

Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen

Von W. SCHLAGER und W. SCHÖLLNBERGER *)

Mit 2 Abbildungen

Inhalt

1. Einleitung
 2. Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der kalkalpinen Schichtfolge
 - 2.1. Die Reichenhaller Wende (Oberskyth — Unteranis)
 - 2.2. Die Reiflinger Wende (Oberanis)
 - 2.3. Die Reingrabener Wende (Unterkarn)
 - 2.4. Die Adneter Wende (Unterlias)
 - 2.5. Die Ruhpoldinger Wende (Untermalm)
 - 2.6. Die Rossfeld-Tannheimer Wende (Unterkreide)
 3. Entwicklungsstadien in der Sedimentationsgeschichte der Nördlichen Kalkalpen
 - 3.1. Das Stadium der Flachwasser-Karbonate
 - 3.2. Das Stadium der Tiefwasser-Karbonate
 4. Deutung der stratigraphischen Wenden
 5. Die lithostratigraphische Nomenklatur und die stratigraphischen Wenden
 6. Erläuterung neuer oder wenig gebrauchter Begriffe
- Dank, Schriftenverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG

Der Begriff „stratigraphische Wenden“ wird eingeführt für einschneidende, fast im gesamten kalkalpinen Ablagerungsraum erkennbare Änderungen des Sedimentationscharakters. Von der Untertrias bis zur Unterkreide läßt die Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen sechs solcher Wenden erkennen, die nach Gesteinsformationen benannt sowie sedimentologisch gekennzeichnet und gedeutet werden. Es sind dies: Das Einsetzen der einheitlichen Karbonat-Sedimentation an der Basis der Mitteltrias (Reichenhaller Wende), der weit verbreitete Übergang zu tiefer-mariner Sedimentation mit Hornsteinkalken und Rotkalken im Oberanis (Reiflinger Wende), das Einsetzen eines terrigenen Sedimentations-Regimes im Unterkarn (Reingrabener Wende), das Untertauchen der Flachwasser-Plattformen im Unterlias (Adneter Wende), das Einsetzen der Radiolarien-Schlamme im tiefen Oberjura (Ruhpoldinger Wende) und schließlich die Ablösung der vorherrschend karbonatischen Sedimentation durch eine vorwiegend terrigene in der Unterkreide (Rossfeld-Tannheimer Wende).

*) Anschriften der Verfasser: Prof. Dr. W. SCHLAGER, University of Miami, Fisher Island Station, Miami, Florida 33139 USA; Dr. W. SCHÖLLNBERGER, KSEPL, Volmerlaan 6, Rijswijk (Z. H.), Niederlande.

Die Wenden an der Basis der Mitteltrias, im Unterlias und in der Unterkreide haben den Charakter länger dauernder Umstellungen, hervorgerufen durch Änderungen sedimentologisch besonders wichtiger Faktoren im Zuge der säkularen Absenkung des kalkalpinen Sedimentationsraumes. Die drei anderen Wenden bezeichnen rasche Umschläge, die innerhalb einer Ammonitenzone erfolgten und die Qualität von Leitereignissen haben. Sie gehen wahrscheinlich zurück auf kurzzeitige tektonische Bewegungen, im Anis und Oberjura gepaart mit vulkanischer Aktivität.

Die langsamen Umstellungen gestatten es, mehrere Stadien in der Entwicklung des kalkalpinen Sedimentationsraumes abzugrenzen, die in neutraler Form nach dem jeweils vorherrschenden Gesteinstyp benannt werden als das Stadium der terrestrischen Rotsedimente (Permo-Skyth), das Stadium der Flachwasser-Karbonate (Mittel- und Obertrias), das Stadium der tiefer-marinen Karbonate (Jura-Neokom) und das Stadium der tiefer-marinen Tonmergel und Sandsteine (höhere Unterkeide).

Beim Aufbau einer konsequent gebrauchten und selbständig neben der Biostratigraphie stehenden Lithostratigraphie bieten die erwähnten stratigraphischen Wenden ein Mittel zur Abgrenzung großer Formationen und Formationsgruppen. Sie erleichtern damit die Aufstellung einer hierarchischen Ordnung der kalkalpinen Schichtbegriffe an Stelle des bisherigen Nebeneinander von Formationen.

ABSTRACT

The term „stratigraphische Wende“ (stratigraphic turning point, juncture) is introduced for marked changes in the depositional history of the Northern Limestone Alps. From Early Triassic through Early Cretaceous, six stratigraphic junctures have been recognised: The onset of uniform carbonate deposition in the Late Scythian to Early Anisian, the rapid spreading of deeper-marine cherty limestones over shallow-water carbonates in the Late Anisian, the onset of a uniform terrigenous depositional regime in the Early Carnian, the submerging of the shallow-water carbonate platforms in the Early Liassic, the spreading of the radiolarite facies in the early Late Jurassic and finally the replacement of carbonate by siliclastic sedimentation in the Lower Cretaceous.

The depositional history of the Northern Limestone Alps allows recognition of several stages, here defined from the dominant type of sediment: terrestrial red bed stage (Permian-Scythian), shallow-water carbonate stage (Middle and Late Triassic), deeper-water carbonate stage (Jurassic-Neocomian) and deeper-water shale and sandstone stage (late Early Cretaceous). The stages follow each other in a characteristic sequence, reflecting the changes in deposition during long-term subsidence of the area. The junctures in the Late Scythian-Early Anisian, the Early Liassic and the Early Cretaceous mark boundaries between such stages and extend over

a longer period. Those in the Late Anisian, the Carnian and the Late Jurassic occur within one evolutionary stage and are rapid changes, probably completed in less than one ammonite zone. They seem to be related to short-lived tectonic movements, in case of the Anisian and the Late Jurassic juncture also associated with volcanism.

The stratigraphic junctures may also be used as the boundaries of large rockstratigraphic units. Definition of such units is essential to establish a hierarchical order in the rockstratigraphic terminology of the Northern Limestone Alps.

1. EINLEITUNG

Kalkalpine Gesteine sind seit fast eineinhalb Jahrhunderten ein Objekt geologischer Forschung. Zu jedem Zeitpunkt war dabei die bio- und lithostratigraphische Gliederung der Schichtstöße ein vordringliches Anliegen jeder, auch der tektonisch orientierten regionalen Forschung. Sehr bald schon wurden daher die Konturen der lithologischen Gliederung der kalkalpinen Schichtfolge sichtbar. Die letzten 15 Jahre haben dazu einen wesentlichen Zuwachs der sedimentologischen Daten gebracht. Diese Daten sind bisher in zahlreichen Einzelarbeiten niedergelegt und wurden nur ausnahmsweise (z. B. GWINNER, 1971) zusammenfassend dargestellt. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die altbekannten Gliederungselemente der kalkalpinen Schichtfolge nach sedimentologischen Gesichtspunkten zu ordnen und zu interpretieren. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der vertikalen Gliederung. Die Differenzierung im Raum, d. h. der laterale Fazieswechsel, wird nur dem Prinzip nach angegeben, auf eine Darstellung der Paläogeographie jedoch verzichtet. Zu unvollständig ist dort das Bild und zu sehr belastet durch das Fehlen eines allgemein akzeptierten Bauschemas der Kalkalpen, trotz imponierender tektonischer Synthesen, etwa von SPENGLER (1953—59) und TOLLMANN (1967—70). Unser Ziel war auch nicht eine Gliederung in „Faziesreihen“ im Sinne SPENGLERS, das heißt in räumlich abgegrenzte Schichtfolgen, sondern eine Unterteilung in räumlich möglichst weit verfolgbare und durch Wechsel in der Lithofazies abgrenzbare Stockwerke. Dabei haben wir versucht, die Regeln, nicht die Ausnahmen, herauszuarbeiten. So manche lokale Besonderheit mußte unberücksichtigt bleiben. Dies gilt vor allem für die Nordrand-Zone der Kalkalpen mit ihrer oft abweichenden Entwicklung.

Aus dem stratigraphischen Umfang der kalkalpinen Schichtfolge haben wir nur die Spanne von der oberen Untertrias bis zum Neokom herausgegriffen und uns damit auf den Zeitraum mit vorherrschender Karbonat-sedimentation beschränkt.

2. DAS PRINZIP STRATIGRAPHISCHER WENDEN IN DER KALKALPINEN SCHICHTFOLGE

Es ist altbekannt, daß die kalkalpine Schichtfolge wiederholt einschneidende Änderungen im Charakter der Sedimentation erkennen läßt. Die

Möglichkeit, derartige Umschläge durch die ganzen Kalkalpen, oft auch in die angrenzenden Sedimentationsräume hinein zu verfolgen, bildete eine der Grundlagen zur Aufgliederung des „Alpenkalks“ in der Frühperiode der alpinen Stratigraphie. Eine Vielzahl sedimentologischer Arbeiten hat uns in neuer Zeit gelehrt, welcher Art diese durchgreifenden Änderungen der Lithologie sind, und eine auf weiträumiger Korrelation beruhende Biostratigraphie hat gezeigt, wo im chronostratigraphischen Schema und innerhalb welcher Zeitspanne diese Änderungen erfolgten. In dem Zeitraum von der Untertrias bis zur Unterkreide lassen die kalkalpinen Profile unserer Meinung nach sechs besonders bedeutsame lithofazielle Wendungen erkennen (Abb. 1 und 2).

Wir benennen sie im folgenden nach einer, auf die Wende folgenden Gesteinsformation als

Rossfeld-Tannheimer Wende	(nach Rossfeld- bzw. Tannheimer Schichten)
Ruhpoldinger Wende	(nach Ruhpoldinger Radiolarit)
Adneter Wende	(nach Adneter Kalk)
Reingrabener Wende	(nach Reingrabener Schiefer)
Reifflinger Wende	(nach Reifflinger Kalk)
Reichenhaller Wende	(nach Reichenhaller Schichten)

Wie unten ausgeführt wird, haben einige dieser Wendungen, nämlich die Reifflinger, Reingrabener und Ruhpoldinger, den Charakter von lithostratigraphischen *Leitereignissen*. Die Änderung des Sedimentations-Regimes hat sich jeweils so rasch im kalkalpinen Ablagerungsraum ausgebreitet, daß beim gegenwärtigen Stand der Bio- und Lithostratigraphie kein Zeitunterschied erkennbar ist. Die Reichenhaller, Adneter und Rossfeld-Tannheimer Wende dagegen bezeichnen langsame, sich über einen längeren Zeitraum erstreckende *Umstellungen*. Dies äußert sich in einem größeren lithologischen Übergangsbereich der Profile, aber auch darin, daß die lithologische Änderung in verschiedenen Teilen des Ablagerungsraumes zu verschiedenen Zeitpunkten einsetzte.

2.1 Die Reichenhaller Wende

Die Grenze zwischen den Werfener Schichten und dem Buntsandstein einerseits und den Karbonaten des Alpenen Muschelkalkes und des Gutensteiner Kalkes andererseits, wird fast überall in den Kalkalpen durch einen lithologischen Übergangsbereich markiert. Dabei kommt es zur Wechselagerung von Siliziklastika und Karbonaten oder zur Bildung von Mischgesteinen, z. B. sandigen Dolomiten. Es gibt keine Anzeichen für eine Unterbrechung der Sedimentation. Alles deutet auf eine rasche, aber kontinuierliche Umstellung. Typische Schichtglieder des Übergangsbereiches

sind die Reichenhaller Schichten und die ihnen sehr ähnlichen La-Drossa-Schichten (HIRSCH, 1966; KOBEL, 1969) im Nord- und Westteil der Kalkalpen. Gemeinsam ist diesen Schichtgliedern die Wechsellagerung von (meist bunten) Schiefertönen mit sandigen Dolomiten, Kalken und Rauhwacken. Die Karbonate sind i. a. feinschichtige Mudstones. Örtlich tritt eine artenarme, kleinwüchsige Mega-Fauna von Gastropoden, Crinoiden (Dadocrinus) und Bivalven auf („Reichenhaller Fauna“, BITTNER, 1897). Sie spricht, im Verbande mit den oft gipsführenden Rauhwacken, für hypersaline Bedingungen. Etwas anders beschaffen ist der Übergang im S-Teil der Mittleren und Östlichen Kalkalpen, einschließlich der Hallstätter Zonen. Dort erlangt die Sedimentation im oberen Skyth mit der Bildung sandig-toniger Kalke mit pelagischen Faunenelementen (Ammoniten, Conodonten) ausgesprochen offen-marinen Charakter. Im Zuge des Reichenhaller Umschwunges gehen die offen-marinen Kennzeichen wieder verloren, die hellen Campiler Kalke werden durch bituminöse, gelegentlich Evaporite, Rauhwacken und Zwergfaunen führende Karbonate eines stärker eingeschränkten, hypersalinen Environments abgelöst, die eine Regression markieren (GWINNER, 1971, 104).

Einstufung. Die Datierung der Reichenhaller Wende ist in den meisten Profilen ziemlich ungenau, weil im allgemeinen nur Fossilgruppen mit gutem ökologischem, aber sehr zweifelhaftem stratigraphischem Leitwert zur Verfügung stehen. Jedenfalls reichen in den Profilen mit Werfener Kalken die Ammoniten und Conodonten des Oberskyth bis wenige Meter unter den lithologischen Umschlag heran (WAGNER, 1970, 125; SCHLAGER, 1967; HUCKRIEDE, 1958). Unmittelbar über der Reichenhaller Wende fehlen vorläufig stratigraphische Fixpunkte, so daß eine genaue Einstufung des Umschlages nicht möglich ist (siehe SUMMESBERGER und WAGNER, 1971, 353).

Die lithologisch stark wechselnde Ausbildung des Überganges und die von HIRSCH (1966), KOBEL (1969) u. a. demonstrierte seitliche Verzahnung von Karbonat-reichen und Sand-reichen Schichtgliedern sprechen für eine Wanderung der die Reichenhaller Wende markierenden Faziesgrenze in Raum und Zeit. Ähnliches wurde von RIEHL-HERWIRSCH (1972, 101) für die unterlagernde Fazies des Buntsandsteins dargelegt.

2.2 Die Reiflinger Wende

Sie wird markiert durch das Einsetzen von tiefer-marinen Hornsteinkalken mit Tuffiten über Gesteinen verschiedener Fazies und Bildungstiefe. Dieser lithologische Umschlag ist jedoch nur der Endpunkt einer längeren Umstellung, die sich je nach der Fazies der unterlagernden Gesteine verschieden auswirkt. Im folgenden einige Beispiele für die verschiedene Ausprägung dieser, im Grunde stets gleichsinnig verlaufenden Wende.

Im tiefer-marinen Bereich kann das von SUMMESBERGER und WAGNER (1972) beschriebene Profil von Großreifling als Muster für die Ausbildung der Reiflinger Wende gelten. Der Großteil des tiefen Anis ist in diesem Profil durch dunkle, bituminöse Plattenkalke vertreten, die reichlich Schwamm-Spiculae, daneben Crinoiden, Foraminiferen, Ostracoden und kleine Gastropoden führen. Wir zögern, die von SUMMESBERGER und WAGNER (1972) und anderswo häufig gemeldeten Radiolarien hier anzuführen. Ihre genaue Erhaltung ist nicht beschrieben und die Abbildungen zeigen einfache, Zement-gefüllte Sphären, die erst gegenüber kugeligen Spongien-Skleren, Kalkalgen-Sporen und Calcisphären von Art der Oligosteginen abgegrenzt werden müßten. Über diesen Plattenkalken folgen zunächst etwa 20 m bituminöse, knollige Mergelkalke, in denen lagenweise Ammoniten erscheinen; sie werden überlagert von Bitumen-armen, hellen Hornsteinkalken mit Tuffiten, in denen neben den Ammoniten zartschalige Bivalven (Halobiiden) und Conodonten häufig sind und einen gewissen pelagischen Einschlag dieser Sedimente andeuten. Die Reiflinger Wende in unserem Sinn liegt an der Basis der Tuffit-führenden Hornsteinkalke.

Noch klarer zu fassen ist die Wende dort, wo die Hornsteinkalke über Flachwasser-Karbonaten erscheinen (SARNTHEIN, 1965; KUBANEK, 1969; KOBEL, 1969). Im allgemeinen lagern dann über hellem Massenkalk mit Bildungen des Watt- und eingeschränkten Flachwasser-Bereiches (Algenmatten, Gips-Pseudomorphosen, Traubenklumpen und Kotpillen) zunächst Crinoiden-Arenite des offen-marinen Flachwassers. Erst darüber folgt der tuffitische Hornsteinkalk mit zum Teil reicher pelagischer Fauna. Im Prinzip ähnlich gebaut sind einige Profile in der Hallstätter Zone der mittleren Kalkalpen. Dort liegt über Flachwasserkalk mit Dasycladaceen (Steinalm-Kalk) unvermittelt und mit einer Omissionfläche, pelagischer Rotkalk (Schreyeralm-Kalk) mit kondensierten Ammoniten-Faunen an der Basis (SCHÄFFER, 1971; KRYSZYN, 1973). Es ist bemerkenswert, daß in dieser Zone die mit der Reiflinger Wende einsetzende tiefer-marine, überwiegend pelagische Sedimentation bis zum Oberjura anhält. In relativ kleinen Teilen der Kalkalpen schließlich hielt das Flachwasser-Regime während der Reiflinger Wende an. Der Steinalm-Kalk geht in diesem Fall nach oben in Wettersteinkalk über (WAGNER, 1970). In diesen Profilen ist die Wende faßbar durch die Zunahme der Wasserbewegung und die Ablagerung von Grainstones in dem sonst geschützten Environment auf den Plattformen sowie dem Vordringen von Ammoniten in den Bereich der Dasycladaceen-Fazies. Das beste uns bekannte Beispiel sind die Algenkalke bei Kecovo in den Westkarpathen (BYSTRICKY, 1972, Abb. 2). Solche, während der Reiflinger Wende durchhaltende Flachwasser-Areale sind während dieses Zeitraumes durch flächenmäßige Einschnürung, Bildung von Grainstones und Ansätze zur Riffbildung gekennzeichnet (z. B. im Karwendel, SARNTHEIN, 1965). Wenn die Hornsteinkalke in Profilen mit mächtigen Dolomiten fehlen: so ist wegen der Verwischung der primären

Faziesmerkmale durch die Dolomitisierung die Reiflinger Wende überhaupt nicht zurückzufinden (z. B. in der Reiteralmdecke).

Einstufung. An der Basis des Tuffit-reichen Hornsteinkalkes finden sich Ammoniten und Conodonten-Faunen des oberen Illyr (HUCKRIEDE, 1958; SARNTHEIN, 1965; KUBANEK, 1969; WAGNER, 1970; SUMMESBERGER und WAGNER, 1972). Die Reiflinger Wende fällt daher in das obere Illyr. Liegen unter dem Tuffit-reichen Hornsteinkalk noch weitere tiefer-marine Bildungen, so wie in Großreifling, so enthalten auch sie gelegentlich Ammoniten-Horizonte. Die ältesten davon sind in das mittlere Anis (Pelson) zu stellen und liegen wenige Dekameter unter dem Hornsteinkalk (WAGNER, 1970; ASSERETO, 1971). Die ersten Anzeichen einer Zunahme des offen-marinen Einflusses erscheinen daher im Pelson.

2.3 Die Reingrabener Wende

Kennzeichnend für dieses Ereignis ist die sehr rasche Ausbreitung einförmiger tiefer-mariner Tonschiefer und -mergel (Reingrabener Schiefer, Raibler Schiefer), über einem vorher sehr deutlich in Flachwasser-Plattformen mit Wetterstein-Kalk und Becken mit Reiflinger oder Partnach-Schichten gegliederten Ablagerungsraum. Über den Flachwasser-Karbonaten werden von einigen Punkten eine Schichtlücke und Aufarbeitungslagen beschrieben (STENGEL-RUTKOWSKI, 1960; SCHLAGER, 1967), und LEUCHS und MOSEBACH (1936) haben diese spätladinische Hebung bis nach Asien verfolgt. In den Westlichen Kalkalpen haben die Detailstudien von ANGERMEIER, PÖSCHL und SCHNEIDER (1963), JERZ (1966), HARSCH (1968), SCHULER (1968) ergeben, daß Übergangs-Bänke existieren und eine zwar rasche, aber im Sediment noch aufgezeichnete Abtiefung erfolgte. Diese Abtiefung ist jedoch nur in den obersten Metern des Wetterstein-Kalkes sichtbar. Darunter erscheinen sofort Algenmatten und Austrocknungs-Gefüge des Hochwatts und wenigstens vereinzelt Hinweise auf terrestrische Perioden. Als solche Hinweise betrachten wir gewisse „Großoolith“- und Krusten-Gefüge des obersten Wetterstein-Kalkes, die den von DUNHAM (1969, 182) vom Capitan-Riff beschriebenen vadosen Pisoiden und Caliche-Krusten gleichen. Darauf hat LOBITZER (1972, 29) verwiesen. Wir selbst vermuten — allerdings ohne Kenntnis des Materials in den von SCHNEIDER und WALDVOGEL (1964, Abb. 2) und KRAUS (1969, Abb. 6) (Karawanken) illustrierten Stücken solche Bildungen. Aus dem gleichalten Esino-Kalk der Südalpen wurden vadoso PISOIDE und Krusten von EPTING (1974) in ausgezeichneter Erhaltung beschrieben.

Über dem Reiflinger Kalk wird die Reingrabener Wende durch die Basis eines viele Meter mächtigen Tonschiefer-Paketes mit karnischen Ammoniten bezeichnet. Der lithologische Umschlag kündigt sich durch einige Mergellagen in dem unterlagernden Kalk an. Dieser oberste Teil des Reiflinger Kalkes ist meist dunkel, dünnplattig und kieselig („Göstlinger Schichten“, TRAUTH, 1950). Das Gestein wurde wegen vereinzelter

Medusen-Abdrücke und Pflanzenreste von WAGNER (1970, 177) als Bildung eines zeitweise trocken fallenden Flachmeeres gedeutet. Wir können dieser Interpretation nicht folgen und halten die obersten Teile der Reiflinger Schichten auf Grund ihrer Fauna (u. a. Halobiiden, Conodonten, Radiolarien, Ammoniten), des Fehlens aller typischen Sedimentstrukturen des Wattbereiches und wegen des Durchziehens von Leitbänken (Halobiiden-Lagen) über Hunderte Kilometer (WAGNER, 1970) für Bildungen des tiefer-marinen Stillwasser-Bereiches. Eine Abtiefung während der Reingrabener Wende ist in diesen Profilen bisher nicht ablesbar. Über den Partnach-Schichten ist die Wende wesentlich schwerer zu fassen. Eine Grenze ist dort erst mit den in den Raibler Tonschiefern auftretenden Sandstein-Lagen zu ziehen (JERZ, 1966, 71). Wir nehmen an, daß die Partnach-Becken vor der Reingrabener Wende durch Sedimente großteils aufgefüllt worden waren und so das Ausgreifen der terrigenen Sedimente über die Karbonat-Plattformen erlaubten.

In den Profilen mit Hallstätter Kalk wird die pelagische Kalksedimentation im Cordevol durch ein Mergel-Intervall unterbrochen. Der Wechsel von Kalk- zu Mergel-Sedimentation wird von uns als Ausdruck der Reingrabener Wende angesehen. An anderen Stellen (z. B. am Millibrunnkogel) fehlen die Mergel, und das Ereignis ist durch Breccien mit Mergel- und Kalk-Komponenten bezeichnet. In einigen Teilen der Kalkalpen fehlen die die Reingrabener Wende bezeichnenden Tonschiefer. SCHULER (1968, 18) hat bereits am Hochkönig das Auskeilen der höheren karnischen Schiefer-Horizonte demonstriert, und stellenweise sind alle Schieferbänder durch etwas tonige, oft oolithische Flachwasser-Karbonate ersetzt. Die Wende wird in diesem Fall durch vorübergehende höhere Wasserbewegung und schwache Tonzufuhr angezeigt (z. B. Nordrand des Toten Gebirges, VACEK und GEYER, 1916).

Die Einstufung der Reingrabener Wende ist wegen des damit verbundenen Wechsels der Fazies schwierig. In einer eingehenden Diskussion hat OTT (1972) versucht, diese Kluft zu überbrücken. Er kommt zu dem Ergebnis, daß der obere Wetterstein-Kalk mit *Poikiloporella duplicata* sicher, die untersten Tonschiefer wahrscheinlich, dem Cordevol angehören. Der Sedimentationsumschlag ist nach OTT innerhalb dieser Stufe, eventuell an ihrer Obergrenze, erfolgt. Mit dieser Ansicht gut vereinbar ist eine Angabe aus der Hallstätter Fazies (KRISTYN und SCHÖLLNER, 1972, 93—94): Im Profil des Sommeraukogels liegen unmittelbar unter dem karnischen Mergelband Ammoniten und Conodonten des Cordevol, 6 bis 8 m darunter folgt bereits Langobard, während erst 25 bis 30 m über dem Mergel-Band Jul nachzuweisen war. Nach KRISTAN-TOLLMANN (1970) liegt der Umschlag außerdem innerhalb eines zeitlich eng begrenzten Horizontes mit Schwebcrinoiden. Die Mikrofauna läßt nach OBERHAUSER (1968), FUCHS (1967), KOLLMANN (1963), ebenso wie die Mikroflora nach KLAUS (1960), wahrscheinlich eine noch genauere Fixierung der Wende zu.

Eine systematische Anwendung dieser Ergebnisse auf größerem Raum steht jedoch noch aus.

Insgesamt läßt sich sagen: Die Reingrabener Wende erfolgte im Karn, höchstwahrscheinlich Cordevol und ist wahrscheinlich kürzer als die Dauer einer Ammoniten-Zone. Eine Verschiebung nach Raum und Zeit ist bisher innerhalb der Kalkalpen nicht nachzuweisen. Das Ereignis trat, grob gesprochen, gleichzeitig ein.

2.4 Die Adneter Wende

In der obersten Trias setzt im ganzen kalkalpinen Ablagerungsraum eine deutliche Abtiefung ein. Sie erfolgt im wesentlichen in zwei Phasen, von denen wir die zweite, spätere, als Adneter Wende bezeichnen. Die erste Phase setzt im obersten Nor ein. Nördliche Teile der Karbonat-Plattformen werden dabei abgesenkt und von großteils tiefer-marinen, tonreichen Kössener Schichten übergriffen. In den Dachsteinkalk-Arealen äußert sich dieses Ereignis durch Zurücktreten der terrestrischen und der Hochwatt-Sedimente in den Loferer Zyklen und durch die Ausbreitung offen-marinen Biotas (z. B. Thecosmilien) über die Plattform. Nur randlich greifen Kössener Schichten in den Dachsteinkalk vor (z. B. SCHÖLLNER, 1967; BARTH, 1968 u. a.) In den Hallstätter Becken werden etwa zur gleichen Zeit die pelagischen Kalke durch mergelige Zlambach-Schichten abgelöst (z. B. WEIGERT, 1972). Diese greifen auch gegen die Dachsteinkalk-Riffe vor und schnüren sie ein (ZAPFE, 1960).

Nach dieser ersten Abtiefungsphase folgte eine Periode relativer Stabilität. Die zweite Phase, die Adneter Wende selbst, ist durch das endgültige Abtauchen der Karbonatplattformen unter den Flachwasser-Bereich und das Ausbreiten tiefer-mariner Sedimente (Adneter Kalk, Allgäu-Schichten) gekennzeichnet. Dort, wo tiefer-marine Rotkalke unmittelbar über Seichtwasser-Karbonaten (Dachstein-Kalk, Steinplatte-Kalk¹⁾) liegen, ging der Rotkalksedimentation an vielen Stellen eine Omissionsperiode voraus. Ob damit Heraushebung und subaerische Verkarstung des Dachstein-Kalkes verbunden war, ist seit GEYER (1886) Gegenstand der Diskussion. Das Problem wird dadurch kompliziert, daß die Plattformen während der Abtiefung zerbrachen, die einzelnen Schollen verschiedene Bewegungen ausführten und außerdem von einem dichten Netz sedimentgefüllter Spalten durchzogen werden. Ob die Wände dieser Spalten und die Oberflächen des Dachstein-Kalkes submarin korrodiert oder subaerisch verkarstet sind, ist häufig (noch) nicht zu entscheiden. JURGAN (1969) und SCHÖLL und WENDT (1971) haben in den Berchtesgadener Alpen überzeugend dargelegt, daß die Omission submarin stattfand und eine rasche Abtiefung der Plattform anzeigt.

¹⁾ Wir schlagen vor, diesen Ausdruck an Stelle der den internationalen Regeln nicht entsprechenden Bezeichnung „Oberrhätalk“ bzw. „Rhätoliaskalk“ zu verwenden.

In einigen Fällen scheint uns jedoch Emersion und subaerische Verwitterung der Flachwasserkarbonate wahrscheinlich. Ein Beispiel dafür ist der den Adneter Rotkalk unterlagernde Riffkalk von Adnet. Dieser ist in seinen Hangendpartien durch Rotschlamm vom Habitus der überlagernden Rotkalk verfarbt („Rottropf-Marmor“). Die Schlamm bilden ein Internsediment, das die Hohlformen selektiv herausgelöster Aragonit-Skelette verfüllt und zusätzlich die, zu diesem Zeitpunkt offenbar sehr poröse Mikrit-Matrix imprägniert. Selektive Aragonit-Lösung und Auslaugung des Feinsedimentes („Verkreidung“ = Chalkification) sind sehr charakteristisch für Diagenese im vadosen Bereich. Wir nehmen daher an, daß der Riffkalk herausgehoben, erosiv gekappt und einer Süßwasser-Diagenese unterworfen wurde, bevor er in den tiefer-marinen Bereich abgesenkt und vom Rotschlamm imprägniert wurde. Denselben Schluß ziehen GARRISON und FISCHER (1969, 24) aus ähnlichen Beobachtungen an der Steinplatte. Für eine teilweise subaerische Diagenese des Riffkalkes in Adnet treten auch FLÜGEL und TIETZ (1971) ein. Möglich, aber weniger wahrscheinlich ist, daß die Auslaugung des Kalkes während der Abtiefung im untersättigten marinen Tiefenwasser erfolgte, wie dies für die Auflösung der Ammoniten des überlagernden Adneter Kalkes anzunehmen ist (SCHLAGER, 1974).

In den Kössener Becken kommt das Adneter Ereignis oft durch die Abfolge Schiefermergel-reiche Kössener Schichten, darüber tonarmer Hornsteinkalk, darüber Adneter Kalk oder Allgäu-Schichten, zum Ausdruck. Der Hornsteinkalk kann jedoch ausbleiben, und Allgäu-Schichten können ohne scharfe Grenze aus Kössener Schichten hervorgehen. In weiten Arealen der Dachsteinkalk-Plattformen ging der tiefer-marinen Rotschlamm-Sedimentation die Bildung von Crinoidenkalken (Hierlatz-Kalk) voraus. Wie zahlreiche Beispiele innerhalb und außerhalb der Nördlichen Kalkalpen zeigen, sind Crinoidenkalken besonders über abtauchenden Karbonat-Plattformen verbreitet und vermitteln zwischen Flachwasser-Karbonaten und Sedimenten tieferen Wassers (JENKYNS, 1971). Auch die Hierlatz-Kalke stellen eine echte Übergangsfazies dar. Ihre Ausbildung zeigt eine große Variationsbreite, stellenweise sind sie mit den unterlagernden Dachsteinkalken, stellenweise mit den überlagernden Rotkalken so innig verbunden, daß sie nicht von diesen getrennt kartiert werden können.

In den Hallstätter Becken ist das Adneter Ereignis nicht sehr deutlich ausgeprägt und ein Abtiefen (zumindest beim heutigen Forschungsstand) nicht erkennbar; die tiefer-marinen Zlambach-Schichten werden von lithologisch ähnlichen Allgäu-Schichten überlagert.

Einstufung. Die Einstufung der Adneter Wende wird beträchtlich erschwert durch den Fazieswechsel von Flachwasser- zu Tiefwasserkarbonaten. Überdies gibt es in den Riffkalken gegenwärtig kaum Ansatzpunkte für eine Orthostratigraphie. Meist ist daher nicht das Ende der Flachwasser-

Sedimentation (d. h. das Abtauchen der Karbonat-Plattformen), sondern nur das Einsetzen der tiefer-marinen Sedimentation datierbar. Die Rotkalken unmittelbar über der Ommissionsfläche haben Alter von tiefstem Lias (JURGAN, 1969; BLIND, 1963) bis mittlerem Lias (GEYER, 1886). Aus der Riffentwicklung sind vereinzelt Belege für Lias Alter bekannt geworden (FABRICIUS, 1966).

2.5 Die Ruhpoldinger Wende

Als Ruhpoldinger Wende bezeichnen wir das Erscheinen von Radiolariten (= Ruhpoldinger Schichten) über faziell verschiedenartigen, tiefer-marinen Sedimenten im größten Teil des kalkalpinen Sedimentationsraumes. Der Ausdruck „Radiolarit“ ist dabei ein weitgefaßter Sammelbegriff für gut geschichtete, aus Radiolarien-Schlammern hervorgegangene Hornsteine, Kieselkalken und Kieselmergel. Diese lithologisch weite Fassung des Terminus erscheint uns zweckmäßig, weil die Anreicherung der Kieselsubstanz in glasig-dichten Hornsteinlagen ein durch Druck, Temperatur, Zeit und andere Faktoren gesteuerter Vorgang der Diagenese ist. Die dabei entstehenden Gesteinstypen sagen wenig oder nichts aus über Verschiedenheiten des Ursprungs-Sedimentes und wechseln im Aufschlußbereich. Sie wurden auch feldgeologisch meist zusammengefaßt (z. B. GRUNAU, 1959) und für den kalkalpinen Raum von TRAUTH (1950, 185) unter dem Formationsbegriff „Ruhpoldinger Schichten“ summiert, den wir hier als Ruhpoldinger Radiolarit übernehmen wollen (siehe auch GARRISON und FISCHER, 1969, 32).

Während der Ruhpoldinger Radiolarit nach oben allmählich in Aptychen-Schichten oder Rotkalk übergeht, ist die Untergrenze stets scharf. Dabei sind, je nach Art der Unterlage, verschiedene Fälle zu unterscheiden:

Über mittel- bis oberjurassischem Rotkalk (Klaus-Kalk) liegt der Radiolarit mit einer deutlichen Bankfuge, die oft durch eine mehrere Zentimeter starke Tonlage betont wird (WENDT, 1969, 1971; FLÜGEL, 1967, 29; KRYSZYN, 1971; DIERSCHKE, briefl.). Eine sehr genaue Beschreibung der Radiolarit-Basis gibt HUCKRIEDE (1971) aus der Osterhorngruppe. Zwischen Filament-Kalken und Radiolarit liegen in diesem Profil 30 cm Hornsteinreiche Rotkalken mit Tonmergeln. Diese Tonmergel sind tuffitisch und ausgesprochen fossilreich, enthalten aber keine aragonitischen Skelette. Sie können daher als ein Lösungsrückstand aus Perioden besonders intensiver Karbonatlösung oder besonders langsamer Sedimentation betrachtet werden (SCHLAGER, 1974). Ganz allgemein sieht man, daß die Sedimentation der Rotkalken unter dem Radiolarit gegen oben langsamer und lückenhafter wird (Häufung der Ommissionsflächen, Abnahme der Mächtigkeit, siehe Profile bei WENDT, 1971; KRYSZYN, 1971). Der Sedimentationsraum „verhungert“. Nur lokal wird dieser Trend durch linsenartige Anschwellungen von Filamentkalk — wahrscheinlich tiefmarine Schill-Rücken — unter-

brochen. Für die Deutung der Ruhpoldinger Wende ebenfalls wichtig sind die an der Basis im Radiolarit ziemlich weitverbreiteten Tuffite (DIERSCHE, briefl.).

Über den grauen, mergeligen Allgäu-Schichten ist die Grenze etwas weniger scharf. Gewöhnlich stellen einige Zentimeter bis Meter grauer Kieselkalke oder bunter Mergel einen Übergang zwischen Allgäu-Schichten und Radiolarit her (JACOBSHAGEN, 1965; MILLER, 1963, 58; HELMCKE, 1969, 74; SCHÖLLNBERGER, 1972). Für einen Übergang zwischen beiden Formationen spricht auch, daß der Radiolarit über dunklen Allgäu-Schichten zumeist ebenfalls mit dunklen Tönen einsetzt, über Rotkalk oder roten Schiefen aber mit roten.

In lokal begrenzten Räumen kann der Ruhpoldinger Radiolarit schließlich auch auf wesentlich älteren Untergrund — bis hinab zur Obertrias — übergreifen, so zum Beispiel im Dachstein-Gebiet (GANSS, KÜMEL und SPENGLER, 1954, wobei allerdings in der Karte auch verschwemmte Hornsteine als Radiolarit-Auflage verzeichnet sind; SCHÖLLNBERGER, 1972). Der Radiolarit liegt in diesen Fällen mit glatter Basisfläche oder mit Breccien auf.

Zu vermerken ist schließlich, daß in gewissen Schwellenzonen der Radiolarit durch andere Gesteine ersetzt werden kann. Übergang in rote Schiefer (mit einzelnen Hornstein-Bänken) wurde von der Zürser Schwelle durch KOCH und STENGEL-RUTKOWSKI (1959) überzeugend belegt. In anderen Profilen der Zürser Schwelle ist nach Angabe derselben Autoren der ganze Jura, einschließlich des Radiolarit-Niveaus, durch Rotkalke vertreten. Das Netz stratigraphischer Fixpunkte ist in diesen Fällen allerdings so lückenhaft, daß offen bleibt, ob der Radiolarit tatsächlich lateral in Rotkalk übergeht oder auskeilt und einem Omissions-Fuge an seine Stelle tritt. Besser belegt ist der Übergang von Radiolarit in Rotkalk aus den Chiemgauer Alpen (DOBEN, 1962; DIERSCHE, briefl.).

Einstufung. Die Datierung der Ruhpoldinger Wende gelingt am besten, wo Radiolarit dem Ammoniten-führenden Klauskalk aufliegt. In solchen Profilen wurde durch WENDT (1969) vom Sonnwendgebirge und KRYSZYN (1971) an verschiedenen Stellen der Mittleren und Östlichen Kalkalpen noch oberes Oxford im Klaus-Kalk nachgewiesen. Beide Autoren schließen daraus, daß der Ruhpoldinger Radiolarit im gesamten Kalkalpenraum einheitlich im oberen Oxford oder an der Wende Oxford/Kimmeridge einsetzt. Mit dieser Annahme sind alle anderen bisherigen Daten vereinbar, ohne sie indessen unbedingt zu stützen; HUCKRIEDE (1971) kann mit großer Wahrscheinlichkeit Oxford an der Basis des Radiolarites nachweisen, während R. FISCHER (1969) sowie GARRISON und FISCHER (1969) nur Faunen bis einschließlich Bajoc melden. Der Schluß dieser Autoren auf Einsetzen des Radiolarites im Dogger ist jedoch nicht stichhältig, weil auch in diesen Profilen Omissionen an der Basis des Radiolarites nicht ausgeschlossen werden können (KRYSZYN, 1971, 500). Ähn-

liches gilt für die Profile mit Allgäu-Schichten, in denen zumeist nur Lias und tiefer Dogger nachgewiesen werden konnten, und nur von einer Stelle Unter-Callov wenige Meter unter der Basis des Ruhpoldinger Radiolarites bekannt ist (JACOBSHAGEN, 1965, 62).

Wir sehen in diesen Angaben, zusammen mit den sedimentologischen Daten über eine rasche Abnahme der Sedimentationsraten und Mächtigkeit im Dogger, eine starke Stütze, wenn auch keinen Beweis, für die Ansicht von WENDT (1971) und KRYSZYN (1971).

2.6 Die Rossfeld-Tannheimer Wende

Am Ende der von Karbonaten beherrschten kalkalpinen Sedimentationsperiode steht kein lithologisches Leitereignis. Vielmehr wird die pelagische bis hemipelagische Sedimentation von Coccolithen-Schlammen (Aptychen-Schichten) und Rotkalken (Agatha-Kalk etc.) allmählich durch ein terrigenes Regime verdrängt. Wir bezeichnen als Rossfeld-Tannheimer Wende den Übergang von Coccolithen-Mergeln der Aptychen-Schichten in sandige Mergel, Tonsteine und Sandsteine der Rossfeld-Schichten, der Tannheimer Schichten bzw. der Lechtaler „Kreideschiefer“ (PLÖCHINGER, 1968; ZACHER, 1966; KOLLMANN, 1968; HUCKRIEDE, 1956; KOCH und STENGEL-RUTKOWSKI, 1959). Der lithologische Übergang bietet im allgemeinen wenig Besonderheiten und vollzieht sich innerhalb weniger Meter. Im Rettenbach bei Bad Ischl treten allerdings mit dem ersten Quarz-Detritus auch Gleitschollen (Olistholithe) und Gleitfaltenpakete auf. Noch nicht näher untersucht ist die Umstellung in der Mikrofauna an der Rossfeld-Tannheimer Wende und die Frage, wo die Coccolithen aussetzten.

Vom Normalfall abweichende Verhältnisse wurden von der Zürser Schwelle beschrieben (KOCH und STENGEL-RUTKOWSKI, 1959; HELMCKE, 1969, 123 ff.). Dort gehen die geringmächtigen Aptychen-Schichten nach oben in Echinodermenspatkalke über, die ihrerseits diskordant von den Kreideschiefern überlagert werden. HELMCKE (1969) und KOCH und STENGEL-RUTKOWSKI (1959) halten die Echinodermenkalke für Seichtwasser-Indikatoren. Es scheint uns eher, daß sie, ebenso wie die Echinodermenspatkalke der oberen Allgäu-Schichten in einem tiefer-marinen Bildungsraum in Zeiten geringer Schlamm-Sedimentation gebildet wurden. Dafür spricht unter anderem der Zeitpunkt ihres Auftretens: Die Spatkalke der Aptychen-Schichten erscheinen zu einem Zeitpunkt, in dem keine Verflachung erkennbar ist, sondern nur eine Verlangsamung der Sedimentation, die der Allgäu-Schichten fallen in den Zeitraum der Mangelsedimentation vor der Ruhpoldinger Wende.

E i n s t u f u n g. Nach dem Zeitpunkt des Umschlages lassen sich deutlich zwei Gruppen von Profilen unterscheiden.

1. **R o s s f e l d - T y p u s:** Die Ablösung der Schrambach-Schichten (Aptychen-Fazies) durch die sandig-mergeligen Rossfeld-Schichten erfolgte nach WEBER (1942) und PLÖCHINGER (1968) im Valangin bis Hauterive.

Ähnliches gilt wahrscheinlich für Profile im Rettenbach bei Bad Ischl, in der Königsberg-Mulde und in der Oisberg-Mulde (STEINER, 1968).

2. **Tannheim-Typus**: ZACHER (1966, 215) stellte in den Tannheimer Bergen fest, daß die Tonmergel über den Aptychen-Schichten im Oberapt einsetzen. Dasselbe beschrieb KOLLMANN (1968) vom Nordrand der Weyerer Bögen. Auch die „Lechtaler Kreideschiefer“ der westlichen Kalkalpen scheinen im höheren Apt zu beginnen (HUCKRIEDE, 1956; OTTE, 1972, 75).

Die Aptychen-Schichten scheinen in allen diesen Profilen vom Hauterive an, d. h. vom Beginn der Sedimentations-Umstellung im Rossfeld-Typus, geringmächtig zu sein, vielleicht örtlich zu fehlen (ZACHER, 1966). Die über den Aptychen-Schichten der Zürser Schwelle folgenden Echinodermenkalke lieferten nach HELMCKE (1969, 127) Faunen des Barreme und Apt. Sie fallen also großteils auch in den Zeitraum zwischen der Rossfeld- und der Tannheimer Wende.

3. ENTWICKLUNGSSTADIEN IN DER SEDIMENTATIONS- GESCHICHTE DER NÖRDLICHEN KALKALPEN

Die vor dem Einsetzen der großen Überschiebungen, d. h. etwa vor dem Alb-Cenoman, abgelagerte kalkalpine Schichtfolge besteht aus mehreren großen Schichtgruppen, die bestimmten Stadien in der Entwicklung des kalkalpinen Ablagerungsraumes zuzuordnen sind (Abb. 1). Wir benennen sie nach den jeweils dominierenden Ablagerungen:

1. Das Stadium der siliziklastischen Rotschichten (vor der Reichenhaller Wende).
2. Das Stadium der Flachwasser-Karbonate (zwischen Reichenhaller und Adneter Wende).
3. Das Stadium der Tiefwasser-Karbonate (zwischen Adneter und Rossfeld-Tannheimer Wende).
4. Das Stadium der tiefer-marinen Tonmergel und Sandsteine (nach der Rossfeld-Tannheimer Wende).

Wir wollen im folgenden nur auf die beiden mittleren, durch Karbonat-Sedimentation gekennzeichneten Stadien näher eingehen, um die oben behandelten stratigraphischen Wenden einem größeren Rahmen einzufügen.

3.1 Das Stadium der Flachwasser-Karbonate

Wir fassen darin den Zeitraum zwischen Reichenhaller und Adneter Wende zusammen. Die Sedimentation ist vorwiegend karbonatisch, wobei Flachwasserkalke und -dolomite auf Grund ihrer Mächtigkeit den ersten Platz einnehmen. Kennzeichnend für diesen Abschnitt der kalkalpinen Schichtfolge ist rhythmische oder zyklische Gliederung in verschiedener Größenordnung. Sie zeigt sich in den Millimeter-Schichten der Kalke mit Algenmatten, in den Meter-Bänken der Loferer Zyklen des Dachstein-

und Wetterstein-Kalkes (SANDER, 1936; FISCHER, 1964; SARNTHEIN, 1965; OTT, 1967, 78) oder den Tuffit-Kalk-Zyklen des Reiflinger Kalkes (WAGNER, 1970). Eine Größenordnung höher liegen die Megazyklen des Dachstein-Kalkes (SCHWARZACHER, 1954; FISCHER, 1964, 146), die Wurstelkalk-Zyklen des Alpenin Muschelkalkes (SARNTHEIN, 1965) oder die Schiefer-Kalk-Wechselfolgen der Raibler Schichten (JERZ, 1966; SCHULER, 1968) auf einer noch höheren Ebene betrachtet, kann die Schichtfolge zwischen der Reichenhaller und Adneter Wende in fünf Abschnitte zerlegt werden, die hier einzeln aufgeführt seien:

1. **A b s c h n i t t**, zwischen Reichenhaller und Reiflinger Wende (Alpiner Muschelkalk, Gutensteiner Kalk, Abb. 1 a). Kennzeichnend sind dunkle, oft sehr bituminöse plattige Kalke und Dolomite von tiefer-marinem Habitus und mit verarmter Fauna. Dazwischen liegen Algen-Flachwasserkalke (Steinalm-Kalk). Die Faziesdifferenzierung ist kleinräumig, sie liegt im Bereich von wenigen Kilometern (KUBANEK, 1969; WAGNER, 1970). Wir schlagen folgende Arbeitshypothese vor: Der tiefer-marine Habitus der dunklen, plattigen Kalke ist vorgetäuscht durch die, in verarmter Fauna und häufigen Gips-Pseudomorphosen („Messerstichen“) dokumentierte, abnormal hohe Salinität in diesem Bildungsraum. Das Meer war allgemein flach, aber reich gegliedert. Die schweren, hypersalinen Wässer sammelten sich in den Depressionen, führten zur Stagnation und Bildung der dunklen Bitumen-Karbonate, während auf den angrenzenden Erhebungen in (fast) normal-marinen Bedingungen die Algenkalke entstanden. Die Wasserbewegung war allgemein gering, die Flachwassersedimente gleichen denen der geschützten Teile der Bahama-Bank (KUBANEK, 1969) und auch den von WAGNER und TOGT (1973) beschriebenen „muddy sands“ des Persischen Golfes. Eine Plattform-Randfazies ist durch kleine Oolith-Körper nur lokal angedeutet.

2. **A b s c h n i t t**, zwischen Reiflinger und Reingrabener Wende (Abb. 1 b). Kennzeichnend ist der Aufbau großer Flachwasser-Plattformen mit Randfazies (Wetterstein-Kalk). Die dazwischen liegenden Becken mit Partnach-Schichten oder Reiflinger und Hallstätter Kalk enthalten nur einen Bruchteil der Sedimentdicke der Plattformen. Dabei senkte sich nach Meinung von SARNTHEIN (1967, 22) der Untergrund der Plattformen rascher als der der Becken. Diese wurden daher relativ zu den Plattformen ständig angehoben und blieben seichter, als man auf Grund der Mächtigkeits-Unterschiede von Partnach-Schichten und Wetterstein-Kalk errechnen würde. Innerhalb der Beckensedimente ist eine Zunahme des Oxydationsgrades von den dunklen Tonmergeln der Partnach-Schichten über den hellen Reiflinger Kalk zu dem vorwiegend roten oder weißen mitteltriadischen Hallstätter Kalk festzustellen. Räumlich sind Partnach-Schichten in den Westlichen Kalkalpen und am Nordrand der Mittleren und Östlichen, Reiflinger und Hallstätter Kalk in den übrigen Teilen der Kalkalpen verbreitet. Wahrscheinlich bildeten sich die Partnach-Schichten in

einem in Buchten tief zwischen die Plattformen eingreifenden Randbereich des offen-marinen Beckens, dessen übrige Teile mit Reiflinger und Hallstätter Kalk bedeckt waren. Der Aufbau der Plattformen erreicht in einer verbreiteten Verlandung im obersten Teil des Wetterstein-Kalkes seinen Höhepunkt. Danach fand die Karbonatsedimentation durch rasche Abtiefung und Ausbreitung der Tonschiefer eine schnelles Ende (Reingrabener Wende).

3. **A b s c h n i t t**, die Raibler und Lunzer Schichten (Abb. 1 c). Kennzeichnend ist starke terrigene Material-Zufuhr. In den Raibler Schichten kommt es dabei zu einem rhythmischen Wechsel von terrigenen und karbonatischen Schichtpaketen, wobei die terrigenen etwas tiefer-marinen Einfluß anzeigen (Ammoniten, Halobiiden), während die Karbonate im Flachwasser, zum Teil im Gezeitenbereich entstanden (Oolithe, Calcispongien, Lumachellen des flach-marinen Bereiches, Algen-Matten des Hochwatts). Während dieser rhythmisch oszillierenden Sedimentation ist der Ablagerungsraum so differenziert, daß flachere, gelegentlich hypersaline Bedingungen (Gips- und Rauhacken-führende Raibler Schichten) im NW der Kalkalpen vorherrschen, tiefer-marine Bedingungen dagegen im SE (Hallstätter und Aflenzer Profile, z. B. GWINNER, 1971, 141). Der Bau der Zyklen im einzelnen ist nicht gut bekannt. Aus den Angaben über die Fazies der Karbonat-Pakete, etwa der Verteilung von Oolithen und Algenmatten, Gipsführung (SCHULER, 1968; HIRSCH, 1966; HELMCKE, 1969, 15) läßt sich im flacheren NW-Bereich ein allerdings nicht immer deutlicher Trend zu regressiven Zyklen vom Typ A-B-C ablesen (Tonschiefer; Karbonate mit Oolithen, Algenmatten; schließlich Rauhacken, örtlich Gips). In der tiefer-marinen Entwicklung, z. B. der Graufazies der Hallstätter Zonen, scheint eine einfache Kalk-Mergel-Rhythmik vom Typ A-B-A-B vorzuherrschen. Über die Abfolge der Sedimenttypen in den Lunzer Schichten liegen leider keine genauen Angaben vor. Sie enthalten jedoch einerseits sichere Turbidite, andererseits wahrscheinlich auch Ablagerungen küstennaher Sümpfe. Möglicherweise repräsentieren sie eine regressive Serie, in der sich das Vordringen eines Deltas abbildet (siehe auch BEHRENS, 1973). Die Raibler Schichten enden vielerorts mit einer deutlichen Regression, nämlich der Bildung von Gips und (anorganisch gefällt?) Dolomit.

4. **A b s c h n i t t**, der Aufbau der Dachsteinkalk-Hauptdolomit-Plattformen (Abb. 1 d). Zwischen den Raibler Schichten und der Adneter Wende werden in den Nördlichen Kalkalpen die flächenmäßig ausgedehntesten Flachwasserkarbonate abgelagert (ZAPFE, 1959; FISCHER, 1964; ZANKL, 1967, 1969). Sie sind gegen die Becken (Hallstätter Zonen) wiederum mit einer Randfazies (Riffe und Rücken mit Kalksanden) abgegrenzt. Dahinter liegen die rhythmisch gebauten Sedimente des geschichteten Dachsteinkalkes und des Hauptdolomites. Die Entwicklung beginnt über den Raibler Schichten mit einer leichten Zunahme des offen-marinen Einflusses (Hauptdolomit über Raibler Rauhacken; Dachsteinkalk über Raibler Dolomi-

ten). Danach bleiben die Bedingungen während längerer Zeit stationär (Mittlerer Hauptdolomit, Loferer Dachstein-Kalk), bis eine allgemeine Abtiefung einsetzt (Plattenkalk über Hauptdolomit; Ausbreitung der Thecosmilienrasen und Verlust der terrestrischen Sedimente im gebankten Dachstein-Kalk). Vom Außenrand der Plattformen liegen wenig Daten vor. Im Gegensatz zu den stationären Bedingungen auf der Plattform scheinen die Riff-Fronten stellenweise über die Becken vorzurücken (Gosaukamm, SCHLAGER, 1967; Aflenzer Bürgeralpe, LOBITZER, 1972). Im Mürztalgebiet ist die Randfazies schwach entwickelt. Die Profile zeigen über den karnischen Schiefen Flachwassersedimente mit Algenrasen, darüber tiefer-marine Kalke. Diese Abtiefung findet sich in analoger Form am Übergang von Unterem zu Mittlerem Hauptdolomit in den Westlichen Kalkalpen. Die Hallstätter Beckenfazies verzeichnet deutlich zwei terrigene Perioden, eine im Karn und eine im obersten Nor bis Rhät. Während der Zwischenzeit, die dem Aufbau der Flachwasser-Plattformen entspricht, herrscht fast reine Kalksedimentation. Die Sedimentationsraten verhalten sich dabei unterschiedlich: während die Plattform-nahen Plattenkalke (Pötschen-Schichten) mit der Ausbreitung der Plattformen im Obenor deutlich anschwellen, nimmt die Sedimentation des Plattform-fernen Hallstätter Kalkes deutlich ab. Das heißt, daß der innere Teil des Beckens gerade während der optimalen Entwicklung der Plattformen verhungert.

5. Abschnitt, der Untergang der Dachsteinkalk-Hauptdolomit-Plattform (Abb. 1 d). Zwischen oberstem Nor- und unterem Lias geraten die Flachwasser-Areale der Nördlichen Kalkalpen nach und nach unter tiefer-marinen Einfluß. Dies geschieht in zwei Phasen:

Im höchsten Nor erfolgt die teilweise Überflutung der Hauptdolomit-Areale und die Anlage der flachen Kössener Becken. Im Zuge des Adneter Ereignisses im oberen Rhät und im unteren Lias wird dann der Rest der Plattformen durch Rotkalke (Adneter, Hierlatz-Kalk) und Mergel (Allgäu-Schichten) übergriffen. Zwischen diesen beiden Ereignissen liegt eine kurze Periode, in der das Flachwasser-Regime episodisch in die neugebildeten Becken vorgreift („Lithodendronkalk“ der Kössener Schichten) und sich am Rande der Becken Riffe bilden („Steinplatte-Kalk“).

3.2 Das Stadium der Tiefwasser-Karbonate

Mit dem Untergang der Dachsteinkalk-Plattformen ist das Flachwasser-Regime für längere Zeit aus dem kalkalpinen Sedimentationsraum verschwunden (Abb. 2). Flachwasser-Karbonate gewinnen erst in den Rudistenkalken der Gosau, lange nach der Rossfeld-Tannheimer Wende, wieder ausgedehnte Verbreitung.

Zwischen der Adneter und der Rossfeld-Tannheimer Wende ist die Sedimentation überwiegend karbonatisch mit terrigenen Beimengungen, der Bildungsraum tiefer-marin. Die im vorangegangenen Stadium der

Flachwasser-Karbonate in allen Größenordnungen sichtbare Rhythmik oder Zyklus ist auf den Kleinbereich zurückgedrängt (z. B. Kalk-Ton-Wechselfolgen in der Graufazies oder Hartgrund-Folgen in den Rotkalken). Im Großbereich sind zwei Abschnitte erkennbar, die durch die Ruhpoldinger Wende geschieden werden. Sie sind deutlich verschieden und bedeuten keine Wiederholung der Sedimentations-Verhältnisse, wie etwa das Paar Wetterstein-Kalk-Dachstein-Kalk im Stadium der Flachwasser-Karbonate. Wir wollen sie im folgenden kurz charakterisieren.

1. Abschnitt, zwischen Adneter und Ruhpoldinger Wende (Adneter-Klaus-Kalke, Allgäu-Schichten, Abb. 1 e). Graue Mergel und Plattenkalke einerseits und Rotkalke andererseits sind die herrschenden Gesteinstypen. Sie weisen auf eine Differenzierung des Ablagerungsraumes in Bereiche mit rascher Sedimentation und unvollständiger Oxydation des Sedimentes („Graufazies“) und solche mit langsamer Sedimentation und vollständiger Oxydation („Rotfazies“). Der Unterschied in Mächtigkeit und Oxydationsgrad könnte durch unterschiedliche Senkungsgeschwindigkeit in verschiedenen Teilen eines ebenen Ablagerungsraumes erklärt werden. Vieles spricht jedoch dafür, daß die Differenzierung in Rot- und Graufazies ein Relief abbildet und daß die Rotfazies vorwiegend auf Schwellen zwischen der Graufazies abgelagert wurde: So wird z. B. die im Rhät bestehende Gliederung in Flachwasser-Plattformen und -Becken in den Jura durchgepaust, indem die Rotkalke über den früheren Plattformen, die Grausedimente über den ehemaligen Becken auftreten. Außerdem finden sich in den Rotkalken häufig Anzeichen für Erosion, Auswaschung und Umlagerung, wie sie in der, offenbar in geschützteren Räumen abgelagerten Graufazies fehlen. Beiden Fazies gemeinsam ist die Abnahme der Sedimentationsrate im Dogger und im Oxford, die wahrscheinlich auf eine kontinuierliche Abtiefung zurückgeht.

2. Abschnitt, zwischen Ruhpoldinger und Rossfeld-Tannheimer Wende (Abb. 1 f). Kennzeichnend für diesen Abschnitt sind die mit der Ruhpoldinger Wende einsetzenden Radiolarien-Schlamm (Radiolarite) und die darüber folgenden Coccolithen-Schlamm der Aptychen-Schichten. Daneben werden in Schwellenregionen weiterhin Rotkalke angelagert (Agatha-Kalk, Hasselberg-Kalk). Die Ursachen für die Ausbreitung der Radiolarien-Fazies am Beginn dieses Abschnittes wurden oben bereits besprochen. Die Verdrängung der Radiolarien- durch Coccolithen-Schlamm wurde von GARRISSON und FISCHER (1969) ausführlich erörtert. Als mögliche Ursachen werden von diesen Autoren entweder eine Abnahme der Wassertiefe oder ein Aufblühen des Nannoplanktons angenommen. Wir geben der zweiten Deutung den Vorzug.

Neben Radiolarit und Aptychen-Schichten treten lokal Flachwasser-Karbonate auf (Plassen-Kalk). Ihr Alter ist vorwiegend Kimmeridge-Tithon, vereinzelt Oxford bzw. Valangin (FENNINGER und HOLZER, 1972, 115–124). Die Gesteine wurden auf Karbonat-Plattformen, großteils in

geschütztem Flachwasser, aber unterhalb des Auftauchbereiches abgelagert, an den Rändern der Plattformen sind Riffe und Oolith-Rücken meist gut entwickelt. Räumlich sind die Flachwasser-Karbonate gebunden an den südlichen Randstreifen der Kalkalpen, an wahrscheinlich vom Südrand stammende Deckschollen (z. B. Berchtesgadener Masse) sowie an die Hallstätter Zone des Salzkammergutes und die Puchberg—Mariazeller Linie, insgesamt also an tektonisch besonders mobile Zonen.

Das Auftreten von Flachwasser-Fazies bedeutet sicherlich keine regionale Verflachung des kalkalpinen Ablagerungsraumes zu dieser Zeit. Die Flachwasser-Plattformen sitzen vielmehr tektonisch hochgehobenen Schollen und Schwellen auf, die etwa während des Ruhpoldinger Ereignisses entstanden und spätestens in der tiefsten Unterkreide wieder verschwanden (ähnlich auch GWINNER, 1971, 113).

Außerdem nimmt mit der Ruhpoldinger Wende auch die Häufigkeit autokinetischer Sedimente zu (Turbidite, Schlammstrom-Breccien, Gleitpakete etc.). Sie bestehen zum Teil aus dem Schutt der Flachwasser-Plattformen, wie etwa die Barmstein-Kalke (FLÜGEL und PÖSLER, 1965), zum Teil aber auch aus Schutt und Gleitmassen von synsedimentären tektonischen Strukturen, wie etwa die Sonnwend-Breccie (GRUNAU, 1959, 88), die Tauglboden- und Strubberg-Schichten (HÖCK und SCHLAGER, 1964; SCHLAGER und SCHLAGER, 1973) oder gewisse Barmsteinkalke (PLÖCHINGER, im Druck). Auch die von VORTISCH (1965) beschriebenen schichtparallelen Überschiebungen sind als submarine Gleitpakete hier einzureihen, ebenso wie die „Bleiwald-Schichten“ M. SCHLAGERS (1960), die wahrscheinlich eine Gleitmasse in den Aptychen-Schichten darstellen. Die meisten dieser, durch tektonische Bewegungen verursachten Gleitungen fallen in die Zeit kurz vor und kurz nach der Ruhpoldinger Wende.

Insgesamt ist das Bild vom Ablagerungsraum der Kalkalpen im Stadium der Tiefwasser-Karbonate weniger gut bekannt als das des Flachwasser-Stadiums. Relativ gut erfaßt ist die Entwicklung des Reliefs. Es bestand anfänglich aus sanften Schwellen und Becken, die zum Teil aus der Trias ererbt, zum Teil durch Tektonik neu angelegt wurden (z. B. die langgestreckten Schwellen und Becken der Lunzer Decke, STEINER, 1968). Etwa mit der Ruhpoldinger Wende wird das Relief tektonisch stark akzentuiert, wobei einzelne Schwellen bis in die Zone des Flachwassers aufsteigen. Später gleichen die Aptychen-Schichten die Gegensätze wieder aus, und im tiefen Neokom werden fast überall in den Kalkalpen Aptychen-Mergel gebildet. Diese Einheitlichkeit des Ablagerungsraumes ist vorher und nachher nicht mehr erreicht worden.

Die absolute Tiefe des Ablagerungsraumes ist nach wie vor ein offenes Problem. Die Diskussion mündet in die Frage, ob der Kalkalpen-Raum in diesem Stadium noch ein tief liegender Kontinental-Schelf oder ein Tiefsee-Becken war. Eine Entscheidung allein mit Hilfe der Sedimentologie ist deshalb fast unmöglich, weil die tiefer-marinen Bildungsräume viel schwie-

riger nach der Tiefenlage zu differenzieren sind als die flach-marinen. Die Ähnlichkeit der Radiolarite und Aptychen-Schichten mit gewissen rezenten Tiefsee-Sedimenten ist eindrucksvoll und unbestreitbar. Aber ebenso eindrucksvoll sind die Parallelen zwischen den Coccolithenschlammern der Tiefsee und denen auf kontinentalen Schelfen, etwa der nordwesteuropäischen Oberkreide.

4. DEUTUNG DER STRATIGRAPHISCHEN WENDEN

Die Frage nach den Ursachen der hier geschilderten stratigraphischen Wenden führt sehr rasch über die Geologie der Kalkalpen hinaus und läßt sich nur in einem viel größeren Rahmen befriedigend behandeln. Eine solche Darstellung ist hier nicht beabsichtigt. Wir beschränken uns auf einige Gedanken, die aus der regionalen Geologie und gewissen sedimentologischen Prinzipien ableitbar sind.

Die Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen stellt mit ihren verschiedenen Entwicklungsstadien eine *Sequenz* dar, wie sie in gleicher Art in vielen Teilen der alpin-mediterranen Tethys entwickelt ist (TRÜMPY, 1960; BERNOULLI und JENKYNs, im Druck) und deren Hauptschnitte sich auch in der tektonischen Evolution des Ostalpenraumes zurückfinden lassen (siehe CLAR, 1973, 263). Diese Sequenz beginnt mit terrestrischen und flachmarinen Siliziklastika, dem Schutt der variskischen Gebirgsrümpfe. Einebnung und teilweise Überflutung der Rümpfe verringern die Schuttlieferung, so daß von der Mitteltrias an marine Flachwasser-Karbonate an ihre Stelle treten. Diese können nur bis zur Trias-Jura-Wende mit der Absenkung Schritt halten, danach werden sie überflutet und in größere Tiefen abgesenkt. Tiefer-marine Karbonate mit zunehmend pelagischem Charakter breiten sich aus und werden erst mit zunehmender tektonischer Aktivität in der höheren Unterkreide durch Klastika verdrängt.

Drei unserer stratigraphischen Wenden folgen sinngemäß aus dieser Entwicklung, nämlich die *Reichenhaller Wende* am Anfang des Stadiums der Flachwasser-Karbonate, die *Adneter Wende* am Ende dieses Stadiums und die *Rossfeld-Tannheimer Wende* am Ende des Stadiums der Tiefwasser-Karbonate. Die Wenden markieren dabei die Überschreitung einer sedimentologischen „Reizschwelle“, das heißt die Änderung eines für die Lithofazies besonders bedeutsamen Faktors unter den Sedimentationsbedingungen. Jede dieser Wenden ist ein irreversibler Vorgang, durch den ein neues Entwicklungsstadium eingeleitet wird. Der Charakter als einschneidende Wende wird dabei durch gewisse Zusatzeffekte betont. An der Reichenhaller Wende fördert eine Regression mit wahrscheinlich anorganischer Karbonatfällung in hypersalinem Wasser die Ausbreitung der Karbonat-Fazies. An der Adneter Wende stören tektonische Kippbewegungen (ANGENHEISTER et al., im Druck) und eventuell auch Temperaturrückgang (FABRICIUS et al., 1970)

den Fortbau der Karbonat-Plattformen, so daß der ganze Ablagerungsraum unter die euphotische Zone abgetieft werden kann. Das Verschwinden des Flachwasser-Benthos bewirkt naturgemäß eine sehr bedeutende Faziesänderung.

Anders als die vorgenannten irreversiblen Wenden stellen die Reiflinger und Reingrabener Wende scharfe, aber vorübergehende Zäsuren dar, nach denen sich die vorangegangenen Sedimentationsverhältnisse dem Prinzip nach wieder einstellen (Abb. 1, 2). Beide liegen daher auch innerhalb eines Entwicklungs-Stadiums (s. Kap. 3). An der Reiflinger Wende wurden durch tektonisch verstärkte Absenkung, verbunden mit Vulkanismus, die Flachwasser-Karbonate vorübergehend fast gänzlich durch tiefer-marine Karbonate ersetzt. Teile des kalkalpinen Sedimentationsraumes — die Hallstätter Zonen — wurden dabei so tief abgesenkt, daß sie bis zum Oberjura dem Flachwasser-Bereich entzogen blieben. Unter Umständen erfolgte damals ein erstes Aufbrechen der kontinentalen Kruste mit der Bildung von Gräben. Für die Reingrabener Wende sind tektonische Bewegungen ebenfalls allgemein anerkannt (LEUCHS und MOSEBACH, 1936; TRÜMPY, 1960, 857; TOLLMANN, 1966, 47). Sie bestehen aus teilweiser Hebung der Plattformen über den Meeresspiegel und anschließend rascher Absenkung, begleitet von terrigener Materialzufuhr. Im Gegensatz zu den Westalpen, wo zu diesem Zeitpunkt die Abkehr von den variskischen Strukturen erfolgte (TRÜMPY, 1960, 857), handelt es sich in den Kalkalpen nur um eine vorübergehende Zäsur.

Die Ruhpoldinger Wende hat mit den beiden vorgenannten gemeinsam, daß sie rasch einsetzt, mit tektonischen Bewegungen und mit Vulkanismus verbunden ist (TOLLMANN, 1966; SCHLAGER und SCHLAGER, 1973; DIERSCHKE, briefl.). Anders als bei der Reiflinger und Reingrabener Wende ist jedoch die Änderung des Sedimentationscharakters nicht nur vorübergehend. Mit dem Auftreten der Radiolarite (und später der Aptychen-Schichten) breiten sich Sedimente aus, die sich von den unter- und mitteljurassischen deutlich und bleibend unterscheiden. Die Blüte der Radiolaren kann durch Vulkanismus oder durch Änderungen der Wasserzirkulation (Öffnung eines Ozeans mit kaltem Auftriebswasser?) bedingt sein (GRUNAU, 1965; GWINNER, 1971, 113; DIERSCHKE, briefl.).

5. DIE LITHOSTRATIGRAPHISCHE NOMENKLATUR UND DIE STRATIGRAPHISCHEN WENDEN

Die heutige Nomenklatur der kalkalpinen Schichtglieder ist in mehr als 150 Jahren geologischer Forschung entstanden. Aus dieser alten Tradition kommen, neben vielen Vorzügen, auch einige Mängel:

Erstens sind manche der Schichtglieder nicht konsequent als Einheiten der Lithostratigraphie definiert (American Commission on Stratigraphic Nomenclature 1970), sondern als lithochronostratigraphische Mischbegriffe, deren Namen dem jeweils bekannten chronostratigraphischen Umfang an-

gepaßt werden müssen (z. B. Lias-Fleckenmergel in Jura-Fleckenmergel, Oberrhätalkalk in Rhätoliaskalk). Zweitens war in all den Jahren das Bemühen um Erkennen und Benennen neuer, kartierbarer Schichtglieder intensiver als das um Vereinheitlichung im Gebrauch der Namen. Drittens wurde neben dem Abtrennen neuer, in den Augen des jeweiligen Autors natürlich stets klar individualisierter Schichtglieder ihre Zusammenfassung zu übergeordneten Einheiten fast völlig vernachlässigt. Wurden trotzdem große Einheiten gebraucht, so wick man auf die Chronostratigraphie aus, die von Anfang an über eine hierarchisch geordnete Nomenklatur mit weit gefaßten Übergriffen verfügte. (Eines der seltenen Beispiele für eine hierarchische lithostratigraphische Gliederung sind die Lunzer Schichten, in denen Reingrabener Schiefer, Lunzer Sandsteine und Kohlentone zusammengefaßt wurden.)

Der Versuch, in den Kalkalpen eine konsequente und hierarchisch geordnete lithostratigraphische Nomenklatur aufzubauen, kann auf die von der International Subcommittee on Stratigraphic Classification 1972 ausgearbeiteten Richtlinien und Normen zurückgreifen. Konkrete Vorschläge wurden unter anderem auch von der American Commission on Stratigraphic Nomenclature 1970 und von der Schweizerischen Geologischen Kommission 1973 ausgearbeitet. Alle diese Konzepte empfehlen die Aufstellung formeller lithostratigraphischer Einheiten in hierarchischer Ordnung (Gruppe, Formation, Glied, Bank). Diese Einheiten sind durch lithologische Kriterien als etwas Zusammengehöriges und damit Abgrenzbares erkennbare Gesteinskörper. Ihre Definition muß unabhängig von bio- oder chronostratigraphischen Begriffen möglich sein, ihr chronostratigraphischer Umfang wird dem jeweiligen Kenntnisstand angepaßt, ohne daß sich dadurch am Namen oder der Definition des Schichtgliedes etwas ändert. Es ist ein Anliegen dieser Arbeit, die großen Elemente in der vertikalen Gliederung der kalkalpinen Schichtfolge sichtbar zu machen. Wir glauben, daß sich insbesondere die hier herausgestellten sechs Wenden in der Sedimentationsgeschichte vorzüglich zur Abgrenzung größerer lithostratigraphischer Einheiten eignen. Das Ordnen und Zusammenfassen der zahlreichen kalkalpinen Schichtbegriffe ist dringend geboten. Nur so wird es gelingen, die in einer Zeit wachsender internationaler Zusammenarbeit nötige Übersichtlichkeit in der Stratigraphie der Nördlichen Kalkalpen zu wahren.

6. ERLÄUTERUNG NEUER ODER WENIG GEBRAUCHTER BEGRIFFE

Abtiefung: Zunahme der Wassertiefe in einem Ablagerungsraum. Tritt ein, wenn die Rate der Absenkung des Beckenuntergrundes bzw. des eustatischen Anstieges des Meeresspiegels größer ist als die Sedimentationsrate.

Cordevol wird als die älteste Stufe des Karn betrachtet.

Eingeschränkt-marines Environment: Geschützt-

marine Flachwasserbereiche mit abnormal hoher oder abnormal geringer Salinität; in fossilen Sedimenten abgelesen aus dem Biota.

Euphotische Zone: Oberflächennahe Wasserschichten, in denen assimilierende Organismen gut und reichlich gedeihen (z. B. Grünalgen und Zooxanthellen führende Organismen, wie hermatypische Korallen, gewisse dickschalige Bivalven, Kalkschwämme).

Flachwasser: Wasserschichten im Bereich des Seeganges und der euphotischen Zone; entspricht etwa dem „Inner-Neritikum“ bei HEDGPETH (1957).

Geschützt-marines Environment: Durch Untiefen oder Inseln von der offenen See geschiedene Flachwasserbereiche, in denen der geringe Seegang reichliche Sedimentation von Schlamm zuläßt.

Mittlere Kalkalpen: Die Nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns.

Normal-marines Environment: Mit normaler Salinität.

Östliche Kalkalpen: Nördliche Kalkalpen östlich der Enns.

Randfazies der Karbonat-Plattformen: Fazies, die durch organisches Wachstum („Riffe“) oder durch syndimentäre Zementation (z. B. Oolith-Sande) den Außenrand der Plattformen stabilisieren.

Rhät: Die Zone des *Choristoceras marshi*, im Sinne von KRYSZYN (1973).

Tiefer-marines Environment: Ablagerungsräume unterhalb der Wirkung des Seeganges und unterhalb der euphotischen Zone. Auf die Abgrenzung eines tief-marinen Bereiches (etwa entsprechend dem „Bathyal“ oder „Abyssal“ vieler Schemata) wurde hier verzichtet. Sie erscheint uns für prä-tertiäre Sedimente außerordentlich anfechtbar und ist in diesem Zusammenhang auch kaum von Nutzen.

Verflachung: Verringerung der Wassertiefe in einem Ablagerungsraum. Tritt ein durch eine eustatische Senkung des Meeresspiegels oder wenn die Geschwindigkeit der tektonischen Absenkung des Beckenbodens kleiner ist als die Sedimentationsrate.

Westliche Kalkalpen: Nördliche Kalkalpen westlich des Inn.

Dank

Wir danken Herrn Dipl.-Geol. V. DIERSCH (Berlin) für die freundliche briefliche Mitteilung von Ergebnissen seiner in Vorbereitung befindlichen Dissertation, ferner Frau Dr. U. PISTOTNIK (Graz) sowie den Herren Dr. H. LOBITZER und Dr. L. WAGNER (beide Wien) für die Einsicht in ihre ungedruckten Dissertationen. Die Herren Prof. D. BERNOULLI (Basel), Dr. H. BÖGEL (München), Dr. H. C. JENKYN (Durham) und Dr. B. PLÖ-

CHINGER (Wien) stellten in freundlicher Weise Manuskripte von in Druck befindlichen Arbeiten zur Verfügung. Für eine kritische Durchsicht des Manuskriptes danken wir den Herren Dr. H. GRUNAU (Den Haag) und Dr. H. BÖGEL (München). Die Arbeit entstand mit Unterstützung des Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung in Österreich.

SCHRIFTENVERZEICHNIS

- American Commission on Stratigraphic Nomenclature, 1970: Code of stratigraphic nomenclature. — 225 p., Amer. Assoc. Petrol. Geol. Inc., Tulsa.
- ANGENHEISTER G., H. BÖGEL und G. MORTEANI (im Druck): Die Ostalpen im Bereich einer Geotraverse vom Chiemsee bis Vicenza. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., Stuttgart.
- ANGERMEIER, H.-O., A. PÖSCHL und H. J. SCHNEIDER, 1963: Die Gliederung der Raibler Schichten und die Ausbildung ihrer Liegendgrenze in der „Tirolischen Einheit“ der östlichen Chiemgauer Alpen. — Mitt. bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. 3, 83—105, München.
- ARKELL, W. J., 1956: Jurassic Geology of the World. — 806 p. (Oliver & Boyd), Edinburgh.
- ASSERETO, R., 1971: Die Binodosuszone. Ein Jahrhundert wissenschaftlicher Gegensätze. Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I, 1—29, Wien.
- BARTH, W., 1968: Die Geologie der Hochkalter-Gruppe in den Berchtesgadener Alpen (Nördliche Kalkalpen). — N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 131, 119—177, Stuttgart.
- BEHRENS, M., 1973: Schwermineralverteilungen und Sedimentstrukturen in den Lunzer Schichten (Karn, Trias, Österreich). — Jb. Geol. Bundesanst. 116, 51—83, Wien.
- BERGER, W. H., 1968: Radiolarian skeletons: Solution at depths. — Science 159, 1237 bis 1239, Washington.
- BERNCULLI, D., and H. C. JENKINS (im Druck): Alpine-mediterranean and Central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys. — Soc. Econ. Paleont. Mineral., Sp. Publ. 19, Tulsa.
- BITTNER, A., 1897: Über die Auffindung der Fauna des Reichenhaller Kalkes im Gutensteiner Kalk bei Gutenstein. — Verh. Geol. Reichsanst. 1897, 201—202, Wien.
- BLIND, W., 1963: Die Ammoniten des Lias alpha aus Schwaben, vom Fonsjoch und Breitenberg (Alpen) und ihre Entwicklung. — Palaeontographica (A) 121, 38—131, Stuttgart.
- BYSTRICKY, J., 1972: Faziesverteilung der mittleren und oberen Trias in den Westkarpathen. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 21, 289—310, Innsbruck.
- CLAR, E., 1965: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. — Verh. Geol. Bundesanst. Sh. G, 11—35, Wien.
- CLAR, E., 1973: Review of the structure of the Eastern Alps. — In: JONG, K. A. DE, and R. SCHOLTEN (Hrsg.): Gravity and Tectonics (van Bemmelen volume), p. 253—270 (Wiley), New York.
- DAVIES, T. A., and P. R. SUPKO, 1973: Oceanic sediments and their diagenesis: Some examples from Deep-Sea Drilling. — J. Sediment. Petrol. 43, 381—390, Tulsa.
- DIERSCHKE, V. (in Vorbereitung): Die Radiolarite des Oberjura in den Nördlichen Kalkalpen zwischen Salzach und Tiroler Ache. — Diss. Techn. Univ. Berlin.
- DOBEN, K., 1962: Paläontologisch-stratigraphische und fazielle Untersuchungen an der Jura-Kreide-Grenze in den bayerischen Kalkalpen zwischen Inn und Salzach. — Diss. Univ. München, 97 p., München.
- DUNHAM, R. J., 1969: Vadose pisolite in the Capitan Reef (Permian), New Mexico and Texas. In: FRIEDMAN, G. M. (Hrsg.): Depositional Environments in Carbonate Rocks. — Soc. Econ. Paleont. Miner., Spec. Publ. 14, 182—191, Tulsa.
- EPTING, M., 1974: Ablagerung, Paläogeographie und Diagenese der mitteltriadischen Sedimente in der Ostlombardei, Italien. — 164 p., Diss. Univ. Münster.
- FABRICIUS, F., 1966: Beckensedimentation und Riffbildung an der Wende Trias/Jura in den Bayerisch-Tiroler Kalkalpen. — Int. Sed. Petrog. Ser. 9, 143 p., Leiden.

- FABRICIUS, F., H. FRIEDRICHSEN und V. JACOBSHAGEN, 1970: Paläotemperaturen und Paläoklima in Obertrias und Lias der Alpen. — Geol. Rdsch., 59, 805—826, Stuttgart.
- FENNINGER, A., und H. L. HOLZER, 1972: Fazies und Paläogeographie des oberostalpinen Malm. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 63 (Jg. 1970), 52—141, Wien.
- FISCHER, A. G., 1964: The Lofer Cyclothems of the Alpine Triassic. — Kansas Geol. Survey, Bull. 169, 107—149, Kansas City.
- FISCHER, R., 1969: Roter Ammonitenkalk und Radiolarit aus dem unteren Dogger des Kammerker (Nordtirol). — Mitt. Bayr. Staatssammlung. Paläont. hist. Geol., 9, 93 bis 116, München.
- FLÜGEL, E., und G. F. TIETZ, 1971: Über die Ursachen der Buntfärbung im Oberrät-Riffkalk (Adnet, Salzburg). — N. Jb. Geol. Paläont., Abh. 139, 29—42, Stuttgart.
- FLÜGEL, H., 1967: Die Lithogenese der Steinmühlkalke des Arracher Steinbruches (Jura, Österreich). — Sedimentology, 9, 23—53, 6 Abh., 3 Tab., Taf. 1—5, Amsterdam.
- FLÜGEL, H., und P. PÖLSLER, 1965: Lithogenetische Analyse der Barmstein-Kalkbank Be nordwestlich von St. Koloman bei Hallein (Tithonium, Salzburg). — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1965, 513—527, Stuttgart.
- FUCHS, W., 1967: Über Ursprung und Phylogenie der Trias-„Globigerinen“ und die Bedeutung dieses Formenkreises für das echte Plankton. — Verh. Geol. Bundesanst., 1967, 135—176, Wien.
- GANSS, O., F. KÜMEL und E. SPENGLER, 1954: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe. — Wissensch. Alpenvereinshefte, 15, 82 p., Innsbruck.
- GARRISON, R. E., and A. G. FISCHER, 1969: Deep-water limestones and radiolarites of the Alpine Jurassic. — Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. 14, 20—56, 22 Abb., 2 Tab., Tulsa.
- GEYER, G., 1886: Über die Lagerungsverhältnisse der Hirlatzschichten in der südlichen Zone der Nordalpen vom Paß Pyhrn bis zum Achensee. — Jb. k.k. Geol. Reichsanst., 36, 215—295, Wien.
- GEYER, G., 1909: Über die Schichtfolge und den Bau der Kalkalpen im unteren Enns- und Ybbstal. — Jb. Geol. Reichsanst., 59, 29—100, Wien.
- GRUNAU, H. R., 1959: Mikrofazies und Schichtung ausgewählter, jungmesozoischer, Radiolarit-führender Sedimentserien der Zentralalpen. — Intern. Sedimentary Petrogr. Series, 4, pp. 1—179, Leiden.
- GRUNAU, H. R., 1965: Radiolarian Cherts and Associated Rocks in Space and Time. — Eclogae Geol. Helv., 58, 157—208, Basel.
- GWINNER, M., 1971: Geologie der Alpen. — 477 p. (S. hweizerbarth), Stuttgart.
- HARSCH, W., 1968: Lithofazielle, sedimentologische und paläogeographische Untersuchungen in den Raibler Schichten der Nördlichen Kalkalpen zwischen Fernpaß und Rhein sowie verschiedener Vorkommen in Graubünden. — Dissdruck, Techn. Univ. München, 37 p., München.
- HEDGPETH, J. W., 1957: Classification of marine environments. In: HEDGPETH, J. W. (Hrsg.): Treatise on Marine Ecology and Paleocology. — Geol. Soc. Amer. Mem. 67, 17—27, New York.
- HELMCKE, D., 1969: Die Geologie der Spullersee-Mulde zwischen Wildgraben-Roggal-Spitz-Gruppe und Formarinsee in den Vorarlberger Kalkalpen. — Dissdruck, naturwiss. Fak. Philipps Univ. Marburg, 220 p., Marburg.
- HIRSCH, F., 1966: Etude stratigraphique du Trias moyen de la région de l'Arlberg Alpes du Lechtal, Autriche. — Thèse Fac. Sci. Univ. Zürich, 87 p., Zürich.
- HLAUSCHER, H., 1922: Beobachtungen über das Lagerungsverhältnis des Hierlatzkalkes zum Dachsteinkalk im Dachsteingebirge. — Lotos. 70, 111—123, Prag.
- HÖCK, V., und W. SCHLAGER, 1964: Einsedimentierte Großschollen in den jurassischen Strubbergbreccien des Tennengebirges (Salzburg). — Anz. math. naturwiss. Kl. Österr. Ak. Wiss., Jg. 1964, 10, 228—229, Wien.
- HUCKRIEDE, R., 1956: Die Kreideschiefer bei Kaisers und Holzgau in den Lechtaler Alpen (Apt-Unteres Cenoman). — Verh. Geol. Bundesanst., 71—86, Wien.
- HUCKRIEDE, R., 1958: Die Conodonten der mediterranen Trias und ihr stratigraphischer Wert. — Paläont. Z., 32, 141—175, Stuttgart.

- HUCKRIEDE, R., 1959: Trias, Jura und tiefere Kreide bei Kaisers in den Lechtaler Alpen (Tirol). — Verh. Geol. Bundesanst., 1959, 44—92, Wien 1959.
- HUCKRIEDE, R., 1971: Rhyncholithen-Anreicherung (Oxfordium) an der Basis des Älteren Radiolarits der Salzburger Kalkalpen. — *Geologica et Palaeontologica*, 5, 131—147, Marburg.
- International Subcommittee on Stratigraphic Classification 1972: Summary of an International Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Usage. — *Lethaia* 5/3, 297—323, Oslo.
- JACOBSHAGEN, V., 1961: Zur Gliederung der mediterranen Trias. I. Die Grenze Ladin/Karn. — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1961, 477—483, Stuttgart.
- JACOBSHAGEN, V., 1965: Die Allgäu-Schichten (Jura-Fleckenmergel) zwischen Wettersteingebirge und Rhein. — *Jb. Geol. Bundesanst.* 108, 1—114, 3 Abb., 13 Taf., Wien.
- JENKYN, H. C., 1970: Growth and disintegration of a carbonate platform. — *N. Jb. Paläont. Mh.*, 325—344, Stuttgart.
- JENKYN, H. C., 1971: Speculations on the genesis of crinoidal limestones in the Tethyan Jurassic. — *Geol. Rdsch.*, 60, 471—488, Stuttgart.
- JERZ, H., 1966: Untersuchungen über Stoffbestand, Bildungsbedingungen und Paläogeographie der Raibler Schichten zwischen Lech und Inn (Nördliche Kalkalpen). — *Geologica Bavarica*, 56, 3—100, 32 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 5 Beilg., München.
- JURGAN, H., 1969: Sedimentologie des Lias der Berchtesgadener Kalkalpen. — *Geol. Rdsch.* 58, 464—501, Stuttgart.
- KLAUS, W., 1960: Sporen aus der karnischen Stufe der ostalpinen Trias. — *Jb. Geol. Bundesanst., Sonderbd.* 5, Wien.
- KOBEL, M., 1969: Lithostratigraphische und sedimentologische Untersuchungen in der kalkalpinen Mitteltrias (Anisian und Ladinian) des Rhätikon etc. — *Mitt. Geol. Inst. T. H. Zürich*, N. F. 118, 149 p., Zürich.
- KOCH, K. E., und W. STENGEL-RUTKOWSKI, W., 1959: Faziesuntersuchungen in Jura und Unterkreide der westlichen Lechtaler Alpen. — *Verh. Geol. Bundesanst.*, 1959, 179 bis 211, Wien.
- KOLLMANN, K., 1963: Ostracoden aus der alpinen Trias. II. Weitere Bairidiidae. — *Jb. Geol. Bundesanst.*, 106, 121—203, Wien.
- KOLLMANN, H. A., 1968: Zur Gliederung der Kreideablagerungen der Weyerer Bögen (Ö.). — *Verh. Geol. Bundesanst. (Jg. 1968)*, 126—137, 2 Taf., Wien.
- KRAUS, O., 1969: Die Raibler Schichten des Drauzuges etc. — *Jb. Geol. Bundesanst.*, 112, 81—152, Wien.
- KRISTAN-TOLLMANN, E., 1970: Die Osteocrinusfazies, ein Leithorizont von Schwebcrinoiden im Oberladin-Unterkarn der Tethys. — *Erdöl und Kohle*, 23, 781—789, Hamburg.
- KRISTYN, L., 1971: Stratigraphie, Fauna und Fazies der Klaus-Schichten (Dogger/Oxford) in den östlichen Nordalpen (Österreich). — *Verh. Geol. Bundesanst. Wien*, 1971, 486 bis 509, Wien.
- KRISTYN, L., 1973: Zur Ammoniten- und Conodonten-Stratigraphie der Hallstätter Obertrias (Salzkammergut, Österreich). — *Verh. Geol. Bundesanst.*, 1973, 113—153, Wien.
- KRISTYN, L., und W. SCHÖLLNER, 1972: Die Hallstätter Trias des Salzkammergutes. — *Exkursionsführer 42. Jahresversammlg. Paläont. Gesellschaft in Graz*, 61 bis 106, Graz.
- KUBANEK, F., 1969: Sedimentologie des alpinen Muschelkalks (Mitteltrias) am Kalkalpen-südrand zwischen Kufstein (Tirol) und Saalfelden (Salzburg). — *Dissdruck, Techn. Univ. Berlin*, 202 p., Berlin.
- LEIN, R., und H. ZAPFE, 1971: Ein karnischer „Dachsteinkalk“ mit Pachyodonten in den Mürtzaler Alpen, Steiermark. — *Anz. Österr. Akad. Wiss., mathem.-naturw. Kl. (Jg. 1971)*, 133—139, Wien.
- LEUCHS, K., und R. MOSEBACH, 1936: Die spätladinische Hebung. — *Zentralbl. Miner. etc.* 1936, B, 1—12, Stuttgart.
- LOBITZER, H., 1972: Fazielle Untersuchungen an triadischen Karbonatplattform-Becken-Gesteinen des südöstlichen Hochschwabgebietes etc. — *Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien*, 205 p., Wien.

- MILLER, H., 1963: Gliederung und Altersstellung der jurassischen und unterkretazischen Gesteine am Südrand des Wettersteingebirges etc. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 3, 51—72, München.
- OBERHAUSER, R., 1968: Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paläogen im Ostalpenraum. — Jb. Geol. Bundesanst., 111, 115—145, Wien.
- OTT, E., 1967: Segmentierte Kalkschwämme (Sphinctozoa) aus der alpinen Mitteltrias und ihre Bedeutung als Riffbildner im Wettersteinkalk. — Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl. N. F. 131, 96 p., München.
- OTT, E., 1972: Die Kalkalgen-Chronologie der alpinen Mitteltrias in Angleichung an die Ammoniten-Chronologie. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 141, Stuttgart.
- OTTE, O., 1972: Schichtfolgen, Fazies und Gebirgsbau des Mesozoikums der Voralberger Kalkalpen südlich des Großen Walsertales (Österreich). — Diss. Freie Univ. Berlin, 196 p., Berlin.
- PLÖCHINGER, B., 1968: Die Hallstätter Deckscholle östlich von Kuchl, Salzburg, und ihre in das Aptien reichende Rossfeldschichten-Unterlage. — Verh. Geol. Bundesanst. 1968, 80—86, Wien.
- PLÖCHINGER, B., 1973: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Wolfgangseegebietes. — 92 p. (Geol. Bundesanst.), Wien.
- PLÖCHINGER, B. (im Druck): Gravitativ transportiertes Haselgebirge in den Oberalmer Schichten (Tithonium, Salzburg). — Verh. Geol. Bundesanst., Jg. 1974.
- RIEHL-HERWIRSCH, G., 1972: Vorstellung zur Paläogeographie — Verrucano. — Verh. Geol. Bundesanst. 1972, 97—106, Wien.
- ROSENBERG, G., 1959: Geleitworte zu den Tabellen der Nord- und Südalpinen Trias der Ostalpen. — Jb. Geol. Bundesanst. 102, 477—479, Wien.
- SANDER, B., 1936: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (Rhythmische Kalke und Dolomite aus der Trias) I. II. — Miner. Petr. Mitt., 48, 27—139 und 141—209, Leipzig.
- SARNTHEIN, M., 1965: Sedimentologische Profilvereihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck. — Verh. Geol. Bundesanst., 119—163, Wien.
- SARNTHEIN, M., 1967: Versuch einer Rekonstruktion der mitteltriadischen Paläogeographie um Innsbruck, Österreich. — Geol. Rdsch., 56 (1967), 116—127, Stuttgart.
- SCHÄFFER, G., 1971: Die Hallstätter Trias um den Plassen (Oberösterreich). — Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 198 p., Wien.
- SCHLAGER, M., 1960: Bericht 1959 über geologische Arbeiten auf den Blättern Hallein (94) und Straßwalchen (64). — Verh. Geol. Bundesanst. 1960, A 71—A 78, Wien.
- SCHLAGER, W., 1967: Fazies und Tektonik am Westrand der Dachsteinmasse (Österreich) II. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 17, 1966, 205—282, Wien.
- SCHLAGER, W., 1967: Hallstätter- und Dachsteinkalk-Fazies am Gosaukamm und die Vorstellung parautochthoner Hallstätter Zonen in den Ostalpen. — Verh. Geol. Bundesanst., 1967, 50—70, Wien.
- SCHLAGER, W., 1974: Preservation of cephalopod skeletons and carbonate dissolution on ancient Tethyan sea floors. In: K. J. HSÜ and H. C. JENKINS (Hrsg.): Pelagic Sediments, on Land and under the Sea. — Spec. Publ. Int. Ass. Sediment. 1, 37—58, Oxford.
- SCHLAGER, W., and M. SCHLAGER, 1973: Clastic sediments associated with radiolarites (Tauglboden-Schichten, Upper Jurassic, Eastern Alps). — Sedimentology, 20, 65—89, Amsterdam.
- SCHNEIDER, H. J., und P. WALDVOGEL, 1964: Sedimentäre Eisenerze und Faziesdifferenzierung im oberen Wettersteinkalk. In: W. ZACHER: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt 8430 Füssen, 101—122, München.
- SCHÖLL, W. U., und J. WENDT, 1971: Fossil-Lagerstätten Nr. 19: Obertriadische und jurassische Spaltenfüllungen im Steinernen Meer (Nördliche Kalkalpen). — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 139, 82—98, Stuttgart.

- SCHÖLLNER, W., 1967: Zur Faziesverzahnung im Gebiet der Hohen Schrott (E Bad Ischl, Salzkammergut) und die Auflösung der „Singereben-Teuflingkogel-Deckscholle“. Mitt. Geol. Bergbaustud., 17, 1966, 73—86, Wien.
- SCHÖLLNER, W., 1972: Bericht 1971 über Aufnahmen auf Blatt Bad Ischl (96) und auf Blatt Mitterndorf (97). — Verh. Geol. Bundesanst. 1972, A 76—A 79, Wien.
- SCHULER, G., 1968: Lithofazielle, sedimentologische und paläogeographische Untersuchungen in den Raibler Schichten der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Salzach. — Erlanger Geol. Abh., 71, 60 p., Erlangen.
- SCHWARZACHER, W., 1954: Die Großrhythmik des Dachsteinkalkes von Lofer. — Tschermaks Min. Petr. Mitt., 4, 44—54, Wien.
- Schweizerische Geologische Kommission 1973: Empfehlungen zur Handhabung der stratigraphischen, insbesondere lithostratigraphischen Nomenklatur in der Schweiz. — Eclogae geol. Helv., 66, 479—492, Basel.
- STENGEL-RUTKOWSKI, W., 1960: Die Geologie der Umgebung von Lech (Vorarlberg). — Diss. Univ. Marburg, 152 p., Marburg/Lahn.
- SPENGLER, E., 1953, 1956, 1959: Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen. — Jb. Geol. Bundesanst., 1. Teil: 96, 1—64, 2. Teil: 99, 1—74, 3. Teil: 102, 194—312, Wien.
- STEINER, P., 1968: Geologische Studien im Grenzbereich der mittleren und östlichen Kalkalpen (Österreich); I. Erläuterungen zur Geologischen Karte der Kalkvoralpen zwischen Enns, Ybbs und Salza; II. Vorschläge zur Klärung tektonischer Erscheinungen im Raume von Weyer—Groß-Reifling—Lunz auf faziesstrukturanalytischer Grundlage. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, 18, 9—88, Wien.
- SUMMESBERGER, H., und L. WAGNER, 1971: Der Lithostratotypus des Gutensteiner Kalkes (Gutenstein, Niederösterreich, Mitteltrias). — Annal. naturhist. Mus. Wien, 75, 343 bis 356, Wien.
- SUMMESBERGER, H., und L. WAGNER, 1972: Der Stratotypus des Anis (Trias). Geologische Beschreibung des Profiles von Großreifling (Steiermark). — Annal. Naturhist. Mus. Wien, 76, 515—538, Wien.
- TOLLMANN, A., 1963: Ostalpensynthese. 256 p., Wien (Deuticke).
- TOLLMANN, A., 1965: Faziesanalyse der alpidischen Serien der Ostalpen. — Verh. Geol. Bundesanst. Sonderheft G, 103—133, Wien.
- TOLLMANN, A., 1966: Die alpidischen Gebirgsbildungs-Phasen in den Ostalpen und Westkarpathen. — Geotekton. Forsch., 21, 156 p., Stuttgart.
- TOLLMANN, A., 1969: Die bruchtektonische Zyklenordnung im Orogen am Beispiel der Ostalpen. — Geotekton. Forsch., 34, 1—90, Stuttgart.
- TOLLMANN, A., 1967—1970: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen. — 1. Teil: Der Ostabschnitt. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 59, 1966, 231—253; 2. Teil: Der Mittelabschnitt. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 61, 1968, 124—181; 3. Teil: Der Westabschnitt. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 62, 1969, 78—170, Wien.
- TRAUTH, F., 1950: Die fazielle Ausbildung und Gliederung des Oberjura in den nördlichen Ostalpen. — Verh. Geol. Bundesanst. (Jg. 1948), 145—218, Wien.
- TRÜMPY, R., 1960: Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps. — Bull. Geol. Soc. America, 71, 843—908, Boulder.
- TRÜMPY, R., 1973: The timing of orogenic events in the Central Alps. In: K. A. DE JONG and R. SCHOLTEN: Gravity and Tectonics (van Bemmelen volume). — p. 229—251 (Wiley), New York.
- VACEK, M., und G. GEYER, 1916: Erläuterungen zur geologischen Karte der österreichisch-ungarischen Monarchie, Blatt Liezen. — 58 p., Wien.
- VORTISCH, W., 1965: Die Geologie der Inneren Osterhorngruppe, VI. Teil. Oberer Wetzsteingraben und Allgemeines. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 122, 222—256, Stuttgart.
- WAGNER, L., 1970: Die Entwicklung der Mitteltrias in den östlichen Kalkvoralpen im Raum zwischen Enns und Wiener Becken. — Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 202 p., Wien.

- WAGNER, C. W., and C. VAN DER TOGT, 1973: Holocene sediment types and their distribution in the Southern Persian Gulf. In: B. PURSER (Hrsg): The Persian Gulf. — 123—155 (Springer), Berlin.
- WEBER, E., 1942: Ein Beitrag zur Kenntnis der Rossfeldschichten und ihrer Fauna. — N. Jb. Miner. etc. Beil. Bd. 86 B, 247—281, Stuttgart.
- WEIGERT, U., 1971: Zur Geologie der Hallstätter Zone östlich Bad Goisern (Oberösterreich). — Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 144 p., Wien.
- WENDT, J., 1969: Stratigraphie und Paläogeographie des Roten Jurakalkes im Sonnwendgebirge (Tirol, Österreich). — N. Jb. Geol. Pal., 132, 219—238, Stuttgart.
- WENDT, J., 1971: Die Typlokalität der Adneter Schichten (Lias, Österreich). — Ann. Inst. Geol. Hung., 54/2, 105—116, Budapest.
- ZACHER, W., 1966: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25.000, Blatt 8429 Pfronten. — 208 p., München (Bayer. Geol. L.-A.).
- ZANKL, H., 1967: Die Karbonatsedimente der Obertrias in den Nördlichen Kalkalpen. — Geol. Rdsch., 56, 128—139, Stuttgart.
- ZANKL, H., 1969: Der Hohe Göll. — Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., 519, 1—123, Frankfurt.
- ZAPFE, H., 1959: Faziesfragen des nordalpinen Mesozoikums. — Verh. Geol. Bundesanst. 1959, 122—128, Wien.
- ZAPFE, H., 1960: Untersuchungen im Obertriadischen Riff des Gosaukamms (Dachsteingebiet, Oö.). I. Beobachtungen über das Verhältnis der Zlambachschichten zu den Riffkalken im Bereich des Großen Donnerkogels. — Verh. Geol. Bundesanst., 1960, 236 bis 241, Wien.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 3. August 1974.

Abb.1 DIE FAZIESDIFFERENZIERUNG IN TRIAS UND JURA, DARGESTELLT ALS SZENENFOLGE

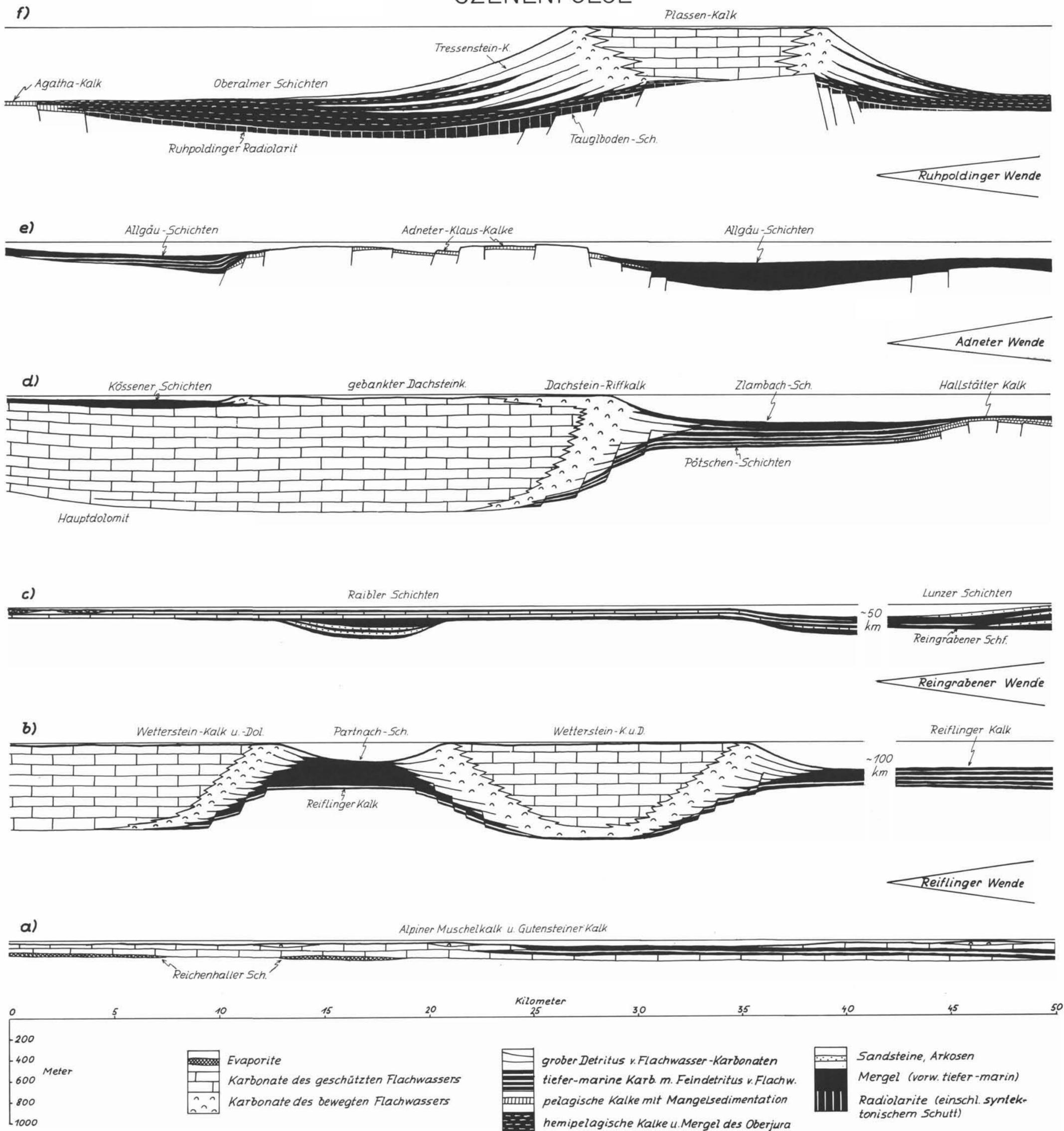
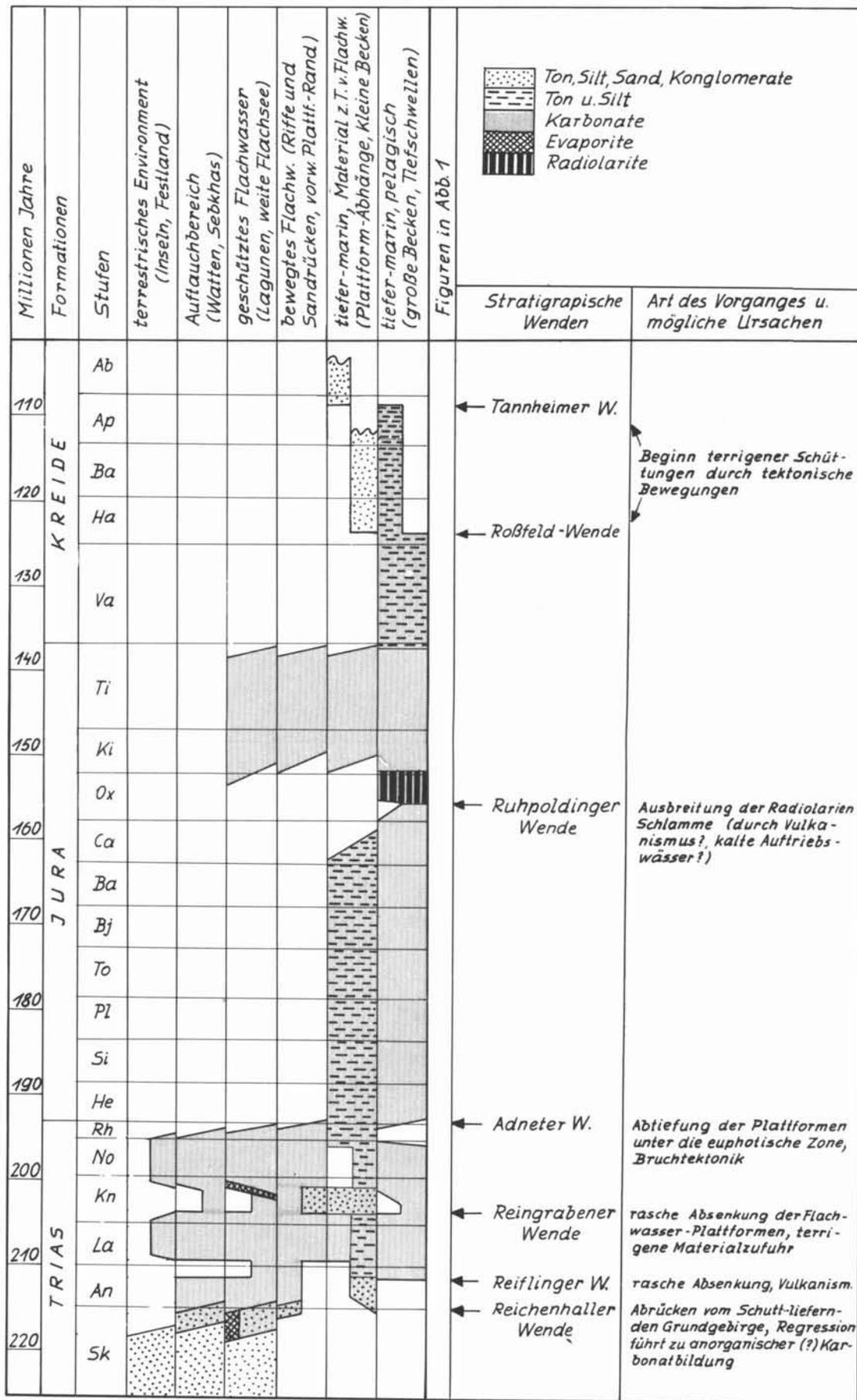


Abb. 2 BILDUNGSRÄUME UND ART DER SEDIMENTE IN DER SCHICHTFOLGE DER KALKALPEN



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Austrian Journal of Earth Sciences](#)

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: [66_67](#)

Autor(en)/Author(s): Schlager Wolfgang, Schöllnberger W.

Artikel/Article: [Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen. 165-193](#)