

Bayern und Österreich – 150 Jahre geologische Forschung im gemeinsamen Alpenstreifen

DIETRICH HERM

1 Abbildung

Inhalt

Zusammenfassung	29
Abstract	29
1. Einleitung	29
2. Geologische Kartierungen (Begriffsfindungen, überregionaler Einbau)	31
3. Biostratigraphie (mit Mikropaläontologie und Mikrofazieskunde)	33
4. Tektonik (Deckenlehre)	35
5. Paläogeographie	37
6. Ausblick	38
Literatur	38

Zusammenfassung

Die geologischen Kartierungen erforderten schon früh eine intensive, für die mediterrane Nordtethys, neue Stratigraphie. Faziesveränderungen, oft auf kurze Entfernungen, nicht nur in der Einengungsrichtung von Süd nach Nord, sondern auch im West-Ost-Verlauf haben eine komplexe Paläogeographie aufgezeigt, die die fortlaufenden geodynamischen Bewegungen widerspiegeln.

Diese Kenntnisse erlaubten eine genaue Rekonstruktion der Geodynamik im plattentektonischen Sinn vom Oberostalpin der adriatischen Platte über die verschiedenen synorogenen Vortiefen wie Flysch und Ultrahelvetikum bis zur mesoeuropäischen Schelfmeer-Bedeckung, dem Helvetikum.

Eine befruchtende Zusammenarbeit in der regionalen Erweiterung, unter Einbeziehung immer neuer Methoden wie z. B. der Geochemie, soll weitere Daten zur Geschichte dieses großartigen Faltengebirges bringen.

Dieser kurze Überblick soll zum weiteren Einstieg in die umfangreiche Literatur der Erforschungsgeschichte anregen.

The Alpine Boundary of Austria and Bavaria – 150 years of geological research

Abstract

In the second half of the last century, mapping of the alpine region demanded an improved biostratigraphic concept for the Mediterranean Northern Tethys. Litho- and biofacial alterations indicated a complex paleogeography, not only in the S to N direction of tectonical compression, but also in the regional development from the W to the E.

A continuously undulating geodynamic development was recorded, providing the reconstruction of plate tectonics from the "Oberostalpin", part of the Adriatic Plate, to the foredeeps of Flysch and Ultrahelveticum and the shelf sediment sequences of the mesoeuropean Helveticum.

Continuous, fruitful co-operation and research with regard to the lateral extensions will provide more knowledge, by the incorporation of new methodologies, such as Geochemistry.

This short overview should provide stepping stones into the large amount of literature on this topic, reflecting the intensive investigation periods in the past.

1. Einleitung

Bayern grenzt mit seiner gesamten Südgrenze vom westlichen Punkt bei Lindau am Bodensee bis an die Salzach, nördlich von Salzburg, an die Länder Vorarlberg, Tirol, Salzburg und Oberösterreich der Republik Österreich.

Dieser Streifen hat Anteil am mesozoisch-tertiären Gebirgsgürtel, den Alpen, einem Teil des Mediterran-Orogen-gürtels, der fast die Gesamtfläche Österreichs ausmacht. Neuere Überblicke bieten OBERHAUSER, R. (Red.) (1980): Der

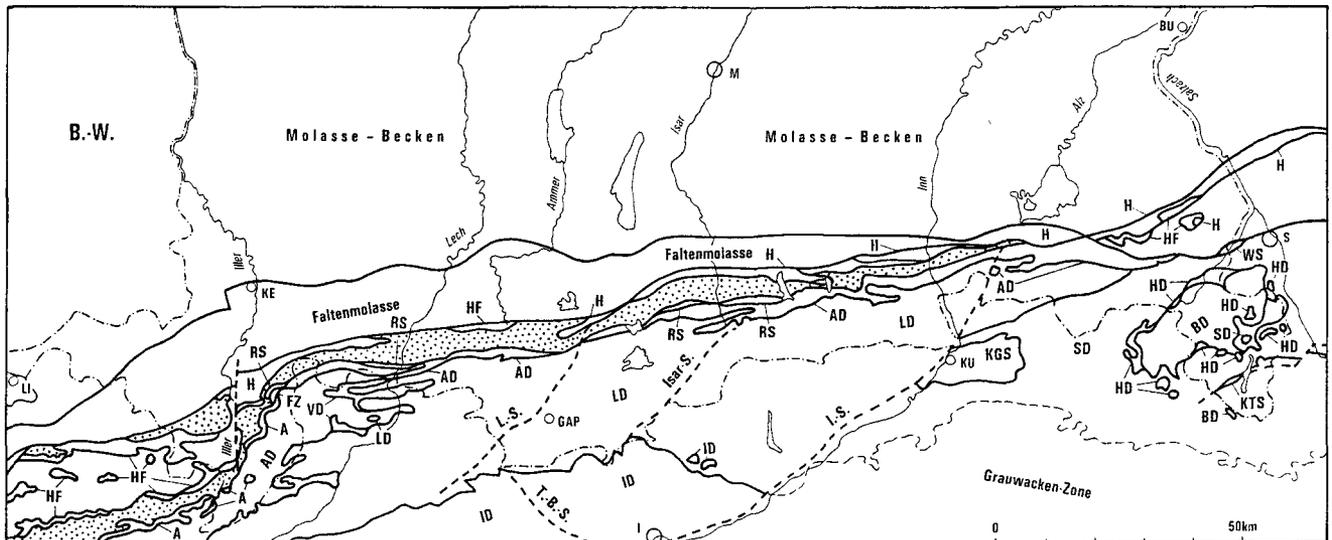


Abb. 1.
 Vereinfachte tektonische Karte von Südbayern (Alpenanteil) und angrenzende Gebiete, nach FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. (1996: Geologische Karte von Bayern, 1:500 000, Beil. 8). Die Landesgrenzen sind schwach gehalten, dafür die übergreifenden tektonischen Grenzen stark hervorgehoben.
 Abkürzungen: Geographie: B.-W. – Baden Württemberg, LI – Lindau, KE – Kempten, M – München, GAP – Garmisch-Partenkirchen, I – Innsbruck, KU – Kufstein, BU – Burghausen, S – Salzburg.
 Tektonische Einheiten: H – Helvetikum, z. T. mit Ultrahelvetikum, F – Rhenodanubischer Flysch, HF – Schuppenzone (Helvetikum, Ultrahelvetikum, Flysch), WS – Walsberg-Serie, A – Arosa Zone. Kalkalpin: AD – Allgäu-Decke, VD – Vilsener-Decke, RS – Rand-Schuppe, LD – Lechtal-Decke, ID – Inntal-Decke, SD – Staufener-Höllengebirgs-Decke, HD – Hallstätter-Decke, BD – Berchtesgadener Decke.
 Tektonische Störungszonen (nur eine kleine Auswahl, die grenzübergreifend verlaufen): L.-S. – Loisachtal Störungssystem, T.-B.-S. – Telfs-Brenner-Störungssystem, I.-S. – Inntal Störungssystem, KGS – Kaisergebirgsscholle, KTS – Königsee – Traunsee – Störungssystem.

geologische Aufbau Österreichs; TOLLMANN, A. (1977–1986): Geologie von Österreich, und SCHWERD, K. (1996) in: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern.

In diesen von W nach E streichenden, leicht gebogenen Alpenanteil fallen im Süden auf bayerisches Gebiet folgende tektonische Großeinheiten von N nach S (Abb. 1):

- Die tertiäre (Ob. Eozän-Pliozän) noch von der Faltung erfaßte *Molasse* (Faltenmolasse);
- das *Helvetikum*, auf eurasischer Kontinentalplatte abgelagerte Schichtfolgen;
- das *Ultrahelvetikum*, eine intensiv verfaltete und verschuppte Zone mit Sedimentfolgen aus dem Kontinentabfall der Meso-Europa Platte in das alpine Orogen;
- Sedimentfolgen aus transtensiven Becken mit z. T. ozeanischen Krustenunterlagen. In diesem Teil des *Penninikums*, kam es zu Subduktionen mit Absenkungen. Sie werden zusammengefaßt als *Flysch-Zone* geführt;
- Überlagert wird dies durch die Nördlichen *Kalkalpen*, dem Kalkalpin, einem Teil des *Oberostalpin*, das weit von Süden, von der adriatischen Platte nach NW und N überschoben wurde.

Die tektonischen Einheiten sind mit ihren Deckenstapeln von den tieferen (ehemals nördlicher abgelagerten) Einheiten im Westen Südbayerns zu den höheren (ehemals südlicher abgelagerten) Einheiten im Osten treppenartig aufgeschlossen, da im Westen (Westalpen) durch stärkere Hebungen bereits die Erosion tiefere Stockwerke freigelegt hat.

Beide Staaten haben Anteil an diesen großtektonischen Elementen. Wenn der Verlauf der tektonischen Einheiten auch dem gekrümmten Alpen-Karpaten-Bogen ungefähr pa-

rallel folgt, so springt die Staatsgrenze immer wieder nach Süden und Norden vor, dabei die tektonischen Einheiten überschreitend. Auf 250 km Luftlinie von Bregenz bis Salzburg kommen an die 620 km als wahrer Grenzverlauf, der außerordentlich geschichtsträchtig ist.

Im Berchtesgadener Land (Rupertiwinkel) spielte die Wirtschaftsmacht Salz eine Rolle. Die Salzgewinnung war ein landesherrliches Monopol der bayerischen Herzöge. Es kam zur Errichtung eines Salzburgerischen Monopols unter Erzbischof Eberhard II. im 13. Jahrhundert. Salzkartelle führten im 17. Jahrhundert nach langen Kleinkriegen zu einer gewissen Einigung zwischen den Habsburgern und den Kurfürsten von Bayern, dabei zum Tausch von Territorien. Durch die Salinenkonvention von 1829 wurden Förderwege, Aufbereitungen und vor allem die so wichtige Holzgewinnung festgelegt. Sie bestimmen weitgehend den heutigen Grenzverlauf (TREML, M., JAHN, W. & E. BROCKHOFF, 1995).

Im Verlauf des unteren Inntales waren es Wege- und Zollrechte entlang dieses ältesten Abschnittes einer Alpenüberquerung, die den Grenzverlauf nach Norden ausbuchete.

Im Walsertal bringt die Verlagerung der Wasserscheide, bedingt durch die Morphologie von Flysch und Kalkalpin, einen Grenzvorsprung nach Süden. Hier war die Zugänglichkeit der Almbereiche und Einödhöfe von Norden her grenzbestimmend.

Im nur schmalen Streifen des bayerischen Alpenanteils sind von Westen, an der Grenze zur Schweiz, nach Osten zu bis ins Salzburgerische eindeutige geologische Unterschiede festzustellen (SCHMIDT-THOME, 1964). Dies ist nicht nur durch

die Aufschlüsse bis zur Gipfelbildung von Helvetikum und Flysch im W und zunehmend Kalkalpin im Osten bedingt. Auch im Kalkalpin selber ist eine Faziesveränderung der lithologischen Ausbildung und in den Mächtigkeiten ausgeprägt. Die Allgäu-Fazies mit der Becken-Ausbildung im Jura wird von der Bayerisch-Nordtiroler-Fazies mit ihrer triadischen Wettersteinkalk-Hauptdolomit Entwicklung abgelöst und geht nach Osten in die triadische Ramsaudolomit-Dachsteinkalk-Fazies über. Hier schaltet sich die Hallstätter Fazies mit geringer Mächtigkeit, z. T. mit kondensierter Becken-Schwellen-Ausbildung ein.

Im Jura und der Kreide sind die Zeugen der Dynamik der Deckenbewegungen zeitlich gestreckt. Im Südosten beginnend, nach Norden und Nordwesten sich ausdehnend und später auswirkend zeigen sich im Süden und Osten zunehmend Schichtlücken und neueinsetzende Transgressionen auf bereits vorgefaltetem Untergrund. Im Norden und Nordwesten herrschen die durchgehenden Sedimentationsbedingungen in Beckenfazies vor.

Ebenfalls ist in der Tektonik eine Veränderung von Westen nach Osten offensichtlich. Die Einengung und Deckenstapelung erfolgte nicht immer zeitgleich oder quer zum Streichen der Großeinheiten. Durch die Krümmung des Alpenbogens bis in den Karpatenbogen ergaben sich Scherzonen. Im Bewegungsablauf und damit im Erscheinungsbild spielte die Böhmisches Masse als Widerlage eine Rolle, die sich in der Kinematik und im synorogenen Sedimentationsgeschehen ausprägte (FRISCH, W., & LOESCHKE, J. 1993; RATSCHBACHER, L. et al., 1989, 1991).

Die Forscher verfolgten in den letzten 150 Jahren entweder stratigraphisch, lithologisch gleichbleibende Einheiten oder sie gingen den Fazieswechseln nach. So waren die Arbeitsgebiete und die mitgeteilten Ergebnisse eigentlich immer grenzüberschreitend. Es zeigt sich dies in der grenzübergreifenden Namensgebung, sei es in der Stratigraphie oder auch in der Tektonik. Die Zusammenarbeit zwischen Bayern und Österreichern und die gegenseitige Befruchtung erfolgte entweder in den Aufschlüssen im Gelände oder auf gemeinsamen Tagungen. Das Austragen von gegensätzlichen Ansichten und Meinungen in Diskussionen oder feurigen Publikationen war meistens mit Fortschritten in der Erkenntnis und mit neuen Aspekten verbunden.

Solches Zusammenarbeiten erfolgte oft in Wellen, ausgelöst von einzelnen genialen Forschern, die grenzübergreifend nach Lösungen suchten. Sie ziehen sich in Form von Schulen oft jahrzehntelang weiter und gehen in den Geologischen Landesämtern auf. Gerade in diesen Diskussionen lag in der Konkurrenz ein Ansporn. Gemeinsam ist Wesentliches geleistet worden in den 150 Jahren des Rückblicks.

Aus der großen Fülle von geowissenschaftlichen Problemkreisen im gemeinsamen Alpenanteil sollen nur vier Aspekte aufgezeigt werden, die die gegenseitige befruchtende Zusammenarbeit zeigen und die die stetigen Fortschritte klar erkennen lassen:

- I. Geologische Kartierungen (Begriffsfindungen, überregionaler Einbau);
- II. Biostratigraphie (mit Mikropaläontologie und Mikrofazieskunde);
- III. Tektonik (Deckenlehre);
- IV. Paläogeographie

Es ist nicht möglich, die gesamte Literatur aufzuführen. Es wurde beschränkt auf Arbeiten, die grenzübergreifende Gebiete behandeln oder die auf direkte Zusammenarbeit hinweisen und weiterreichende Literaturlauswertung aufzeigen.

Es wird verwiesen auf die großartigen Literaturzusammenfassungen bei:

- SRBIK, R. v. (1929, 1935–1937)
- ZAPPE, H. (1964, 1973);
- OBERHAUSER, R. (1980);
- HAGN, H. (1981);
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, Bd. 3 (1986);
- FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. (1996).

Bei einigen Forschern werden beim Erstaussehen des Namens die Lebensdaten (in kursiv) angegeben, um eine Einstufung in die Erarbeitungsgeschichte mit ihren wechselnden Lehrmeinungen zu ermöglichen.

2. Geologische Kartierungen (Begriffsfindungen, überregionaler Einbau)

Aus der Pionierzeit der Erforschung der Geologie Bayerns mit ihrem Alpenanteil ist Matthias FLURL (1756–1823) in München zu erwähnen. von ihm stammt die erste geologische Karte Bayerns 1792. Da noch keine topographischen Unterlagen mit numerischen Maßstäben vorlagen wird der Maßstab dieser Karte auf 1:700 000 bis 1:830 000 geschätzt.

Die geologischen Verdienste neben anderen, geisteswissenschaftlichen Zeitdokumenten, von FLURL werden ausführlich in LEHRBERGER, G. & PRAMMER, J. (1994) dargestellt. Es liegt auch ein Faksimile dieser "Gebürge-Karte von Baiern und der oberen Pfalz" vor (LEHRBERGER, G. 1992). Diese Karte muß gesehen werden als Grundlage der wirtschaftlichen Aspekte der Mineralien, Gesteine, Lagerstätten und Bodenschätze. Dies oblag FLURL dank seiner Ämter (Bergrat, Direktor im Salinen-, Berg- und Münzwesen). Der Zusammenhang von Gestein und ihrer Entstehung wird in zahlreichen begleitenden Artikeln, in oft direkt an die Interessierten gerichteten Veröffentlichungsorganen dargestellt (siehe LEHRBERGER, G. & PRAMMER, J. 1994).

Zunächst hielten sich die Karten und Skizzen noch an die politischen Grenzen. Doch bald wurde erkannt, daß die Gesteine übergreifen und insbesondere mit Tirol und Salzburg eine Verbindung besteht. Dies trifft bei FLURL 1792 auf die Salzvorkommen im Berchtesgadener und Salzburger Land und für die Kohlevorkommen in Bayern und Tirol (Häring) zu.

Die geologische Kartenaufnahme litt in den Jahrzehnten vor dem Beginn der amtlichen Kartographie im 1. Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts am Mangel von topographischen Unterlagen. Die Initiativen der sehr lückenhaften und meist nicht maßstäblichen Kartenunterlagen gingen von strategisch-militärischen Gesichtspunkten, von den Heeresleitungen aus, ausgeführt von österreichischen Militärkartographen. So war die "Carte de la Bavière", ca. 1:100 000 in den Jahren 1801–1806 aufgenommen worden. Von der SCHMITT'schen Karte von Südwest-Deutschland erschien das Blatt München mit Alpenanteil 1814.

Die Erstellung der maßstabgerechten, naturgemäßen Darstellung ergab sich erst nach der Auflösung des Deutschen Reiches und nach den Umwälzungen im Gefolge der Napoleonischen Kriege.

Hierbei ist wichtig die Erstellung des "Atlas des Königreiches Bayern 1:50 000", geplant 1804, begonnen 1808. Hierzu bildete die Steuermessung die absolute Grundlage auf der Basis der Katastervermessung 1:5000 ab 1817. Bereits 1867 lagen alle Katasterblätter mit Höhenlinien vor. So war die Grundlage für alle weiteren Karten größerer Maßstäbe, wie Topographischer Atlas 1:50 000 ab 1812, und parallel dazu ab 1817 die Positionsblätter 1:25 000 gegeben. Diese Kartenunterlagen wurden im Grenzbereich vereinheitlicht und ermöglichten grenzübergreifende Blätter, dies war die Grund-

lage für die exakten geologischen Kartierungen. Diese stürmische Entwicklung der Kartographie hat WOLFF, H. (1988) dargestellt.

Der Kenntnisstand von FLURL, M. geht ein in die "Geognostische Karte von Deutschland und den umliegenden Staaten" in 42 Blättern von L.V. BUCH 1826. Auch K. E. SCHAFHÄUTL (1803–1890) baute zunächst auf diesen Tatsachen auf in seinen "geognostischen Karten" (1846, 1851). Die Hauptbemühungen lagen in der Einstufung der Einheiten in die Erdgeschichte, wozu internationale Diskussionen geführt wurden. Nachdem 1849 eine Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung gegründet wurde, erschien bereits 1851 von SCHAFHÄUTL eine Beschreibung des Alpengebirges mit sehr detaillierten Daten eingebaut.

Der Alpenkörper als ein genetisch zusammenhängendes Gebilde, damit über die Grenzen vom Kristallin bis in die Molasse wurde 1830 von LILL v. LILIENBACH (1798–1831) in seinem Profil erkannt. Die Zusammenhänge im Kalkalpin wurden von RICHTHOFEN, F. v. (1833–1905) herausgestellt (1859, 1861).

Das Hauptproblem lag in der Zuordnung der Gesteinseinheiten und damit in der Darstellungsweise auf den Karten. Die Zuordnung zu den bereits sehr detaillierten Untergliederungen in Zentraleuropa (England, Frankreich, Schwaben) gelang nicht. Die Alpen zeigten eine eigene Entstehungsgeschichte mit lateralem lithologischem Wechsel gleichalter Gesteine mit unterschiedlichen Fauneninhalten, wenn überhaupt Fossilien vorhanden waren.

In diese Problematik kommt C. W. GÜMBEL (1823–1898) hinein, (seit 1856 kgl. bayerischer Bergmeister), als er bereits 1845 eine Geognostische Übersichtskarte von Bayern, 1:500 000 zu erstellen beginnt. 1859 erschienen 4 Blätter (GÜMBEL 1859b), nach Aussagen von GÜMBEL auf den Stand von 1856. Der Alpenkalk konnte aufgegliedert und weitgehend der Trias zugeordnet werden mit lateraler Untergliederung z. B. im Dachsteinkalk und Hauptdolomit und als Äquivalente dazu die Kössener Schichten.

1861 erscheint von GÜMBEL die Beschreibung des bayerischen Alpengebirges, grenzüberschreitend mit Umgebung. Zahlreiche Detaillierkenntnisse wurden eingearbeitet (GÜMBEL, 1855, 1856a, b, 1857, 1858, 1859a, b). Die Ergebnisse waren nur möglich durch Kontakte und Ideenaustausch mit Kollegen in der Schweiz und Österreich.

Es folgte eine Zeit der intensiven Kartierungen und Bearbeitungen der Faunen um eine Biostratigraphie speziell für die Alpen zu entwickeln (siehe Kap. II).

Erst der Einbau zahlreicher Ergebnisse von Kartierungen und stratigraphischen Daten ermöglichte die großartige Darstellung der Geologie von Bayern, (2 Bände mit detaillierten geologischen Karten) von GÜMBEL, C. W. 1894. So fanden Eingang in dieses Werk unter anderen, um nur einige zu erwähnen: EMMRICH (1815–1879) 1851, 1852; HAUER (1822–1899) 1853; OPPEL (1831–1866) 1861; BEYRICH 1867; MOJSISOVICS, 1869; AMMON (1850–1922) 1878, ROTHPLETZ (1853–1918) 1883, 1886, 1888; BITTNER (1850–1902) 1890, 1892.

Es wurden alle greifbaren paläontologischen Daten vom Kalkalpin, z. B. GÜMBEL (1871a, b) über Kalkalgen der Trias, über Foraminiferen der Gosau (1870) bis zu den Foraminiferen des Eozän des Helvetikum (1868), aber auch umfassende Daten zur Kreide des Helvetikum bei Siegsdorf durch BÖHM, J. (1891) für die Biostratigraphie und damit für die Kartierungen eingesetzt. Die Diskussionen mit SUSS, F. E. (1867–1941)(1891) über den Schlier zeigten sich fruchtbar, da auch in der Molasse durch den von West nach Ost erfolgten Fazieswechsel, überregional von der Schweiz bis in das Wiener Becken die Schichten verfolgt werden konn-

ten, die trotz gleicher Lithologie nicht immer altersgleich sind. Im umfangreichen historischen Überblick zeigte ZITTEL (1899) in einem eigenen Kapitel zur alpinen Trias das Ringen um die Stratigraphie durch die Fazies-Unterschiede klar auf. Hinweise auf rezente Beobachtungen in Riffen und paläogeographische Zusammenhänge werden bereits zur Lösung vorgeschlagen.

Als eine großartige Leistung ist die Erstellung der Übersichtskarte von Österreich, 1:500 000, durch H. VETTERS zu werten. 1919 wurde beschlossen ein solches Kartenwerk als Datensammlung herauszugeben. 1933 erschien die Karte in 1. Auflage und 1937 die dazugehörigen Erläuterungen als ein wahres Handbuch. Trotz politischer Gebietsneuregelungen nach dem 1. Weltkrieg umfaßt die Karte die Nachbargebiete, so bis zur Adria, aber auch auf die Europäische Platte in der Fränkischen und Schwäbischen Alb. Damit wird der Alpenkörper eingebunden in seine großtektonische Position. Die Erläuterungen geben eine klare stratigraphische Übersicht in der die jahrzehntelangen Arbeiten Eingang fanden, so z. B. durch die Behandlung der Stufengliederung in der alpinen Trias. Bewußt wurden keine tektonischen Linien oder Grenzen eingetragen, damit keiner der noch im Fluß und in der Diskussion stehenden Vorstellungen und Theorien gefolgt. Es sind die Kartierungs-Tatsachen dargestellt. Als Grundlage für den Grenzbereich Bayern-Österreich dienten die Karten von GÜMBEL (1861, 1894) sowie die geologische Übersichtskarte 1:250 000 von SCHUSTER (1925–1928). Dazu wurden eingearbeitet die zahlreichen Einzelkarten des Bayerischen Oberbergamtes.

Ferner existierten eine Reihe von Detailkarten, die je nach stratigraphischen oder tektonischen Fragestellungen nur mit speziellen Gebietsbegrenzungen vorlagen und in zahlreichen Zeitschriften oder nur in Dissertationen erschienen. Erwähnt soll die Karte vom Ammergebirge werden von KOCKEL, C. W., RICHTER, M. & STEINMANN, H. G. (1931). Sehr hilfreich für dieses große Kartenwerk von VETTERS, dessen Erläuterungen in 2. Auflage 1947 erschienen, ein Werk unter dem Direktorium von G. GÖTZINGER, A. RUTTNER und dem Chefgeologen P. BECK-MANNAGETTA, war die Verwendung zahlreicher Detailarbeiten seit 1910 bis 1947. Dazu gehören viele Lokalangaben wie sie in den seit 1912 erschienenen Geologischen Führern vom Verlag Bornträger (Berlin) aufscheinen. Ferner wurden z. B. eingearbeitet HANIEL, C. A. (1914) oder LEUCHS, K. (1921) und Daten aus den Bänden von SCHERZER, H. wie Berchtesgadener Land (1927), Allgäu (1930) und Oberbayerische Alpen (1936). Der Wanderführer von BODEN, K. (1930) brachte zahlreiche Zusammenhänge aus kartierintensiven Jahrzehnten. Rückfragen nach München zu P. SCHMIDT-THOME brachten Erweiterungen, die sich aus der in der Zwischenzeit vorangetriebenen Kohlenwasserstoff-Exploration oder auch durch Kartierungen in den Kalkalpen ergeben hatten.

Die sehr aktiven Kartierungsarbeiten in Bayern in allen tektonischen Großeinheiten seit der Jahrhundertwende, besonders auch in den 20er und 30er Jahren, schlugen sich leider in keinem einheitlichen Kartenwerk nieder. Die Kartierungen waren durch die Fragestellungen in unterschiedlichen Maßstäben, oft nur ausschnittsorientiert und ohne gemeinsame Signaturen. Veröffentlicht wurden sie wegen der finanziellen Notlage in unterschiedlichen Formaten und in den verschiedensten Zeitschriftenreihen, z. T. im Eigen- druck, oder blieben als Manuskriptkarten liegen. Es kam zu keinem Kartenwerk der Positionsblätter 1:25 000, dieses wurden auch noch 1960 abgelöst durch Gradabteilungsblätter mit einem anderen Blattschnitt. Als sehr günstig hat sich die forcierte Herausgabe der Geologischen Karte 1:50 000 von österreichischer Seite erwiesen; sie ist grenz-

überschreitend angelegt und enthält vergleichbare Signaturen. Bayern hinkt noch etwas hinterher.

Ein neuer Schub von Daten aus Kartierungen, z. T. nur in Kärtchen, Skizzen und Profilen, oder im Text, setzte mit den Prüfungsarbeiten der Diplomgeologen-Ausbildung ab 1948 ein, die sich über das ganze Gebiet der Nördlichen Kalkalpen und seinen vorgelagerten Einheiten erstreckten. Es beteiligen sich nicht nur die Münchener Universitäten (LMU und TU) sondern auch die Universitäten Berlin (FU und TU), Kiel, Göttingen, Marburg und Erlangen daran.

Eine abrufbereite Datenspeicherung in digitaler Datenvorhaltung wäre sicher ein anzustrebender Weg zur Erfassung und zur Verfügungstellung der mit viel Schweiß erarbeiteten Kenntnissen.

3. Biostratigraphie (mit Mikropaläontologie und Mikrofazieskunde)

Es zeigten sich in den ersten 50 Jahren bei der näheren Kartierung und bei der lithologischen Charakterisierung Schwierigkeiten in der stratigraphischen Einordnung. Fossilien lagen oft dicht gedrängt vor, getrennt durch mächtige fossilarme oder fossilere Serien wie z. B. durch Dolomite. Die Lithologie wechselte lateral, nicht nur in Mächtigkeiten. Schon früh wurde klar, daß die klassischen Gliederungen mit Leitfossilien, wie sie in Frankreich, England, Schwaben und Franken oder Norddeutschland erarbeitet worden waren, nicht übernommen werden konnten. Seltene, sonst nicht verwendete Pflanzen- und Tiergruppen tauchten auf wie Kalkalgen, Korallen, Schwämme, Aptychen, Gastropoden. Diese Gruppen zeigten wiederum eine Bindung an bestimmte Lebensräume und damit an die Litho-Fazies.

TOLLMANN (1976) nennt die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts die klassische Forschungsperiode, die sich für die Biostratigraphie entscheidend bis in die 20er Jahre dieses Jahrhunderts mit *Megafossil-Untersuchungen* fortsetzt.

Es wurde sehr bald klar, daß eine neue Zonierung geschaffen werden mußte für den ozeanischen Bereich ("oceanische Trias" ARTHABER (1864–1943) 1906) mit neuen Zonen und Stufen, vor allem aber mit der Absicherung durch phylogenetische Reihen bei den Leitfossilien. Faszinierend ist im Schrifttum zu verfolgen wie weit ausgreifend der Lebensraum der Fossilien und damit die Verwertbarkeit erkannt wurde. Es beginnt bereits mit HAUER, J. (1778–1863) in Griechenland, dehnt sich auch aus auf den Apennin, die Südalpen mit der Lombardei, auf Ungarn und die Dolomiten sowie die Kärntner Trias. Schritt um Schritt ging die Loslösung von der germanischen Trias-Gliederung voran (MOJSISOVICS (1839–1907) 1869, 1892). Es kam zu intensiven Streitschriften, die jedoch zu sehr guten Kompromissen führten, so zwischen BITTNER (1850–1902) (1892) und MOJSISOVICS (1892) über Alterzuweisungen im Karn und Nor von Hallstätter Kalken, die durch die kleingliedrige Paläomorphologie und Paläobathymetrie in engen Kanalsystemen rasch in der Fazies z. T. mit Schichtlücken, abwechselten. Als gewisse Notlösung, wegen fehlender Zonierungen, und auch als Zeugen des Erkennens von lithologischen Unterschieden ist die große Zahl der Schichtnamen zu erklären, wie sie bei KÜHN, O. (1962) im *Lexique Stratigraphique*, mit großem Literaturverzeichnis, erschienen.

Von bayerischer Seite, auch hier meist grenzüberschreitend, konnte in diesen Jahrzehnten Vieles beigetragen werden. So z. B.: Vilser Alpen, Ammergau ROTHPLETZ (1886); AMMON (1878); Wetterstein, Karwendel GÜMBEL (1855), WINKLER (1859, 1886), ROTHPLETZ (1888), REIS (1901–1907);

Kössen-Osterhorn: HAHN (1910), GÜMBEL (1889), REIS (1889); Berchtesgaden: BÖSE (1898); WINKLER (1886). Die Anregungen zur Bearbeitung der Faunen der Alpen und ihres Vorlandes gingen von ZITTEL (1839–1904) und GÜMBEL aus, sie waren sehr intensiv. Es wurde stets versucht über das eigentliche Gebiet hinaus Zusammenhänge aufzuzeigen wie z. B. bei ROTHPLETZ (1900, 1905).

Als großartige Leistung ist die Zusammenfassung "Die alpine Trias des Mediterran-Gebietes" von ARTHABER (1906) zu sehen. Hier wird eine neue biostratigraphische Gliederung für das Mediterran-Gebiet gegeben, für die "oceanische Trias der Alpen". Der Begriff Tethys existierte noch nicht. Die vorhandenen Erkenntnisse, zurückgehend bis auf RICHTHOFEN (1859, 1861) und HAUER (1853), wurden zusammengefaßt unter dem klaren Gesichtspunkt der genetischen Deutung mit der Vielzahl der Gesteine in Riff-Komplexen, aber auch im Nebeneinander mit Beckenbildungen. Die lithologischen Gruppen, Skyth bis Rhaet werden in eine Stufeneinteilung mit klarer faunistischer Zonengliederung gestellt. Gerade durch die sehr intensive Behandlung der Faunen aufgezeigt in ihren faziellen Besonderheiten, aber auch Korrelationsmöglichkeiten ist dieses Werk von ARTHABER 1906 in FRECH, R. et al. (1903–1908) eine unvergleichliche Fundgrube, die sich für die Weiterentwicklung paläogeographischer Deutungen äußerst wertvoll erweist. Dies zeigte sich bereits in dem sehr guten Überblick von HAHN (1914).

Ebenso wie für die Trias war es notwendig eine eigene alpine biostratigraphische Gliederung für Jura und Kreide zu erarbeiten um auf den Karten vergleichbare biostratigraphische Einheiten zu erstellen. Cephalopoden zeigten andere Entwicklungsreihen als in Mitteleuropa. Fossilgruppen wie Korallen, Schwämme, Bivalven, Brachiopoden mußten mitverwendet werden. So gelang WÄHNER (1882–1898): in 8 Teilen in *Beitr. Geol. u. Paläont. Österr.-Ungarns*, Wien) die exakten Bezeichnungen mit Cephalopoden im Lias und 1903 wurde von ihm eine grundlegende Stratigraphie im Sonnwendjoch-Gebiet erstellt, wie sie noch bis heute verwendet wird (vergl. LANGE 1952). SCHRÖDER (1925, 1927) behandelte die Cephalopoden der Lias-Fleckenkalke, die Beckenfazies, diese Stratigraphie wird erst durch JÄGER (1997) mit Foraminiferen ergänzt.

Viele Arbeiten (WÄHNER 1886, DACQUE 1912, HAHN 1914, BODEN 1916) zeigten die Faziesdifferenzierungen in Schwefeln und Becken mit der Ausbildung von Tiefsee-Schwellen, die sich in Mächtigkeiten durch Kondensationen, Regressionen und zeitlich gestaffelten Neotransgressionen auf die Lithologie auswirkten. Dies macht sich auch bemerkbar in den zahlreichen Namen für technisch verwertbare, da polierfähige Kalksteine ("Marmore") vor allem in Bayern mit unterschiedlichem Alter aus dem Jura und der Unterkreide (vergl. TOLLMANN 1976). Schon früh wurden die längeranhaltenden, gleichbleibenden Serien wie Malm-Neokom und höhere Unterkreide erkannt und gegliedert (WINKLER, 1886; EMMRICH 1852; UHLIG 1882, 1883) weitergeführt bis zu WEBER (1942); TRAUTH (1950) und PICHLER (1963).

Die biostratigraphischen Werke, meist auf der Basis von paläontologischen Monographien zeugen von großer Zusammenarbeit und den Austausch von Erkenntnissen auch über den Alpenraum hinaus. Die zunehmend wachsenden Sammlungen im Naturhistorischen Museum in Wien und in der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Historische Geologie förderten die Zusammenarbeit zur Erstellung gemeinsamer stratigraphischer Gliederungen (vergl. ROSENBERG 1959, 1966; ZAPPE 1964, 1973).

Die Ablagerungen der Flyschzone und des Ultrahelvetikum wurden durch den Mangel an Makrofossilien weitgehend ausgespart, hier setzte erst die Mikropaläontologie ein.

Die **Mikrofazies**, die Methode der Erfassung von petrographischen und paläontologischen Daten aus Dünnschliffen brachte große Fortschritte in der Erkenntnis, nicht nur in der Feinstratigraphie sondern vor allem auch in der Zuordnung der Gesteinsserien zu palökologisch deutbaren Ablagerungsgebieten. So war es möglich, dynamische Veränderungen in den zeitlichen Profilen und in der lateralen Verbreitung festzustellen, die für die Abläufe in der Paläoozeanographie, besonders Paläobathymetrie aber auch für die großräumige Paläogeographie von größter Bedeutung waren. Viele bisher unbeachtete Fossilgruppen aus Mikroflora und Mikrofauna, z. T. gesteinsaufbauend, wurden stratigraphisch ausgewertet und dienten nicht nur als Einzelgruppen sondern in ihren Vergesellschaftungen als Anzeiger für den Bildungsraum der Gesteine. In den Karbonatserien der Trias erschienen die Grünalgen (Dasycladaceen) schon bei GÜMBEL (1873, 1894) von Bedeutung und wurden vor allem durch PIA zur Untergliederung der schwer zu packenden Triaskalke und -Dolomite sowie Jura (vergl. HOFMANN, T. 1993) verwendet. HAHN, F. F. (1910) benützte Dünnschliffe zur Faziesdifferenzierung (Loferer Steinberg Typ und Reiteralm Typ) in den fossilfrei erscheinenden Abfolgen des Dachsteinkalkes.

Um weitere Daten zur Korrelation zu erhalten benützten auch LEUCHS, K. (1921, 1925) und BODEN, K. (1925) die mikroskopische Analyse von Dünnschliffen, es ging um Mineralien und ihre Umlagerungsvorgänge.

Einen sehr befruchtenden Schub bewirkten die sediment-petrographischen Untersuchungen an Kalkalpin-Serien durch die Innsbrucker SANDER, B. (1936, 1941) und SCHWARZACHER, W. (1948, 1949) unter Einbeziehung von Sedimentationsstrukturen, Petrographie der Karbonatmineralien und Bitumenverteilungen als Hinweise auf das Ablagerungsmilieu und die Diagenese.

Die Analyse anorganischer Bestandteile in ihrem Zusammenhang, ihre Lagerung und Ausrichtung im Sedimentgefüge waren von großer Bedeutung für die Klärung von synsedimentären, alpinen Lagerstätten in ihrer Bindung an übergeordnete Ablagerungsbedingungen (z. B. Übersalzung oder Brackwasserbildung) (SCHNEIDER, H. J. 1954; SCHNEIDER, H. J. & WALDVOGEL, F. 1964; SCHNEIDER, H. J., MÖLLER, P. & PAREKH, P. 1975).

Intensiviert wurde die Mikrofazies der alpinen Gesteine, nicht nur im Kalkalpin, sondern auch die Flysch- und Helvetikum-Zone durch HAGN, H. (ab 1950) und vor allem durch das Schliff-Buch von HAGN (1955). Seitdem waren Schliff-Analysen zur Sedimentstruktur, die Bestimmung von Mikrofossilien und Makrofossilresten aus keiner Diplomarbeit oder Dissertation in München über kalkalpine Sedimente mehr wegzudenken. Es folgte rasch eine palökologische Analyse mit Hilfe der Mikrofazies der Trias/Jurawende von FABRICIUS, F. (1966), sodaß paläoklimatische Aussagen gezogen werden konnten (FABRICIUS, F., FRIEDRICHSEN, H. & JACOBSHAGEN, V. 1970). OTT (zuerst LMU, dann TU München) brachte nicht nur wertvolle stratigraphische Gliederungen der Mitteltrias (OTT 1973) sondern auch palökologische Differenzierungen, die durch Kalkschwamm-Vergesellschaftungen nachgezeichnet sind (1967).

Grundlegende Arbeiten in differenzierten Faziesbereichen mit Übergängen und Floren-Faunen Vergesellschaftungen im Wechsel konzentrierten sich auf das Gebiet Kammerkehr-Loferer Steinberge-Hoher Göll. Seit HAHN, F. F. 1910, dann mit VORTISCH, W. (1935) wurde aus dem Grenzgebiet Tirolikum-Juvavikum mit der Steinplatte ein wahrer Wallfahrtsort der Mikrofazies-Analytiker. Entscheidende Schübe kamen von OHLEN, H. R. (1959) oder SCHÄFER, P. (1979), wobei moderne Erfahrungen aus anderen Teilen der Welt eingebaut werden (z. B. Loferit-Zyklen FISCHER, A. G. (1964); ZANKL, H. (1969,

1971)). Diese Region wurde international ein Beispiel für Riffe und ihre zeitlich und lateral wechselnde Ausbildung (WILSON, J. L. 1975). Detailarbeiten aus der Schule ZANKL, H. (München und Marbu) oder vor allem FLÜGEL, E. (Graz-Darmstadt-Erlangen) erfaßten immer neue Daten unter Einbeziehung eines breiten methodischen Spektrums. Die Kalkalpen, sowohl bayerisches wie österreichisches Gebiet, werden überdeckt im Zusammenhang mit der gesamten Nord-Tethys. Es werden bearbeitet Algen, Schwämme, Korallen, Hydrozoa, Foraminiferen, Mikroproblematika, etc., wobei es vor allem auf eine quantitative und qualitative Darstellung der Fossilgemeinschaften in ihrer Funktion innerhalb der Karbonat-Biotope ankommt. Dies geschieht in vorbildhafter Weise in steter Zusammenarbeit mit anderen deutschen und österreichischen Kollegen, demonstriert z. B. in FLÜGEL, E., LOBITZER, H., SCHÄFER, P. & ZANKL, H. (1975), in Lehrbüchern wie FLÜGEL (1978) oder in den Symposiumsbänden FLÜGEL, E. (1975; 1981a, b; 1982). Die Ergebnisse gehen über den alpinen Rahmen hinaus und sorgen weltweit für Impulse, wie z. B. die Lofer-Cyclothems (FISCHER, A. G. 1964).

Die Anfänge der Erforschung der mikroskopisch kleinen Organismenreste, einschließlich von Großforaminiferen körperlich erhalten, in der **Mikropaläontologie**, gehen ins letzte Jahrhundert zurück. Die reichen Faunen des Alttertiärs wurden von GÜMBEL, C. W. (1868, 1870) untersucht. EGGER, J. G. (1899, 1909) dehnte seine Foraminiferen-Untersuchungen auch auf Ostrakoden der Oberkreide des Kalkalpin und Helvetikum aus, nachdem vorher schon wichtige stratigraphische Vergleiche im marinen Miozän des Vorlandes Hauptgegenstand waren (EGGER, J. G. 1857, 1858).

Die Fortschritte der Mikropaläontologie als Instrument in der Kohlenwasserstoff-Exploration brachten großen Aufschwung gleich nach dem 2. Weltkrieg in Wien und München. Ausgehend von der Molasse gingen die Forschungen sehr rasch auf das Helvetikum (ABERER, F. & BRAUMÜLLER, E. 1958), das Ultrahelvetikum und den Flysch über, so in Wien z. B. GOHRBANDT, PAPP & STRADNER 1963; OBERHAUSER, R. 1958, 1963; PAPP, A. 1957, 1968) und in München KNIPSCHER (1957), DE KLASZ, I. (1953, 1956). Diese Ergebnisse waren wichtig für die Kartierungen. In der alpinen Mikropaläontologie war es notwendig neue Zonengliederungen mit je nach Ablagerungsbereich wechselnden Tiefenlagen und Strömungssystemen zu erstellen, da sich bestehende Gliederungen, wie aus dem borealen Bereich Europas, z. B. mit Neoflabelinen und Bolivinen nicht direkt übertragen ließen. Es ist das Verdienst von BETTENSTAEDT, F. (1958) und in vielen Kartierberichten vor allem im Allgäu und Vorarlberger Flysch und Helvetikum neue Zonierungen aufzustellen und damit zur Alterstellung und zur Faziesgliederung des Flysches, der eine stark orogenbeeinflusste Paläogeographie zeigt, beigetragen zu haben (KRAUS, E. 1965; RICHTER, M. 1957, 1966, 1978).

Auch in der Molasse brachte die sehr gute Kombination zwischen Mikrofauna und Makrofauna wie z. B. durch HAGN, H. & HÖLZL, O. (1952) einen guten Ansatz, wie sie auch in Wien vorwiegend an durchgehend marinen Entwicklungen bearbeitet wurden. Aus Mangel an Spezialisten wurden diese Kombinationen nicht voll ausgenützt.

Im Kalkalpin ging die Mikropaläontologie an makrofossilarme Serien der Trias und des Jura/Neokom, die feinstratigraphisch gegliedert wurden. Es konnten Schichtlücken und Neutransgressionen aufgezeigt werden, die nicht immer über größere Gebiete synchron, also mehr phasenhaft auftraten. Dies half den geodynamischen Vorstellungen um tektonische Bewegungen in ehemals räumlich getrennten Ablagerungsgebieten aufzuzeigen. Besonders zu erwähnen ist E. KRISTAN, bzw. E. KRISTAN-TOLLMANN (1934–1995), die mit Foraminiferen vor allem in der Trias aber auch im Oberjura-

Neokom ansetzte (ab 1957, vergl. Lit. Verz. TOLLMANN, A. 1976), aber auch mit Holothurien-Skleriten, Schwebcrinoiden-Resten und vor allem Ostracoden wertvolle Daten zur Feinstratigraphie und zur Paläogeographie erbrachte. Ostracoden waren auch Gegenstand der Untersuchungen von KOLLMANN, K. (1960) und URLICHS, M. (1972) die zur Faziesgliederung der Obertrias entscheidend beitrugen.

In München war es vor allem HAGN, H. und seine Schule, die neue Daten lieferten, nicht nur zur Feinstratigraphie und Paläökologie, es wurde auch die Paläogeographie und tektonische Stellung diskutiert. Es kam dabei auch zu gegensätzlichen Meinungen (z. B. zwischen HAGN, H. und GANSS, O.) oder einer förderlichen Zusammenarbeit z. B. HAGN, H. (1953, 1960, 1967) und PREY, S. (1962, 1968, 1975, 1978). Viele Diskussionen wurden offen im Gelände, auf Tagungen oder sei es im Schrifttum ausgetragen. Sie wirkten sehr stimulierend und führten zu weiterreichenden Ergebnissen (vergl. HAGN, H. 1981). In rascher Folge wurde im Kalkalpin die Kreide und das Tertiär abgegrast (ZEIL, W. 1955, 1956; HERM, D. 1962a, b; HILLEBRANDT, A. v. 1962; LINDENBERG 1966, RISCH 1971, um nur einige zu nennen). Diese mikropaläontologischen Arbeiten beruhten immer auf der Basis von Kartierungen und waren eingebunden in das geodynamische Geschehen (PFLAUMANN, U. 1967). Dies betraf auch die Arbeiten im Helvetikum, Ultrahelvetikum und im Flysch, wobei in Zusammenarbeit mit den Kollegen der TU München vieles angeregt, übernommen und in übergeordnete Aspekte weitergetragen wurde (RAD, U., 1972; HESSE, R., 1972; ZACHER, W., 1966). Dabei bestand ein ständiger Kontakt zu den großartigen Arbeiten von PREY, S. (1968, 1978, 1980) und OBERHAUSER, R. (1963, 1968, 1973).

Fortgesetzt wurden die mikropaläontologischen Arbeiten durch BUTT, A. A., 1981, HESSE, R. & BUTT, A. A., 1976, BUTT, A. A. & HERM, D. 1978 wobei übergeordnete Aussagen zur Paläobathymetrie angestrebt wurden. WEIDICH, K. F. (1952–1992) lieferte nicht nur eine sehr detaillierte Feinstratigraphie in der Unterkreide und Oberkreide sondern entscheidende Beiträge zum synorogenen Geschehen, damit zu den langandauernden geodynamischen Bewegungen in einem Gesamtbild (1984, 1990). GAUPP, R. (1982) konnte in Zusammenarbeit mit WEIDICH viele Daten umsetzen in die Paläogeographie und Paläotektonik. Diese Richtung wird fortgeführt bis in jüngste Zeit durch EYNATTEN, H. V. & GAUPP, R. (1998). Die exakte Detailarbeit gepaart mit dem großen Weitblick für die Zusammenhänge von WEIDICH, K. F. strahlte aus auf SCHWERD, K. direkt in die Kartierungsarbeiten (WEIDICH, K., 1990; WEIDICH, K. & SCHWERD, K., 1985, 1987) im Bayerischen Geologischen Landesamt. Von SCHWERD, K. entstehen sehr wertvolle und übergreifende Werke (siehe SCHWERD, K. in FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K., 1996).

In der Mikropaläontologie wurden nicht alle Organismengruppen gleichermaßen erforscht und in der Feinstratigraphie eingesetzt. Hier sind noch sehr gezielte Möglichkeiten vorhanden. Die Palynologie lag in besten Händen in Wien bei KLAUS, W. (siehe KLAUS 1977) und sorgte für Fortschritte in den Oberperm/Trias Abfolgen. Von München wurde ein Versuch von WOLF, M. (1963, 1964) im Cenoman der kalkalpinen Randzonen gestartet. Das kalkige Nannoplankton wurde von STRADNER, H. und GRÜN, W. von Wien aus eingesetzt in der Molasse, Helvetikum und den flyschoiden Ablagerungen (GRÜN, W., KITTLER, G., LAUER, G., PAPP, A. & SCHNABEL, W. 1972). Auch hier sind im bayerischen Bereich noch große Möglichkeiten. Radiolarien bekamen nur gelegentlich Bedeutung für die Tiefsee-Sedimente der Beckenbereiche und als Anzeiger für paläoozeanographische Zusammenhänge, zuerst bei RÜST, V. D. (1885, 1898), dann bei GARRISON, R. E. & FISCHER, A. G. (1969), STEIGER, T. (1981) und STEIGER, E. (1997).

Je mehr Daten aus den Vergesellschaftungen der rezenten marinen Mikroorganismen vorliegen, umso mehr kann die Mikropaläontologie noch zur Kenntnis der alpinen Sedimentationsgeschichte und damit zur Tektonik liefern.

4. Tektonik (Deckenlehre)

Das Forschungsgebiet **Alpentektonik** mußte immer grenzüberschreitend große Gebiete erfassen. So war der tektonische Bau stets im Gesamtbogen der Alpen zu sehen, in den die regionalen Befunde eingebunden werden mußten. Diese Gesichtspunkte sind ausführlich und sehr klar bei TOLLMANN, A. (1986, S.29f, S. 63f) dargestellt. Die Faszination der großangelegten N–S Staffellung von langaushaltenden Einheiten, die aber dennoch auch in W–E Verlauf Differenzierungen in den Gesteinsabfolgen aufweisen, machte die Alpen zum besten Lehrmodell für großtektonische Vorstellungen der jungen Gebirge auf der Erde. Dies wird schon als "alpinisches Gebirgssystem" von KEFERSTEIN, C. (1784–1866) (1828, 1829) ausgeschieden und von anderen Gebirgssystemen getrennt. Auch schon BOUÉ, A. (1832) weist auf Faltungen und Verwerfungen der Nördlichen Kalkalpen in N–S Profilen hin, wobei durch die lithologische Gliederung die Morphologie geprägt wird. Bei SCHAFFHÄUTL, C. (1846) erscheinen auch die Kalkalpen, ausgehend von der wirtschaftlich interessanten gefalteten Molasse in langen W–E streichenden lithologischen Einheiten, sich mehrfach wiederholend, dabei steilstehend und überkippt. SCHAFFHÄUTL (1846) fragte, "welche Kraft ermöglicht solche Gleitungen und Verschiebungen... die Kräfte der Hebungstheorie ermöglichen es nicht die Blöcke um- und zurückzubiegen oder sich als Keile zu durchdringen...". GÜMBEL (1794–1881) folgte in reinen geologischen Karten (1888, 1894) dem Prinzip der "Kettenbildungen" mit eindeutigen Beweisen, nicht nur für die Kalkalpen, sondern auch für die nördlich gelagerten Kreide- und Tertiäreinheiten. Sie werden von Mesoeuropa getrennt, als alpidisches Gebirge und zeigen einen normalen Übergang aus der Trias und dem Jura der Kalkalpen in die Kreide und den Umschwung in das Tertiär des Vorlandes mit Vortiefenbildungen. Die intensivierten stratigraphischen Erkenntnisse in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts ermöglichten immer mehr Untergliederungen und wiesen auf den komplizierten Faltenbau hin, der ohne Unterbrechung im Westen von der Schweiz hergeleitet werden konnte und sich im Osten nach Österreich fortsetzt.

Großartig versuchte dann ROTHPLETZ, A. (1853–1918) den Gebirgsbau überregional zu deuten. Durch seine Erfahrungen in der Schweiz geht er von den Westalpen in die Ostalpen, rheinüberschreitend (ROTHPLETZ, A. 1883). Neben den Zusammenhängen, wie Stapelbau mit weitreichenden Überschiebungen, nicht nur nach Norden gerichtet, sondern auch nach Westen kommt die überprägende Bruchtektonik zum Ausdruck (Vilser Alpen; Karwendel). Durch die mit Fossilbestimmungen untermauerten, neugegliederten Gesteinsserien, auch in ihrer W–E Veränderung erkannt, entstehen richtungsweisende Arbeiten in denen der Grundtyp von "Scherungsüberschiebungen" zum Grundstock wird. Der Begriff "Schubmasse" wird der direkte Vorläufer der entsprechenden Decken.

Das Bild der Alpen wird sehr im Detail geformt. Eine Fortsetzung des generellen zeitvergleichenden Baus von den Westalpen in die Ostalpen wird stets postuliert. Die Lagerung wird in Form der Emporfaltung und Fächer aufblätterungen für den ganzen Alpenkörper dargestellt (GÜMBEL, C. W., 1894, 1898). Die mehrfach wirkenden Kräfte, auch als zeitlich unterschiedlich erkannt, werden in dynamischen Vorgängen in der Tiefe gesucht.

Von UHLIG, V. (1909), gefolgt von NOWAK, J. (1911) stammt der Begriff Helvetikum, damit die klare tektonische Zuordnung zu einer GroÙeinheit, die mit dem Komplex Mesoeuropa verbunden ist und den Übergang in den mediterranen Geosynklinalraum darstellt.

Faszinierend ist das Ringen um Vorstellungen der Deckenlehre mit Fernüberschiebungen wie sie von TERMIER 1903 auf dem internationalen Geologenkongreß in Wien aufgezeigt wurde (TERMIER, P., 1904) und sich wie ein Feuer ausbreitete. HAUG, E. & LUGEON, M. (1904), HAUG, E. (1906, 1912) behandelten den Berchtesgadener Raum und das Salzkammergut nach dem Muster der Deckentheorie, wenn auch generalisiert. Schon bei HAHN, F. F., 1913 werden durch Detailbeobachtungen unterschiedliche Arten der Deckenbewegungen gefordert. Viele Detailkartierungen, z. B. bei LEBLING, C., HABER, G. et al. 1934 zusammengefaßt, zeigten eine Aufgliederung der größeren Schubmassen in Stockwerke und in Schollen, in denen Bewegungsbahnen als eingearbeitete Brekzien-Horizonte auf unterschiedliche Alter hinweisen. Es gab rasch Befürworter der Deckenlehre wie SUESS, E. (z. B. 1909). Durchaus kritische Bedenken kamen von ausgezeichneten Kennern des Geländes und auch aus der damaligen Kenntnis der Paläontologie, die noch nicht den Befreiungssprung in die Vorstellungen einer dynamischen Paläogeographie vollzogen hatte, wie z. B. ROTH-PLETZ, A., 1905). Kritisch aber z. T. doch überzeugt war AMPFERER, O., der die Bewegungen mehr Unterströmungs-Mechanismen entlang mehrerer Verschluckungs-Großlinien zuordnete (AMPFERER, O. 1925, 1940).

Solche neuen großräumigen Vorstellungen über den Gebirgsbau wie die Deckenlehre waren sehr gute Impulse für die Nachprüfung im Detail durch Kartierungen und weitere biostratigraphische Daten. So sind z. B. die Arbeiten im Berchtesgadener Raum von LEBLING, C., 1912a, 1912b, 1914; KRAUSS, H., 1913; GILLITZER, G., 1913 zu sehen. Die intensiven Geländearbeiten gingen weiter und brachten Erkenntnisse, die das starre Bild der Deckentektonik etwas auflösten. So sind es die Arbeiten von OSSWALD, K. (1929) und BODEN, K. (1935), die tektonische Orogen-Bewegungen über längere Zeiträume, schon in der Trias und im Jura erkennen, da in der Lithologie Unterbrechungen und Neutransgressionen auftreten oder tiefe Einsenkungen in lokalen Gräben, die Mächtigkeiten und Lithologie veränderten. "Neue Deckengliederungen" sollten erbracht werden, forderte BODEN, K. (1930).

Die gegensätzlichen Auffassungen über die Einheiten im Deckenstapel von RICHTER, M. (1929, 1931) und SPENGLER, E. (1928, 1943, 1951) regten zu neuen Geländeuntersuchungen an, die äußerst dienlich waren. Weitergetragen wurden jedoch die Vorstellungen über Fernschübe und Deckeneinheiten im Oberostalpin und den Vorlandeinheiten durch immer neue Beweise, unter Einbeziehung vor allem der Faunen-Vergesellschaftungen. Zum Durchbruch kamen die Deckenvorstellungen genial in der Beobachtung und in der Deutung durch TOLLMANN, A. (1958, 1959, 1963). Zu dieser Zeit lief von München (SCHMIDT-THOME, P.) und Kollegen in Berlin und Marburg eine Welle der Vorstellung der gebundenen Tektonik, der Autochthonie der Kalkalpen (SCHMIDT-THOME, P., 1964, RICHTER, M., 1950, KOCKEL, C.W., 1957). Gestützt wurden die Vorstellungen durch KRAUS, E., 1951, 1957). Diese Schulen bauten auf intensiven Kartierarbeiten und neuen Stratigraphiedaten, sei es Biostratigraphie oder Schwermineralanalysen.

Persönlich, zwar eingebunden in die Mikropaläontologie, möchte ich betonen, daß diese Gegenrichtung äußerst befruchtend gewirkt hat. Einer Theorie kann nichts Besseres widerfahren als eine Gegentheorie. So wurde sie im Detail ergänzt, korrigiert und weiter ausgebaut. Dies wirkte sich aus

im Kalkalpin der Allgäuer Alpen, der Vilser Alpen, dem Vorkarwendel, den Tegernseer und Schlierseer Alpen, mit Chiemgau (auch durch die Schule von R. DEHM, 1907–1996, in München) und in den Berchtesgadener Alpen. Feinstratigraphie und Paläogeographie standen meistens im Vordergrund. Sehr befruchtend waren die Neubearbeitungen der Flyschzonen und des Ultrahelvetikum (PFLAUMANN, U. 1967, vergl. auch SCHWERD, K. 1996 oder FREIMOSER, M., HESSE, R., RAD, U. v. 1972), sie konnten nun besser in ihre tektonische Position zu den Randzonen des Kalkalpin eingebaut werden.

In sehr intensiver Arbeit hat Herr Kollege A. TOLLMANN die regionalen, tektonischen Daten aus den zahlreichen Diplomarbeiten der verschiedenen Schulen erfaßt, sie wären, da unpubliziert, meistens im Verborgenen geblieben oder verloren gegangen (TOLLMANN, A. 1967, 1969, 1970). So sind sie in ein Gesamtkonzept eingegangen.

Die endgültige Anerkennung des großräumigen Deckenbaues wurde von TOLLMANN, A. (1970, 1976, 1978) wesentlich gefestigt (siehe TOLLMANN 1986 mit eingehender Schriftum-Darstellung). Als weiterer schöner Beweis kann die Bearbeitung der inneralpinen Tiefbohrung, Vorderriß 1, im oberen Isartal angesehen werden. Der Fernschub des Kalkalpin bis auf Einheiten des Übergangsbereiches Tethys zu Mesoeuropa im Ultrahelvetikum wurde bewiesen (BACHMANN, G. H. & MÜLLER, M. 1981). Dies war durch die Geophysik schon vorher angezeigt worden (ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H. & MORTEANI, C. 1975). Ähnlich sollte die Tiefbohrung Hindelang 1 das Autochthon unter den Decken erreichen. Sie gelangte bis in die Molasse und zeigte den komplizierten Deckenbau (RISCH, H. Red.: 1995). Im engen Austausch mit den österreichischen Kollegen, unter Einbeziehung neuester Ergebnisse aus den Zentralalpen (Tauern), dem Ortlergebiet, den Ötztälern kam es zu weiterführenden Darstellungen wie TOLLMANN, A. (1978), FRISCH, W. (1979), FRISCH, W. & LOESCHKE, J. (1993), SCHMIDT, K. (1976), TRÜMPY, R. (1984). Das plattentektonische Konzept kam voll zum Tragen, viele Widersprüche und Zweifel konnten gelöst werden (TRÜMPY, R. 1985). So war 1978 eine Zusammenfassung zur Geodynamik für das Mediterran-Orogen möglich, herausgegeben von: CLOSS, H., ROEDER, D., SCHMIDT, K.

Die Untersuchungen zur Tektonik wurden getragen durch immer neue Erkenntnisse in der Sedimentologie, Geochemie, Petrographie und Feinstratigraphie. Dies betraf die Tektonik, die sich als ständiger Prozeß im synorogenen Sedimentationsgeschehen widerspiegelte. Als Beispiel sei die Klärung des zeitlichen Ablaufs der Sedimentation im Hallstätter Faziesbereich (Salzkammergut bis Berchtesgadener Raum) unter Einbeziehung eines "rifting-systems" (LEIN, R. 1985; TOLLMANN, A. 1986). WEIDICH, K. 1984c konnte mosaikartige Einbruchsbeben als Folge tektonischer Langzeitvorgänge in der Kreide der Gosau-Gebiete, den alpinen Cenoman-Abfolgen und in der oberen Unterkreide (WEIDICH, K. 1984 a,c) in nördlichen Randgebieten des Kalkalpin nachzeichnen. Wanderungen von Stirnfalten an Deckenfronten wurden durch Flachwasser-Urgonfazies-Bereiche im Kalkalpin durch SCHLAGINTWEIT, F. (1991) nachgewiesen.

Zeitliche Gliederungen der tektonischen Überschiebungsbewegungen und die Positionen der Überschiebungsbahnen konnten im Allgäu und Lechtal-Decken Bereich aufgezeigt werden durch Feinstratigraphie und Analysen der Schüttungsabläufe, die sich in den bathymetrisch verändernden Sedimentationsräumen erhalten haben.

Sicher sind manche Begriffe wie inneralpine Becken, Flysch, Wildflysch, Ultrahelvetikum, oder auch wie Molasse zu starr gebunden an eine lange wissenschaftliche Bearbeitungsgeschichte. Neue Definitionen, die den langanhaltenden, sich regional und zeitlich verändernden geodynamischen

schen Abläufen gerecht werden, sind notwendig, wie es LEISS, O. (1988, 1989) und EBELI, O. (1997) forderten.

5. Paläogeographie

Schon in den ersten Anfängen der Untergliederung der Gesteine in den Alpen und ihres Vorlandes zusammen mit biostratigraphischen Einordnungen stieß man auf Besonderheiten der Faunen. Es gab keine direkten Vergleichsmöglichkeiten zu Westeuropa (England, Frankreich) oder Mitteleuropa (Schwäbische und Fränkische Alb). REUSS, A. E. (1854) führte dies in der Kreide bereits auf eine unterschiedliche Paläogeographie zurück. Gleichaltrige Gesteine, durch Leitfossilien erkannt, lagen auf engstem Raum in verschiedenen Lithologien vor (GÜMBEL, C. W. 1861). Durch intensive Forschungen an Fossilvergesellschaften wurden solche Übergänge erkannt. So konnte der Wechsel von kalkigen Sedimenten in klastische Abfolgen in der Kreide, auch das Verschwinden von Mergeln (Seewer-Schichten) oder kieselligen *Spatangus*-Kalken im Übergang zu Konglomeraten und Sandsteinen (Roßfeldschichten), Hinweise auf West-Ost-Differenzierungen in den Ablagerungsgebieten der Alpen (Bregenzer Wald-Lech-Salzach) ermöglichen (GÜMBEL, C. W. 1894). Verbindungen der Faunen mit anderen Gebieten entlang der jungen Gebirgszüge nach Osten (Griechenland im Ostmittelmeer) Kleinasien bis Indien mit Himalaya wie bei DIENER, C. (1862–1928) wurden erkannt und gesucht. So bezeichnet STOLICZKA, F. (1838–1874) bereits 1865 Schichten des mittleren Lias in Asien als Hierlatz-Schichten, dargestellt in: NOERING & FRECH in FRECH, F. (1906).

HAHN, F. F. (1910) betonte die faziellen Differenzierungen im Kammerkehr-Sonntagshorn-Gebiet. Er widmete den "Faziesgebilden" ein eigenes Kapitel, und dehnte die faziellen und damit paläogeographischen Zusammenhänge nach Osten aus (1914). Lithologische Unterschiede in gleichalten Schichten im Lias, so zwischen Fleckenmergel und Brachiopodenkalken wurden von BÖSE, E. (1898) herausgearbeitet, nachdem WÄHNER, F. (1882–1898) schon auf heterotrophe Entwicklungen im alpinen Lias hinwies.

Durch das Vorstellungsbild der Deckenlehre mit Fernüberschiebungen ab 1904 wurde es verständlich, daß ehemals weiter entfernt entstandene Sediment-Abfolgen auf engem Raum zusammengedrückt wurden. Die Frage nach einer ehemaligen Paläogeographie tauchte verstärkt auf. Sie ist die Grundlage für tektonische Verschiebungstheorien. Fazielle Unterschiede, soweit wie möglich als paläogeographische Konstellationen (Becken-Schwellen) gedeutet, wurden tektonischen Phasen, z. T. jeweils mit Regressionen und Transgressionen, zugeordnet. Hier ist BODEN, K. (1916, 1930, 1935) zu nennen, ausgehend von Entwicklungen in der Lechtaldecke. OSSWALD, K. (1929) geht von einer komplexen Paläogeographie der Kreide im Wendelsteingebiet aus. Er spricht von schnellen Zuschüttungen, "molasseartiger" schmaler Tröge im Rahmen der inneralpinen Aufwölbungen und Überfahrungen. Aus zahlreichen eigenen Arbeiten und aus zahlreichen Daten von Kollegen über viele Jahrzehnte ausgewertet, entsteht von SPENGLER, E. (1953–1959) eine sehr bemerkenswerte Rekonstruktion der Ablagerungsräume der Nördlichen Kalkalpen. Es zeigt Abwicklungen der Deckeneinheiten unter Rückverfolgung und Einbau von Drehbewegungen. Es enthält Fehlstellen, denn noch war die Mikrofazies-Analyse nicht so weit um Sedimenttypen in bestimmte Entstehungsräume einzuordnen. Auch vermißt man absolute Ortsbestimmungen und Entfernungen, z. B. durch die Paläomagnetik. In gegenseitiger Beeinflussung und Förderung sind die paläogeographischen Forschungsergebnisse mit den tektonischen Arbeiten

zur Differenzierung der Deckenstapel verbunden. Besonders durch plattentektonische Überlegungen (TOLLMANN, A. 1976) und die Postulierung der Kreios-Platte im Oberostalpin als Ablagerungsgebiet der Nördlichen Kalkalpen (TOLLMANN, A. 1978) wurde die Paläogeographie abermals vorangetrieben. Von auswärts (OHLEN, H. R. 1959; FISCHER, A. G. 1964) kamen Anschübe in der Karbonatforschung aus Rezentbeobachtungen an Plattformen, Riffgürteln und schuttuffangenden Becken (Hoher Göll: ZANKL, H. 1969, 1971; Steinplatte, Steinernes Meer: PILLER, W. & LOBITZER, H. 1979; DULLO, W. 1980) um nur einige zu nennen.

Auch die Paläogeographie der Hallstätter Fazies, stark abweichend in Lithologie, Mächtigkeit und Organismen ist durch die mehrfachen Hallstätter Kanäle zwischen Karbonat-Plattformen in der kombinierten Hallstätter Theorie (TOLLMANN, A. 1976; LEIN, R. 1976, 1982) sehr plausibel.

Die Kreide ist eine eindrucksvolle Zeiteinheit in der sich die zunächst phasenhaft charakterisierten Bewegungen mehr als kontinuierliche, von Schüben unterbrochene, orogene Dislokationen auf die Paläogeographie auswirkten. Von München aus trugen die Arbeiten von ZEIL, W. 1955, 1956; HERM, D. 1979; GAUPP, R. 1982; WEIDICH, K. 1984c, zur Bathymetrie-Entwicklung der marinen Teilbecken bei und es konnten wichtige Überschiebungen, denen jeweils Verflachungen vorausgingen, im Bereich der Allgäu- und Lechtaldecke nachgezeichnet werden. Wichtig waren auch die Beziehungen zwischen den Groseinheiten Flysch zu Oberostalpin wie sie HESSE, R. (1972) aufzeigte.

Gerade die Roßfeldschichten-Entwicklung, im östlichen Grenzgebiet Bayern-Österreich, wo hohe tektonische Einheiten (ehemals sehr südlich abgelagert) weit nach Norden vorgedrungen sind, zeigt in der höheren Unterkreide ein paläobathymetrisches Bild mit raschen synorogenen Veränderungen (FAUPL, P. & TOLLMANN, A. 1979). Unter Einbeziehung der Oberkreide-Serien (Gosau-Folgen) (WEIDICH, K. 1984, WAGREICH, M. 1991) konnte unter Mithilfe von Schwermineeral-Analysen eine sehr gute neue paläogeographische Abfolge mit tektonischer Steuerung aufgezeigt werden (POBER, E. & FAUPL, P. 1988; FAUPL, P. & WAGREICH, M. 1992). Als moderne Arbeiten, breite Gebiete erfassend und vergleichend, unter Auswertung zahlreicher Einzeldaten sowie in Zusammenarbeit mit österreichischen Kollegen, sind die paläogeographischen Darstellungen der kalkalpinen Oberkreide (Gosau) von LEISS, O. (1988 a, b, 1989) und der orogen gesteuerten Juraentwicklung im Bajuvarikum und Tirolikum von EBELI, O. (1997) zu bewerten.

Das tektonische Großbau-Element, der "ostalpine Flysch" vom Rhein über die Salzach bis Wien und weiter im Karpatenbogen ist als eine paläogeographische, synorogene Einheit zu verfolgen. Wenn auch die lithologischen Abfolgen trogparallel lange anhalten, so sind doch im W–E Streichen, zeitlich sich verschiebende Übergänge, z. B. von distalen zu proximalen Turbidit-Bereichen, das Auskeilen von Sequenztypen und Veränderungen in den zugeführten Klastika-Spektren festzustellen. Dies erlaubt eine paläogeographische Einordnung als Rhenodanubikum innerhalb des Mittel-Penninikums (vergl. SCHWERD, K. in: FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. 1996 und OBERHAUSER, R. 1995). Eine lange Diskussion über die Entstehung des Flysch, über Lage der Ablagerungsräume, tektonische Einordnung zieht sich über 100 Jahre hin (z. B. DEL NEGRO, W. 1933; KRAUS, E. 1942, 1965; RICHTER, M. 1953, 1957, 1970; REICHEL, R. 1960; PREY, S. 1962, 1968; RAD, U. v. 1972; HESSE, R. 1972; OBERHAUSER, R. 1963, 1980, 1995; SCHWERD, K. & RISCH, H. 1983; EGGER, H. 1990) und nur der Einsatz verschiedener Methoden erbrachte unseren heutigen Kenntnisstand zur Paläogeographie.

Nachdem in den Ablagerungen unter der CCD die karbonatischen Fossilreste ausfallen, andere Skelettreste außerordentlich selten sind, mußte in den Flyschserien zur paläogeographischen Rekonstruktion folgendes angewendet werden: Seriencharakter der Schichtfolgen, Mächtigkeiten, Rhythmik in der Sedimentation, Litho-Fazies mit Analysen in der Zusammensetzung der Komponenten und ihrer Ursprungsgebiete, Position der Ablagerungen in Beziehung zum Ausgangsgebiet der Turbidite, Strömungshinweise, Tonmineralogie und Geomagnetik zur Stratigraphie.

Es hat sich eine klare Zuordnung des bayerischen "Flysch" zum Teil zum Südultrahelvetikum, zur Unternog-Serie und Südultrahelvetikum, vor allem aber zum Rhenodanubikum ergeben (SCHWERD, K. in: FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. 1996). Im grandiosen Werk von OBERHAUSER, R. (1995) ist die paläogeographische Einbeziehung in den ganzen Alpenbogen vom Westen bis in den Karpatenbogen im Osten als eine Synthese jahrzehntelanger eigener Forschungen und Verwertung der großen Literaturmengen, gelungen.

6. Ausblick

Diese kurze Darstellung sollte die gemeinsame, anregende und fruchtbringende Zusammenarbeit, grenzüberschreitend, der österreichischen und bayerischen Geowissenschaftler mit einigen Blickpunkten aufzeigen, entlang der durch die Nördlichen Kalkalpen und ihres Vorlandes verlaufenden Landesgrenze. Erkenntnisse, Befunde, Ideen und Theorien wurden ausgetauscht und gaben meistens Anlaß zu Untersuchungen mit oft weitreichenden, durchschlagenden Resultaten.

Die Darstellung gipfelte im letzten Kapitel, in der Paläogeographie eines sehr komplexen und in der Erdgeschichte so aktiven Orogens. Dieser Blickwinkel der historischen Geologie führte viele Fachrichtungen und Spezialgebiete zusammen, von der Geophysik mit ihrer Paläomagnetik bis zur Paläobiologie der Fossilien, die an oft enge aussagekräftige Biotope gebunden waren. Sedimentologie, Petrographie der Gesteine und Geodynamik lassen uns den Werdegang von der Entstehung bis zur heutigen Lagerung erkennen. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit auf der Basis von Kartierungen und der Einsatz neuer Analysen, Methoden und der Blick hinaus auf vergleichbare Bildungen im weiteren Verlauf des Alpenbogens brachten das sehr geschlossene Bild unserer Alpen (vergl. CLOSS, H. ROEDER, D. & SCHMIDT, K. 1978). So muß es weitergehen in der Zusammenarbeit, weitere Fortschritte sind zu erzielen z. B. in der Paläoozeanographie. Hier lohnt sich sicher der Einsatz von weiteren Nannofossilien, besonders Nannofloren. Rezentdaten über die Verteilung von Vergesellschaftungen sollten transformiert werden in das Mesozoikum der mediterranen Nordtethys, auch wenn es rezent keine direkte vergleichbare Konstellation gibt. Rezentdaten müssen noch mehr aus der Karbonat-Sedimentation und über die Biologie der Erzeuger aus dem Mikroorganismen-Reich eingearbeitet werden. Wichtig erscheint mir der gezielte Einsatz der Biogeochemie auch wie die Isotopen-Geochemie um noch mehr Daten aus den bitumenhaltigen Sedimenten zu erhalten. Die Sedimentpetrographie und die Tonmineralogie kann weiterhin wertvolle Hinweise geben auf die wechselvolle Geschichte der Liefergebiete.

Die Erforschung ist noch nicht abgeschlossen. Viele Detailfragen, lokale Besonderheiten und daraus weite zeitliche und räumliche Vergleiche stehen noch aus. Weiterreichende Ideen können aus diesem, in seiner Komplexität und Aktivität faszinierenden Alpenbogen entstehen. Es ist

eine lehrreiche Schule zur Ausbildung von Generationen, wie die eindrucksvolle Erforschungsgeschichte gezeigt hat.

So richte ich meine besten Wünsche für die Zukunft an die ehrwürdige Geologische Bundesanstalt und ihre Mitarbeiter. Sie kann auf eine große Tradition zurückblicken. Als zentrale Stelle hat diese Forschungsanstalt über die Grenzen hinweg die geowissenschaftlichen Erkenntnisse, auch von Hochschulen oder freien Mitarbeitern zusammengetragen, vereint und auf höchstem Niveau vorangetrieben.

Literatur

- ABERER, F. & BRAUMÜLLER, E. 1958: Über Helvetikum und Flysch im Raume nördlich Salzburg. – Mitt. geol. Ges. Wien, **49**: 1–40, 4 Karten, 10 Abb., Wien.
- AMMON, L. v. 1878: Die Gastropoden des Hauptdolomites und Plattenkalkes der Alpen. – Abh. zool.-miner. Verein Regensburg, **11**: 72 S., 1 Abb., 1 Taf., Regensburg.
- AMPFERER, O. 1925: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – Jb. geol. Bundesanst., **74**: 35–73, 24 Abb., Wien.
- AMPFERER, O. 1940: Gegen den Nappismus und für die Deckenlehre. – Z. deutsch. geol. Ges., **92**: 313–327, 7 Abb., Berlin.
- ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H. & MORTEANI, G. 1975: Die Ostalpen im Bereich einer Geotraverse vom Chiemsee bis Vicenza. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **148** (1): 50–137, 14 Abb., 6 Tab., 1 Beil., Stuttgart.
- ARTHABER, G. v. 1906: Die alpine Trias des Mediterran-Gebietes. In: FRECH, F. et al.: Lethaea geognostica. II. Teil, Bd. 1. Trias: 223–472, zahlr. Abb.+Tab., Taf. 34–60, (Schweizerbart) Stuttgart.
- BACHMANN, G. H. & MÜLLER, M. 1981: Geologie der Tiefbohrung Vorderriß 1 (Kalkalpen, Bayern). – Geol. Bavarica, **81**: 17–53, 4 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 2 Beil., München.
- BACHMANN, G. H. & SCHMIDT-KALER, H. (Red.) 1981: Die Tiefbohrung Vorderriß 1 (Kalkalpen, Bayern). – Geol. Bavarica, **81**: 250 S., 65 Abb., 10 Tab., 3 Beil., München.
- BETTENSTAEDT, F. 1958: Zur stratigraphischen und tektonischen Gliederung von Helvetikum und Flysch in den Bayerischen und Vorarlberger Alpen auf Grund mikropaläontologischer Untersuchungen. – Z. deutsch. geol. Ges., **109**: 566–592, 1 Abb., 3 Tab., Hannover.
- BEYRICH, E. 1862: Über die Lagerung der Lias- und Jurabildungen bei Vils. – Monatsber. Kgl. Akad. Wiss. Berlin: 647–668, Abb. 1–4, Berlin.
- BEYRICH, E. 1867: Über einige Cephalopoden aus dem Muschelkalk der Alpen und über verwandte Arten. – Abh. Kgl. Akad. Wiss. Berlin, **1866**: 105–149, 5 Taf., Berlin.
- BITTNER, A. 1890: Die Brachiopoden der alpinen Trias. – Abh. Geol. Reichsanst., **14**: 1–325, 41 Taf., Wien.
- BITTNER, A. 1892: Was ist norisch? – Jb. Geol. R.-Anst., **42**: 387–396, Wien.
- BODEN, K. 1916: Geologische Untersuchungen am Geigerstein und Fockenstein bei Lenggrries. – Geogn. Jh. **28**: 195–236, 5 Abb., Taf. 1–2, München.
- BODEN, K. 1925: Die Geröllführung der miozänen und oligozänen Molasseablagerungen im südbayer. Alpenvorland zwischen Lech und Inn und ihre Bedeutung für die Gebirgsbildung. – Mitt. Geogr. Ges. München, **18**: 427–504, 8 Abb., Taf. 26, München.
- BODEN, K. 1930: Geologisches Wanderbuch für die Bayerischen Alpen. – 458 S., 59 Abb., (Enke) Stuttgart.
- BODEN, K. 1935: Die geologische Aufnahme des Roßstein- und Buchstein-Gebietes zwischen der Isar und dem Schwarzen-Bach. I. und II. Teil. – Abh. Geol. Landesunters. **17/18**: 1–45, 1 Abb., 1 Taf., 1 geol. Karte, München.
- BOHM, J. 1891: Die Kreidebildungen des Fürbergs und Sulzbergs bei Siegsdorf in Oberbayern. – Palaeontogr. **38**: 1–106, 3 Abb., Taf. 1–5, Stuttgart.
- BÖSE, E. 1898: Beiträge zur Kenntnis der alpinen Trias. 1. Die Berchtesgadener Trias und ihr Verhältnis zu den übrigen Triasbezirken der nördlichen Kalkalpen. – Z. deutsch. geol. Ges. **50**: 468–586, 27 Abb., Taf. 18, Berlin.
- BOUÉ, A. 1832: Description de divers gisements intéressants des fossiles dans les Alpes autrichiennes. – Mém. géol. paléont., **1**: 185–241, 2 Taf., Paris.
- BUTT, A. A. 1981: Depositional Environments of the Upper Cretaceous Rocks in the Northern Part of the Eastern Alps. – Spec. Publ. Cushman Found. Foram. Res., **20**: 1–121, 33 Abb., 20 Taf., Washington.

- BUTT, A. A. & HERM, D. 1978: Paleo-oceanographic aspects of the Upper Cretaceous Geosynclinal sediments of the Eastern Alps. – In: CLOSS, H., ROEDER, D. & SCHMIDT, K. (Eds.): Alps, Apennines, Hellenides. – Inter-Union Comm. Geodynamics, Sc. Rep., **38**: 87–96, 2 Abb., Stuttgart.
- CLOSS, H., ROEDER, D. & SCHMIDT, K. (Eds.) 1978: Alps, Apennines, Hellenides. – Int. Com. Geodynamics, Sc. Rep. **38**: 620 S., 279 Fig., 14 Taf., 5 Faltbl., (Schweizerbart) Stuttgart.
- DACQUÉ, E. 1912: Geologische Aufnahme des Gebietes um den Schliersee und Spitzingsee in den oberbayerischen Alpen. – Landesk. Forsch. Geogr. Ges. München, **15**: 211–279, 1 Abb., 1 Taf., München.
- DEL NEGRO, W. 1933: Beobachtungen in der Flyschzone und am Kalkalpenrand zwischen Kampenwand und Traunsee. – Verh. geol. B.-Anst. **1933**, (9/10): 117–125, 8 Abb., Wien.
- DULLO, W. 1980: Paläontologie, Fazies und Geochemie der Dachsteinkalke (Obertrias) im südwestlichen Gesäuse, Steiermark, Österreich. – Facies, **2**: 55–122, 10 Abb., 6 Tab., Taf. 9–13, Erlangen.
- EBLI, O. 1997: Sedimentation und Biofazies an passiven Kontinentalrändern: Lias und Dogger des Mittelabschnittes der Nördlichen Kalkalpen und des frühen Atlantik (DSDP site 547 B, offshore Marokko). – Münchener Geowiss. Abh. (A), **32**: 1–255, 61 Abb., 39 Taf., 6 Profilat., München.
- EGGER, H. 1990: Zur paläogeographischen Stellung des Rhenodanubischen Flysches (Neokom–Eozän) der Ostalpen. – Jb. geol. B.-Anst. **133**: 147–155, 4 Abb., Wien.
- EGGER, J. G. 1857: Die Foraminiferen der Miocän-Schichten bei Ortenburg in Nieder-Bayern. – N. Jb. Mineral. etc.: 266–311, Taf. 5–15, Stuttgart.
- EGGER, J. G. 1858: Die Ostracoden der Miocän-Schichten bei Ortenburg in Nieder-Bayern. – N. Jb. Mineral. etc., 403–443, Taf. 14–19, Stuttgart.
- EGGER, J. G. 1899: Foraminiferen und Ostrakoden aus den Kreidemergeln der Oberbayerischen Alpen. – Abh. Bayer. Akad. Wiss. II. Cl., I. Abt., **21**: 230 S., 4 Tab., Taf. 1–27, München.
- EGGER, J. G. 1909: Foraminiferen der Seewener Kreideschichten. – Sb. Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., 11 Abh.: 1–52, Taf. 1–6, München.
- EMMRICH, A. 1851: Geognostische Beobachtungen aus den östlichen bairischen und den angränzenden österreichischen Alpen. – Jb. k. u. k. Reichsanst., **2**: 1–22, 6 Abb., Wien.
- EMMRICH, A. 1852: Geognostisches aus dem Gebiet der bayerischen Traun und ihrer Nachbarschaft. – Z. deutsch. geol. Ges. **4**: 83–96, Berlin.
- EMMRICH, A. 1853: Geognostische Beobachtungen aus den östlichen bayerischen und den angränzenden österreichischen Alpen. – Jb. k. u. k. Reichsanst. **4**: 80–101, 4 Abb., Wien, u. dto.: **5**: 326–394, 9 Abb., Wien.
- EYNATTEN, H. v. 1996: Provenanzanalyse kretazischer Siliziklastika aus den Nördlichen Kalkalpen. – Diss. Fak. Geowiss. Univ. Mainz **145 S.**, Mainz.
- EYNATTEN, H. v. & GAUPP, R. 1999: Provenance of Cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps: constraints from framework petrography, heavy mineral analysis, and mineral chemistry. – Sed. Geol., (in press).
- FABRICIUS, F. 1966: Beckensedimentation und Rifffbildung an der Wende Trias/Jura in den Bayerisch-Tiroler Kalkalpen. – Inter. Sediment. Petr. Ser. **IX**: 1–143, 24 Abb., 7 Tab., 27 Taf. Leiden.
- FABRICIUS, F., FRIEDRICHSEN, H. & JACOBSHAGEN, V. 1970: Paläotemperaturen und Paläoklima in Obertrias und Lias der Alpen. – Geol. Rdsch., **59**: 805–826, 5 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- FAUPL, P. & TOLLMANN, A. 1979: Die Roßfeldschichten: Ein Beispiel für Sedimentation im Bereich einer aktiven Tiefseerinne aus der kalkalpinen Unterkreide. – Geol. Rdsch., **68**: 93–120, 10 Abb., 2 Taf., Stuttgart.
- FAUPL, P. & WAGREICH, M. 1992: Cretaceous flysch and pelagic sequences of the Eastern Alps: correlation, heavy minerals, and palaeogeographic implications. – Cret. Res. **13**: 387–403, 5 Abb., 1 Tab., London.
- FISCHER, A. G. 1964: The Lofer Cyclothems of the alpine Triassic. – Bull. Geol. Surv. Kansas, **169**: 107–149, 38 Abb., Lawrence.
- FISCHER, R. 1971: Jurassique Alpin. – Lex. Stratigr. Inter. Vol. 1, Europe, Fasc. 5, Allemagne, Fasc. 5 f 4, 43 S., 1 Kte., (CNRS) Paris.
- FLÜGEL, E. 1975: Kalkalgen aus Rifffkomplexen der alpin-mediterranen Obertrias. – Verh. Geol. Bundesanst., **1974**: 297–346, 11 Tab., 4 Taf., Wien.
- FLÜGEL, E. 1978: Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken. – 454 S., 68 Abb., 57 Tab., 33 Taf., (Springer) Berlin-Heidelberg.
- FLÜGEL, E. 1981a: International Symposium on Triassic Reefs.—Guide Book, 252 S., zahlr. Abb., Inst. Paläontologie Univ. Erlangen, Erlangen.
- FLÜGEL, E. 1981b: Paleocology and Facies of Upper Triassic Reefs in the Northern Calcareous Alps. – In: TOOMEY, D. (Hrsg.): European Fossil Reef Models. – Sp. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral., **30**: 291–359, 26 Abb., 15 Tab., Tulsa.
- FLÜGEL, E. 1982: Microfacies Analysis of Limestones. – 633 S., 78 Abb., 58 Tab., 53 Taf., (Springer) Berlin-Heidelberg-New York.
- FLÜGEL, E., LOBITZER, H., SCHÄFER, P. & ZANKL, H. 1975: Mesozoic shallow- and deeper-water facies in the Northern Limestone Alps. – In: FLÜGEL, E. (Ed.): Int. Symp. Fossil Algae, Guidebook.: 55–146, 19 Abb., Erlangen.
- FLÜGEL, H. W. & FAUPL, P. (Edit.) 1987: Geodynamics of the Eastern Alps. – 418 S., 151 Abb., zahlr. Tab., 5 Taf., (Deuticke) Wien.
- FLURL, M. v. 1792: Beschreibung der Gebirge von Baiern und der oberen Pfalz. – XXIII + 315 S., 4 Taf., 1 Karte, (Lentner) München.
- FRECH, F. 1890: Die Korallenfauna der Trias, I. Die Korallen der juvavischen Triasprovinz (Zlambachschichten, Hallstätter Kalk, Rhät). – Palaeontographica **37**: 1–116, 73 Abb., 1 Tab., Taf. 1–21, Stuttgart.
- FRECH, F. 1905: Ozeanische Trias in den jüngeren Hochgebirgen. – In: FRECH, F. et al. – Leth. geognostica, 518–525, 4 Abb., (Schweizerbart) Stuttgart.
- FRECH, F. et al., 1903–1908: Lethaea geognostica. II. Teil: Das Mesozoikum, 1. Band: Trias, 623 S., 198 Abb., 99 Taf., 11 Beil., 1 Kt., zahlr. Tab., (Schweizerbart) Stuttgart.
- FREIMOSER, M., HESSE, R. & RAD, U. v. 1972: Die Flyschzone in Bayern. – Geol. Bavarica, **66**: 222 S., 32 Abb., 10 Tab., 12 Beil., 11 Taf., München
- FREUDENBERGER, W. & SCHWERD, K. 1996: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1:500 000. – 329 S., 67 Abb., 21 Tab., 8 Beil. – (Bayer. Geol. Landes-A.) München.
- FRISCH, W. 1979: Tectonic progradation and plate tectonic evolution of the Alps. – Tectonophysics, **60**: 121–139, Amsterdam.
- FRISCH, W. & LOESCHKE, J. 1993: Plattentektonik. – Ertr. Forschung **236**: 243 S., 83 Abb., (Wiss. Buchges.) Darmstadt.
- GANSS, O. 1951: Sedimentation und Tektonik in den Kalkalpen zwischen Schliersee und dem Inntal. – Z. deutsch. geol. Ges. **102**: 203–211, 1 Abb., Taf. 5–6, Hannover.
- GARRISON, R. E. & FISCHER, A. G. 1969: Deepwater Limestones and Radiolarites of the alpine Jurassic. – In: FRIEDMAN, G. H. (Hrsg.): Depositional Environments in Carbonate Rocks. – Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral., **14**: 20–56, 22 Abb., Tulsa.
- GAUPP, R. 1982: Sedimentationsgeschichte und Paläotektonik der kalkalpinen Mittelkreide (Allgäu, Tirol, Vorarlberg). – Zitteliana, **8**: 33–72, 14 Abb., 3 Tab., Taf. 12–14, 1 Faltat., München.
- GILLITZER, G. 1913: Geologischer Aufbau des Reiteralpgebirges im Berchtesgadener Land. – Geognost. Jh. **25**: 161–227, 22 Abb., 4 Taf., München.
- GOHRBANDT, K. 1962: Die Kleinforaminiferenfauna des obereozänen Anteils der Reingruber Serie bei Bruderndorf (Bezirk Korneuburg, N. Ö.). – Mitt. Geol. Ges. Wien, **54**: 55–145, 7 Abb., Taf. 1–8, Wien.
- GOHRBANDT, K. (mit PAPP, A. & STRADNER, H.) 1963: Zur Gliederung des Paläogen im Helvetikum nördlich Salzburg nach planktonischen Foraminiferen. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **56**: 1–116, 7 Abb., 1 Tab., Taf. 1–11, Wien.
- GRÜN, W., KITTLER, G., LAUER, G., PAPP, A. & SCHNABEL, W. 1972: Studien in der Unterkreide des Wienerwalds. – Jb. Geol. Bundesanst., **115**: 103–186, 12 Abb., 11 Tab., Taf. 1–35, Wien.
- GÜMBEL, C. W. 1855: Ueber die geologische Beschaffenheit der Umgebung der Zugspitze. – Jb. k. k. geol. Reichsanst., **6**: 900–902, Wien.
- GÜMBEL, C. W. 1856a: Beiträge zur geognostischen Kenntnis von Vorarlberg und dem nordwestlichen Tirol. – Jb. k. k. geol. Reichsanst. **7**: 1–39, 17 Abb., Wien.
- GÜMBEL, C. W. 1856 b: Der Grünten. Eine geognostische Skizze. – 205, 2 Taf., (Palm) München.
- GÜMBEL, C. W. 1857: Untersuchungen in den bayerischen Alpen zwischen der Isar und Salzach. – Jb. k. k. geol. Reichsanst., **8**: 146–151, Wien.
- GÜMBEL, C. W. 1858: Molasse in Bayern. – Jb. k. k. geol. Reichsanst., **9**: 107, Wien.
- GÜMBEL, C. W. 1859a: Über die Gleichstellung der Gesteinsmassen

- in den nordöstlichen Alpen mit außeralpinischen Flötzschichten. – Ber. 34. Vers. Dt. Naturf. Ärzte: 80–88, Karlsruhe.
- GÜMBEL, C. W. 1859b: Geognostische Karte des Königreiches Bayern und der angrenzenden Länder. – 4 Blätter 1:500 000, München.
- GÜMBEL, C. W. 1861: Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges und seines Vorlandes. – XX S., 950 S., 34 Abb., 42 Taf., 5 Blätter geol. Karte 1:100 000, Kgl. bayer. Gen.-Bergwerks-Sal.-Administr. (Perthes) Gotha.
- GÜMBEL, C. W. 1868: Beiträge zur Foraminiferenfauna der nordalpinen Eocäugebilde. – Abh. bayer. Akad. Wiss., math.-phys. Cl. 10: 579–730, 4 Taf., München.
- GÜMBEL, C. W. 1870: Vergleichung der Foraminiferenfauna aus den Gosauergeln und den Belemnitenlössen der bayerischen Alpen. – Sitzber. Bayer. Akad. Wiss. math.-phys. Kl. II: 278–288, München.
- GÜMBEL, C. W. 1871a: Ueber die dactyloporenähnlichen Fossilien der Trias. – Verh. k. k. Reichsanst., 1871 (5): 91–92, Wien.
- GÜMBEL, C. W. 1871b: Die sogenannten Nulliporen (Lithothamnium und Dactylopora) und ihre Bethheiligung an der Zusammensetzung der Kalkgesteine. 2. Nulliporen des Thierreiches (Dactyloporoidea) nebst Nachtrag zum ersten Theile. – Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl. XI: 229–290, Taf. 1–4, München.
- GÜMBEL, C. W. 1873: Mikroskopische Untersuchung alpiner Triaskalke und Dolomite. – Verh. k. k. geol. Reichsanst., 8: 141–144, Wien.
- GÜMBEL, C. W. 1888: Geologie von Bayern. – 1. Bd., 1144 S., 504 Abb., (Th. Fischer) Kassel.
- GÜMBEL, C. W. 1889: Die geologische Stellung der Tertiärschichten von Reit im Winkel. – Geogn. Jh., 2: 163–175; Kassel.
- GÜMBEL, C. W. 1894: Geologie von Bayern. – 2. Bd., 1184 S., 350 Abb., 1 geol. Kte., (Th. Fischer) Kassel.
- HABER, G. 1934: Bau und Entstehung der Alpen. – In: DACQUÉ, E. & EBERS, E.: Deutsche Landschaftskunde, Bd. 3, 206 S., 16 Abb., (C. H. Beck), München.
- HAGN, H. 1950: Zur Paläogeographie und Mikropaläontologie des oberbayerischen Paläozänflysches. – Z. deutsch. geol. Ges. 101: 164–183, 2 Taf., Hannover.
- HAGN, H. 1953: Wege und Möglichkeiten mikropaläontologischer Untersuchungen im oberbayerischen Alpenvorland. – Paläont. Z., 27: 16–25, 1 Abb., Stuttgart.
- HAGN, H. 1955: Fazies und Mikrofauna der Gesteine der Bayerischen Alpen. – Inter. Sediment. Petr. Ser. 1, 174 S., 2 Abb., 8 Tab., 71 Taf., Leiden.
- HAGN, H. 1960: Die stratigraphischen, paläogeographischen und tektonischen Beziehungen zwischen Molasse und Helvetikum im östlichen Oberbayern. – Geol. Bavarica, 44: 1–208, 10 Abb., 1 Tab., Taf. 1–12, München.
- HAGN, H. 1967: Das Alttertiär der Bayerischen Alpen und ihres Vorlandes. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 7: 245–320, 3 Abb., 1 Tab., München.
- HAGN, H. 1981: Die Bayerischen Alpen und ihr Vorland in mikropaläontologischer Sicht. – Geol. Bavarica, 82, 408 S., 70 Abb., 7 Tab., 13 Taf., München.
- HAGN, H. & HÖLZL, O. 1952: Geologisch-paläontologische Untersuchungen in der subalpinen Molasse des östlichen Oberbayerns zwischen Prien und Sur mit Berücksichtigung des im Süden anschließenden Helvetikums. – Geol. Bavarica, 10: 1–208, 7 Abb., Taf. 1–8, München.
- HAHN, F. F. 1910: Geologie der Kammerkehr-Sonntagshorngruppe. – 1. stratigraphisch-paläontologischer Teil. – Jb. geol. R.-Anst., 60: 311–420, 20 Fig., 2 Taf., Wien.
- HAHN, F. F. 1914: Ergebnisse neuer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. 3. Die Kalkalpen Südbayerns. – Geol. Rdsch., 5 (2): 112–145, 1 Abb., Berlin.
- HANIEL, C. A. 1914: Geologischer Führer durch die Allgäuer Alpen südlich von Oberstdorf. – 65 S., 3 Abb., 1 Karte, 1 Profilat., (Piloty & Loehle) München.
- HAUER, F. v. 1846: Die Cephalopoden des Salzkammergutes aus der Sammlung seiner Durchlaucht des Fürsten Metternich. – 48 S., 11 Taf., (Braumüller & Seidl) Wien.
- HAUER, F. v. 1850: Cephalopoden vom Roßfeld. – Haidinger Ber. Mitt. Freunde Naturw. Wien, 3: 476–480, Wien.
- HAUER, F. v. 1853: Über die Gliederung der Trias-, Lias- und Juraebilde in den nordöstlichen Alpen. – Jb. geol. R.-Anst., 4: 715–784, Wien.
- HAUG, É. 1906: Les nappes des charriage des Alpes Calcaires Septentrionales. 1. et 2. Parties. – Bull. Soc. géol. France, (4) 6: 359–422, 8 Abb., 1, Tab., Taf. 10–11, Paris.
- HAUG, É. 1912: Les nappes des charriage des Alpes Calcaires Septentrionales. 3. Partie. – Bull. Soc. géol. France (4) 12: 105–142, 7 Abb., 1Taf., Paris.
- HAUG, É. & LUGEON, M. 1904: Sur l'existence dans le Salzkammergut de quatre nappes de charriage superposées. – C. R. hebd. séances Acad. Sci., 139: 892–894, Paris.
- HERM, D. 1962a: Stratigraphische und mikropaläontologische Untersuchungen der Oberkreide im Lattengebirge und Nierental (Gosau Becken von Reichenhall und Salzburg). – Abh. Bayer. Akad. Wissensch., math.-nat. Kl., N. F. 104, 118 S., 9 Abb., 11 Taf.; München.
- HERM, D. 1962b: Die Schichten der Oberkreide (Untere, Mittlere, Obere Gosau) im Becken von Reichenhall (Bayerische/Salzbürger Alpen). – Z. deutsch. geol. Ges., 113: 320–338, 4 Abb., Hannover 1962.
- HERM, D. 1977: Zyklische Regressions-Sedimentation und Fossil-Vergesellschaftungen in der Gosau (Santonium) von Brandenburg/Tirol. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 17: 257–277, 5 Abb., München.
- HERM, D. 1979: Die süddeutsche Kreide – ein Überblick. – In: Aspekte der Kreide Europas. – IUGS Series, A, 6; 85–106, 2 Abb., Stuttgart.
- HESSE, R. 1972: Lithostratigraphie, Petrographie und Entstehungsbedingungen des bayerischen Flysches: Unterkreide. – Geol. Bavarica, 66: 148–222, 10 Abb., 7 Tab., 4 Beil., Taf. 1–3, München.
- HESSE, R. & BUTT, A. A. 1976: Paleobathymetry of Cretaceous turbidite basins of the East Alps relative to the calcite compensation level. – J. Geol., 34: 505–533, 12 Abb., 1 Tab., Chicago.
- HILLEBRANDT, A. v. 1962: Das Paleozän und seine Foraminiferenfauna im Becken von Reichenhall und Salzburg. – Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., N. F., 108: 182 S., 15 Taf., 12 Abb., München.
- HOFMANN, T. 1993: Julius PIA an universally distinguished earth scientist. – Field Trip Guidebook., Inter. Symp. Alpine Algae, A6: 1–21, 4 Abb., München.
- JÄGER, R. J. 1997: Foraminiferen und Ostracoden aus den Fleckenmergeln des kalkalpinen Lias. – Münchner Geowiss. Abh., A, 33: 111 S., 7 Taf., 36 Abb., 15 Tab., München.
- KEFERSTEIN, C. 1828: Beobachtungen und Ansichten über die geognostischen Verhältnisse der nördlichen Kalk-Alpenkette in Österreich und Baiern. – Teutschland geognost.-geol. dargestellt etc. 5 (3): 425–570, 5 Abb., Weimar.
- KEFERSTEIN, C. 1829: Bemerkungen etc. über die Alpen in Steiermark, Krain und Illyrien. – Teutschland geognost.-geol. dargestellt etc. 6 (2): 125–324, Weimar.
- KLASZ, I. DE 1953: Einige neue oder wenig bekannte Foraminiferen aus der helvetischen Oberkreide der bayerischen Alpen südlich Traunstein (Oberbayern). – Geol. Bavarica, 17: 223–244, Taf. 4–7, München.
- KLASZ, I. DE 1956: Zur Kenntnis der ostalpinen Oberkreidestratigraphie. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh.: 410–419, Stuttgart.
- KLAUS, W. 1977: Forschungsschwerpunkte der Paläobotanik und Palynologie der Universität Wien. – Rev. Palaeobot. Palynol., 23: 303–330, Taf. 1–5, Amsterdam.
- KNIPSCHNEER, H. C. G. 1957: Das Alter der Hachauer Schichten bei Hachau (Oberbayern). – N. Jb. Geol. Paläont., Mh. 1956: 420–424, Stuttgart.
- KOCKEL, C. W., RICHTER, M. & STEINMANN, H. G. 1931: Geologie der Bayerischen Berge zwischen Lech und Loisach. – Wiss. Veröff. D. Ö. A. V., 10: 231 S., Innsbruck.
- KOLLMANN, K. 1960: Ostracoden aus der alpinen Trias Österreichs. I. Parabairdia n. g. und Ptychobairdia n. g. (Bairdiidae). – Jb. geol. Bundesanst., Sdbd. 5: 79–105, 3 Abb., Taf. 22–27, Wien.
- KRAUS, E. 1942: Neue Wege der nordalpinen Flyschforschung. Der nordalpine Kreideflysch. – N. Jb. Mineral etc. Beil. Bd. 87: 1–243, 44 Abb., 8 Beil., Taf. 1–4, Stuttgart.
- KRAUS, E. 1951: Die Baugeschichte der Alpen. – 1. Teil: 552 S., 138 Abb., 21 Taf., 2. Teil: 489 S., 123 Abb., 11 Taf., (Akademie-Verlag) Berlin.
- KRAUS, E. 1957: Zum Verankerungsproblem der kalkalpinen Decken im Bereich des Wetterstein-Gebirges. – Z. deutsch. geol. Ges., 108: 141–155, 4 Abb., Hannover.
- KRAUS, E. 1965: Flyschprobleme im Allgäu. – Max-Richter-Festschr.: 23–28, Clausthal.
- KRAUSS, H. 1913: Geologische Aufnahme des Gebietes zwischen Reichenhall und Melleck. – Geognost. Jh. 26: 105–154, 2 Taf., 1 Karte, München.

- KRISTAN-TOLLMANN, E. 1964: Die Foraminiferen aus den rhätischen Zlambachmergeln der Fischerwiese bei Aussee im Salzkammergut. – Jb. geol. Bundesanst., Sdbd. **10**: 189 S., 6 Abb., 39 Taf., Wien.
- KRISTAN-TOLLMANN, E. 1970: Einige neue Bairdien (Ostracoda) aus der alpinen Trias. – N. Jb. Geol. Paläont. Abb., **135**: 268–310, 5 Abb., Taf. 33–37, Stuttgart.
- KRISTAN-TOLLMANN, E. 1973: Einige neue mesozoische Holothurien-Skelette. – Mitt. geol. Ges. Wien, **65**: 123–136, 5 Taf., Wien.
- KRISTAN-TOLLMANN, E. 1977: Zur Gattungsunterscheidung und Rekonstruktion der triadischen Schwebcrinoiden. – Paläont. Z., **51**: 185–198, 8 Abb., Stuttgart.
- KÜHN, O. 1962: Lexique Stratigraphique International. Europe, Fasc. 8.: 646 S., 2 Karten, (CNRS) Paris.
- LANGE, W. 1952: Der untere Lias am Fonsjoch (östliches Karwendelgebirge) und seine Ammonitenfauna. – Palaeontogr. Abt. A, **102**: 49–162, 76 Abb., zahlr. Tab., Taf. 8–18, Stuttgart.
- LEHRBERGER, G. 1992: Beschreibung der Gebirge von Baiern und der Oberen Pfalz, 1792, ergänzt durch die akademische Rede über die Gebirgsformation in den dermaligen Churpfaibayerischen Staaten, 1805, von Mathias von Flurl [Reprint]. – 503 S., 1 Karte, (Lehrberger) München.
- LEHRBERGER, G. & FRAMMER, J. 1994: Mathias von Flurl (1756–1823). – Katalog Gäubodenmus. Straubing, **21**: 323 S., 130 Abb., 1 Tab., 1 Taf., Straubing.
- LEBLING, C. 1912a: Geologische Beschreibung des Lattengebirges im Berchtesgadener Land. – Geognost. Jh., **24**: 33–103, 2 Abb., 1 Taf., 1 Karte, München.
- LEBLING, C. 1912b: Ergebnisse neuerer Spezialforschungen in den deutschen Alpen. 2. Die Kreideschichten der bayerischen Voralpenzone. – Geol. Rdsch., **3**: 483–508, 1 Abb., 1 Tab., Leipzig.
- LEBLING, C. 1914: Über die Herkunft der Berchtesgadener Schumasse. Eine Hypothese. – Geol. Rdsch. **5** (1): 1–23, 5 Abb., Berlin.
- LEIN, R. 1976: Neue Ergebnisse über die Stellung und Stratigraphie der Hallstätter Zone südlich der Dachsteindecke. – Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl. **184**: 197–235, 6 Abb., Wien.
- LEIN, R. 1982: Paläogeographie und tektonische Deformation des Aflener Troges. – Jber. Hochschulschwerpunkt., **3** (1981): 203–221, 5 Abb., Leoben.
- LEIN, R. 1985: Das Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen als Beispiel eines gerichteten Sedimentationsverlaufes infolge fortschreitender Krustenausdünnung. – Arch. Lagerstättenforsch. geol. Bundesanst., **6**: 117–128, 4 Abb., Wien.
- LEISS, O. 1988a: Die Kontrolle des Sedimentationsgeschehens und der Biofazies durch evolutive orogenetische Prozesse in den Nördlichen Kalkalpen am Beispiel von Gosauvorkommen (Coniac-Santon). – Documenta naturae, **43**: 1–95, 72 Abb., 18 Tab., 3 Taf., München.
- LEISS, O. 1988 b: Die Stellung der Gosau (Coniac-Santon) im großtektonischen Rahmen (Lechtaler Alpen bis Salzkammergut, Österreich). – Jb. geol. Bundesanst., **131**: 609–636, 8 Abb., 2 Tab., Wien.
- LEISS, O. 1989: New interpretations of geodynamics and orogeny as a result of synorogenic Cretaceous deposits within the Northern Calcareous Alps. – Münchener Geowiss. Abh. (A), **15**: 25–40, 12 Abb., München.
- LEUCHS, K. 1921: Geologischer Führer durch die Kalkalpen vom Bodensee bis Salzburg und ihr Vorland. – 144 S., 60 Abb., (Lindauer) München.
- LEUCHS, K. 1925: Lithogenetische Untersuchungen in den Kalkalpen. – Cbl. Mineral. etc. **1925**, Abt. B: 213–223, Stuttgart.
- LILL, v. LILIENBACH, A. 1830: Ein Durchschnitt aus den Alpen mit Hindeutung auf die Karpathen. – Leonhard Jb. Mineral., Geognosie etc. **1**: 153–220, Taf. 3, Heidelberg.
- LINDENBERG, H. G. 1966: Die Bolivinen (Foram.) der Häringer Schichten. Mikropaläontologische Untersuchungen im Alttertiär des Unterinntal-Gebietes. – Boll. Soc. Pal. Ital., **4**: 64–160, 32 Abb., 5 Kte., 4 Beil., Modena.
- MOUSISOVIC, E. v. 1869: Über die Gliederung der oberen Triasbildungen der östlichen Alpen. – Jb. geol. Reichsanst. **19**: 90–150, Taf. 2–4, 1 Beil., Wien.
- MOUSISOVIC, E. v. 1892: Die Hallstätter Entwicklung der Trias. – Sitzber. Akad. Wiss., math.-nat. Cl., Abt. I, **101**: 769–780, 1 Tab., Wien.
- NOWAK, J. 1911: Über den Bau der Kalkalpen in Salzburg und im Salzkammergut. – Bull. Acad. Sci. Cracovie, Sér. A: Scien. mathémat., **1911**,: 57–112, 11 Abb., 3 Taf., Cracovie.
- OBERHAUSER, R. 1963: Die Kreide im Ostalpenraum Österreichs in mikropaläontologischer Sicht. – Jb. geol. B.-Anst., **106**,: 1–88, 2 Fig., 1 Taf., Wien.
- OBERHAUSER, R. 1968: Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paläogen im Ostalpenraum. – Jb. geol. B.-Anst., **111**: 115–145, 2 Abb., 2 Taf., Wien.
- OBERHAUSER, R. 1973: Stratigraphisch-paläontologische Hinweise zum Ablauf tektonischer Ereignisse in den Ostalpen während der Kreidezeit. – Geol. Rundsch., **62** (1),: 96–106, 3 Abb., Stuttgart.
- OBERHAUSER, R. (Red.) 1980: Der geologische Aufbau Österreichs. – 701 S., 164 Abb., 2 Kt., (Springer) Wien–New York.
- OBERHAUSER, R. 1995: Zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie des Ostalpenraumes zur Kreide-, Paleozän- und Eozänzeit. – Jb. geol. B.-Anst., **138**: 369–432, 14 Abb., Wien.
- OHLEN, H. R. 1959: The Steinplatte reef complex of the Alpine Triassic (Rhaetian) of Austria. – Diss. (unveröffentlicht) Univ. Princeton: 122 S., 7 Abb., 20 Taf., Princeton, N. J.
- OPPEL, A. 1861: Über die weißen und rothen Kalke von Vils in Tyrol. – Württemb. nat.-wiss. Jh. **17**: 1–40, Taf. 2–3, Stuttgart.
- OSSWALD, K. 1929: Geologische Karte und Geschichte der Wendelstein Gruppe. – 124 S., 1 geol. Karte 1:25 000, 1 tekt. Karte, (Lindauer) München.
- OTT, E. 1967: Segmentierte Kalkschwämme (Sphinctozoa) aus der alpinen Mitteltrias und ihre Bedeutung als Riffbildner im Wettersteinkalk. – Abh. Bayer. Akad. Wiss. math.-nat. Kl. **131**: 96 S., 9 Abb., 5 Tab., 10 Taf., München.
- OTT, E. 1973: Mitteltriadische Riffe der Nördlichen Kalkalpen. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr. **21**: 251–276, 7 Abb., 2 Taf., Innsbruck.
- PAPP, A. 1957: Vorkommen und Verbreitung des Obereozäns in Österreich. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **50**: 251–270, 2 Abb., 2 Taf., Wien.
- PAPP, A. 1968: Zur Nomenklatur des Neogen in Österreich. – Verh. geol. B.-Anst. **1968**: 9–27, 1 Tab., Wien.
- PFLAUMANN, U. 1967: Zur Ökologie des bayerischen Flysches auf Grund der Mikrofossilführung. – Geol. Rdsch., **56**: 200–227, 5 Abb., 1 Tab., 2 Taf., Stuttgart.
- PICHLER, H. 1963: Geologische Untersuchungen im Gebiet zwischen Roßfeld und Markt Schellenberg im Berchtesgadener Land. – Beih. Geol. Jb., **48**: 129–204, 5 Abb., 3 Tab., 6 Taf., Hannover.
- PILLER, W. & LOBITZER, H. 1979: Die obertriassische Karbonatplattform zwischen Steinplatte (Tirol) und Hochkönig (Salzburg). – Verh. geol. B.-Anst., **1979** (2): 171–180, 3 Abb., Wien.
- POBER, E. & FAUPL, P. 1988: The chemistry of detrital chromian spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps. – Geol. Rdsch., **77** (3): 641–670, 16 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- PREY, S. 1962: Flysch und Helvetikum in Salzburg und Oberösterreich. – Z. deutsch. geol. Ges., **113** (2/3),: 282–292, 3 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- PREY, S. 1968: Probleme im Flysch der Ostalpen. – Jb. geol. B.-Anst., **111**,: 147–174, 3 Abb., 3 Tab., 1 Taf., Wien.
- PREY, S. 1975: Bemerkungen zur Paläogeographie des Eozän im Helvetikum-Ultrahelvetikum in Ostbayern, Salzburg und Oberösterreich. – Sitzber. österr. Akad. Wiss., math.-nat. Cl. **184**: 1–7, Wien.
- PREY, S. 1978: Rekonstruktionsversuch der alpidischen Entwicklung der Ostalpen. – Mitt. österr. geol. Ges., **69**: 1–25, 6 Abb., Wien.
- RAD, U. v. 1972: Zur Sedimentologie und Fazies des Allgäuer Flysches. – Geol. Bavarica, **66**: 92–147, 14 Abb., 8 Taf., 1 Tab., 3 Beil.; München.
- RATSCHBACHER, I., FRISCH, W., NEUBAUER, F., SCHMID, S. M. & NEUGEBAUER, J. 1989: Extension in compressional orogenic belts. The Eastern Alps. – Geology, **17**: 404–407, Boulder.
- RATSCHBACHER, I., FRISCH, W. & LINZER, H. G. 1991: Lateral extrusion in the Eastern Alps, part 2: Structural Analysis. – Tectonics, **10**: 257–271, Washington.
- REICHEL, R. 1960: Die bayerische Flyschzone im Ammergau. – Geol. Bavarica, **41**: 55–98, 12 Abb., 2 Tab., Taf. 1–3, München.
- REIS, O. M. 1889: Die Korallen der Reiter Schichten. – Geogn. Jh., **2**: 91–162, 3 Abb., 1 Tab., Taf. 1–4, Kassel.
- REIS, O. M. 1901–1907: Eine Fauna des Wettersteinkalkes. I. Theil. Cephalopoden. – Geogn. Jh., **13**: 71–105, Taf. 2–7, München (1901). II. Theil. Nachtrag zu den Cephalopoden. – Geogn. Jh., **18**: 113–152, 19 Abb., 4 Taf., München (1907).

- REUSS, A. E. 1854: Beiträge zur Charakteristik der Kreideschichten in den Ostalpen, besonders im Gosauthale und am Wolfgangsee. – Denkschr. Akad. Wiss. math.-nat. Kl. 7: 1–156, 31 Taf., Wien.
- RICHTER, M. 1924: Geologischer Führer durch die Allgäuer Alpen zwischen Iller und Lech. – *Stg. geol. Führer*, 24: 224 S., 30 Abb., 7 Taf., (Borntraeger) Berlin.
- RICHTER, M. 1953: Neue Ergebnisse der Flyschforschung in den nördlichen Kalkalpen. – *Z. deutsch. geol. Ges.* 105: 544–546, Hannover.
- RICHTER, M. 1957: Die Allgäu-Vorarlberger Flyschzone und ihre Fortsetzung nach Westen und Osten. – *Z. deutsch. geol. Ges.*, 108: 156–174, Hannover.
- RICHTER, M. 1966: Allgäuer Alpen. – *Sammlung geol. Führer*, 45: 192 S., 54 Abb., 1 geol. Karte, (Borntraeger) Berlin.
- RICHTER, M. 1978: Vorarlberger Alpen. – *Sammlung geol. Führer* 49: 171 S., 58 Abb., 1 geol. Karte, (Borntraeger) Stuttgart.
- RICHTHOFEN, F. v. 1859: Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. I. Abteilung. – *Jb. K. K. geol. R.-Anst.* 10: 72–138, 15 Abb., 2 Taf., Wien.
- RICHTHOFEN, F. v. 1861: Die Kalkalpen von Vorarlberg und Nordtirol. II. Abteilung. – *Jb. K. K. geol. R.-Anst.*, 12: 87–206, 39 Abb., 1 Taf., Wien.
- RISCH, H. 1971: Stratigraphie der höheren Unterkreide der Bayerischen Kalkalpen mit Hilfe von Mikrofossilien. – *Paläontogr.*, A, 138: 1–80, 8 Abb., 4 Tab., Taf. 1–8, Stuttgart.
- RISCH, H. (Red.) 1995: Die Tiefbohrung Hindelang 1 (Allgäuer Alpen). – *Geol. Bavarica*, 100: 286 S., 66 Abb., 18 Tab., 3 Beil., München.
- ROEDER, D. 1976: Die Alpen aus plattentektonischer Sicht. – *Z. deutsch. geol. Ges.*, 127: 87–103, 11 Abb., Hannover.
- ROEDER, D. & BÖGEL, H. 1978: Geodynamic Interpretation of the Alps. – In: CLOSS, H., ROEDER, D., SCHMIDT, K.: Alps, Apennines, Hellenides. – *Scien. Rep. Inter-Union Comm. Geodynamics*, 38: 191–212, 6 Abb., Stuttgart.
- ROSENBERG, G. 1959: Geleitworte zu den Tabellen der Nord- und Südalpinen Trias der Ostalpen. – *Jb. geol. Bundesanst.*, 102: 477–479, Taf. 16–16, Wien.
- ROSENBERG, G. 1966: Geleitworte zu den Tabellen des Nord- und Südalpinen Jura der Ostalpen. – *Jb. geol. Bundesanst.*, 109: 173–175, Taf. 1–3, Wien.
- ROTHPLETZ, A. 1883: Zum Gebirgsbau der Alpen beiderseits des Rheines. – *Z. deutsch. geol. Ges.* 1883: 134–189, Taf. 6–7, Berlin.
- ROTHPLETZ, A. 1886: Geologisch-paläontologische Monographie der Vilsler Alpen mit besonderer Berücksichtigung der Brachiopoden-Systematik. – *Paläontogr.* 33: 1–180, 3 Abb., 17 Taf., Stuttgart.
- ROTHPLETZ, A. 1888: Das Karwendelgebirge. – *Z. D. Ö. Alpenver.* 1888: 401–470, 29 Abb., 9 Taf., 1 Kt., München.
- ROTHPLETZ, A. 1900: Geologische Alpenforschungen. I. – 176 S., 69 Abb., 1 Taf., 4 Beil., (Lindauer) München.
- ROTHPLETZ, A. 1902: Geologischer Führer durch die Alpen I. – *Stg. geol. Führer*, 10: 250 S., 81 Abb., (Borntraeger) Berlin.
- ROTHPLETZ, A. 1905: Geologische Alpenforschungen II. – 261 S., 99 Abb., 1 Karte, (Lindauer) München.
- RÜST, D. 1885: Beiträge zur Kenntnis der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura. – *Paläontogr.*, 31: 271–321, 3 Tab., Taf. 15–17, Berlin.
- RÜST, D. 1898: Neue Beiträge zur Kenntnis der fossilen Radiolarien aus Gesteinen des Jura und der Kreide. – *Paläontogr.* 45: 1–67, Taf. 1–19, Stuttgart.
- SANDER, B. 1936: Beiträge zur Kenntnis der Anlagerungsgefüge (Rhythmische Kalke und Dolomite aus der Trias). – *Mineral. Petrogr. Mitt.*, 48: 27–139, 141–209, 46 Abb., 8 Diagr., 13 Taf., Leipzig.
- SANDER, B. 1941: Zum Gesteinscharakter der Hornsteinbreccie des Sonnwendjochgebirges. – *Ber. Reichsst. Bodenforsch.*, 1941: 81–89, Wien.
- SCHÄFER, P. 1979: Fazielle Entwicklung und paläökologische Zonierung zweier obertriadischer Riffstrukturen in den Nördlichen Kalkalpen ("Oberrhät"-Riff-Kalke, Salzburg). – *Facies* 1: 3–245, 46 Abb., 21 Taf., 18 Tab., Erlangen.
- SCHAFHÄUTL, C. 1846: Beiträge zur nähern Kenntniss der Bayerischen Vorpalpen. – *N. Jb. Miner. etc.*, 1846: 641–695, 5 Abb., 2 Taf., Stuttgart.
- SCHAFHÄUTL, C. 1851. Geognostische Untersuchungen des südbayerischen Alpengebirges. – 208 S., 2 Tab., 44 Taf., 1 Kte., Lit.-artist. Anstalt, München.
- SCHERZER, H. 1927–1936: Geologisch-botanische Wanderungen durch die Alpen.
I. Band: Das Berchtesgadener Land. – 218 S., 23 Abb., 1 Tab., 21 Taf., (1927);
II. Band: Das Allgäu. – 356 S., 41 Abb., 2 Tab., 43 Taf., (1930);
III. Band: Oberbayerische Alpen. – 419 S., 43 Abb., 38 Taf., 1 Tab., (1936), (Kösel & Pustet) München.
- SCHLAGINTWEIT, F. 1991: Allochthone Urgonkalke im Mittleren Abschnitt der Nördlichen Kalkalpen: Fazies, Paläontologie und Paläogeographie. – *Münchner Geowiss. Abh.*, A, 20: 120 S., 37 Abb., 6 Tab., 19 Taf., München.
- SCHMIDT, K. 1976: Subfluenz und Subduktion in den Alpen. – *Z. deutsch. geol. Ges.*, 127: 53–72, 5 Abb., Hannover.
- SCHMIDT-THOME, P. 1957: Molasse-Untergrund und Helvetikum Nordgrenze im Tegernsee-Bereich und die Frage der Herkunft von Erdöl und Jodwasser in Oberbayern. – *Geol. Jb.* 74: 225–242, 3 Abb., Hannover.
- SCHMIDT-THOME, P. 1964: D. Der Alpenraum. – In: *Erläuterungen zur Geol. Karte von Bayern 1:500 000.* – S. 244–296, 2 Abb., 5 Tab., (BGLA) München.
- SCHMIDT-THOME, P. 1968: Flysch, Helvetikum und Molasse am Bayerischen Alpenrand. – XXIII. Inter. Geol. Kongr., Exk. Führer A/C 26: 32 S., 21 Abb., München.
- SCHNEIDER, H. J. 1954: Die sedimentäre Bildung von Flußspat im oberen Wettersteinkalk der nördlichen Kalkalpen. – *Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl.* 66: 37 S., 17 Abb., Taf. 1–4, München.
- SCHNEIDER, H. J., MÖLLER, P. & PAREKH, P. 1975: Earth Elements Distribution in Fluorites and Carbonate Sediments of the East-Alpine Mid Triassic. – *Mineral. Deposita*, 12: 22–36, 5 Abb., 3 Tab., Berlin.
- SCHNEIDER, H. J. & WALDVOGEL, F. 1964: Sedimentäre Eisenerze und Faziesdifferenzierung im Oberen Wettersteinkalk. – In: ZACHER, W. (Hrsg.): *Erläuterungen zur Geol. Karte Bayern, 1:25 000, Blatt Füssen, 101–123 S.*, 1 Abb., 1 Tab., München.
- SCHRÖDER, J. 1925: Die jurassischen Fleckenmergel der bayerischen Alpen. – *N. Jb. Min., Beil.-Bd. Abt. B.*, 52: 214–283, zahlr. Tab., Stuttgart.
- SCHRÖDER, J. 1927: Die Ammoniten der jurassischen Fleckenmergel in den Bayerischen Alpen. – *Paläontogr.* 68: 111–232, Taf. 7–13; 69: 1–110, Taf. 1–4, Stuttgart.
- SCHUSTER, M. (Hrsg.) 1925–1928: Abriß der Geologie von Bayern r. d. Rh. Abt. I: Geologischer Überblick über die Alpen zwischen Tegernsee und Gmunden am Traunsee und das bayerisch-österreichische Tertiärhügelland. – 103 S., 12 Abb., 1 Beil. (Oldenbourg, Piloty & Loehle) München, 1925.
Abt. II: Geologischer Überblick über die Alpen zwischen dem Bodensee und dem Tegernsee und ihr Molassevorland. – 184 S., 28 Abb., 13 Taf., 2 Beil. (Oldenbourg, Piloty & Loehle) München 1928.
- SCHWARZACHER, W. 1948: Sedimentpetrographische Untersuchungen kalkalpiner Gesteine. Hallstätter Kalk von Hallstatt und Ischl. – *Jb. geol. Bundesanst.* 91: 1–48, 15 Abb., Wien.
- SCHWARZACHER, W. 1949: Über die sedimentäre Rhythmik des Dachsteinkalkes von Lofer. – *Verh. geol. Bundesanst.*, 1947: 175–188, Wien.
- SCHWERD, K. In: W. FREUDENBERGER & K. SCHWERD (Red.) 1996: *Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000.* – 329 S., 67 Abb., 21 Tab., 8 Beil., (BGLA) München.
- SCHWENGLER, K. & RISCH, H. 1983: Zur Stratigraphie und Herkunft der Feuerstätter Decke im Oberallgäu. – *Jber. Mitt. Oberrh. Geol. Ver.* 65: 279–290, 2 Abb., Stuttgart.
- SPENGLER, E. 1928: Über die Länge und Schubweite der Decken in den nördlichen Kalkalpen. – *Geol. Rdsch.*, 19: 1–26, 3 Abb., Berlin.
- SPENGLER, E. 1951: Zur Verbreitung und Tektonik der Inntal-Decke. – *Z. deutsch. geol. Ges.*, 102: 188–202, 2 Abb., Hannover.
- SPENGLER, E. 1953–1959: Versuch einer Rekonstruktion des Alpenraumes der Decken der Nördlichen Kalkalpen. I. Teil: Der Westabschnitt der Kalkalpen. – *Jb. geol. B.-Anst.*, 96 (1): 1–64, 8 Abb., 1–2 Taf., Wien 1953.
II. Teil: Der Mittelabschnitt der Kalkalpen. – *Jb. geol. B.-Anst.*, 99 (1): 1–74, 5 Abb., 1 Taf., Wien 1956.
III. Teil: Der Ostabschnitt der Kalkalpen. – *Jb. geol. B.-Anst.* 102 (2): 194–312, 5 Abb., Taf. 4, Wien 1959.
- SRBIK, R. v. 1929: Überblick des Bergbaues in Tirol und Vorarlberg in Vergangenheit und Gegenwart. – *Ber. naturw.-med. Ver. Innsbruck*, 41: 113–279, 20 Abb., zahlr. Tab., Innsbruck.

- SRBIK, R. v. 1935–1937: Geologische Bibliographie der Ostalpen. – Bd. 1–2, XX, 1412 S., (Oldenbourg) München (1935); Bd. 3. 1. Fortsetzung, XV, 388 S., (Winkler) Innsbruck 1937.
- STEIGER, E. 1997: Die Radiolarien des Campans der kalkalpinen Gosau (Lattengebirge, Bayern). – Diss. LMU-München, Fak. Geowiss., 172 S., 20 Abb., 31 Taf., München.
- STEIGER, T. 1981: Systematik, Stratigraphie und Palökologie der Radiolarien des Oberjura-Unterkreide-Grenzbereiches im Osterhorn-Tirolikum (Nördliche Kalkalpen, Salzburg und Bayern). – Zitteliana, **19**: 188 S., 50 Abb., 27 Taf., München.
- STOLICZKA, F. 1865: Geological Sections across the Himalayan Mountains from Wangtu-Brigde on the River Sutlej to Sungdo on the Indus. – Mem. Geol. Surv. India, **5** (1): 154 S., 2 Abb., 10 Taf., Calcutta.
- Suess, E. 1854: Über die Brachiopoden der Kössener Schichten. – Dkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Cl. **7**: 29–65, 1–4 Taf. Wien.
- Suess, E. 1891: Beobachtungen über den Schlier in Oberösterreich und Bayern. – Ann. nat. hist. Hofmus., **6**: 407–429, 3 Abb., 1 Tab., Wien.
- Suess, E. 1909: Die Alpen. Östlicher Teil. in: Das Antlitz der Erde. – 167–229 S., 1 Abb., (Tempisky & Freytag) Leipzig.
- TERMIER, P. 1904: Les nappes des Alpes Orientales et la synthèse des Alpes. – Bull. Soc. géol. France (4) **3**: 711–765, 4 Abb., 2 Taf., Paris.
- TOLLMANN, A. 1967: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, 1. Teil: Der Ostabschnitt. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **59**: 231–253, 2 Krt., Wien.
- TOLLMANN, A. 1968: Die paläogeographische, paläomorphologische und morphologische Entwicklung der Ostalpen. – Mitt. Österr. Geograph. Ges., **110** (2/3): 224–244; Wien.
- TOLLMANN, A. 1969: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, 2. Teil: Der Mittelabschnitt. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **61**: 124–181, 1 Taf., Wien.
- TOLLMANN, A. 1970: Tektonische Karte der Nördlichen Kalkalpen, 3. Teil: Der Westabschnitt. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **62**: 78–170, 3 Taf., Wien.
- TOLLMANN, A. 1976: Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen. – 580 S., 256 Abb., 3 Taf., (Deuticke) Wien.
- TOLLMANN, A. 1977–1986: Geologie von Österreich: Bd. 1: Zentralalpen. – XIV, 766 S., 200 Abb., (1977); Bd. 2: Außerzentralalpiner Anteil. – XV, 710 S., 286 Abb., 27 Tab., (1985); Bd. 3: Gesamtübersicht. – X, 718 S., 145 Abb., 8 Tab., 3 Taf., (1986); (Deuticke) Wien.
- TOLLMANN, A. 1978: Plattentektonische Fragen in den Ostalpen und der plattentektonische Mechanismus des mediterranen Orogens. – Mitt. österr. geol. Ges., **69**: 291–351, 11 Abb., Wien.
- TOLLMANN, A. 1980: Großtektonische Ergebnisse aus den Ostalpen im Sinne der Plattentektonik. – Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**: 37–44, 1 Abb., Wien.
- TREML, M., JAHN, W., & BROCKHOFF, E. 1995: Salz macht Geschichte. – Veröff. Bayer. Gesch. Kultur **29** (Aufsätze): 426 S., 138 Abb., (Hs. Bayer. Geschichte) Augsburg.
- TRAUTH, F. 1950: Die fazielle Ausbildung und Gliederung des Oberjura in den nördlichen Ostalpen. – Verh. geol. Bundesanst., **1948**: 145–218, 3 Taf., Wien.
- TRÜMPY, R. 1984: Die Plattentektonik und die Entstehung der Alpen. – Neujahrsbl. Naturf. Ges. Zürich, **187**: 47 S., 14 Abb., Zürich.
- UHLIG, V. 1882: Zur Kenntnis der Cephalopoden der Roßfeldschichten. – Jb. geol. Reichsanst., **32**: 373–396, 3 Abb., Taf. 4, Wien.
- UHLIG, V. 1909: Der Deckenbau in den Ostalpen. – Mitt. geol. Ges. Wien, **2**: 462–491, Taf. 18, Wien.
- URLICHS, M. 1972: Ostracoden aus den Kössener Schichten und ihre Abhängigkeit von der Ökologie. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., **21**: 661–710, 8 Abb., 1 Beil., Taf. 1–4, Innsbruck.
- VETTERS, H. 1933: Geologische Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten 1:500 000. – (Geol. Bundesanst.) Wien.
- VETTERS, H. 1937: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten. – 351 S., zahlreiche Tabellen, (Geol. Bundesanst.) Wien.
- VETTERS, H. 1947: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Österreich und seinen Nachbargebieten. – 343 S., 2. Auflage, (Geol. Bundesanst.) Wien.
- VORTISCH, W. 1935: Die Juraformation und ihr Liegendes in der Kammerker-Sonntagshorn-Gruppe. Beschreibung der Aufschlüsse. I. Westrand des Gebietes (Kammerker). – N. Jb. Miner. etc. Abh. **73**, Abt. B., S. 100–148, Taf. 7–9, Stuttgart.
- WÄHNER, F. 1882–1898: Beiträge zur Kenntnis der tieferen Zonen des unteren Lias in den nordöstlichen Alpen. – 2. Bd. 1 Teil.: 71–85, Taf. 14–21, Wien 1882;
3. Bd. 2 Teil.: 105–124, Taf. 21–26, Wien 1884; 4. Bd. 3. Teil.: 135–226, Taf. 15–30, Wien 1886;
5. Bd. 4. Teil.: 37–60, Taf. 16–23, Wien 1886; In: Beitr. Geol. Pal. Österr.–Ungarn in 8 Teilen, Wien.
- WAGREICH, M. 1988: Sedimentologie und Beckenentwicklung des tieferen Abschnittes (Santon-Untercampan) der Gosauschichtgruppe von Gosau und Rußbach (Oberösterreich–Salzburg). – Jb. Geol. Bundesanst., **131**: 663–685, 12 Abb., 2 Tab., Wien.
- WAGREICH, M. 1991: Subsidenzanalyse an kalkalpinen Oberkreidesequenzen der Gosau-Gruppe (Österreich). – Zbl. Geol. Paläont., **1990**: 1645–1657, Stuttgart.
- WEBER, E. 1942: Ein Beitrag zur Kenntnis der Roßfeldschichten und ihrer Fauna. – N. Jb. Miner. etc., B.-Bd, **86**: 247–281, 5 Abb., 1 Tab., Taf. 12–16, Stuttgart.
- WEIDICH, K. F. 1984a: Über die Beziehungen des "Cenomans" zur Gosau in den Nördlichen Kalkalpen und ihre Auswirkungen auf die paläogeographischen und tektonischen Vorstellungen. – Geol. Rdsch. **73** (2): 517–566, 11 Abb., Stuttgart.
- WEIDICH, K. F. 1984b: Feinstratigraphie, Taxonomie planktonischer Foraminiferen und Palökologie der Foraminiferengesamtfaua der kalkalpinen tieferen Oberkreide (Untercenoman bis Untercampan) der Bayerischen Alpen. – Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., **162**: 1–151, 51 Abb., 10 Tab., 21 Taf., München.
- WEIDICH, K. F. 1984c: Neue stratigraphische Ergebnisse aus der Süddeutschen Kreide. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh. **169** (2): 187–224, 16 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- WEIDICH, K. F. 1987: Das Ultrahelvetikum von Liebenstein (Allgäu) und seine Foraminiferenfauna. – Zitteliana, **15**: 193–217, 8 Abb., 4 Taf., München.
- WEIDICH, K. F. 1990: Die kalkalpine Unterkreide und ihre Foraminiferenfauna. – Zitteliana, **17**: 312 S., 30 Abb., 62 Taf., München.
- WEIDICH, K. F. & SCHWERD, K. 1985: Feuerstätter Decke und Flysche im Unteren Löwen-Bach. – In WEIDICH, K. F.: Exkursion A4: Allgäu. – 55. Jahrestag. Paläont. Ges. München: 43–65, München.
- WEIDICH, K. F. & SCHWERD, K. 1987: Über den Feuerstätter Flysch im Allgäu. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh. **174** (2): 193–212, 6 Abb., Stuttgart.
- WILSON, J. I. 1975: Carbonate Facies in Geologic History. – 471 S., 183 Abb., 30 Taf., (Springer) Berlin-New York.
- WINKLER, G. G. 1859: Die Schichten der Avicula contorta inner- und außerhalb der Alpen. – Habilschr. LMU, 51 S., 2 Taf., (Palm) München.
- WINKLER, G. G. 1886: Neue Nachweise über den unteren Lias in den Bairischen Alpen. – N. Jb. Miner. etc. **1886** (II): 1–34, 1 Abb., 2 Taf., Stuttgart.
- WÖHRMANN, F. v. 1889: Die Fauna der sogenannten Cardita- und Raibler Schichten in den nordtiroler und bayerischen Alpen. – Jb. geol. Reichsanst., **39**: 181–258, 8 Abb., 2 Tab., Taf. 5–10, Wien.
- WÖHRMANN, F. v. 1894: Die Raibler Schichten nebst kritischer Zusammenstellung ihrer Fauna. – Jb. geol. Reichsanst., **43**: 617–768, 1 Tab., Taf. 13, Wien.
- WOLF, M. 1963: Sporenstratigraphische Untersuchungen im "Randcenoman" Oberbayerns. – N. Jb. Geol. Paläont. **1963** (7): 337–354, 5 Abb., Stuttgart.
- WOLF, M. 1964: Sporomorphen aus dem bayerischen Flysch. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., **12**: 113–116, 1 Abb., 1 Taf., Krefeld.
- WOLFF, H. (Hrsg.) 1988: Cartographia Bavariae, Bayern im Bild der Karte. – Bayer. Staatsbibl. Ausstellg. Katalog **44**, 431 S., 309 Abb., München.
- ZACHER, W. 1966: Die kalkalpinen Kreide-Ablagerungen in der Umgebung des Tannheimer Tales (Nordtirol). Mit einem mikropaläontologischen Beitrag von BETTENSTAEDT, F. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., **6**: 213–228, 4 Abb., München.
- ZANKL, H. 1969: Der Hohe Göll, Aufbau und Lebensbild eines Dachsteinkalkriffes in der Obertrias der nördlichen Kalkalpen. – Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., **519**: 1–123, 74 Abb., 15 Taf., Frankfurt.
- ZANKL, H. 1971: Upper Triassic Carbonate Facies in the Northern Limestone Alps. – In: MÜLLER, G. (Hrsg.): Sedimentology of parts of Central Europe.: 147–185, 20 Abb., (W. Kramer) Frankfurt.
- ZAPFE, H. 1964: Das Mesozoikum in Österreich. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **56**: 361–399, 2 Tab., Wien.
- ZAPFE, H. 1973: Mesozoikum in Österreich. (Überblick über die stratigraphische Forschung 1963–1972). – Mitt. Geol. Ges. Wien, **65**: 171–216, 9 Abb., Wien.

ZEIL, W. 1955: Die Kreidetransgression in den Bayerischen Kalkalpen zwischen Iller und Traun. – N. Jb. Geol. u. Paläont. Abh., **101**,: 141–226, 13 Abb., 1 Tab., 4 Beil., Taf. 18–26, Stuttgart.

ZEIL, W. 1956: Zur Kenntnis der höheren Unterkreide in den Bayerischen Kalkalpen. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **103**: 375–412, 8 Abb., Taf. 17–19; Stuttgart.

ZITTEL, K. 1866: Die Bivalven der Gosaugebilde in den nordöstlichen Kalkalpen. – Dkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Cl., **25**: 76–122, 4 Abb., 5 Tab., Taf. 11–27, Wien.

ZITTEL, K. 1899: Geschichte der Geologie und Paläontologie bis Ende des 19. Jahrhunderts. – Gesch. Wiss. Deutsch., Neuere Zeit, **23**: 868 S., (Oldenbourg) München.