Tonmineraluntersuchung	158
Paläogeographie	160
Paläogeographische Schlußfolgerungen	168

Zusammenfassung

Der bei van BEMMELEN (1957, 1961) als Unterrhät bezeichnete Abschnitt der Obertrias gliedert sich in den **Unteren und Oberen Plattenkalk**, wobei als deutliche Grenze ein Geröllhorizont auftritt. Die Abtrennung des Hauptdolomits vom Plattenkalk, sofern

*) Anschrift des Verfassers: Dr. Manfred Köhler, Institut für Geologie und Paläontologie, Universitätsstraße 4/II, A-6020 Innsbruck, Österreich.

***) Diese Arbeit wurde vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich unterstützt.

dieser am Übergang dolomitisch entwickelt ist, konnte mit Hilfe der Zusammensetzung der **Ca-Dolomite** eindeutig getroffen werden. Die Ca-Dolomite stellen daneben wichtige Salinitätsanzeiger (Milieuindikatoren) dar.

Die bisher in das Oberrhät gestellten **Kössener Schichten** erwiesen sich durch mikrofaunistische Untersuchungen als Mittel–Oberrhät. Der Übergang zu Rhät bzw. Lias ist im Untersuchungsbereich nicht aufgeschlossen.

Auf Grund ihrer **zyklischen Sedimentation** lassen sich die Kössener Schichten in mindestens 4 Abschnitte gliedern. Es wurden dazu Untersuchungen über den Karbonatgehalt, die Fossilführung, die Zusammensetzung der Ca-Dolomite, die Tonmineralzusammensetzung und die Schichtmächtigkeiten durchgeführt. Aus den vorliegenden Daten läßt sich ein **paläogeographisches** Bild des Ablagerungsraumes rekonstruieren: das Liefergebiet für Plattenkalk und Kössener Schichten lag im NW. Nach SE werden die Schichtmächtigkeit und die Korngröße der Tonminerale geringer, Tonschieferlagen werden zunehmend von Mergeln bzw. Kalken vertreten. Die Wassertiefe nahm von W (Flachwasserbereich) nach E stetig zu, im Plattenkalk dürfte sie die 50 m-Marke (Radiolarien) überschritten haben.

Summary

The Lower Raetian as described by van BEMMELEN (1957, 1961) is divided in the **Lower and Upper Plattenkalk**, whereby a conglomeratic horizon appears as a clear border. The separation of the Hauptdolomit from the Plattenkalk (so far as it is developed dolomitic in the passage) was clearly possible with the help of the composition of the **Ca-dolomites**. The Ca-dolomites represent important indicators of salinity (hints of environment).

The **Kössener beds** till now dated to the Upper Raetian could be demonstrated as Middle–Upperrhätian by microfaunistic inquiries. The passage to the Raetian or Liassic is not observable in the investigation-area.

Because of the **cyclic sedimentation** the Kössener beds can be divided in at least 4 parts. For that purpose tests concerning the content of carbonate, the composition of biogens, Ca-dolomites and clay minerals as well as the thickness of the layered sequence were executed. The submitted data allow the **paleogeographic** reconstruction of the primary sedimentation area: the origin of the terrigene material was situated in the NW. To the SE the thickness of the layered sequence and the granularity of the clay minerals is decreasing; argillaceous schists are progressively represented by marls respectively limestones. The depth of water was increasing constantly from the west (shallow water) to the east; in the Plattenkalk the depth probably had passed over the 50 m mark (radiolaria).

Riassunto

La parte del Trias superiore indicata da van BEMMELEN (1957, 1961) come Reticco inferiore, si divide in **Plattenkalk inferiore e superiore**, dove come limite chiaro appare un orizzonte conglomeratico. La separazione tra dolomia principale e Plattenkalk, nel suo sviluppo dolomitico esistente tra i due, si è potuta stabilire chiaramente esaminando chimicamente la dolomite calcitica.

La dolomite calcitica, inoltre, rappresenta un importante indicatore della salinità (indicatore d'ambiente). Gli strati di Kössen, finora classificati come Retico superiore, per mezzo di ricerche microfaunistiche si sono rivelate come appartenenti al Norico medio e superiore. Il passaggio al Retico e Liassico, nella zona esaminata, non affiora.

In base alla loro sedimentazione ciclica gli strati di Kössen si possono suddividere perlomeno in 4 sezioni. Inoltre sono state eseguite ricerche riguardanti il contenuto carbonatico e biogenetico, la composizione chimica della dolomite calcitica e dei minerali argillosi e la potenza degli strati. Con i dati a disposizione si può ricostruire un quadro paleogeografico dell' ambiente di sedimentazione: la zona di provenienza del materiale detritico degli strati di Kössen e del Plattenkalk era situata a NW. Verso SE la potenza degli strati e la grandezza granulare dei minerali argillosi diminuiscono; gli orizzonti ad argillo-scisti vengono sostituiti progressivamente da marna e calcare. La profondità marina aumentò costantemente da ovest (zona ad aque basse) verso est; nella zona a Plattenkalk la profondità ha potuto superare il limite di 50 m (radiolari).

Legende und Abkürzungen:

In den Profilen wurden folgende Signaturen verwendet:



Kalke

TS = Tonschiefer



Mergel

GH = Geröllhorizont



Tonschiefer

Ob. PK = Oberer Plattenkalk

Unt. PK = Unterer Plattenkalk



Kalke mit Klaste

HD = Hauptdolomit



Kalke mit welligen bzw. knolligen Schichtflächen



Laminierte Kalke



Kalke mit Biogene



Tonschiefer mit Biogene

1) EINLEITUNG und DANK

Vorliegende Arbeit stellt einen Auszug aus der Dissertation „Mikrofazielle und geochemische Untersuchungen des Plattenkalks und der Kössener Schichten der Mittleren Gailtaler Alpen (Kärnten)“ dar, die im Sommer 1973 am Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck vorgelegt wurde.

An dieser Stelle möchte ich Univ.-Prof. Dr. W. Heißel für die Zuteilung eines Dissertationsthemas danken. Mein besonderer Dank gilt Univ.-Doz. H. Mostler und Dr. W. Resch, die die Bestimmung der Mikrofossilien vornahmen und mir in Diskussionen viele wertvolle Hinweise gaben. Daneben bin ich zu großem Dank dem Vorstand des Institutes für Mineralogie und Petrographie Univ.-Prof. J. Ladurner verpflichtet, der mir sämtliche Geräte und Apparaturen seines Institutes zur Verfügung stellte, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Hier sei auch noch Univ.-Doz. G. Hoschek gedankt, der mir viele Anregungen bei der Tonmineraluntersuchung gegeben hat.

Die mikrofaziellen Untersuchungen wurden durch die isoklinale Faltung, besonders in den Kössener Schichten sehr erschwert, so daß vor der Interpretation eines Profils immer eine tektonische Analyse erfolgen mußte, um die Faltung, zumindest in groben Zügen, abwickeln zu können.

Abb. 1 zeigt die Lage der aufgenommenen Profile im Untersuchungsbereich. Für die mikrofaziellen Untersuchungen wurden 7 Profile, beginnend mit dem Profil Gailbergsattel und Oberdrauburg im W bis zum Profil Wiederschwing im E aufgenommen. Davon liegen 6 Profile im N des ursprünglichen Sedimentationsraumes, das Profil Weißenbach als einziges im S. Mit ihnen konnte eine detaillierte Untergliederung des Ablagerungsraumes sowohl in W–E- als auch in N–S-Richtung vorgenommen werden.

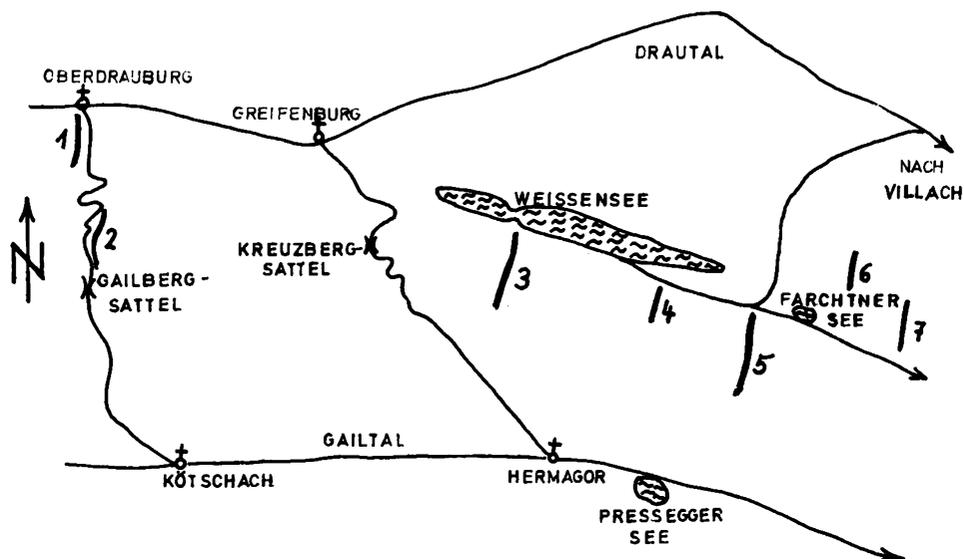


Abb. 1: Lage der untersuchten Profile im Aufnahmebereich

2) UNTERSUCHUNGSMETHODEN

Von den aufgesammelten Proben wurden für die mikrofaziellen Fragestellungen Dünnschliffe angefertigt. Für die chemischen Untersuchungen wurden die Proben zunächst in einer Kugelmühle gemahlen, dann mittels Karbonatbombe (G. MÜLLER & M. GASTNER, 1971) auf ihren Calcit- und Dolomitgehalt hin untersucht (die dabei angewandten Methoden werden im gleichen Band unter „Methoden zur Bestimmung des Calcit- und Dolomitgehaltes“ beschrieben). Mit dem Diffraktometer wurde die Zusammensetzung der Ca-Dolomite und Mg-Calcite ermittelt, wobei auch Röntgenfluoreszenzverfahren angewendet werden mußten, weiters die Tonmineralverteilung und Verbindungen, die bei bestimmten chemischen Reaktionen entstehen. Mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR konnte die Korngrößenverteilung in Kalken und Tonschiefern bestimmt werden.

Mikrofossilien wurden mittels Essigsäure, Ameisensäure, Glaubersalz bzw. H_2O_2 aus Kalken, Dolomiten und Tonschiefern herausgelöst.

3) PLATTENKALK (= Unterrhät i. S. van BEMMELEN 1957, 1961).

Im Gelände wurde die Grenze zwischen Plattenkalk und Hauptdolomit zweckmäßigerweise mit dem ersten Auftreten einer Calcitbank gezogen. Bei einer dolomitischen Entwicklung des Plattenkalks konnte die Abgrenzung durch das Auftreten von Ca-Dolomiten im dm-Bereich getroffen werden (siehe Pkt. 6: Ca-Dolomite als Milieuanzeiger).

3.1) Profil Gailbergsattel

(Abb. 2, Taf. 1)

Es ist auf einer Länge von ca. 500 m entlang der Gailbergbundesstraße aufgeschlossen. Ausgangspunkt ist die Grenze Hauptdolomit/Plattenkalk, die etwa 1 km nördlich der Paßhöhe verläuft. Der unmittelbare Übergang von Hauptdolomit zu Plattenkalk kann hier aber nicht beobachtet werden.

Der Plattenkalk stellt eine Abfolge von cm–m gebankten, meist bläulich-schwarzen bis schwärzlichen, fossilarmen bis fossilfreien Calcimikriten, seltener Dolomikriten dar. Die lithologische Ausbildung ist sehr gleichförmig, auffallend allerdings ist der rhythmische Wechsel von feinbankigen und grobbankigen Kalken, der Hinweise auf eine zyklische Sedimentation liefern könnte, die in den Kössener Schichten auf verschiedene Weise nachgewiesen werden konnte. Der Plattenkalk erwies sich sowohl megaskopisch als auch mikroskopisch als sehr fossilarm. Insgesamt konnten nur 5 Ostrakoden gefunden werden, die zur Bestimmung H. KOZUR übergeben werden. Daneben treten spärliche, stratigraphisch nicht verwertbare Echinodermenbruchstücke auf.

Eine genaue stratigraphische Abfolge kann für das Profil Gailbergsattel nicht erstellt werden, da einerseits die einförmige Lithologie und andererseits größere Aufschlußlücken das Erkennen von Faltenstrukturen sehr erschweren. Trotz dieser Schwierigkeiten konnte eine Untergliederung des Plattenkalks getroffen werden.

Gliederung des Plattenkalks

1) Über dem Hauptdolomit folgt eine 5 m mächtige Wechsellagerung von Dolo- und Calcimikriten mit LF-Gefügen, die noch stark an die Hauptdolomit-Fazies erinnern.

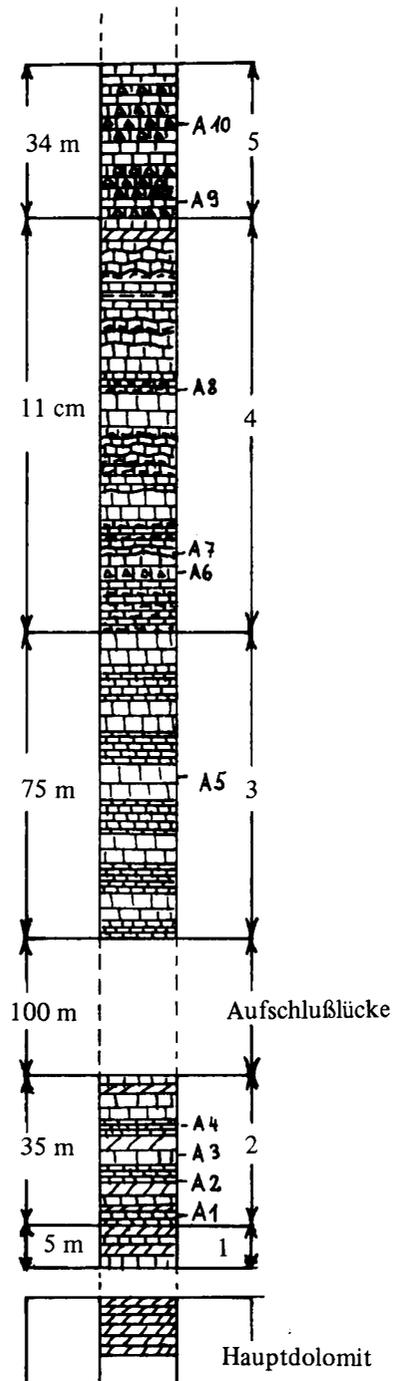


Abb. 2: Profil Gailberg (schematisch)

2) Ca. 35 m Wechsellagerung von mm–cm gebankten und dm– $\frac{1}{2}$ m gebankten Calcimikriten, die vereinzelt feine Mergelhäute auf den Schichtflächen haben. In diesem Abschnitt treten nur sehr selten dünne Dolomitlagen auf.

3) Über einer 100 m mächtigen Aufschlußlücke folgt ein rein kalkiger Komplex, der ca. 75 m mächtig wird. Der rhythmische Wechsel von feinbankigen und gröberbankigen Calcimikriten ist hier besonders ausgeprägt, nach oben treten vereinzelt mergelige Lagen auf.

4) Ca. 110 m Wechsellagerung von stark tonig verunreinigten Calcimikriten (z. T. schon mergelig) und reinen, dickbankigen Calcimikriten. Die mergeligen Schichtglieder zeigen wellige, teilweise knollige Schichtflächen. Am oberen Ende tritt eine 5 cm mächtige Dolomitlage auf. In diesem Abschnitt läßt sich erstmalig eine Verfaltung nachweisen, wobei der plastischen Verformung der Wechsel von kompetenten und inkompetenten Schichten zugute kam.

5) 34 m cm–dm gebankte Calcimikrite, in denen bis 10 m mächtige Geröllhorizonte auftreten. Die überwiegend calcitischen Komponenten erreichen maximal 10 cm Länge, sie sind meist abgerundet, rundlich-oval, seltener stäbchenförmig. Teilweise werden diese Resedimenten ähnlich, wenn sowohl Komponenten als auch umgebendes Sediment eine Verformung im noch plastischen Zustand zeigen.

Darüber endet das Profil, so daß kein lückenloser Übergang zu den Kössener Schichten (Profil Oberdrauburg) besteht. Die Gesamtmächtigkeit des Plattenkalks kann deshalb nur geschätzt werden, sie dürfte aber etwa 300 m betragen.

Über die Verteilung des Gesamtkarbonatgehaltes, die Zusammensetzung der Ca-Dolomite und die mineralogische Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes gibt die Taf. 1 Aufschluß. Hier werden auch unter Pkt. 8: Paläogeographie, die Ergebnisse eingehend diskutiert.

3.2) Profil Naggl Graben

(Abb. 3., Taf. 2)

Dieses Profil befindet sich im Naggl Graben (auch Mittagsgraben genannt), der sich von der Ortschaft Naggl am Weißensee nach S erstreckt. Durch den Bau einer Forststraße wurden neue Aufschlüsse geschaffen, die eine fast lückenlose Aufnahme des Plattenkalks und der Kössener Schichten erlaubten.

Der Plattenkalk stellt hier eine Abfolge von cm– $\frac{1}{2}$ m gebankten Calci- und Dolomikriten dar mit einigen wenigen mergeligen Zwischenschaltungen. Dolomite sind stärker am Aufbau der Schichtfolge beteiligt als im Profil Gailbergsattel. Auffallend die feinstlamierten Kalke, deren Dolomitgehalt im cm-Bereich wechselt, so daß eine markante Bänderung durch Änderung der Gesteinsfarbe entsteht.

Gliederung des Plattenkalks

1) Ca. 30 m Wechsellagerung von Dolo- und Calcimikriten, die eine ausgeprägte Feinschichtung zeigen. Stellenweise (z. B. am unmittelbaren Kontakt zum Hauptdolomit) treten geringmächtige Breccienlagen auf.

2) 27 m dm gebankte, feingeschichtete Calcimikrite mit deutlicher Farbbänderung. Dolomite fehlen hier.

3) 10 m dm gebankte, geröllführende Kalke, die von einigen mergeligen Kalcken unterbrochen werden.

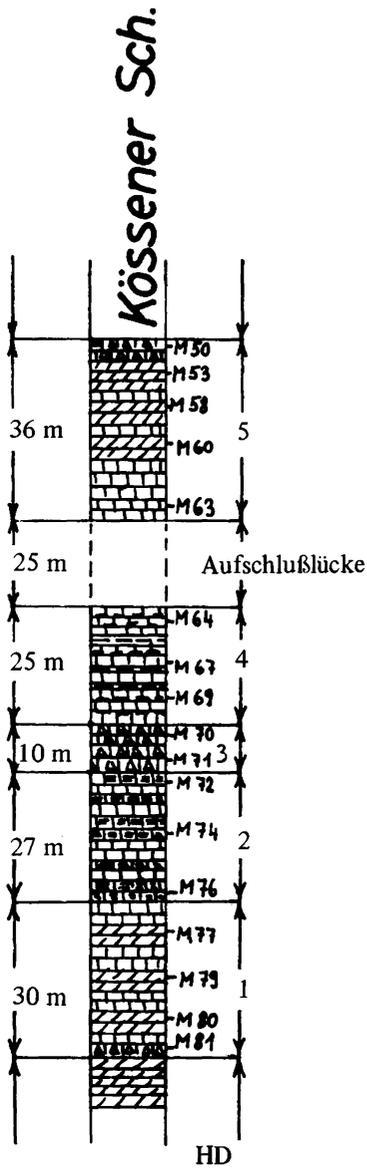


Abb. 3: Profil Nagger Graben (schematisch)

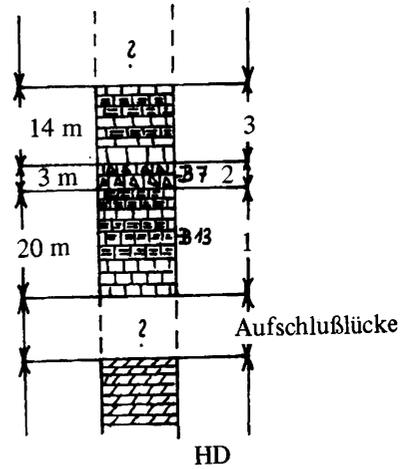


Abb. 4: Profil Bodenalm (schematisch)

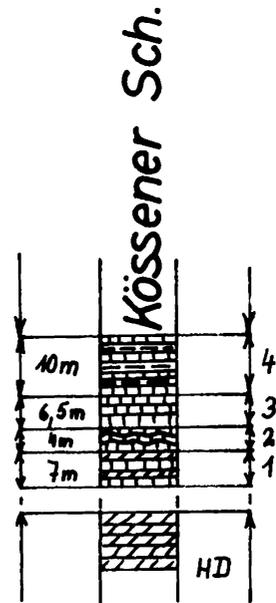


Abb. 5: Profil Weißenbach (schematisch)

4) 25 m dm gebankte feinschichtige Calcimikrite im Wechsel mit cm-mächtigen Mergeln und Mergelkalken.

5) Nach 25 m Aufschlußlücke folgt eine 36 m mächtige Wechsellagerung von Calci- und Dolomikriten, die stellenweise wieder laminiert sein können. Mergelige Einschaltungen fehlen hier zur Gänze. Die Kalke zeigen im frischen Bruch eine blau-schwarze Farbe zum Unterschied von den braun-schwarzen mergeligen Kalken, an der Oberfläche wittern sie rötlich an.

Der Plattenkalk endet nach oben mit einer 1 m mächtigen Breccienlage, über der die Tonschiefer der Kössener Schichten folgen.

3.3) Profil Bodenalm

(Abb. 4)

Das Profil befindet sich SE der Bodenalm im ersten Graben W des Weges, der von der Bodenalm zur Möschacheralm führt. In ihm kann weder der Übergang Hauptdolomit/Plattenkalk noch jener von Plattenkalk/Kössener Schichten beobachtet werden.

Der Plattenkalk setzt sich hier aus sehr reinen, dm-gebankten, fossilarmen Calcimikriten mit teilweiser deutlicher Laminierung zusammen. Dolomite fehlen zur Gänze, Mergeleinschaltungen finden sich nur vereinzelt. Die Schichtfolge ist verfaltet.

Gliederung des Plattenkalks

1) Ca. 20 m dm gebankte Calcimikrite mit deutlicher feiner Laminierung bzw. Bänderung, die durch einen Wechsel des Kalk/Dolomit-Verhältnisses bedingt ist. Nach oben nimmt die Laminierung zu, ebenso treten Mergel auf den Schichtflächen häufiger auf.

2) 3 m Calcimikrite mit Geröllen. Die calcitischen Komponenten erreichen Größen bis zu 10 cm, sie sind gut verrundet, Kornsortierung fehlt.

3) 14 m dm gebankte, teilweise bituminöse Calcimikrite mit stellenweiser deutlicher Laminierung.

3.4) Profil Weißenbach

(Abb. 5, Taf. 3)

Es befindet sich S des Weilers Weißenbach im ersten Graben östlich des Weithalgrabens. Durch seine südliche Lage im ehemaligen Ablagerungsraum nimmt es eine lithologische Sonderstellung ein: es fehlt im Plattenkalk der Geröllhorizont und die Tonschiefer der Kössener Schichten werden durch Mergel vertreten.

Der Plattenkalk setzt sich aus cm-dm gebankten Calcimikriten und untergeordnet Dolomikriten zusammen. In höheren Teilen des Profils folgt eine Wechsellagerung von Kalken und Mergeln.

Gliederung des Plattenkalks

1) 7 m Wechsellagerung von cm-dm gebankten, dunkelbraunen Calci- und Dolomikriten. Die Schichtflächen sind wellig verbogen.

2) 3-4 m cm-dm gebankte Calcimikrite mit wellig verbogenen Schichtflächen.

3) 6,5 m dm-gebankte Calcimikrite: vermutlich entspricht dieser Horizont der Gerölllage der anderen Profile.

4) 10 m rhythmische Wechsellagerung von cm-dm gebankten, blauschwarzen Calcimikriten und dünnen Mergeln, die nach oben etwas mächtiger werden.

3.5) Profil Gasseralm

(Abb. 6)

Die Aufschlüsse liegen etwas N der Gasseralm in der Nähe des Fahrweges. Diese nördlichste aller 7 Profile ist am stärksten tektonisch gestört, so daß die Angaben über Schichtmächtigkeit und stratigraphische Abfolge unsicher sind.

Der Plattenkalk wird aus überwiegend Dolo-, seltener Calcimikriten aufgebaut. Die Mergelzwischenlagen können sehr karbonatarm (bis 33% Karbonatgehalt) werden. Der Übergang zu Hauptdolomit bzw. Kössener Schichten ist nicht aufgeschlossen. Eine Fossilführung scheint zu fehlen.

Gliederung des Plattenkalks

1) 36 m cm–dm gebankte Dolomikrite–Doloarenite mit Tonschiefer- und Mergel-einschaltungen, vereinzelt auch Calcimikrite. Die dunkelbräunlichen Dolomite führen recht häufig Komponenten (Klaste) bzw. Filamenten und zeigen LF-Gefüge, meist sind sie bituminös.

2) 12 m dm– $\frac{1}{2}$ m gebankte Calcimikrite, in denen bis 2 m mächtige Geröllhorizonte auftreten, die bis zu 7 cm große verrundete Klaste führen.

3) 24 m Wechsellagerung von cm–dm gebankten Dolo- und Calcimikriten, wobei sich bis zu 10 cm mächtige bituminöse Tonschiefer zwischenschalten. In dieser stark bituminösen Schichtfolge zeigen die Dolomite und Kalke feine Laminierungen.

4) 40 m dm gebankte helle–dunkelbraune Dolomikrite, teilweise finden sich auch Flammendolomite (= Zebradolomite). Daneben treten dm-mächtige schwarze, bituminöse Tonschiefer und Mergel auf.

5) 24 m Wechsellagerung von cm–dm gebankten, laminierten Calci- und Dolomikriten. Tonschiefer fehlen hier.

3.6) Profil Wiederschwing

(Abb. 7, Taf. 4)

Dieses östlichste Profil ist entlang einer Forststraße aufgeschlossen, die vom Bodental durch den Moschbachgraben zum Wiederschwing führt. Der Plattenkalk setzt sich aus dm-gebankten Calci- und Dolomikriten zusammen, wobei zusätzlich Mergel in der Schichtfolge auftreten können. Auffallend ist die starke Reduzierung der Schichtmächtigkeit.

Gliederung des Plattenkalks

1) 6 m Wechsellagerung von dm-gebankten Dolo- und Calcimikriten mit cm-großen Hohlraumgefügen. Die Dolomite sind stark zerrieben und werden nach oben etwas mergelig. In diesem Abschnitt finden sich bereits Gerölle.

2) 4–5 m dm gebankte Calcimikrite, die zahlreiche Klaste führen.

3) 3–4 m Wechsellagerung von Calci- und Dolomikriten.

4) 8 m Wechsellagerung von dm gebankten tonig verunreinigten, laminierten Calci-mikriten und Mergeln. Der Tongehalt der Kalke nimmt nach oben hin zu.

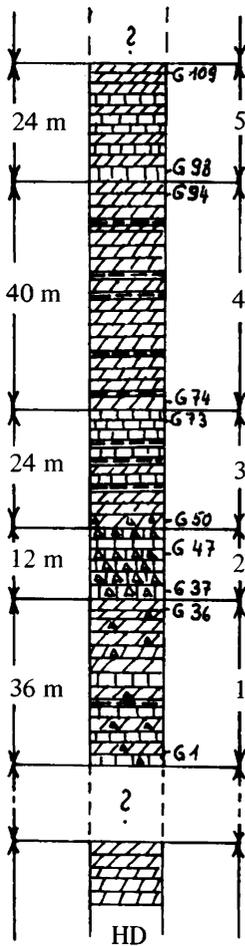


Abb. 6: Profil Gasseralm (schematisch)

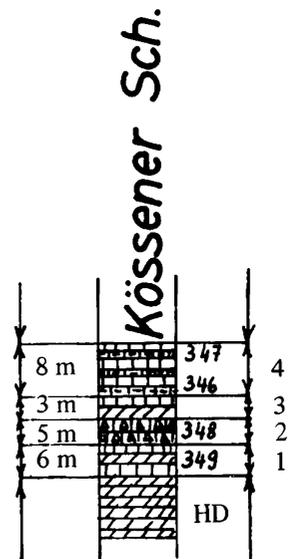


Abb. 7: Profil Wiederschwing (schematisch)

Zusammenfassung

In Abb. 8 wurde versucht, ein Idealprofil für den Plattenkalk zu erstellen, in dem alle Schichtglieder entwickelt sind.

- 1) Wechsellagerung Calci- und Dolomikrite.
- 2) Calcimikrite: im W rhythmische Folge von dickbankigen und feinkbankigen Lagen, weiter im E Laminite.
- 3) Wechsellagerung von Calcimikriten und mergeligen Calcimikriten, Schichtflächen oft wellig oder knollig.
- 4) Geröllhorizont:
- 5) Wechsellagerung von tonig verunreinigten Calcimikriten mit Mergeln.
- 6) Wechsellagerung von Calcimikriten und Dolomikriten. Nach oben Abschluß mit Breccienlage.

Die Schichtglieder 1–3 können als **Unterer Plattenkalk**, 5–6 als **Oberer Plattenkalk** zusammengefaßt werden. Die Mächtigkeiten der einzelnen Schichtglieder sind auf Grund der Paläogeographie regional verschieden.

Plattenkalk ist eine Wechsellagerung von cm–dm gebankten bzw. $\frac{1}{2}$ m–m gebankten, häufig feinst laminierten, fossilarmen Calci- und Dolomikriten. Tonschiefer und Mergel treten öfters als dünne Zwischenlagen auf den Bankungsfugen auf.

Der Geröllhorizont setzt sich aus bis zu 10 cm großen Calcit- bzw. Dolomitbruchstücken zusammen. Die Komponenten sind meist gerundet, die Sortierung ist eher schlecht, die Korngröße wechselt schon im Aufschlußbereich, eine Abnahme der Korngröße in Abhängigkeit vom Liefergebiet konnte nicht festgestellt werden.

Im Plattenkalk tritt besonders im W zyklische Sedimentation auf, die sich im Wechsel von feinkbankigeren und grobkbankigeren Lagen dokumentiert. Wegen der eintönigen lithofaziellen Entwicklung konnte sie aber nicht so fein differenziert werden als in den Kössener Schichten. Sowohl megaskopisch als auch mikroskopisch erweist sich der Plattenkalk als sehr fossilarm. Im Dünnschliff wurden unskulpturierte Ostrakoden, Echinodermenreste und Schalenbruchstücke erkannt. Das Auftreten von Radiolarien im E des Untersuchungsbereiches ist bemerkenswert.

Alter: Da keine stratigraphisch verwertbaren Formen vorliegen, kann eine altersmäßige Einstufung nur relativ aus der Überlagerung der Kössener Schichten, die an Hand der Mikrofauna in das Mittel–Oberror zu stellen sind, getroffen werden.

Die Schichtmächtigkeiten nehmen vom W mit über 300 m bis zu 23 m im E ab. Diese Tatsache wird im Zusammenhang mit dem Karbonatgehalt, der Zusammensetzung der Ca-Dolomite und der Tonmineralverteilung im Pkt. 8: Paläogeographie näher diskutiert.

Fossilführung:

Im Profil Bodenalm, gekennzeichnet durch das Fehlen von Dolomiten, finden sich **Radiolarien:** *Spongosaturnalis* sp. (nach A. YAO: 1972, wahrscheinlich hochtriasisches Alter durch Conodonten belegbar).

Heliodiscus sp., *Trigonactura* sp., *Staurolonche* sp. und eine Reihe neuer Arten. Im Profil Weißenbach wurden **prodichotriaene Kieselspiculae** (sehr häufig im Oberror) gefunden.

Die spärlichen Ostrakoden werden zur Bestimmung H. KOZUR übergeben.

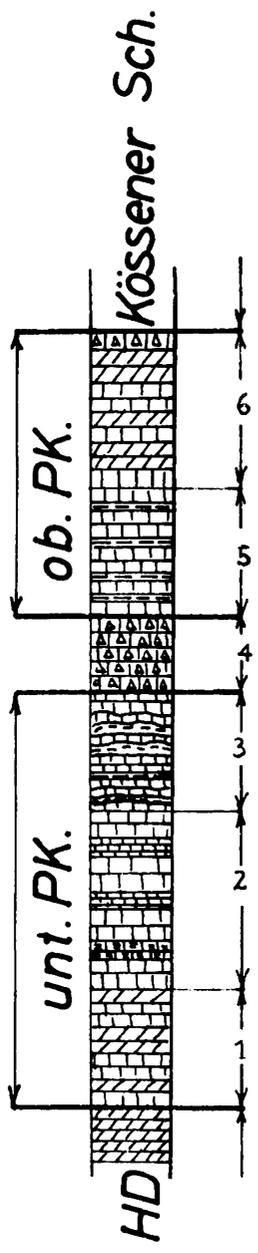


Abb. 8: Idealprofil des Plattenkalks (schematisch)

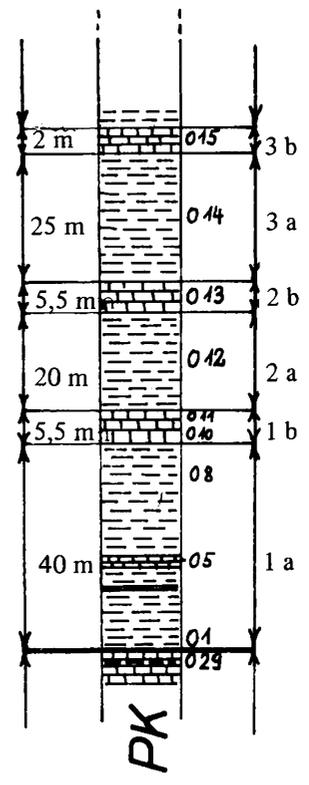


Abb. 9: Profil Oberdrauburg (schematisch)

4) KÖSSENER SCHICHTEN (= Oberhät i. S. van BEMMELEN)

Sie sind das stratigraphisch höchste Schichtglied der Trias im Untersuchungsraum, da sich das fragliche Liasriff van BEMMELENS (1957, 1961) im Nagglar Graben durch mikrofaunistische Untersuchungen als Mittel- bis Oberror herausstellte. Durch die ausgeprägten Materialunterschiede zwischen Tonschiefer, Mergeln und Kalken, die eine isoklinale Faltung erlaubten, wurden die Kössener Schichten in weiten Gebieten weg-erodiert, so daß sich hier nur 4 Stellen für eine profilmäßige Aufnahme eigneten. Die Kössener Schichten lassen sich lithologisch vom Plattenkalk eindeutig abtrennen, wobei als Grenze das erste Auftreten eines mächtigen Tonschieferhorizontes (im W ca. 40 m mächtig) gilt.

4.1) Profil Oberdrauburg

(Abb. 9, Tafel 1)

S von Oberdrauburg sind im Silbergraben die Kössener Schichten gut aufgeschlossen, wobei als Profilbasis die markante Steilstufe (Wasserfall) dient, die durch den Materialwechsel von Plattenkalk zu Kössener Schichten entsteht. Die Kössener Schichten sind muldenförmig verfaultet, so daß es zu einer Schichtverdoppelung kommt. In den Kössener Schichten tritt zyklische Sedimentation auf, die eine Unterteilung der Schichtfolge ermöglicht (siehe Pkt. 5: Zyklische Sedimentation in den Kössener Schichten).

Gliederung der Kössener Schichten

Im Profil Oberdrauburg ist nur der Großzyklus A aufgeschlossen, der sich aus 3 Kleinzyklen zusammensetzt:

1. Zyklus:

a) 1. Tonschiefer: ca. 40 m mächtige schwärzlich-braune, fossilere Tonschiefer mit splittrigem Bruch. Karbonatgehalt durchschnittlich 16%. Zunächst 6 m homogene Tonschiefer, dann treten cm–dm mächtige Calcimikrite auf, die teilweise boudiniert sind. Nach oben werden diese Einschaltungen häufiger, die Tonschiefer kompakter (Zunahme des Karbonatgehaltes). Nach 20 m tritt eine 1,3 m mächtige Calcimikritbank auf, die Feinschichtung zeigt. Darüber folgen 18 m schwarz-braune Tonschiefer, die nur selten mergelige Zwischenlagen zeigen.

In den Mergelkalken sind Rippel-Marken mit polygonalen Trockenrissen ausgebildet, die auf eine zeitweilige Trockenlegung deuten. Im Experiment konnte JÜNGST (1934), BURST (1965), FORSTER, SAVENS & WAITE (1955), WEISS (1958) und WHITE (1961) allerdings zeigen, daß durch Änderung der Sedimentationsrate und durch Erhöhung der Salinität der überstehenden Sedimentationsflüssigkeit (Änderung der Ca-Dolomite) in Schlämmen, die quellfähige Tonminerale enthalten, Schrumpfrisse entstehen. Nach BURST (1965) kann ein derartiger Vorgang vor allem im küstennahen marinen Bereich stattgefunden haben, wenn die Salinität stark durch den Zufluß von Süßwasser beeinflusst wird. Diese Bedingungen könnten auch für die Kössener Schichten dieses Bereiches zutreffen.

b) 1. **Zwischenkalk**: 5,5 m mächtige dm- $\frac{1}{2}$ m gebankte Calcimikrite mit welligen Schichtflächen, teilweise findet sich auch eine Bänderung, Rippel-Marken, die annähernd E-W verlaufen, und Fließfalten. An der Basis der Kalke befindet sich ein Aufarbeitungshorizont mit Tongeröllen.

2. **Zyklus**:

a) 2. **Tonschiefer**: 20 m schlecht aufgeschlossene fossilfreie Tonschiefer mit einem Karbonatgehalt von 28%.

b) 2. **Zwischenkalk**: 5,5 m Calcimikrite, die an der Basis feingeschichtet und laminiert sind. Nach oben werden die Kalke dickbankiger, teilweise sind LF-Gefüge vorhanden.

3. **Zyklus**:

a) 3. **Tonschiefer**: 25 m fossilfreie Tonschiefer, deren Karbonatgehalt 20% beträgt.

b) 3. **Zwischenkalk**: 2 m cm-dm gebankte Calcimikrite.

Der Großzyklus A ist im W-Abschnitt des Untersuchungsraumes durch seine große Mächtigkeit der Tonschiefer gekennzeichnet, die ohne mergeligen Übergang mit Calcimikriten wechsellagern. Dieser Großzyklus wurde auch auf seine Korngrößenverteilung untersucht (siehe Abschnitt 5: Zyklische Sedimentation), wobei sich wichtige Abhängigkeiten von Korngröße, Schichtmächtigkeit, Karbonatgehalt und Zusammensetzung der Ca-Dolomite ergaben (siehe Abb. 15). Die regionale Änderung dieser Parameter wird im Abschnitt 8: Paläogeographie näher beschrieben.

4.2) Profil Nagglar Graben

(Abb. 10, Taf. 2)

Die Kössener Schichten bilden die stratigraphische Fortsetzung des Plattenkalks, der unter Punkt 3.2 bereits beschrieben wurde. Das Profil Nagglar Graben bietet die besten Aufschlüsse in den Kössener Schichten. Eine detaillierte Besprechung der Schichtfolge wird im Pkt. 5: Zyklische Sedimentation in den Kössener Schichten, vorgenommen. In diesem Abschnitt hier werden nur jene Schichtfolgen behandelt, die für die paläogeographischen Zusammenhänge wichtig erscheinen. Die Kössener Schichten bilden den Kern einer großen Hauptdolomit-Mulde, in der es zu isoklinarer Verfaltung mit kleineren Faltenüberschiebungen gekommen ist.

4.2.1) Gliederung der Kössener Schichten

Ausgangspunkt für dieses Profil ist der sedimentäre Übergang von Plattenkalk zum 1. Tonschiefer der Kössener Schichten im Nagglar Graben. Es lassen sich Zyklen verschiedener Ordnung unterscheiden:

1.) **Großzyklus A**:

Gekennzeichnet durch mächtige Tonschiefer und relativ geringmächtige Calcimikrite, Mergel fehlen fast vollständig.

1. **Zyklus**:

a) 1. **Tonschiefer**: 25–30 m schwarze-graue fossillere Tonschiefer, wobei wiederholt dünne Calcimikrite als Zwischenlagen auftreten. Nach oben schalten sich einige Mergel ein. Karbonatgehalt 22%.

b) 1. **Zwischenkalk**: 7 m schwarze Calcimikrite.

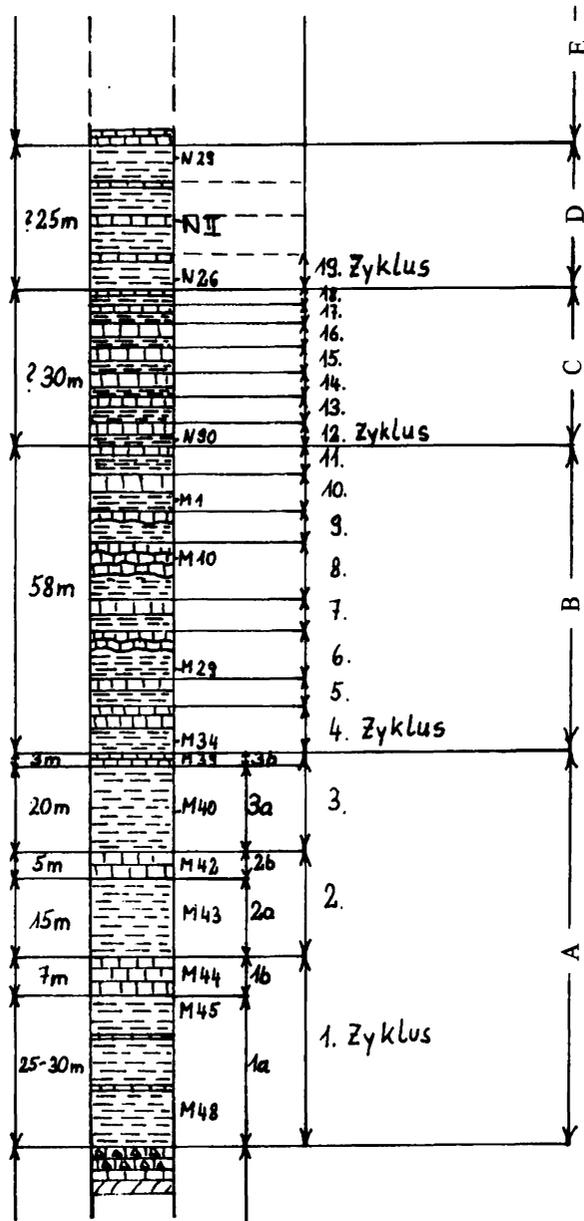


Abb. 10: Profil Nagler Graben (schematisch)

2. Zyklus:

a) 2. Tonschiefer: 15 m schwarze-graue fossilere Tonschiefer, Karbonatgehalt 15%.

b) 2. Zwischenkalk: 5 m schwarze feingeschichtete Calcimikrite.

3. Zyklus:

a) 3. Tonschiefer: ca. 20 m schwarze, fossilarme Tonschiefer mit 1 dolomitischen Lage.

b) 3. Zwischenkalk: schlecht aufgeschlossen, ? vertreten durch schwarze, feingeschichtete Calcimikrite.

2.) Großzyklus B:

Gekennzeichnet durch eine Abnahme der Tonschiefermächtigkeit, dem Auftreten von Mergeln, relativ mächtigen Calcimikriten, einer starken Abnahme bis auf 0% des Karbonatgehaltes in den Tonschiefern und einer reichen Biogenführung in den Tonschiefern und Kalken.

Er setzt sich aus 8 Zyklen zusammen. Gesamtmächtigkeit: 58 m.

3.) Großzyklus C:

Gekennzeichnet durch geringmächtige Tonschiefer und mächtigere Mergeln, die die Calcimikrite teilweise vertreten. Die Tonschiefer sind fast karbonatfrei. Die Biogenführung geht in den Mergeln und Kalken wieder zurück, die Tonschiefer sind fossilärmer.

Er setzt sich aus 7–8 Zyklen zusammen. Gesamtmächtigkeit: ? 30 m.

4.) Großzyklus D:

Gekennzeichnet durch mächtige Tonschiefer und geringmächtige Calcimikrite. Diese Calcimikrite nehmen teilweise riffogenen Charakter an, der reiche Biogengehalt wurde aber z. T. zusammengeschwemmt (= fragliches Liasriff bei van BEMMELEN). Auf Grund der Fauna lassen sie sich in das Mittel- bis Oberrhin stellen. Dieser Großzyklus stellt somit lithologisch eine Wiederholung von Großzyklus A dar. Er setzt sich aus einer nicht näher bestimmbaren Anzahl von Zyklen zusammen.

Gesamtmächtigkeit: ? 25 m.

5.) Großzyklus E:

Er dürfte die Wiederholung von Großzyklus B sein, die lückenhaften Aufschlüsse erlauben aber keine genauen Aussagen über Zahl oder Mächtigkeit der Zyklen.

Darüber endet das Profil Nagger Graben, der Übergang zu sicherem Rhät oder Lias ist nicht aufgeschlossen.

4.2.2.) Mikrofazies der Kössener Schichten

Als Arbeitsgrundlage wurde die Klassifizierung von MÜLLER-JUNGBLUTH & TOSCHEK (1969) genommen. Die quantitative Bestimmung von Komponenten und Matrix wurde mittels DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR der Fa. Kontron München (siehe auch: Der Digiscan-Phasenintegrator und einige Anwendungsmöglichkeiten in Geologie und Mineralogie, im gleichen Band) vorgenommen. In den karbonatreichen Gesteinen lassen sich folgende Mikrofaziestypen unterscheiden:

1) Calcimikrite: treten in allen Großzyklen auf.

2) Biogenreiche bis -überreiche Calcimikrite bzw. -sparite: hauptsächlich im Großzyklus B vertreten, weniger in C und D.

1) Calcimikrite

1a) Calcimikrite mit wenigen Biogenen (0–10%):

Grundmasse: Die mikritische und sehr homogene Grundmasse besteht aus Calcit, nur sehr untergeordnet aus Dolomit. Die Bildung erfolgte meist aus Kalkschlämmen auf anorganischem Weg, eine biogene Beteiligung kann zwar nachgewiesen werden (Bildung aus fecal pellets), mengenmäßig dürfte sie aber keine große Rolle gespielt haben.

Komponenten: die wenigen Biogene (Ostrakoden, Foraminiferen, Echinodermen und Schalenbruchstücke) sind in der Regel stark umkristallisiert und daher artmäßig selten bestimmbar. Das Sediment wurde von Bodenbewohner durchwühlt. Es finden sich *Bactrillum* und die gut erhaltenen Pellets vom Typ *Parafavreina thoronetensis* BRÖNNI-MANN, CARON & ZANINETTI (Schliff N 19, N 38), wobei letztere vom Nor bis in den Mittellias mit Hauptverbreitung im Rhät auftritt.

Gefüge: Durch die wühlende Tätigkeit von Bodenorganismen ging die primäre Schichtung zum größten Teil verloren. Durch die Regelung der Komponenten nach ihrer Korngestalt wird das ss teilweise wieder abgebildet.

1b) Klastführende bis -reiche Calcimikrite:

Sie stellen einen Sonderfall des Typs 1a dar, mit dem sie durch Übergänge verbunden sind.

Grundmasse: Calcimikrite mit vermutlich starker Beteiligung von feinstkörnigem Quarzdetritus.

Komponenten: Quarz- und Feldspatdetritus, wenige Biogene (Ostrakoden, Schalenreste, Gastropoden, *Parafavreina* sp.) und häufig Pyrit.

Gefüge: Schichtung wird durch lagenweise Schüttung der detritischen Klaste gut abgebildet, wobei geopetale Gefüge durch Kornsortierung auftreten (Schliff N 53).

2) Biogenreiche bis -überreiche Calcimikrite bzw. -sparite

2a) Biogenreiche (25–50%) Calcimikrite:

Sie zeigen Übergänge zum Typ 1a und 2b (Schliff N 8).

Grundmasse: meist Calcimikrit, weniger Calcisparit, der dann auftritt, wenn der Biogengehalt zunimmt.

Komponenten: teilweise bereits zerbrochene Schalen von Lamellibranchiata, Echinodermenreste, Foraminiferen, sessile Foraminiferen, die oft die Schalen allseitig umkrusten, Gastropoden, Fischreste, Quarz- und Feldspatdetritus und Pyritkonkretionen.

Gefüge: bei geringerem Biogengehalt ist die Regelung der Komponenten schlecht, bei Zunahme der Biogene (ein Maß für die Zunahme des Energieindex) wird sie besser.

2b) Biogenüberreiche (> 50%) Calcisparite (= Schille):

Diese anteilmäßig stark zurücktretenden Typen zeigen Übergänge zum Typ 2a.

Grundmasse: Calcisparit, teilweise noch mikritisch. Schalen werden z. T. vom Rand her aufgelöst.

Komponenten: stark umkristallisierte und zerbrochene Schalenreste, die an den Rändern stellenweise pyritisiert sind, Fischreste. Diese Artenarmut kann durch die Umkristallisation bedingt sein, bei der kleinere Biogene (z. B. Foraminiferen) zerstört wurden.

Gefüge: überwiegend gut geregelt.

2c) Onkoidführende biogenreiche Calcisparite:

Sie stellen durch das Auftreten von Onkoiden eine Sonderentwicklung von Typ 2b dar.

Grundmasse: Calcisparit, Schalen werden z. T. vom Rand her aufgelöst.

Komponenten: stark umkristallisierte Schalen, die vom dunkelpigmentierten mikritischem Sediment umhüllt werden, wobei verschiedene Lagen unterscheidbar sind.

Gefüge: meist gut geregelt.

4.2.3.) Mikropaläontologische Untersuchungen der Kössener Schichten

Die Bestimmung der Echinodermen und Foraminiferen wurde in dankenswerter Weise von Univ.-Doz. Dr. H. Mostler und Dr. W. Resch vorgenommen. Es ergaben sich dabei folgende vorläufige Ergebnisse.

1) Foraminiferen:

Foraminiferen konnten nur im Dünnschliff bestimmt werden, da alle Versuche scheiterten, sie mit Essigsäure, Glaubersalz oder H_2O_2 aus dem Gestein zu lösen.

N 2 B: *Glomospirella* sp., *Glomospira* sp., *Agathammina* sp., *Involutina* cf. *tumida*, KRISTAN-TOLLMANN (Nor–Rhät), ? *Trocholina* sp.

N 17 A: *Glomospirella* aff. *friedli* KRISTAN-TOLLMANN (Obornor–Rhät)

Glomospira sp.

Ataxophragmiidae und einige nicht näher bestimmbare Lituolaceen. Fauna ziemlich sicher autochthon.

N 28: *Nodosaria* sp.: kleinwüchsig, ziemlich sicher umgelagert.

cf. *Nodosaria* sp., *Pseudonodosaria* kann nicht sicher ausgeschlossen werden.

N 32: *Tolypammina* sp.

Glomospira sp.: darunter *Gl.* cf. *charoides* (JOHNES & PARKER).

Agathammina cf. *austroalpina* KRISTAN-TOLLMANN & TOLLMANN (? Karn, Nor–Rhät).

Glomospirella:

N 36: *Tolypammina*

Nodosariinae, gen. et sp. indet.

Glomospira ?

Involutina sp.

G 59: *Glomospira* sp.

Glomospirella sp.

Agathammina sp.

N 61: *Glomospira* sp. (inv. ?)

N 62: *Glomospira* sp.

Glomospirella cf. *friedli* KRISTAN-TOLLMANN

N 89: *Tolypammininae* div. gen, cf. *Agathammina*

Schlußfolgerungen: Die Fauna ist für das Obornor–Rhät verhältnismäßig monoton, aber in ihrer Zusammensetzung typisch für die Kössener Schichten. Trotzdem ist die Armut an Langeniden (*Nodosariacea*) und *Involutinidae* sowie das Fehlen von *Triasina* auffallend. Lebensbedingungen genügten nur anspruchslosen Arten und Gattungen (größere Wassertrübe ?, relativ schlechte Durchlichtung und Durchlüftung ?). Strati-graphisch verwertbare Formen sind vorhanden.

2) Echinodermen

Die Echinodermenfauna wurde aus den riffogenen Gesteinen des Großzyklus D (Probe N II) gewonnen. Dieser Horizont erwies sich als einziger, der stratigraphisch verwertbare Formen bisher lieferte. Die Bestimmung ergab folgende Arten:

Biacumina inconstans: Mittel-, Obornor

Achistrum cf. *bartensteini*: Durchläufer

Calclamnella follicula: ? Mittel-, Obornor

Priscopedatus triassicus: Durchläufer

Uncinulina acanthica: Mittel-, Obornor

Uncinulina spicata: Mittelnor–Rhät

Theelia stellifera: Mittel-, Obornor, ? Rhät

Theelia norica: Mittel-, Obornor

Theelia praenorica: Unter-, Mittelnor, ? Obornor

Echiniden:

Stachel: vom Typ *Cidaris* (2 Stacheltypen)

1) Im proximalen Abschnitt ein deutlich erkennbares Acetabulum und sehr stark abgesetzter Kragen (ein Hals fehlt); der Stachelschaft ist im Querschnitt rund und besteht aus 10–18 Längsleisten; im distalen Bereich allmählich spitz auslaufend.

2) Der proximale Abschnitt ist stark angeätzt, der Stachelschaft seitlich komprimiert und nimmt distalwärts an Breite zu. Das distale Ende ist mindestens zweimal so breit als der proximale Abschnitt. Der ganze Stachel wird durch 6–8 Längsleisten gegliedert.

Sehr viele Teilplatten von *Ambulacralia*.

Pedicellarien: hauptsächlich ophicephale Klappen von obornorischem Gepräge, seltener tridentate Pedicellarien.

Ophiuren:

Sehr viele typische *Lateralia*, die bisher nur im Obornor beobachtet wurden. Daneben kommen auch eine Reihe untypischer *Lateralia* vor (Durchläufer). An Stacheln wurden nur zusammengesetzte „Parasol“-Stacheln beobachtet.

Mikroproblematika:

Formen der Gattung *Strechoritina* KOZUR & MOSTLER (bisher nur im Obornor beobachtet).

Eine Bearbeitung der **Gastropoden** wird durch H. TICHY erfolgen, die **Ostrakoden** werden zur Bestimmung H. KOZUR übergeben.

4.3) Profil Weißenbach

(Abb. 11, Taf. 3)

Die Kössener Schichten stellen die stratigraphische Fortsetzung des Plattenkalks dar, der unter 3.4 beschrieben wurde. Die Kössener Schichten dieses Aufschlusses sind durch die Vorherrschaft von Mergeln gekennzeichnet, die die Tonschiefer im S des Ablagerungsraums vertreten. Als weitere Besonderheit finden sich im 2. Zwischenkalk cm-mächtige Hornsteinlagen. Die Schichtfolge bildet eine große Mulde und ist in sich noch stark verfaltet.

Gliederung der Kössener Schichten

Ausgangspunkt für dieses Profil ist der sedimentäre Übergang vom Plattenkalk zum
1. Mergelhorizont der Kössener Schichten. Aufgeschlossen ist nur der 1. Großzyklus A.

1) Großzyklus A:

1. Zyklus:

a) 1. Mergel: 8–11 m mächtige Mergel mit stellenweise ausboudinierten Calcimikriten. Der Übergang zum Plattenkalk vollzieht sich langsam. Karbonatgehalt: 60%.

b) 1. Zwischenkalk: 5–7 m mächtige, stark verfaltete mergelige Calcimikrite.

2. Zyklus:

a) 2. Mergel: 4–8 m mächtige Mergel

b) 2. Zwischenkalk: 2,5–3 m stark verfaltete cm gebankte Calcimikrite mit cm-mächtigen Hornsteinlagen.

3. Zyklus:

a) 3. Mergel: 6,5–8 m mächtige Mergel, wobei sich der Übergang zum 2. Zwischenkalk langsam vollzieht.

b) 3. Zwischenkalk: ca. 6 m cm-gebankte Calcimikrite mit dünnen Mergelzwischenlagen.

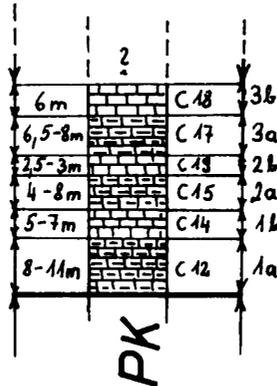


Abb. 11: Profil Weißenbach (schematisch).

4.4) Profil Wiederschwing

(Abb. 12, Taf. 4)

Es stellt die Fortsetzung des Plattenkalks dar, der unter 3.6 beschrieben wurde. Der 1. Großzyklus ist noch relativ gut aufgeschlossen, die darüber liegende Abfolge ist durch größere Aufschlußlücken unterbrochen. Als Besonderheit finden sich im höheren Abschnitt der Kössener Schichten cm-große Gerölle und Resedimente, an deren Korn- grenze Kieselsäure konzentriert ist.

Gliederung der Kössener Schichten

1) Großzyklus A:

1. Zyklus:

a) 1. Tonschiefer: ? 3 m fossilere Tonschiefer, Karbonatgehalt: 11%.

b) 1. Zwischenkalk: 1 m mergelige Calcimikrite mit Geröllen, die in einer mergeligen Grundmasse stecken.

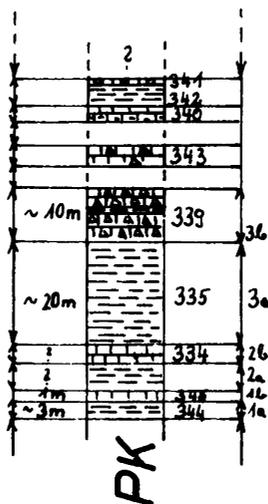


Abb. 12: Profil Wiederschwing (schematisch).

2. Zyklus:

a) 2. Tonschiefer: schlecht aufgeschlossen

b) 2. Zwischenkalk: ? m Calcimikrite mit cm-großen Hornsteinknollen.

3. Zyklus:

a) 3. Tonschiefer: ? 20 m fossilere Tonschiefer, Karbonatgehalt: 0%.

b) 3. Zwischenkalk: vermutlich bildet dieser bereits den Übergang zum nächsten Großzyklus.

2) Großzyklus B:

? 10 m mächtige Wechsellagerung von Kalken und Tonschiefern (bzw. Mergeln), die sehr fossilreich sind. Es treten Biomikrite und Schille auf, die Kalke sind hornsteinführend. Häufig finden sich Mergelkalke in Wechsellagerung mit reineren Kalken. Sehr häufig zeigen die Calcimikrite auch mächtige Breccienlagen. Der Fossilreichtum ist bemerkenswert, die Biomikrite erinnern stark an die Fazies im Nagglar Graben. Im oberen Abschnitt des Profils treten Hornsteinlagen auf, die fossilfrei sind. Die Kieselsäure könnte somit von kieselhaltigen Organismen stammen (Kieselspiculae, Radiolarien).

5) ZYKLISCHE SEDIMENTATION in den KÖSSENER SCHICHTEN

Bei der Untersuchung des Plattenkalks und insbesondere der Kössener Schichten zeigten sich gewisse Regelmäßigkeiten in bezug auf Schichtmächtigkeiten, Karbonatgehalt, Fossilführung und Zusammensetzung der Ca-Dolomite, die im Profil Nagglar Graben genauer analysiert wurden. Die Ergebnisse sind in Taf. 5 und teilweise in Tafel 2 festgehalten.

Es lassen sich Zyklen dreier verschiedener Ordnung unterscheiden:

1) 4–5 Großzyklen: davon sind 3, teilweise auch der Übergang zum 4. Großzyklus gut aufgeschlossen.

2) Jeder Großzyklus setzt sich aus 4 (selten 3) Mittelzyklen zusammen.

3) Jeder Mittelzyklus besteht aus 2 Kleinzyklen (Ausnahme Großzyklus A, in dem diese Unterteilung vermutlich durch die starke Sedimentanlieferung nicht ausgebildet ist).

Kleinzyklus:

Im Idealfall setzt er sich aus unten Tonschiefer, in der Mitte Mergel und oben Kalk zusammen und würde somit einen KLÜPFELschen Zyklus entsprechen. Die Kalke zeigen auf ihrer Oberfläche teilweise Rippelmarken und Trockenrisse, die auf eine Bildung im Flachstwasserbereich hinweisen. Als Erklärung bietet sich nach KLÜPFEL (1917) und BRÜCKNER (1953) eine zunehmende Verflachung infolge steigender Sedimentationsgeschwindigkeit an, mit der die Absenkung des Beckens nicht Schritt halten konnte. Das Becken wurde in Teilbecken gegliedert, so daß sich die Strömungs- und Zufuhrverhältnisse deutlich änderten bis schließlich die Tonsedimentation überhaupt zum Erliegen kam. Mit Hilfe der Untersuchungen von TAYLOR & ILLING (1969), SHINN (1969) im Persischen Golf konnte PURSER (1969) im Dogger Frankreichs Zyklen auf ähnliche Weise deuten.

Um den Schüttungsmechanismus besser erfassen zu können, wurden Versuche angestellt, die Korngröße der Tonminerale zu bestimmen. Als wertvollste Hilfe erwies sich dabei der DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR der Fa. Kontron München, mit dem die Korngrößenverteilung des unlöslichen Rückstandes (detritischer Quarz und Feldspat, Tonminerale) sowohl vertikal innerhalb eines Profils als auch regional an zahlreichen Proben bestimmt wurde.

Abb. 13: An der Basis der Tonschiefer ist die Korngröße am größten, nach oben erfolgt eine allmähliche Abnahme. Die Tonschiefer zeigen somit einen turbiditartigen Charakter mit hoher Sedimentationsrate an der Basis (wenn die Korngröße als Maß für die Sedimentationsgeschwindigkeit gilt) und die dann oben abnimmt. Die Kalke stellen Perioden geringster terrigener Sedimentation dar, in der es zu einer Salinitätserrhöhung gekommen ist. Der Wechsel Kalk/Tonschiefer muß demzufolge genetische Ursachen haben (Wechsel des Sedimentationsmechanismus) und kann nicht nur durch Zunahme der Wassertiefe erklärt werden. Abb. 13 wird im Kapitel Paläogeographie noch weiter diskutiert werden.

Eine rhythmische Wechsellagerung von Kalken und Mergeln ist am einfachsten klimatisch durch Erwärmung und Abkühlung, verbunden eventuell mit geringerer und stärkerer Süßwasserzufuhr zu erklären (KLÜPFEL, 1916; BRÜCKNER, 1951, 1953). Die Mächtigkeitsverhältnisse zwischen Tonschiefer und Kalken (bzw. Mergeln) wechseln in den Kössener Schichten: Taf. 5, Spalte 9.

Im Großzyklus A ergibt sich ein durchschnittliches Verhältnis von 4, im Großzyklus B von 1,2 und im Großzyklus C von ca. 1 und geringer (eine genauere Angabe ist wegen der geringen Schichtmächtigkeiten und der Verfaltung nicht möglich).

Mittelzyklus:

Jeder dieser Zyklen setzt sich aus 2 Kleinzyklen zusammen. Die Mächtigkeitsverhältnisse des jeweils 1. zum 2. Zyklus ist in Tafel 5, Spalte 10 abgebildet: Im Großzyklus B beträgt es durchschnittlich 1,7, im Großzyklus C 0,8. Die Mittelzyklen könnten ebenfalls noch zusammengefaßt werden zu höheren Ordnungen, z. B. B1 + B2, B3 + B4.

Großzyklus:

Er setzt sich aus 4, selten aus 3 Mittelzyklen zusammen. Die Sonderstellung des Großzyklus A ist durch die große Mächtigkeit der Tonschiefer bedingt, die eine differen-

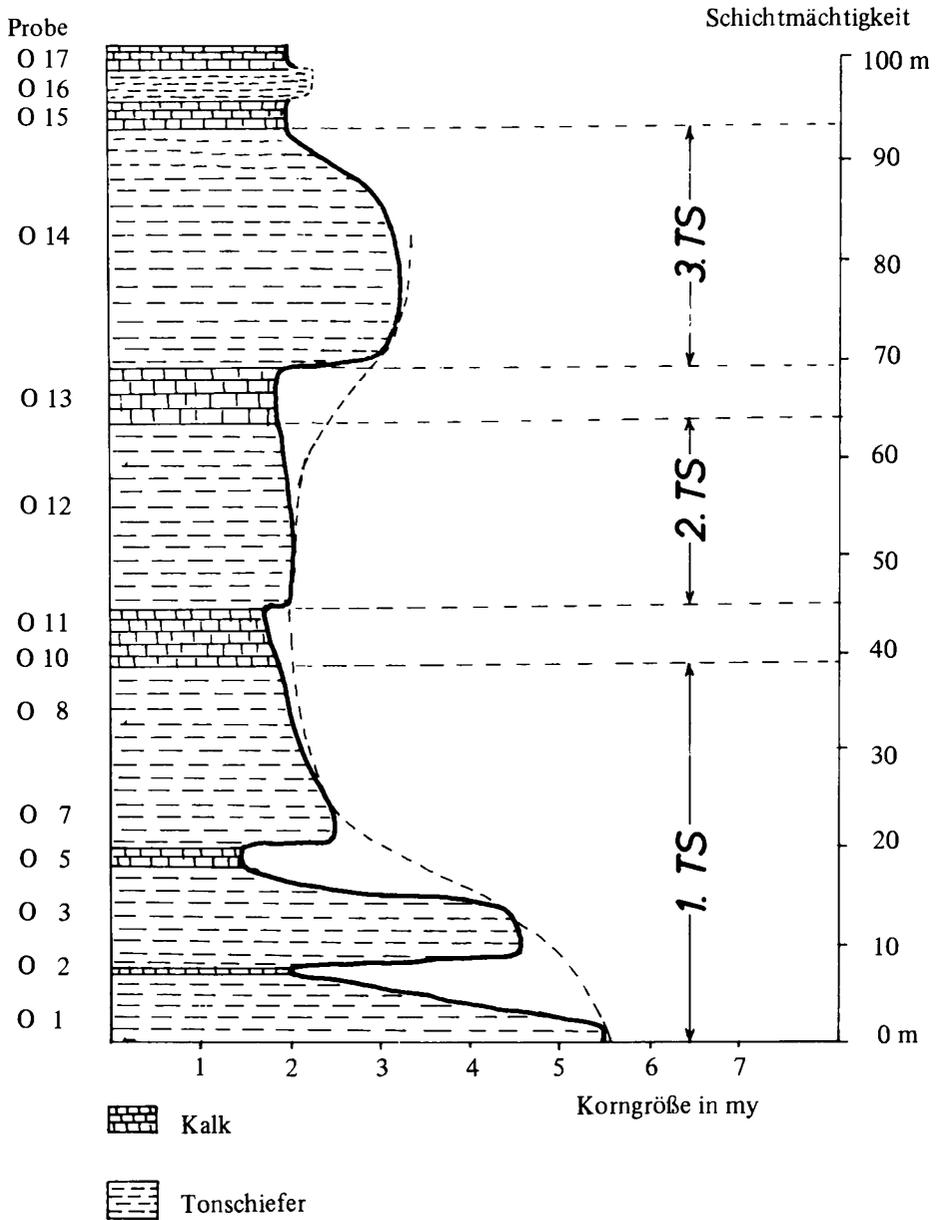


Abb. 13: Korngrößenverteilung im Profil Oberdrauburg

ziertere Unterteilung nicht zulassen (zum Vergleich aber das Profil Oberdrauburg, wo über dem 3. Tonschiefer ein 4. folgen könnte).

Die Mächtigkeitsverhältnisse stehen untereinander in bestimmten Beziehungen:

$$A : B : C = \underbrace{80 \text{ m}}_{1,3} : \underbrace{58 \text{ m}}_{1,9} : 30 \text{ m}$$

$$A \left(\frac{1+2+3}{3} \right) : B \left(\frac{1+2+3+4}{4} \right) : C \left(\frac{1+2+3+4}{4} \right) = \underbrace{26 \text{ m}}_{1,7} : \underbrace{14,5 \text{ m}}_{1,9} : 7,5 \text{ m}$$

Kennzeichnung der Großzyklen:

1) Großzyklus A:

- a) Tonschiefer/Kalk-Verhältnisse = 4 (zum Vergleich im Profil Oberdrauburg 5,6, im Profil Wiederschwing 3).
- b) Karbonatgehalt der Tonschiefer: 18% (Profil Oberdrauburg 18%, Profil Wiederschwing 11%).
- c) Mergel: fehlen fast gänzlich.
- d) Fossilführung: fehlt.

2) Großzyklus B:

- a) Tonschiefer/Kalk-Verhältnis: 1,2
- b) Karbonatgehalt der Tonschiefer: 6%.
- c) Mergel: vereinzelt.
- d) Fossilführung: Tonschiefer reich an Schalenresten (Muschelpflaster), in Kalken Schille.

3) Großzyklus C:

- a) Tonschiefer/Kalk-Verhältnis: ca. 1 (es können auch Kalke überwiegen).
- b) Karbonatgehalt der Tonschiefer: 0%.
- c) Mergel: meistens vorhanden, teilweise vertreten sie die Kalke.
- d) Fossilführung: reich an Schalenresten, megaskopisch finden sich Gastropoden, die im Großzyklus B nur spärlich auftreten.
- e) **Onkoide**: in C besonders häufig, selten in B.

4) Großzyklus D:

- a) Tonschiefer/Kalk-Verhältnis: vermutlich ähnlich wie bei A.
- b) Karbonatgehalt der Tonschiefer: 7% (1 Messung).
- c) Mergel: vermutlich häufig.
- d) Fossilführung: in den Tonschiefern spärlich, in riffogenen Gesteinen sehr reich (Probe N II).

Diese Unterteilung der Kössener Schichten kann auf Grund der eingangs erwähnten Schwierigkeiten nur eine vorläufige sein: die Einteilung in ca. 20 aufgeschlossene Kleinzyklen ist ein erster Versuch, die verwirrende Schichtfolge zu gliedern, um Grund-

lagen für paläogeographische Zusammenhänge zu erstellen. Ermutigend dabei ist die Tatsache, daß sich zahlreiche Parameter bereits in dieses Konzept zwanglos einordnen lassen. Untersuchungen weiter im W (Lienzer Dolomiten) werden zeigen, wie weit dieses am Profil Nagger Graben erarbeitete Modell Gültigkeit besitzt.

Mögliche Ursachen der zyklischen Sedimentation

1) Änderung des Sedimentationsmechanismus (z. B. Schüttungsgeschwindigkeit) infolge einer ? verstärkten Abtragung des Hinterlandes. (RUTTEN, 1952; WELLER 1956).

2) Ungleichmäßige Absenkung des Beckens verbunden mit ? tektonischen Bewegungen des Untergrundes (Hinweis könnten die öfters auftretenden geringmächtigen Breccien sein): STOUT, 1931; EDWARDS & STUBBLEFIELD, 1948; DELMER, 1952; LOMBARD, 1956.

3) Eustatische Meeresspiegelschwankungen: Zyklen, die auf solche Bewegungen zurückzuführen sind, haben eine besonders große Verbreitung.

4) Klimaschwankungen: Sie können ebenfalls Ursache für eustatische Meeresspiegelschwankungen sein. Temperaturschwankungen beeinflussen auch die chemische und biologische Sedimentation: Eine allgemeine Erwärmung, die in Küstennähe infolge eustatischer Meeresspiegelschwankung zur Transgression führt, könnte gleichzeitig in der küstenfernen Flachsee eine Kalkfolge entstehen lassen (FÜCHTBAUER & MÜLLER, 1970).

Für die Kössener Schichten dürfte die rhythmische Änderung der Sedimentationsverhältnisse durch Änderung der Erosionsvorgänge auf dem Hinterland gesichert sein. Eine ungleichmäßige Absenkung des Beckenuntergrundes scheint ebenfalls denkbar zu sein. Wie weit Klimafaktoren eine Rolle gespielt haben, läßt sich derzeit nicht abschätzen; bei der Ausbildung der Großzyklen scheinen sie eine gewisse Rolle zu spielen.

6) Ca- DOLOMITE als MILIEUANZEIGER

Ca-Dolomite bzw. Protodolomite nehmen im Sedimentationsablauf eine besondere Stellung ein. Es war damit möglich, Hauptdolomit von dolomitisch entwickeltem Plattenkalk zu trennen. Neben den stratigraphischen Aussagen wurde aber auch versucht, die Ca-Dolomite in ein paläogeographisches Bild einzuordnen. In den untersuchten Proben wurde folgende Ausscheidungsfolge erkannt: Calcit, Mg-Calcit, Ca-Dolomit, stöchiometrischer Dolomit, Mg-Dolomit. Theoretisches Endglied wäre Magnesit. Die chemischen Grundlagen dazu liefert die OSTWALDsche Stufenregel bzw. die OSTWALD-VOLMER Regel.

Sedimentologisch kann man den zusätzlichen Einbau von Ca und Mg folgendermaßen erklären: die chemische Bildung von CaCO_3 in Form von Calcit erfolgt bei relativ geringer Salinität. Bei Zunahme der Salinität wird der steigende MgCO_3 -Gehalt zunächst in Calcit (= Mg-Calcit) eingebaut. Erst bei weiterer Salinitätserhöhung wird eine neue Mineralphase aufgebaut, die sehr reich an CaCO_3 ist (Ca-Dolomit). Schließlich erfolgt die Bildung von stöchiometrischem Dolomit ($\text{Ca}_{50}\text{Mg}_{50}$) und bei Erreichung der höchsten Salinität kann Mg-Dolomit auftreten.

Dieser Einbau von Mg und Ca in das Gitter erfolgt bei Bedingungen der Erdoberfläche metastabil, im Laufe der Diagenese werden die reinen, stabilen Endglieder Calcit und Dolomit angestrebt. (GRAF & GOLDSMITH, 1956). Siehe auch „Methoden zur Bestimmung des Calcit- und Dolomitgehaltes“, wo weitere Literatur angeführt ist.

Ein Wechsel in der Salinität bzw. der dolomitisierenden Lösungen spiegelt sich in einer Änderung der Zusammensetzung der Ca-Dolomite wieder. Die Salinitätsänderung kann verschiedene Ursachen haben:

- 1) Flachwasser wechselt mit tieferem Wasser (Absenkung).
- 2) Änderung der Zuflüsse und damit der terrigenen Beeinflussung (Aussüßung).
- 3) Änderung der Meeresströmungen (Zirkulation, Wasseraustausch usw.).
- 4) Änderung der Wassertemperatur (Klimaänderung).
- 5) Differenzierung eines größeren Meeresbereiches in Teilbecken (Eindunstung).

Im Plattenkalk scheint eine Zunahme der Wassertiefe sehr wahrscheinlich, da auch andere Anzeichen dafür sprechen, daß sich das Meeresbecken vertiefte (Laminierung, Bänderung, Radiolarien). In den Kössener Schichten dürfte die Anlieferung terrigenen Materials (Tonschiefer) zu einer Salinitätsabnahme geführt haben. Die Verteilung der Ca-Dolomite ist in Abb. 16 enthalten.

Zu Vergleichszwecken wurde ein ladinisches Wettersteinkalkriff der Nördlichen Kalkalpen auf seine Zusammensetzung der Ca-Dolomite untersucht.

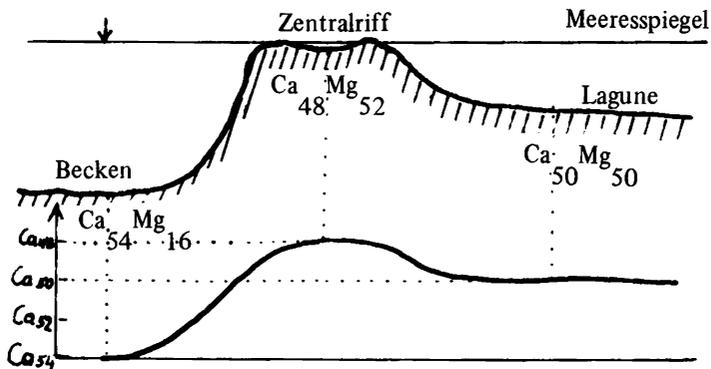


Abb. 14: Verteilung von Ca-Dolomiten in einem ladinischen Wettersteinkalkriff

Abb. 14: Diese Abbildung scheint dafür zu sprechen, daß die Wassertiefe auf die Ca-Dolomite Einfluß nehmen kann. Schwierigkeiten bei der Interpretation ergeben sich im zentralen Riffbereich, wo die Porosität und der hohe Organismengehalt sich auf die Dolomitzusammensetzung auswirken kann.

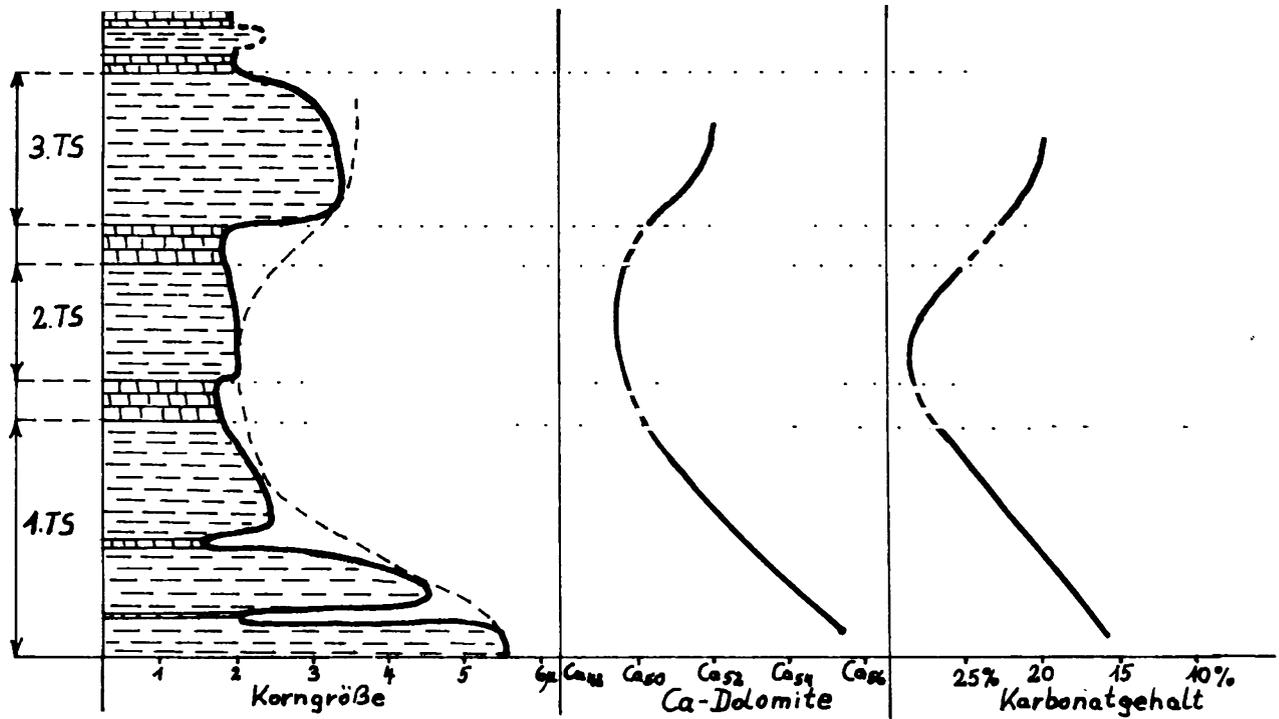


Abb. 15: Zusammenhang von Korngröße, Auftreten von Ca-Dolomiten und Karbonatgehalt in den Tonschiefern des Profils Oberdrauburg

Abb. 15: Bei einer Abnahme der Korngröße bzw. Abnahme der Sedimentationsgeschwindigkeit ändert sich:

- 1) Die Tonschiefermächtigkeit nimmt ab.
- 2) Die Dolomite werden Mg-reicher (Hinweis auf Erhöhung der Salinität).
- 3) Der Karbonatgehalt nimmt zu.

Mit diesen 2 Abbildungen dürften 2 Faktoren belegt worden sein, die die Dolomitzusammensetzung beeinflussen: Wassertiefe (ev. verbunden mit Wassertemperatur) und terrigene Beeinflussung (Aussüßung).

	Oberdrauburg	Naggler Gr.	Weißbach	Wiederschwing
1. TS	7-16%	21-22%	68%	11%
1. Kalk	94%	94%	96%	91,5%
2. TS	28%	15%	57-66%	
2. Kalk	91%	79%	92%	93%
3. TS	20%	18%	73-78%	0%
3. Kalk	94%	? 91%	84%	95%

Abb. 16: Verteilung des Gesamtkarbonatgehaltes und der Ca-Dolomite im 1. Großzyklus der Kössener Schichten

Aus Abb. 16 erkennt man folgendes:

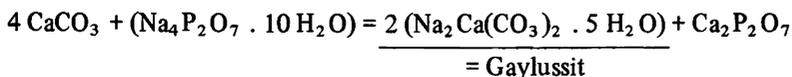
- 1) Der Ca-Einbau nimmt in den Dolomiten von W nach E zu, obwohl in dieser Richtung der terrigene Einfluß abnimmt (vergleiche Paläogeographie).
- 2) Der Karbonatgehalt der Tonschiefer nimmt ebenfalls von W nach E ab. Auch dieser Umstand spricht dafür, daß eine zunehmende Wassertiefe die Salinitätsabnahme bewirkt hat. (Das Profil Weißbach nimmt wegen seiner südlichen Lage eine Sonderstellung ein: die Tonschiefer sind durch Mergel vertreten.)
- 3) Der 2. Tonschiefer, der am geringmächtigsten ist, muß relativ am stärksten salin gewesen sein.
- 4) Tonschiefer sind geringer salin als Kalke (besonders deutlich im Profil Weißbach).
- 5) Mit Hilfe der Ca-Dolomite lassen sich fazielle Aussagen machen, da ein zufälliges sinnvolles Zusammentreffen dieser verschiedenen Parameter unwahrscheinlich ist.

Weitere Folgerungen werden im Kapitel 8: Paläogeographie, getroffen.

7) TONMINERALUNTERSUCHUNG

Um zu einer weiteren differenzierten Gliederung des Ablagerungsraumes zu kommen, wurden vor allem die Kössener Schichten auf ihre Tonmineralzusammensetzung hin untersucht. Die Bestimmung der Tonminerale, ihre Identifizierung, die chemischen und physikalischen Eigenschaften sind bereits zu einer Spezialdisziplin der Geologie geworden: BRINDLEY, 1962, GRIM, 1953, MILLOT, 1970, v. ENGELHARDT, FÜCHTBAUER & GOLDSCHMIDT 1952. Weitere Literaturangaben finden sich bei MÜLLER, 1964.

1. Schwierigkeiten bereitete die Präparation der Tonminerale. Für die Identifizierung sind texturfreie Präparate und solche mit möglichst guter notwendig. Zur Herstellung der Texturpräparate wurden nach einem gründlichen Mahlen des Gesteinspulvers der Calcit mittels Essigsäure weggelöst. In stärker dolomitischen Proben wurde HCl verwendet, die trotz der geringen Konzentration einen Teil des Chlorits angreift (bemerktbar in der Grünfärbung der Tonmineralsuspension). Nach dem Abdekantieren der Säure – die Suspension muß am Ende neutral reagieren – wurde mit destilliertem Wasser aufgeschlemmt und die Suspension mit $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ krist. versetzt. Wenn das Karbonat nicht zur Gänze weggelöst wurde und die Reaktionspartner in geeigneter Konzentration vorliegen, kann es in wäßriger Lösung zu folgender Reaktion kommen:



Die Tonmineralsuspension wird einige Zeit stehen gelassen; so dann wird auf den Boden eines Becherglases vorsichtig ein Objektträger gelegt, auf dem die Tonminerale aufsedimentieren. Die Zeitdauer bestimmt maßgeblich die Korngröße der Tonminerale und damit auch ihre Zusammensetzung, da sich bestimmte Tonminerale in gewissen Korngrößenklassen anreichern. Die Korngrößen wurden mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR bestimmt und mit den aus der STOKESchen Formel errechneten Werten verglichen.

Für paläogeographische Fragestellungen mußten quantitative Angaben über die Tonmineralzusammensetzung gemacht werden. Eine genaue quantitative Analyse ist entweder mit großem Zeitaufwand oder großer Ungenauigkeit verbunden. Es wurde daher von Anfang an nur Wert auf eine relative Aussage gelegt, die wesentlich schneller zu erstellen ist; dafür konnten praktisch alle Proben auf ihre Tonmineralzusammensetzung hin untersucht werden, wodurch sich der Trend in der regionalen Verteilung besser erfassen ließ. Vergleiche relative Schwermineralanalyse: MILNER 1962. Für die relative Aussage wurde von der Voraussetzung ausgegangen, daß in Schichten des gleichen stratigraphischen Niveaus der Matrixeffekt auf Grund der sehr ähnlichen Zusammensetzung annähernd gleich bleibt. Die Höhe charakteristischer Peaks kann somit in den entsprechenden Proben mit Einschränkungen untereinander verglichen werden.

Die für Vergleichszwecke herangezogenen Werte waren:

Quarz: 4,26 Å; Feldspat: meist der stärkste Reflex bei 3,19 Å; Chlorit: 4,7 Å; Kaolinit: (7,13–7,17) – Chlorit; Illit + Glimmerähnliche Minerale: 4,48 Å; Glimmer + Illitähnliche Minerale: 4,99 Å; Halloysit: 10 Å – (Illit + Glimmer); Pyrit: 2,71 Å.

Diese Werte wurden deshalb ausgewählt, da sie für einige Minerale kennzeichnend sind und es hier an dieser Stelle zu keiner Überlagerung kommt. Die Überlagerung der Hauptreflexe ist unvermeidlich bei Kaolinit und Chlorit, bzw. bei Halloysit und Illit + Glimmer. Die Unterscheidung Kaolinit/Chlorit ist bei Temperaturen von 600°C möglich, hier verliert der Kaolinit sein Kristallwasser. Die Abtrennung des Halloysits von Illit und Glimmer erfolgt durch Erwärmung auf 100°C bzw. durch Behandlung mit Glykol.

Ergebnisse der Tonmineraluntersuchung

(Taf. 1–4)

Die relativen Zahlenangaben können nur für Proben ähnlicher Zusammensetzung verwendet werden z. B. für Tonschiefer oder Kalke. Ein direkter Vergleich Tonschiefer zu Kalk ist wegen des verschiedenen Matrixeffektes schwieriger. Der unlösliche Rückstand setzt sich im wesentlichen zusammen aus:

Quarz, Feldspat (Albit bis An-arter Plag.), Chlorit, Kaolinit, Halloysit, Illit + Glimmerähnliche Tonminerale, Glimmer (überwiegend Muskowit, weniger Biotit) und Pyrit. Auffallend ist das Fehlen von Montmorillonit, der trotz verschiedener Untersuchungsmethoden nicht einwandfrei identifiziert werden konnte. Dies könnte diagenetische Ursachen haben, da sich ab bestimmten Tiefen Montmorillonit in Chlorit und Illit umwandelt, oder der Chemismus war bereits primär für eine Montmorillonitbildung ungünstig (Kaolinit- und Feldspatgehalt).

Im allgemeinen setzen sich die **Tonschiefer** zusammen aus: Quarz, Feldspat, Kaolinit, Illit und Glimmer, Chlorit ist nur untergeordnet vorhanden.

Die **Kalke** bestehen aus: reichlich Quarz und Feldspat (Albit) und Pyrit, dafür wenig Kaolinit, weiters noch Illit und Glimmer.

Tonmineralverteilung

Quarz: Unterschied zwischen Hauptdolomit, Plattenkalk und Kössener Schichten ist nicht ausgeprägt. Im Plattenkalk gegenüber den Kössener Schichten noch keine so deutliche zyklische Verteilung.

Feldspat: Gehalt im Plattenkalk etwas höher als im Hauptdolomit. Deutliche zyklische Verteilung in den Kössener Schichten, die den größten Gehalt zeigen.

Chlorit: im Plattenkalk wird einmal ein sehr hoher Wert erreicht, die Durchschnittswerte sind in den Kössener Schichten am höchsten.

Kaolinit: hoher Gehalt im Hauptdolomit, im Plattenkalk starke Abnahme bis zum völligen Fehlen. In den Kössener Schichten wieder starke Zunahme mit deutlicher zyklischer Sedimentation. Kaolinit verhält sich umgekehrt proportional zum Feldspatgehalt. Parallel zu Kaolinit verhalten sich Halloysit, Illit, Glimmer, Chlorit z. T.

Halloysit: völliges Fehlen im Hauptdolomit, im Plattenkalk geringe Zunahme. Mit den Kössener Schichten erfolgt ein sprunghaftes Anwachsen. Spricht auf zyklische Sedimentation nicht so deutlich an.

Illit: Im Hauptdolomit relativ wenig, im Plattenkalk leichte Zunahme, am Übergang zu den Kössener Schichten werden hohe Gehalte erreicht.

Glimmer: hohe Gehalte im Hauptdolomit, im Plattenkalk vermutlich zyklische Sedimentation, die besonders deutlich dann in den Kössener Schichten auftritt.

Pyrit: Durchschnittlicher Gehalt im Hauptdolomit eher gering. Am Übergang zum Plattenkalk hoher Wert. Diese Erscheinung tritt auch bei anderen Zyklen auf, z. B. am Übergang vom Plattenkalk zu den Kössener Schichten, in denen die Zyklen durch den Pyritgehalt ausgezeichnet abgebildet werden!

Hauptdolomit: Gekennzeichnet durch seinen hohen **Kaolinit-Gehalt**. Daneben noch Glimmer, Quarz und Feldspat.

Plattenkalk: Er nimmt eine Übergangstellung ein. Geringe Kaolinit- und Halloysitgehalte, reich an Illit und Glimmer.

Kössener Schichten: Gekennzeichnet durch das Auftreten von **Halloysit**. Wichtig noch die Gehalte an Kaolinit, Quarz und Feldspat, Illit und Glimmer, etwas Chlorit.

8) PALÄOGEOGRAPHIE

Es werden zunächst gewisse Parameter im Hinblick auf ihre paläogeographische Aussage untersucht.

8.1) Schichtmächtigkeit

(Taf. 6, 7)

Es ist eine konstante Abnahme der Schichtmächtigkeiten von W nach E festzustellen, besonders deutlich ist dies im Plattenkalk ausgebildet, auffallend auch noch im 1. Großzyklus der Kössener Schichten (siehe Tafeln 6, 7).

8.2) Geröllhorizont

Die Mächtigkeit dieses Horizontes nimmt von ca. 34 m im W auf 5 m im E ab. Daneben ändert sich seine Mächtigkeit auch in N–S Richtung: im Profil Weißenbach (Südabschnitt) ist der Geröllhorizont bereits ausgekeilt.

8.3) Breccienführung

Als besonders klastreich erwies sich das Profil Gasseralm als nördlichstes im Untersuchungsgebiet sowie das Gebiet der Laka.

8.4) Korngröße

Mit Hilfe des DIGISCAN-PHASENINTEGRATORS war es möglich, die Korngrößenverteilung innerhalb eines Profils (Abb. 13) sowie ihre regionale Änderung zu untersuchen. (Abb. 17).

Abb. 17: Sie zeigt die Korngrößenverteilung in 4 Profilen der Kössener Schichten. Die größten Werte zeigt jeweils der 1. Tonschiefer, der 2. hat die kleinste Korngröße (und damit auch die geringste Schichtmächtigkeit), der 3. Tonschiefer nimmt eine Zwischenstellung ein. Die Korngröße der entsprechenden Tonschiefer nimmt von W nach E ab, besonders deutlich dokumentiert sich diese Erscheinung im 1. Tonschiefer, dessen regionale Korngrößenänderung in Abb. 18 dargestellt ist.

1: Oberdrauburg (O 1)

2: Naggler Graben (M 48)

3: Wiederschwing (344)

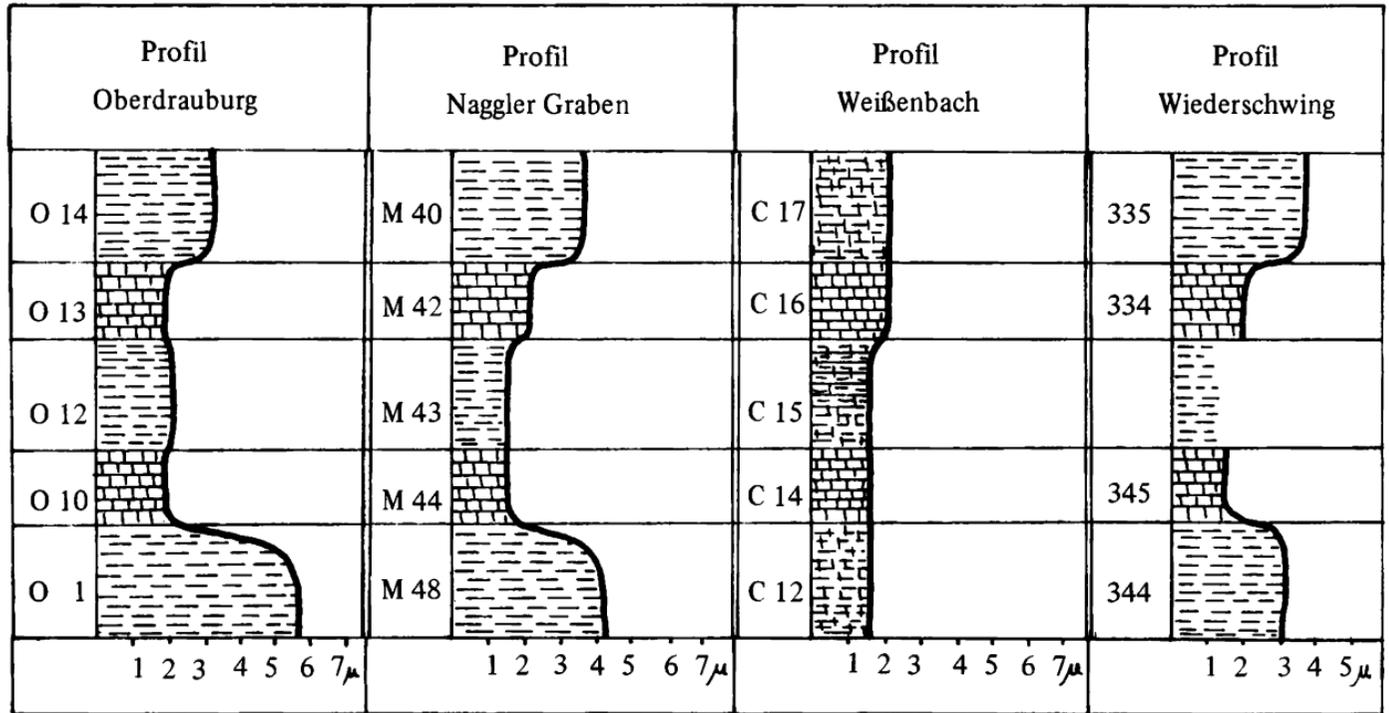


Abb. 17: Regionale Korngrößenverteilung im Großzyklus A der Kössener Schichten

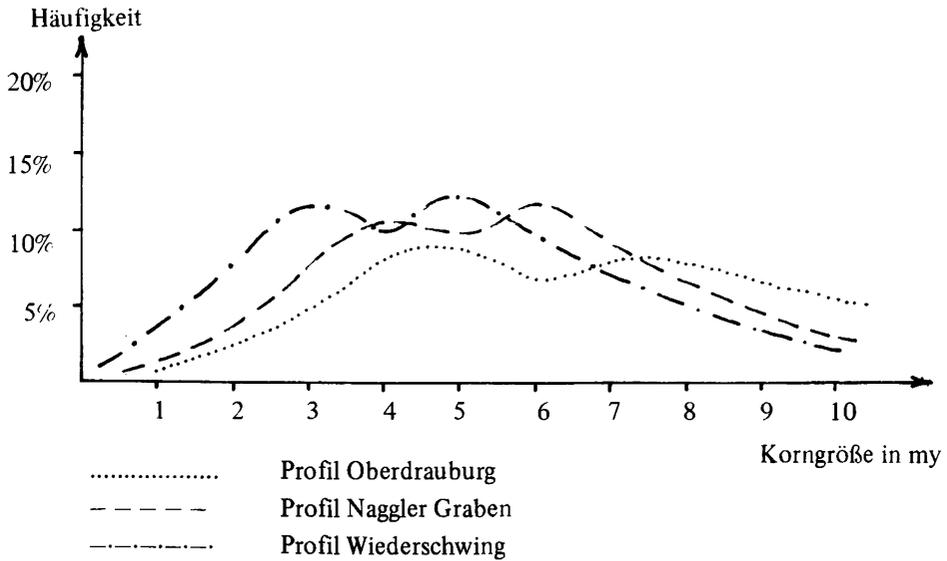


Abb. 18: Regionale Korngrößenverteilung im 1. Tonschiefer der Kössener Schichten

Man erkennt eine Verschiebung der 2 Hauptmaxima zu kleineren Werten in W-E Richtung, gleichzeitig nähern sich die 2 Maxima immer mehr auf Grund der Kornsortierung während des Transportes, bis sie schließlich verschmelzen (dieser Punkt wurde im 1. Tonschiefer nicht erreicht, in anderen Tonschiefern kann er aber beobachtet werden).

Es wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen Schichtmächtigkeit und Mittlerer Korngröße besteht. Die theoretische Beziehung lautet:

$$y = f \cdot x \quad y = \text{Schichtmächtigkeit (Sm) in m}$$

$$x = \text{Korngröße in } \mu$$

$$f = \text{Schüttungsfaktor}$$

Tab. 1 zeigt die Zusammenstellung dieser Werte für einige Proben.

Oberdrauburg Sm: 40 m Kgr: 5,5 μ f = 7,3	Nagler Graben Sm: 30 m Kgr: 4,2 μ f = 7,3	Weißbach Sm: 11 m Kgr: 1,5 μ f = 7,3	Wiederschwing Sm: 3 m Krg: 1,5 μ f = 2	1. Tonschiefer
Sm: 5,5 m Kgr: 1,8 μ f = 3,0	Sm: 7 m Kgr: 1,5 μ f = 4,6	Sm: ? 6 m Kgr: 2 μ f = 3	Sm: 1 m Krg: 1,5 μ f = 0,66	1. Zwischenkalk

Tab. 1: Berechnung des Schüttungsfaktors f im 1. Tonschiefer und 1. Zwischenkalk der Kössener Schichten.

Die Profile Oberdrauburg, Nagglar Graben und Weißenbach zeigen im 1. Tonschiefer eine genaue Übereinstimmung des Schüttungsfaktors f , das Profil Wiederschwing fällt deutlich heraus. Im 1. Zwischenkalk zeigen die ersten 3 Profile wieder deutliche Ähnlichkeiten, das Profil Wiederschwing nimmt wiederum eine Sonderstellung ein, obwohl gerade die Perioden einer Kalkbildung durch die starke Abnahme der terrigenen Beeinflussung für diesen Vergleich nicht günstig sind.

Bemerkungen: Bei diesem Zusammenhang zwischen Korngröße und Schichtmächtigkeit ist der Einfluß von Diagenese, Kompaktion durch verschiedene Überlagerung, Entwässerung, verschiedenes tektonisches Verhalten usw. nicht abzusehen. Dieser Zusammenhang scheint somit recht fragwürdig zu sein, seine Anwendbarkeit nur bedingt gegeben. Die Untersuchungsergebnisse seien deshalb hier nur erwähnt, ohne zunächst daraus geologische Schlußfolgerungen zu ziehen. Die geologische Interpretation dieses Faktors f hätte zu lauten: bei gleichem f wären in gleicher Zeit annähernd gleichviel Teilchen sedimentiert worden, die Abnahme der Korngröße wäre dann für die Abnahme der Schichtmächtigkeit verantwortlich.

8.5 Karbonatgehalt

Der Gesamtkarbonatgehalt nimmt von ca. 99% im Hauptdolomit auf durchschnittlich 95% im Plattenkalk ab. Der untere Plattenkalk ist etwas karbonatreicher (94–97%) als der Obere Plattenkalk (92–96%). Man erkennt eine \pm konstante Abnahme des Karbonatgehaltes von der Grenze Hauptdolomit/Plattenkalk bis etwa in die Mitte des Plattenkalkes, wo die Dolomite den größten Ca-Einbau in ihr Gitter aufweisen (Hinweis auf die geringste Salinität des Plattenkalks): diese Abnahme ist recht deutlich im Profil Oberdrauburg und Nagglar Graben ausgebildet.

In den Kössener Schichten steht der Karbonatgehalt in Abhängigkeit von der terrigenen Beeinflussung (siehe Abb. 15): bei ihrer Abnahme wird der Karbonatgehalt größer. Regional trifft diese Feststellung nicht zu: in den Tonschiefern nimmt trotz Rückgangs der terrigenen Komponente in W–E Richtung der Karbonatgehalt nicht zu. Als Erklärung bietet sich eine Zunahme der Wassertiefe an, die im allgemeinen eine Abnahme der Karbonatsedimentation bedingt.

8.6) Lithofazies

Im W-Abschnitt des Plattenkalks herrscht rhythmische Wechsellagerung von dickbankigen und feinbankigen Kalken (? Zyklische Sedimentation). Nach E geht diese Abfolge in laminierte und gebänderte Kalke über; mergelige Zwischenlagen des W fehlen weiter im E und werden hier durch Laminite ersetzt. Dies deutet auf eine Abnahme der Tonsedimentation und ev. auf Zunahme der Wassertiefe hin. Die Laminiierung entsteht durch einen Wechsel des Kalk/Dolomitverhältnisses, das mit dem DIGISCAN-PHASENINTEGRATOR ermittelt wurde.

8.7) Dolomitverteilung

Wechsellagerung von Kalken und Dolomiten findet sich am Übergang des Plattenkalks zum Hauptdolomit und in höheren Abschnitten des Plattenkalks (Profil Nagglar Graben). Dolomite fehlen zur Gänze im Profil Bodenalm (allerdings sind nur Teile des Plattenkalks

hier aufgeschlossen), sehr häufig finden sie sich hingegen im Profil Gasseralm im N des ehemaligen Ablagerungsraumes (? Hinweis auf Verflachung und damit auf Küstennähe).

8.8) Verteilung der Ca-Dolomite

Im Hauptdolomit finden sich stöchiometrische Dolomite bis Mg-betonte Dolomite. Am Übergang zum Plattenkalk erfolgt ein markanter Umschlag zugunsten der Ca-Dolomite (Abnahme der Salinität), die ihren höchsten Wert etwa in der Mitte des Plattenkalks erreichen (gleichzeitig mit dem geringsten Karbonatgehalt). Bei einer Zunahme der terrigenen Beeinflussung bzw. einer Zunahme der Wassertiefe werden die Ca-Dolomite vermehrt gebildet. Von W nach E nehmen die Dolomite in ihrem Ca-Gehalt zu (Abb. 16, Abb. 24).

8.9) Bankungsmächtigkeit

Untersuchungen über Bankungsmächtigkeiten wurden naturgemäß mehr im Plattenkalk durchgeführt, weniger in den Kössener Schichten auf Grund ihres Tonschieferreichtums. Der W ist gekennzeichnet durch eine Wechsellagerung von m-gebankten Kalken und dm- $\frac{1}{2}$ m-gebankten Kalken, nach E finden sich dickbankige Kalke bzw. Dolomite immer seltener, an ihre Stelle treten feinbankige (cm–dm) Kalke, Laminite bzw. gebänderte Kalke.

8.10) Verteilung von Tonschiefer und Mergeln

Im Plattenkalk fehlen mächtigere Tonschiefer bzw. Mergel, es finden sich nur dünne Zwischenlagen, die nach E hin auskeilen. Im Großzyklus A der Kössener Schichten treten im W fast reine Tonschiefer ohne mächtigere Mergellagen auf, nach E schalten sich zunehmend Mergel ein. Im Profil Wiederschwing fehlen sie aber bereits wieder, da die Karbonatsedimentation wegen der vermutlich größeren Wassertiefe gering war.

8.11) Tonmineralverteilung

Es wurde versucht, eine Tonmineralfazies in groben Zügen zu erstellen. Aus den zahlreichen regionalen Untersuchungen wurden die Ergebnisse über die Zusammensetzung des unlöslichen Rückstandes des Geröllhorizontes im Plattenkalk sowie des 1. und 3. Tonschiefers der Kössener Schichten ausgewählt. Abb. 19, Abb. 20.

Aus dieser Verteilung ergibt sich schematisch ein Bild über die Tonmineralverteilung, die in Abb. 21, 21a, dargestellt ist.

Quarz und Feldspat nehmen in der Transportrichtung von W nach E ab (Ausnahme Profil Wiederschwing), ebenso Illit; Chlorit, Kaolinit und Halloysit nehmen im allgemeinen nach E zu. Die Änderung bei den Glimmern ist nicht markant.

Auffallend ist die Zunahme des Quarzgehaltes im Profil Wiederschwing. Obwohl durch die zunehmend größer werdende Entfernung vom Liefergebiet der Gehalt abnehmen müßte (zum Vergleich der Trend bei Feldspat), ist trotzdem eine deutliche Zunahme von Quarz zu erkennen. Es kann sich dabei nicht mehr um detritären Quarz handeln (es fehlen nämlich Anzeichen für ein 2. Liefergebiet), sondern um diagenetisch neugebildeten, in Form von Hornsteinlagen und Kieselsäurekonkretionen an Korngrenzen, die durch Mobilisation aus kieseligen Organismen (Radiolarien, Kiesesspiculae) entstanden sind. Anzeichen eines Vulkanismus fehlen.

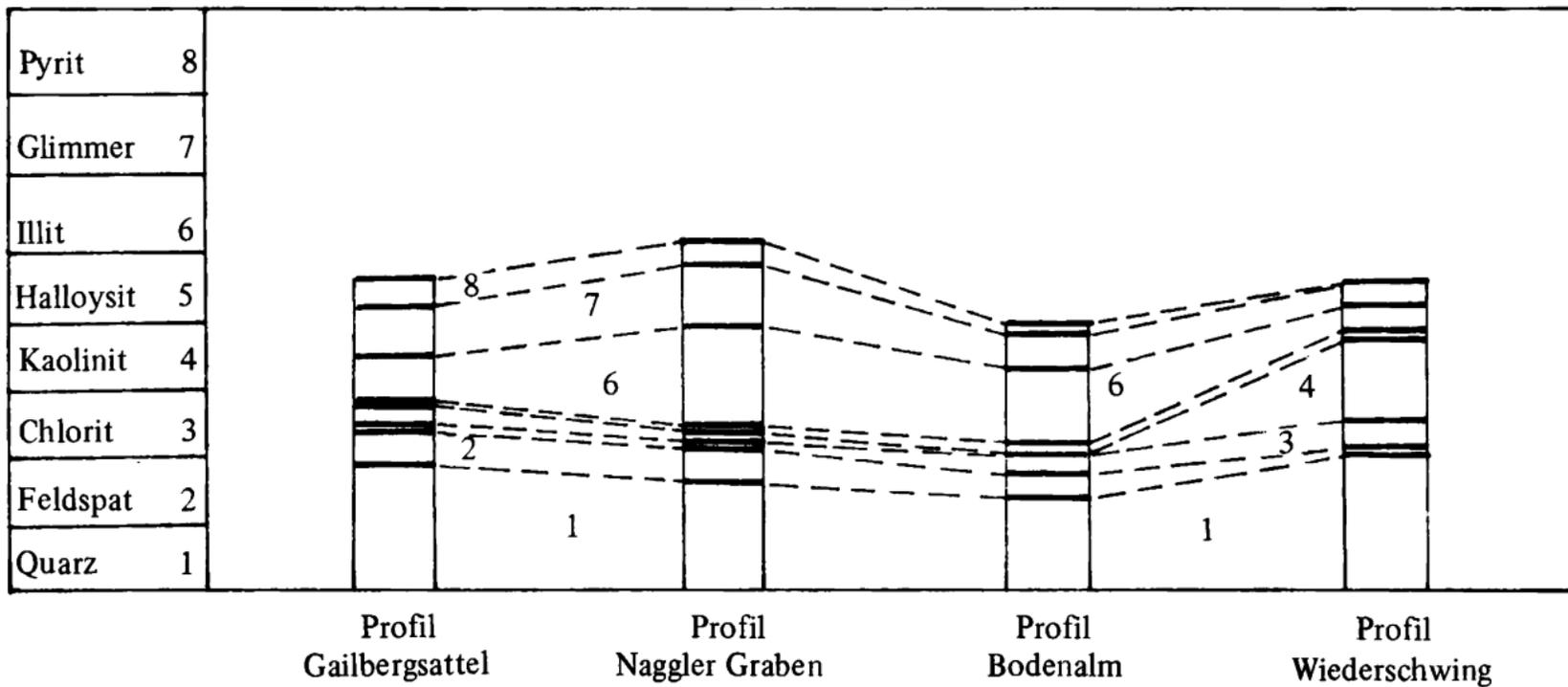


Abb. 19: Mineralogische Zusammensetzung des Geröllhorizontes (Plattenkalk).

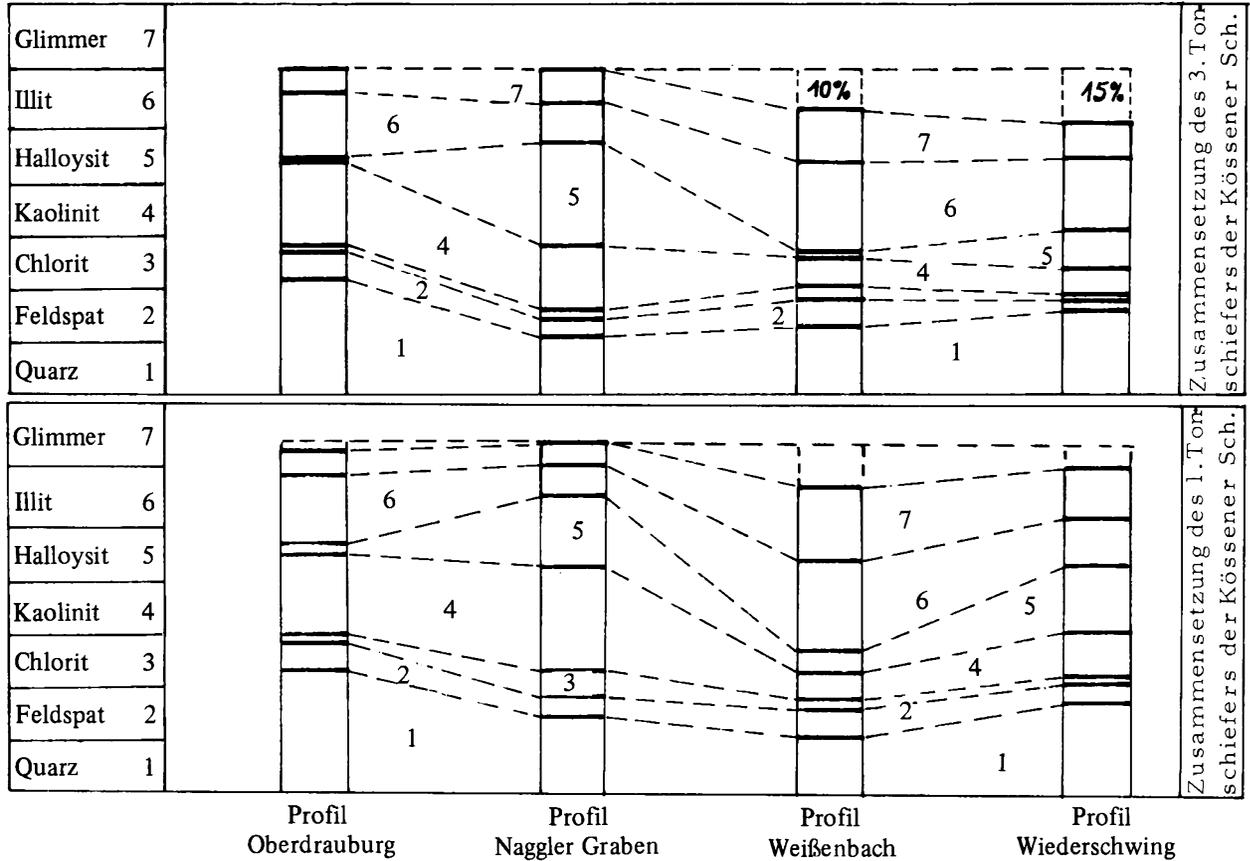


Abb. 20: Mineralogische Zusammensetzung des 1. und 3. Tonschieferhorizontes der Kössener Schichten.

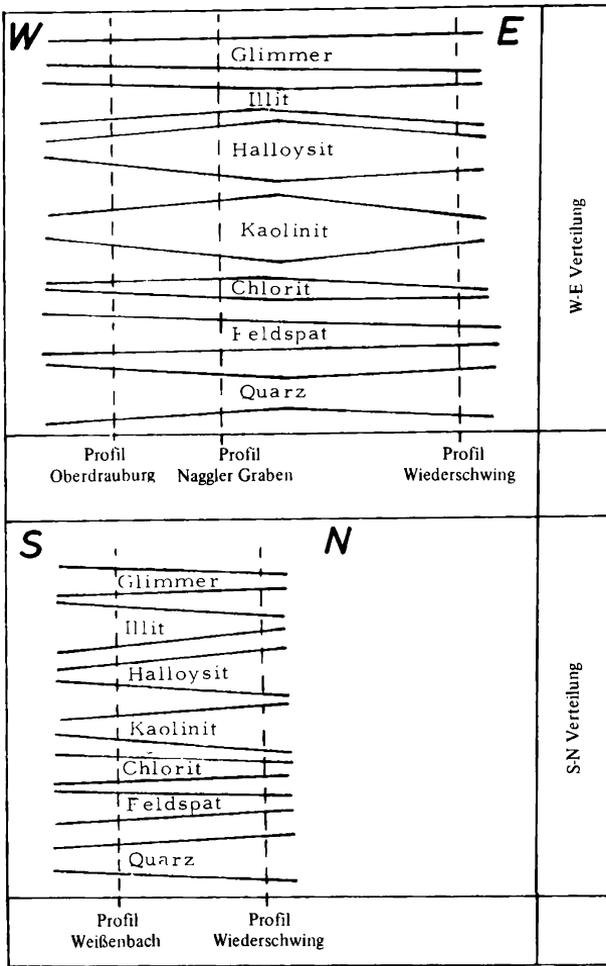


Abb. 21: Schematische Tonmineralverteilung der Kössener Schichten.

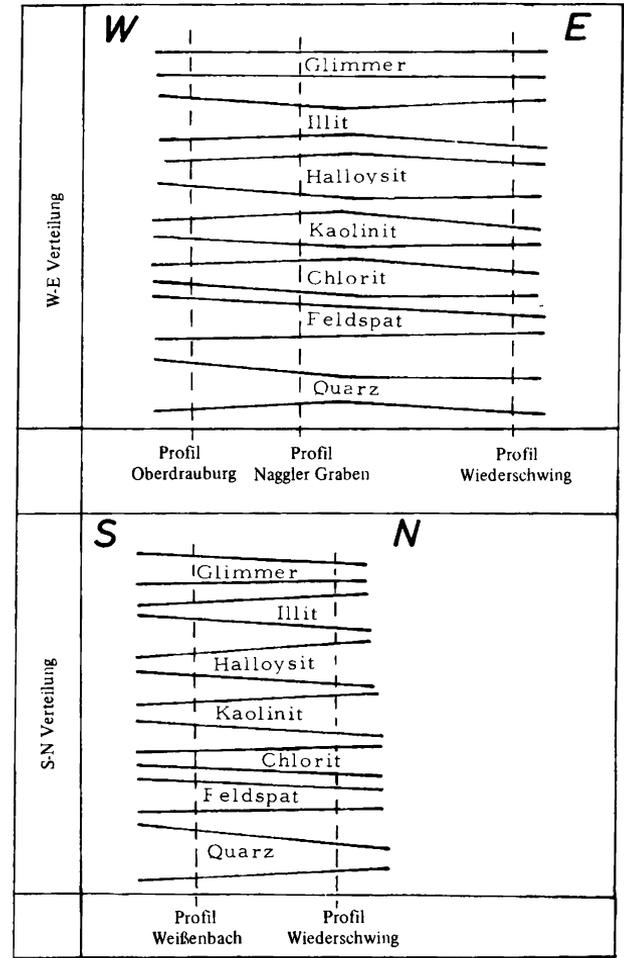


Abb. 21a: Schematische Tonmineralverteilung in den Kalken der Kössener Schichten.

8.12) Biogenverteilung

Der Plattenkalk erweist sich als fossilarm im Gegensatz zu den Kössener Schichten. Bemerkenswert ist das Auftreten von **Radiolarien** im Profil Bodenalm (frei von Dolomit), die nach KOZUR & MOSTLER (1972) auf eine Mindestwassertiefe von 50 m hinweisen. Im Profil Weißenbach finden sich Kieselspiculae; der Reichtum an Kieselsäure im Profil Wiederschwing dürfte ebenfalls auf kieselige Organismen zurückgehen.

Die mächtigen Tonschiefer des Großzyklus A in den Kössener Schichten sind nahezu fossilfrei, nur im Profil Nagler Graben finden sich auch schon im 3. Tonschiefer einige Schalenreste. Bei Abnahme der Tonschiefermächtigkeit (= Abnahme der Schüttung) treten individuenreiche Faunenvergesellschaftungen auf.

PALÄOGEOGRAPHISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die **Hauptdolomitfazies** stellt einen zeitlich und räumlich ausgedehnten gleichförmigen Sedimentationsabschnitt der Trias dar, in dem es zur Ablagerung fast reiner stöchiometrischer Dolomite kam, aufgrund der hohen Salinität, der hohen Wassertemperatur und der lagunären Verhältnisse. Der hohe Karbonatgehalt (ca. 99%) spricht dafür, daß auf dieser Plattform der terrigene Einfluß stark zurückgegangen ist. Der unlösliche Rückstand setzt sich aus Kaolinit, Quarz, Glimmer etwas Feldspat und Chlorit zusammen.

Am Übergang zum **Plattenkalk** beginnen sich diese Verhältnisse langsam zu ändern. Der Untergrund beginnt rascher abzusinken, die Zunahme der Wassertiefe bewirkt ein verstärktes Auftreten von Kalken, die zunächst noch in Wechsellagerung mit Dolomiten stehen. Die größere Wassertiefe bedingte eine Abnahme der Salinität, die sich durch das Auftreten von Ca-Dolomiten bemerkbar macht. Dem Zeitpunkt der größten Wassertiefe (mindestens 50 m auf Grund der Radiolarien) entspricht der kalkbetonte Abschnitt des Unteren Plattenkalks, in dem die Dolomite den größten Ca-Einbau aufweisen, der Karbonatgehalt relativ am geringsten ist, Laminierung und Bänderung bzw. im W rhythmische Wechsellagerung von dickbankigen und dünnbankigen Lagen auftritt, während gegen E Radiolarien, Kieselspiculae und Hornsteinlagen verbreitet sind.

Abb. 22 zeigt ein schematisches E–W Profil durch Plattenkalk und Kössener Schichten, wobei die laterale Verfolgbarkeit bestimmter Schichtglieder bemerkenswert ist.

Über dem ausgeprägten **Geröllhorizont** erfolgte im Oberen Plattenkalk eine leichte Verflachung, die sich in einer Zunahme des Karbonatgehaltes und im Auftreten von Dolomiten dokumentiert. Vereinzelt Breccienlagen weisen auf eine Bodenunruhe hin.

Der terrigene Einfluß nimmt im Plattenkalk langsam zu (Abnahme des Karbonatgehaltes auf ca. 95%), so daß ihm eine vermittelnde Rolle zwischen Hauptdolomit und Kössener Schichten zukommt. Diese Änderung der paläogeographischen Verhältnisse zeigt sich auch in der Tonmineralzusammensetzung: Glimmer, Quarz, Illit, Chlorit und Feldspat sind die wichtigsten Vertreter, während Halloysit und Kaolinit fehlen oder stark zurücktreten. Das Liefergebiet muß auch für den Plattenkalk bereits im NW gelegen haben, da sowohl in W–E, als auch in N–S Richtung eine Abnahme der Schüttungsintensität festzustellen ist. Die Beckentiefe hat von relativ flachem Wasser im W (Dickbankigkeit, Dolomite) auf Wassertiefen von mindestens 50 m im E (Wiederschwing) zugenommen.

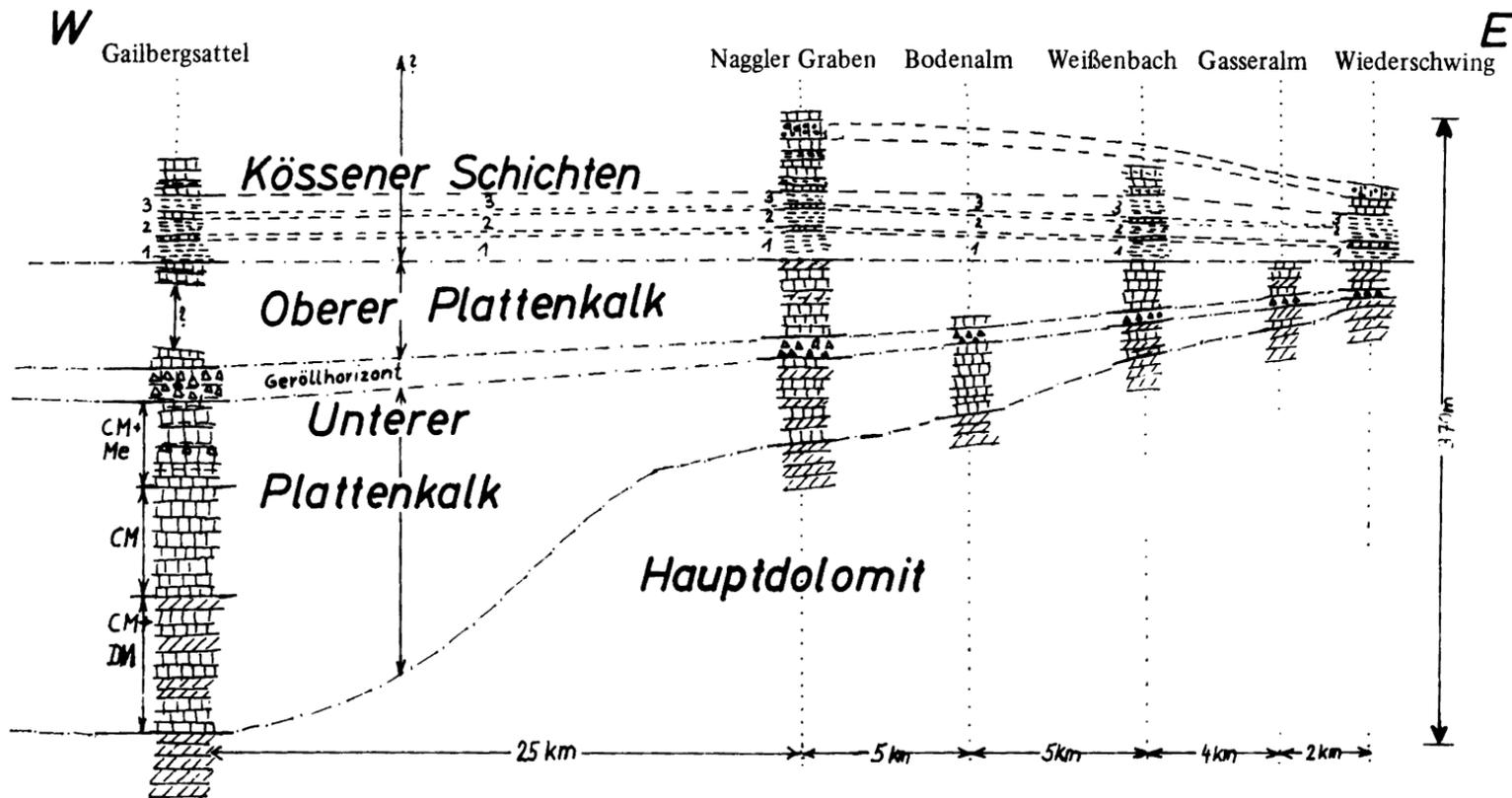


Abb. 22: E-W Profil durch Plattenkalk und Kössener Schichten

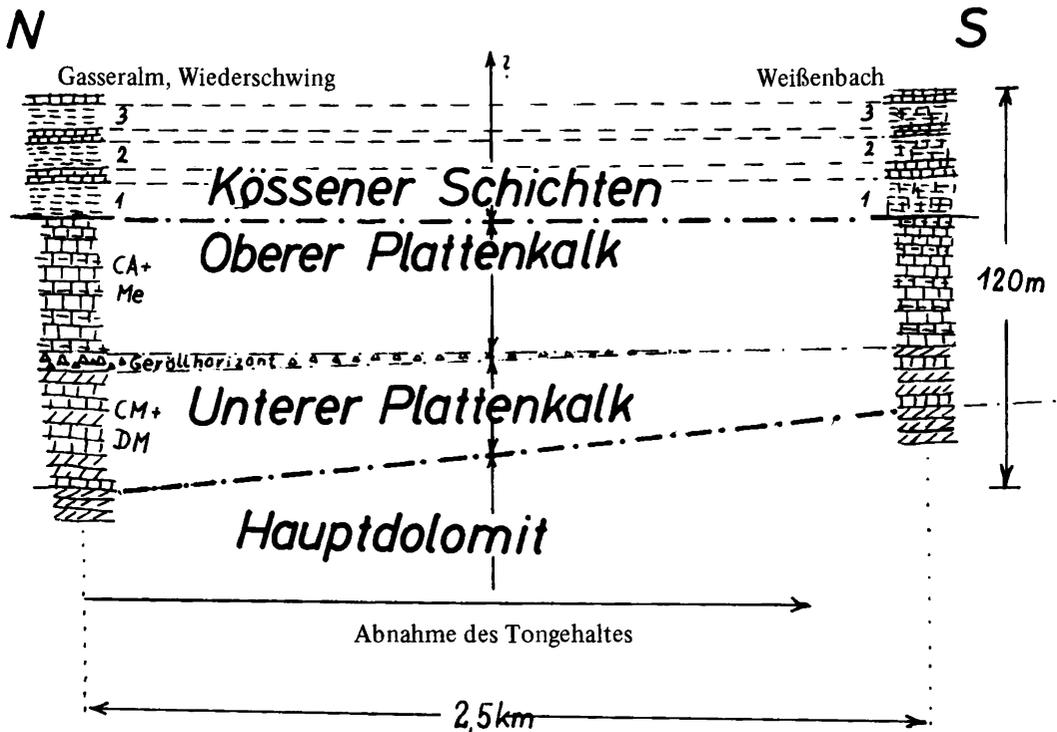


Abb. 23: N-S Profil durch Plattenkalk und Kössener Schichten

Abb. 23 zeigt diese Verhältnisse in einem N-S Profil.

Diese noch ziemlich ruhigen Sedimentationsverhältnisse ändern sich einschneidend mit dem Auftreten der Kössener Schichten. Der terrigene Anteil nimmt stark zu, es treten erstmalig Tonschiefer auf, die bis zu 40 m mächtig werden. Die Schüttung erfolgt auf Grund der Korngrößenverteilung „turbiditartig“, wobei sich bei einer Abnahme der Schüttungsgeschwindigkeit Kalke bis Mergel in die Tonschiefer einschalten. Die Abfolge Tonschiefer/Kalk erfolgte zyklisch, wobei sich charakteristische Wechselbeziehungen ergaben, die sich durch den gesamten Ablagerungsraum verfolgen lassen.

Die Ursachen der zyklischen Sedimentation dürften wohl zu einem Großteil in einer periodischen Schüttung vom Festland, bedingt vermutlich durch Klimaschwankungen, zu suchen sein, wobei zusätzlich noch an eine rhythmische Absenkung des Beckenuntergrundes gedacht werden muß. Eine schematische Faziesverteilung wird in Abb. 24 gegeben:

Die Schüttung erfolgte von NW in das Becken, wobei es in Landnähe durch die starke terrigene Beeinflussung zu einer Salinitätsabnahme kam, die für die geringe Karbonatbildung dieses Raumes verantwortlich ist. Mit zunehmender Entfernung vom Liefergebiet nahm die Tonanlieferung ab, so daß sich im Flachwasser häufiger Karbonate bilden konnten. Durch die Zunahme der Wassertiefe nach E kamen trotz der immer geringer werdenden Tonsedimentation relativ wenig Karbonate zur Ablagerung, so daß dieser

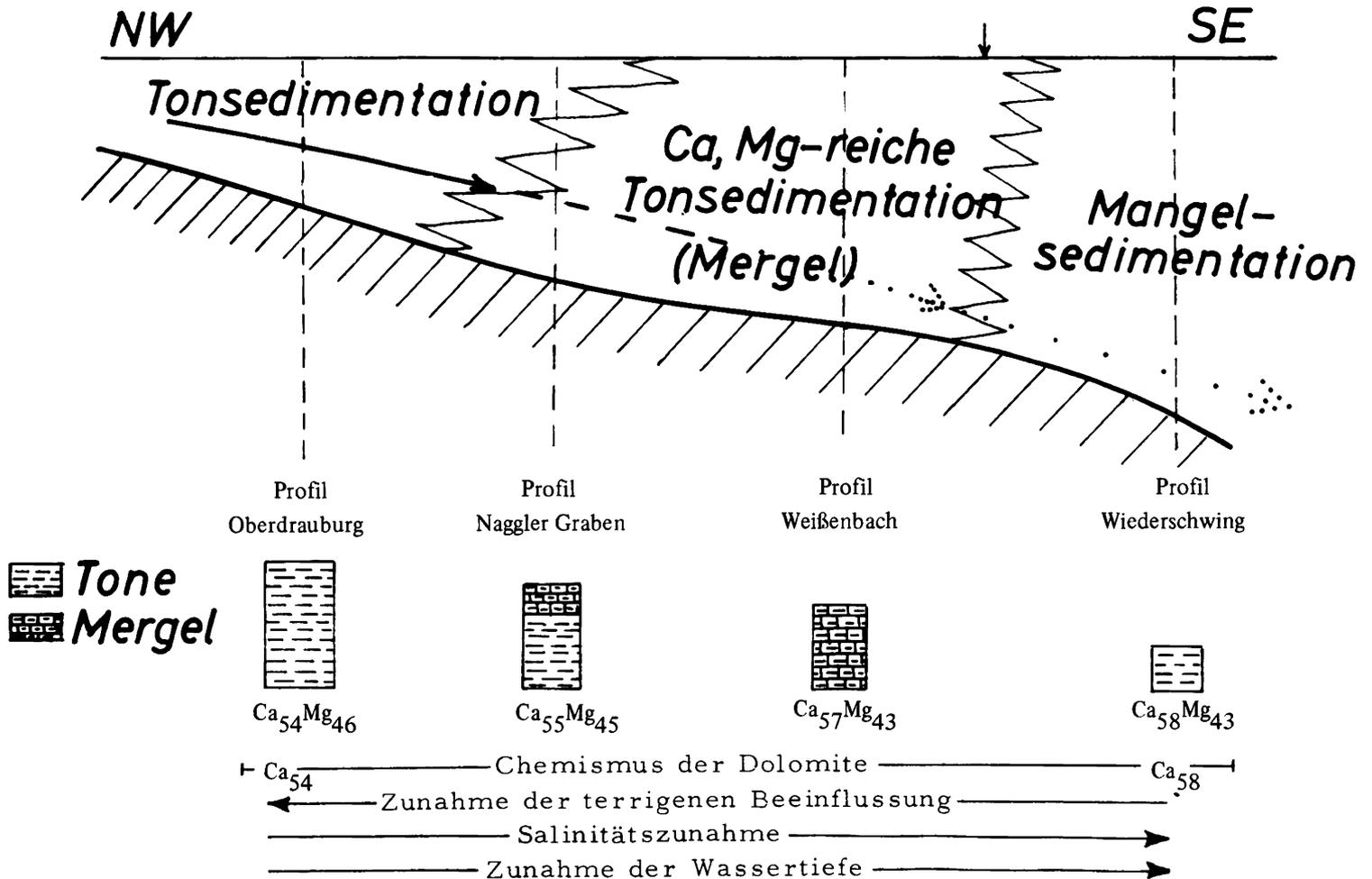


Abb. 24: Schematische Faziesverteilung in den Kössener Schichten.

Bereich eine Mangelsedimentation zeigt. In Abb. 24 erkennt man eine \pm konstante Zunahme des Ca-Einbaus in die Dolomite von W nach E, obwohl in dieser Richtung die Tonsedimentation abnimmt. Diese Erscheinung kann wohl nur durch eine Zunahme der Wassertiefe erklärt werden, da Anzeichen für ein 2. Schüttungszentrum im E (das ev. für eine Salinitätsabnahme verantwortlich wäre) fehlen.

Bathymetrie: die Bildungstiefe der Kössener Schichten stellt ein noch offenes Problem dar. URLICHS (1972) konnte aus der Faunenvergesellschaftung am *Locus typicus* keine sicheren Schlüsse bezüglich der Wassertiefe ziehen. Ein Hinweis wäre das Auftreten von *Triebelina* in den Zlambach Schichten, für die BOLZ (1971) eine Wassertiefe von 10–50 m, teilweise bis 80 m annimmt und die URLICHS für Vergleichszwecke heranzieht.

FABRICIUS (1966) konnte für den tieferen Abschnitt der Kössener Schichten keine Angaben über die Wassertiefe machen, obwohl er an ein flaches Meer denkt. Er weist auf OHLEN (1959) hin, der nur 20 m Tiefe annimmt.

Für die Tiefenverhältnisse der Kössener Schichten sicherlich maßgebend ist der rasche Wechsel von Tonschiefern und Kalken. Im Profil Oberdrauburg zeigten Kalklagen in den mächtigen Tonschiefern Trockenrisse auf Rippel-Marken, die im Flachwasser mit zeitweiliger Trockenlegung gebildet worden sein mußten. Ein großer Unterschied der Wassertiefe zwischen Kalken und Tonschiefern müßte eine beachtliche Bodenunruhe als Ursache haben, für die es in diesem Ausmaße keine Anzeichen gibt. Für den W-Abschnitt wird die Bildung der Kössener Schichten im Flachwasser (10–20 m) erfolgt sein, nach E muß mit einer größeren Zunahme der Wassertiefe gerechnet werden, da die Tonschiefer in dieser Richtung immer karbonatärmer werden.

Für die Bathymetrie des Plattenkalks ist das Auftreten von Radiolarien, Kieselspiculae und Kieselkonkretionen wichtig. Nach KOZUR & MOSTLER (1972) stellt die 50 m Marke die Obergrenze der Radiolarien dar, so daß für den E-Abschnitt des Plattenkalks eine Mindesttiefe von 50 m zu erwarten ist. Nach W erfolgte eine Verflachung, die sich in einer Änderung der Lithologie bemerkbar macht: den gebänderten und feinstlamierten Kalken des E stehen im W dickbankige Kalke gegenüber.

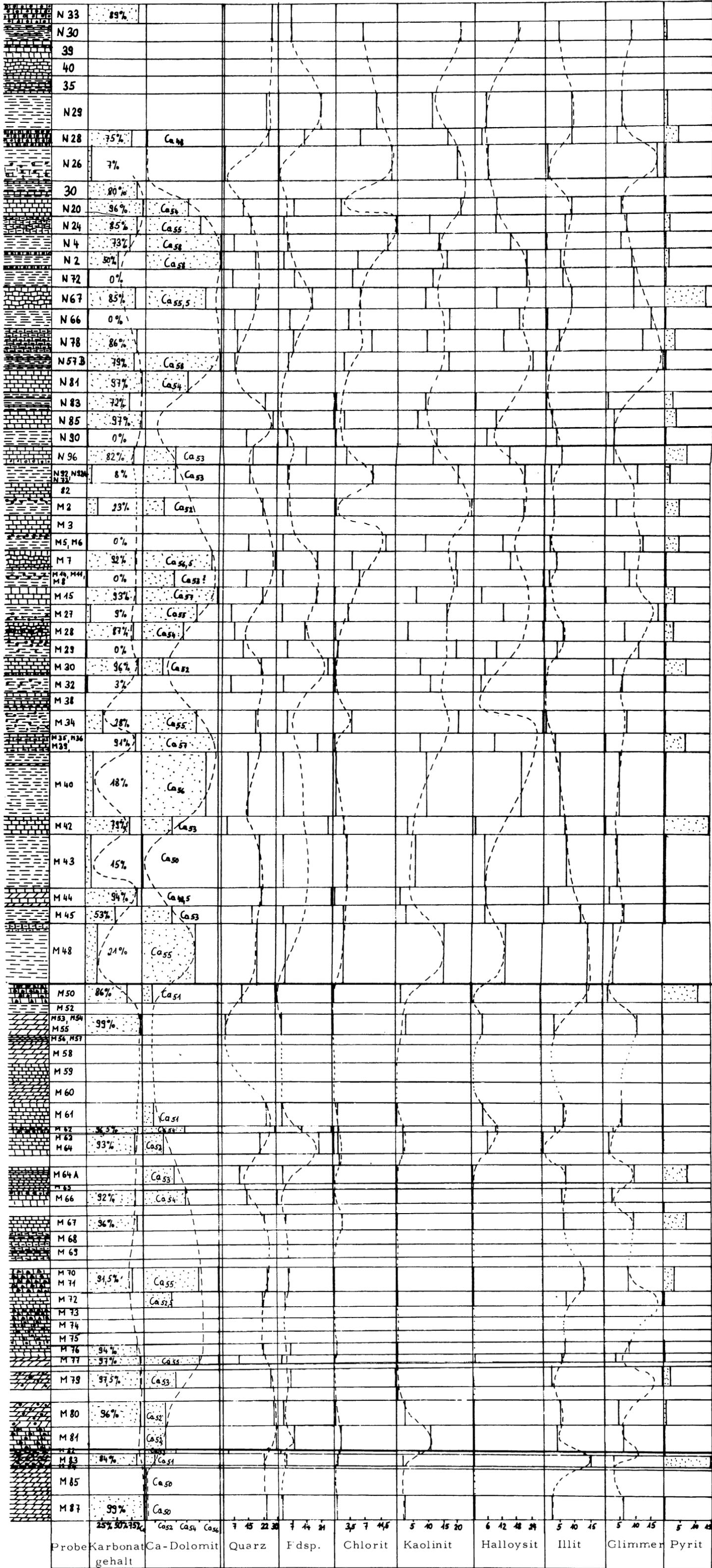
Die starke terrigene Verunreinigung (Wassertrübung, schlechte Durchlüftung, geringer Salzgehalt) und die stark wechselnden Sedimentationsverhältnisse gaben nur anspruchslosen Organismen Lebensbedingungen. Eine Abnahme der Schüttungsintensität bewirkte ein sprunghaftes Ansteigen des Biogehaltes. Im Großzyklus D finden sich dann auch meist zusammengeschwemmte riffbildende Organismen, die auf eine Verflachung des Meeres, zumindest in Teilbereichen, hinweisen.

LITERATURVERZEICHNIS

- van BEMMELEN R. W. (1957): Beitrag zur Geologie der westlichen Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich) 1. Teil. Jb. Geol. BA. Bd. 100, p. 179–212.
- van BEMMELEN R. W. (1961): Beitrag zur Geologie der Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich) 2. Teil. Jb. Geol. BA. Bd. 104, p. 213–237.
- BOLZ (1971): Die Zlambach-Schichten (alpine Trias) unter besonderer Berücksichtigung der Ostracoden, Senck. leth. 52, p. 129–283, Frankfurt.
- BRINDLEY, G. W. (1961): Experimental methods. – In: BROWN, G. (1961) (Herausgeber): The X-ray identification and crystal structures of clay minerals. – Miner. Soc. (Clay Miner. Group), 544 S., London, 1961.
- BRÜCKNER, W. D. (1951): Lithologische Studien und zyklische Sedimentation in der helvetischen Zone der Schweizeralpen. – Geol. Rdsch. 39, p. 196–212.
- BRÜCKNER, W. D. (1953): Cyclic calcareous sedimentation as an index of climatic variations in the past. – J. Sediment. Petr. 23, p. 235–237.
- BURST, J. F. (1965): Subaqueously formed shrinkage cracks in clay. – J. Sediment. Petrol. 35, p. 348–353.
- DELMER, A. (1952): La sédimentation cyclique et notamment la sédimentation houillère considérée comme un phénomène d'oscillations de relaxation autoentretenues. – Troisième Congr. Avanc. études de stratigr. et géol. du Carbonif., Heerlen 1951, T. I, p. 135–139.
- DUFF, P. McL. D., HALLAM A. & WALTON E. K. (1967): Cyclic sedimentation, Developments in sedimentology 10. Elsevier Publ. Comp. Amsterdam, London, New York.
- EDWARDS, W. & STUBBLEFIELD, C. J. (1948): Marine bands and other faunal marker horizons in relation to the sedimentary cycles of the middle coal measures of Nottinghamshire and Derbyshire. – Quart. J. Geol. Soc. London, 103, 4.,
- ENGELHARDT, W. v., FÜCHTBAUER, H. & GOLDSCHMIDT, H. (1952): Zur quantitativen Phasenanalyse feinkörniger Gemische mit Röntgenstrahlen. – Naturwiss. 39 p. 82–83.
- FABRICIUS, F. H. (1966): Beckensedimentation und Riffbildung an der Wende Trias/Jura in den Bayerisch-Tiroler Kalkalpen. E. J. Brill, Leiden, Niederlande.
- FLÜGEL, E. (1960): Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberösterreich). II. Untersuchungen über die Fauna und Flora des Dachstein-Riffkalkes der Donnerkogel-Gruppe. – Verh. Geol. BA. 1960, p. 241–252.
- FLÜGEL, E. (1962): Untersuchungen im obertriadischen Riff des Gosaukammes (Dachsteingebiet, Oberösterreich). III. Zur Mikrofazies der Zlambach-Schichten am W-Ende des Gosaukammes. – Verh. Geol. BA. 1962, p. 138–145.
- FLÜGEL, E. & FLÜGEL-KAHLER, E. (1963): Mikrofazielle und geochemische Gliederung eines obertriadischen Riffes der nördlichen Kalkalpen (Sauwand bei Gußwerk, Steiermark, Österreich). – Mitt. Mus. Bergbau, Geologie und Technik, Landesmuseum „Joanneum“, Graz, 24.
- FOSTER, W. R., SAVINS, J. G. & WAITE, J. M. (1955): Lattice expansion and rheological behavior relationships in water-montmorillonite systems. – Proc. Third Nat. Conf. on Clay and Clay Min., Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council Publ. 395, p. 296–316.
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. (1970): Sedimente und Sedimentgesteine, Sediment-Petrologie Teil II. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1970.
- GRAF, D. L. & GOLDSMITH, J. R. (1956): Some hydrothermal synthese of dolomite and protodolomite. – J. Geol. 64, p. 173–186.
- GRIM, R. E. (1953): Clay Mineralogy, McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London, 1953.
- JÜNGST, H. (1934): Zur geologischen Bedeutung der Synärese. Ein Beitrag zur Entwässerung der Kolloide im werdenden Gestein. – Geol. Rdsch. 25, p. 312–325.
- KLÜPFEL, W. (1916): Zur Kenntnis des Lothringer Bathonien. – Geol. Rdsch. 7, p. 1–29.
- KLÜPFEL, W. (1917): Über die Sedimente der Flachsee im Lothringer Jura. – Geol. Rdsch. 7, p. 97–109.
- KÖHLER, M. (1973 a): Methoden zur Bestimmung des Calcit- und Dolomitgehaltes. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck, Monographien, Dez. 1973.

- KÖHLER, M. (1973 b): Der Digiscan-Phasenintegrator und einige Anwendungsmöglichkeiten in Geologie und Mineralogie. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck, Monographien, Dez. 1973.
- KOZUR, H. & MOSTLER, H. (1972): Die Bedeutung der Mikrofossilien für stratigraphische, paläoökologische und regionalgeologische Untersuchungen der Trias. Kurzfassungen der Vorträge des Symposiums: Mikrofazies und Mikrofauna der Alpenen Trias und deren Nachbargebiete. Innsbruck, 20.–23. 3. 1972.
- KRAUS, O. (1969): Die Raibler Schichten des Drauzuges (Südliche Kalkalpen). Lithofazielle, sedimentpetrographische und paläogeographische Untersuchungen. Jb. Geol. BA., Bd. 112, p. 81–152.
- LOMBARD, A. (1956): Géologie sédimentaire. Les séries marines. – Masson et Cie., Paris; Vaillant-Carmanne, S. A. Liège.
- MILLOT, G. (1970): Geology of clays, Springer Verlag 1970.
- MÜLLER, G. (1964): Methoden der Sedimentuntersuchung, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1964.
- MÜLLER, G. & GASTNER, M. (1971): The „Karbonat-Bombe“, a simple device for the determination of the carbonate content in sediments, soils and other materials. N. Jb. Miner. Mh. 1971, H 10.
- MÜLLER-JUNGBLUTH, W. U. & TOSCHEK, P. H. (1969): Karbonatsedimentologische Arbeitsgrundlagen. Veröffentlichungen der Universität Innsbruck 8, IV.
- OHLEN, H. R. (1959): The Steinplatte reef complex of the Alpine Triassic (Rhaetian) of Austria. – Unveröff. Diss. Princeton Univ. 1959.
- PURSER, B. H. (1969): Syn-sedimentary marine lithification of Middle Jurassic limestones of the Paris Basin, France. – Sedimentology 12, p. 205–230.
- RUTTEN, M. G. (1952): Rhythm in sedimentation and erosion. – 3d Congr. Avanc. Etudes de Stratigr. et de Geol. du Carbonif., C. R. t. 2, p. 529–537.
- SCHLAGER, W. (1963): Zur Geologie der östlichen Lienzer Dolomiten. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Bd. 13, p. 41–120.
- SHINN, E. A. (1969): Submarine lithification of Holocene carbonate sediments in the Persian Gulf. – Sedimentology 12, p. 109–144.
- STOUT, W. (1931): Pennsylvanian cycles in Ohio. – Ill. Geol. Surv. Bull. 60, p. 195–216.
- TAYLOR, J. C. M. & ILLING, L. V. (1969): Holocene intertidal calcium carbonate cementation at Qatar, Persian Gulf. – Sedimentology, 12, p. 69–108.
- URLICHS, M. (1972): Ostracoden aus den Kössener Schichten und ihre Abhängigkeit von der Ökologie. Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Bd. 21.
- WEISS, A. (1958): Die innerkristalline Quellung als allgemeines Modell für Quellungsvorgänge. – Chem. Ber. 91, p. 481–502.
- WHITE, W. A. (1961): Colloid phenomena in sedimentation of argillaceous rocks. – J. Sediment. Petrol. 31, p. 560–570.
- YAO, A. (1972): Radiolarian Fauna from the Mino Belt in the Northern Part of the Inuyama Area, Central Japan. Part I, Spongosaturalids. J. of Geosciences, Osaka City University, Vol. 15, Art. 2, p. 21–64.
- ZANKL, H. (1964): Neue Untersuchungen an Triasriffen in den Alpen. – Z dt. geol. Ges. 114, p. 697–698.
- ZANKL, H. (1967): Die Karbonatsedimente der Obertrias in den nördlichen Kalkalpen. – Geol. Rdsch. 56, p. 128–139.

Mineralogische Zusammensetzung des Plattenkalks und der Kössener Schichten
im Profil Nagler Graben



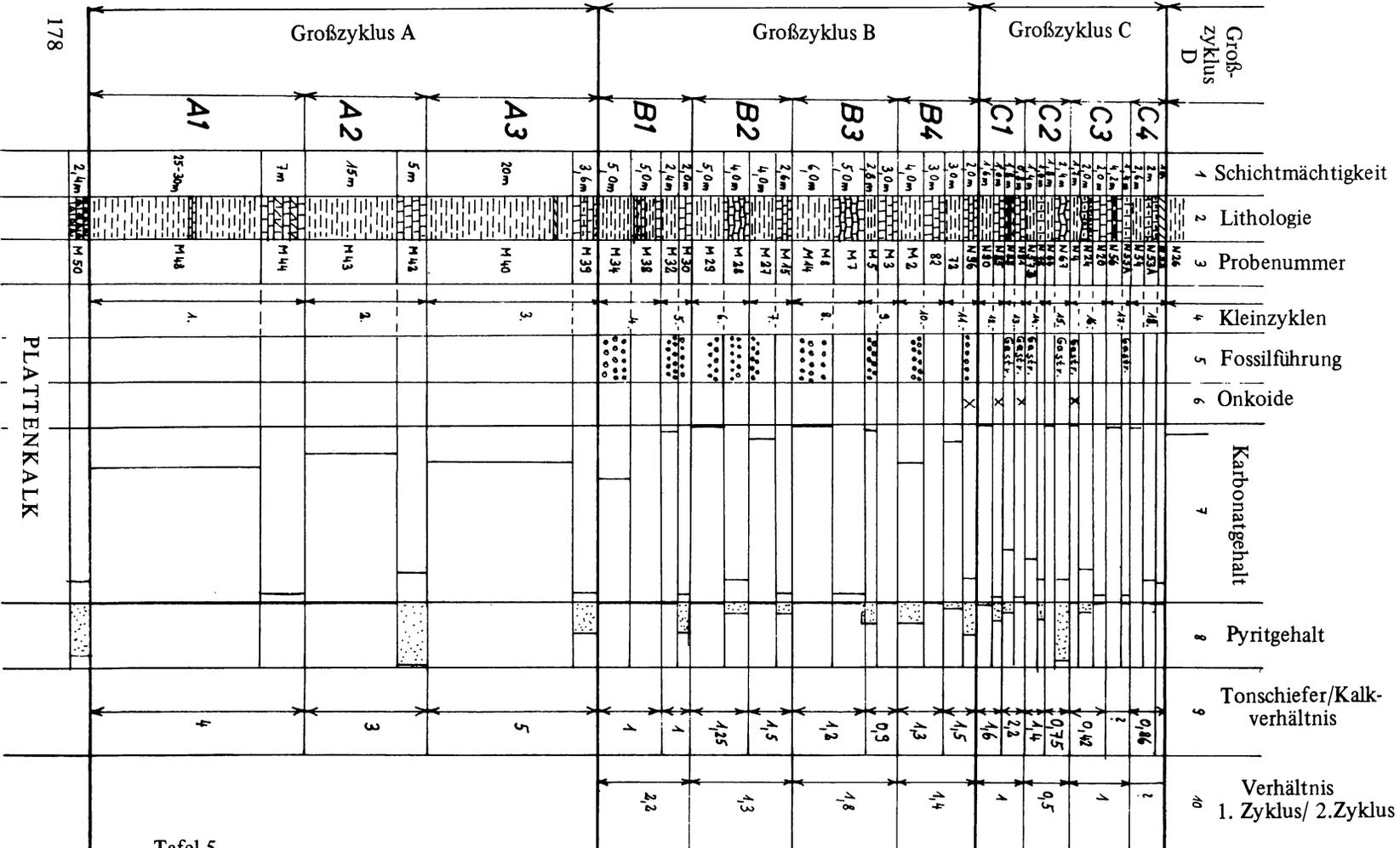
Kössener Schichten
Ob. PK
Unt. PK
HD

Großzyklus A
Großzyklus B
Großzyklus C

Großzyklus D
Großzyklus E

	341	94%	Ca _{54,5}													Kössener Sch.
	342	0%	0%													
	340	34%	Ca ₅₈													
	343	34%	Ca ₅₈													
	339	95%	Ca ₅₈													
	335	0%														
	334	33%	Ca ₅₆													
	345	91,5%	Ca ₅₇													
	344	11%	0%													
	347	46%	0%													
	346															Ob. PK
	3															
	348	95%														U. PK
	349															
	HD		Ca ₅₀													HD
	Probe	Karbonat- gehalt	Ca ₅₇ Ca ₅₄ Ca ₅₆	7,5 15 22,5	7 14 21	3,5 7 10,5	5 10 15 20	6 12 18 24	5 10 15	5 10 15	5 10 15	5 10 15				
			Ca-Dolomit	Quarz	Fdsp.	Chlorit	Kaolinit	Halloysit	Illit	Glimmer	Pyrit					

Tafel 4 : Mineralogische Zusammensetzung des Plattenkalks und der Kössener Schichten im Profil Wiederschwing

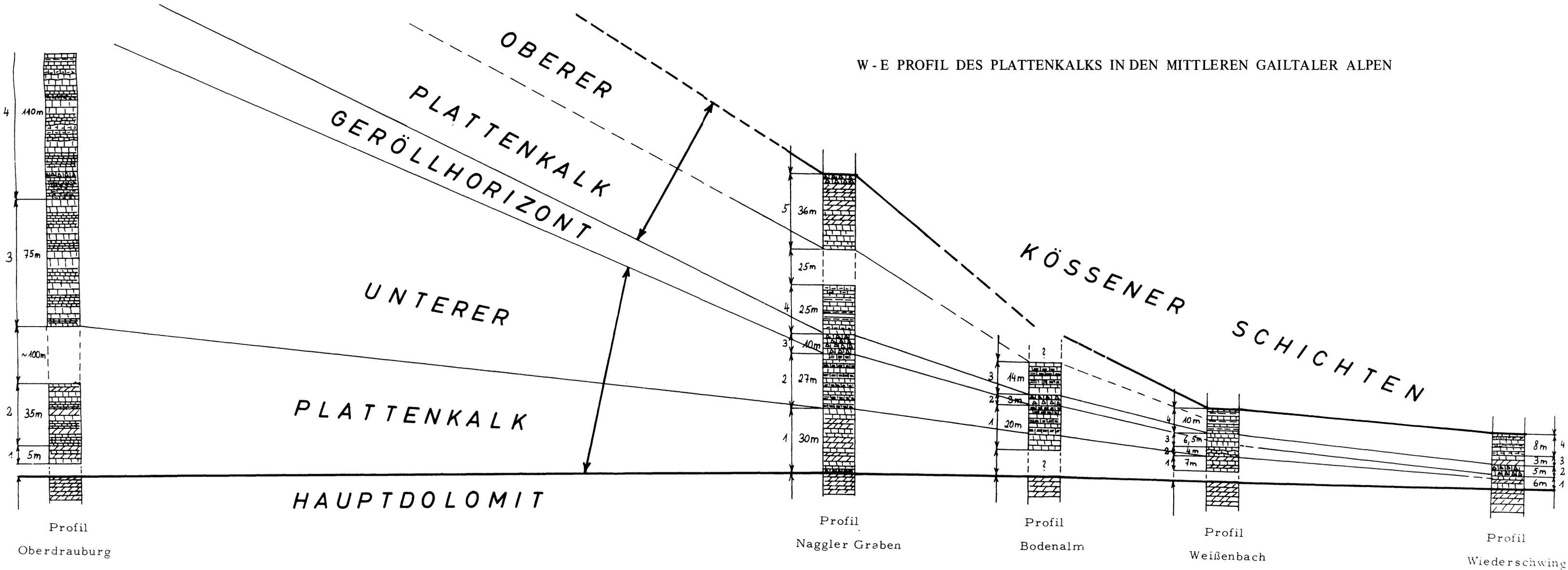


PLATTENKALK

Table 5

178

W - E PROFIL DES PLATTENKALKS IN DEN MITTLEREN GAILTALER ALPEN



Tafel 7

W - E PROFIL DER KÖSSENER SCHICHTEN IN DEN MITTLEREN GAILTALER ALPEN

