

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 76 (1983)
Heft: 1: Zentenarfeier der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft

Artikel: Die Geologie der Schweiz, Ausblick
Autor: Bally, Albert W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-165353>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Die Geologie der Schweiz, Ausblick

VON ALBERT W. BALLY¹⁾

Einleitung

Als ich, vor etwa einem Jahr, gefragt wurde, einige Worte zur Zentenarfeier unserer Geologischen Gesellschaft beizutragen, sagte ich ohne Zögern mit viel Freude zu. Erst später wurde mir bewusst, dass ich seit meiner Studienzeit nie mehr in der Schweiz geologisch tätig war. Somit bitte ich Euch jetzt schon, das Folgende nicht als Ausdruck verwegener Arroganz, sondern eher als die Betrachtungen eines interessierten, aber nicht genügend informierten Zuschauers aufzufassen. Dass ich nie etwas Geologisches über die Schweiz publiziert habe und dass ich von Kind auf meist im Ausland war, sichert mein Nichtexpertentum und gewährleistet vielleicht ein Mass an Objektivität.

Meine Verbundenheit mit der Geologie der Heimat geht auf meine Jugend in Italien zurück. War es doch mein Vater, ein Botaniker und Schüler Carl Schröters, der mir auf sommerlichen Passwanderungen die Garbenschiefer und Granate der Tremola zeigte und im Maderanertal die Anfänge des Strahlens beibrachte. Später erzählte mein Vater mir, wie er als Kantonsschüler in Aarau von F. Mühlberg in die Kunst des geologischen Kartierens eingeführt wurde und wie er als Student miterlebte, als Albert Heim in seiner Vorlesung, nicht ganz ohne Melodrama, seine Wandlung von der Glarner Doppelfalte zur Überschiebungstheorie beschrieb.

Als ich Kantonsschüler in Trogen war, führte mich dann Hermann Eugster in die Kartierungskunde ein. Jedem von uns wurde ein Gebiet überwiesen, das wir bearbeiten mussten. Ich frage mich heute noch, ob er wohl wusste, dass ich für volle 5 Franken das Gebiet einiger meiner Klassenkameraden kartierte ... mein erstes hart verdientes Gutachtengeld! Die Studienzeit in Zürich erstreckte sich – oh welche Schande – über volle 10 Jahre. Dank dem Escherfonds sahen wir die Geologie der Alpen, die uns unter der Leitung von Rudolf Staub und Paul Niggli und ihren oft etwas weniger furchterregenden Kollegen vorgeführt wurde. Als Morgengabe gewannen wir als Studenten ja auch recht gute Einblicke in das Gebaren und die Psyche alpiner Koryphäen, ein Training, das vielen von uns später die Flexibilität gab, Allzumenschliches in der Industrie mit Humor und verstopfungsfrei zu absorbieren.

Mit einer Dissertation in Italien und der folgenden Berufstätigkeit in Kanada und den USA fühle ich mich heute als typischer Auslandschweizergeologe, d. h. als einer der Punkte der Weltkarte, die an der Landesausstellung von 1939 die Vertei-

¹⁾ Dept. of Geology, Rice University, P.O. Box 1892, Houston, Texas 77251, USA.

lung dieser Spezies illustrierten. Für mich sind heute noch die Schweiz und die Arbeit der Kollegen in der Heimat der fruchtbare geologische Nährboden, zu dem ich oft und gerne zurückkomme. Über die Jahre waren es die Schweizerische Geologische Gesellschaft und die so vortrefflich redigierten *Eclogae*, die es uns Auslandschweizergeologen ermöglichten, am Fortschritt teilzunehmen. Wenn Hans Suter aus dem Geologenhimmel auf unsere Versammlung herunterschaut, möchte ich ihm dafür danken, dass er mich schon im ersten Semester zum Beitritt ermutigt hat. Wir Auslandschweizergeologen sind für alles, was unsere Gesellschaft bietet, dankbar!

Meine Vorredner haben schon berichtet, wie Schweizer Geologen ins Ausland zogen, um dort ihr Scherflein beizutragen. Viele kehrten auch wieder zurück, um ihre Erfahrungen mit Kollegen in der Schweiz zu teilen. Besonders erfreulich ist auch, dass jetzt so viele Ausländer in der Schweiz geologisch arbeiten und lehren können und dass so die freizügige Aufnahme, die viele von uns im Ausland fanden, in der Heimat erwidert wird.

Gestattet mir jetzt, in Kürze ein paar Ideen zu geben, die auf einem offensichtlich unvollständigen und wohl auch etwas veralteten Bild der Schweizer Geologie beruhen. Es ist wohl axiomatisch, dass die zukünftige Entwicklung der Forschung nicht vorausgesagt werden kann. Somit kann ein Blick in die Zukunft nur scheinbar unbeantwortete Fragen und Nichtverstandenes aufwerfen. Auch ist es vielleicht nützlich, Lücken in der Methodik aufzuweisen und sich zu fragen, ob die Institutionen unserer Berufssparte für die kommenden Jahrzehnte genügen. Im folgenden werde ich deshalb zuerst einmal versuchen, ein paar ausgewählte geologische Fragen aufzuwerfen, die mich interessieren. Später dann möchte ich einige Eindrücke über die Soziologie der Schweizer Geologie zum besten geben.

Die Rolle des Grundgebirges in der Tektonik des alpinen Vorlands

Die Randüberschiebung des Juras über den Bressegraben (RICOUR 1956), die Bohrung am Mont-Risoux (WINNOCK 1961), das Aktionärspamphlet der Brigitta-Elwerath (siehe TRÜMPY 1980, S. 29, und ZIEGLER 1982, S. 93) sowie die geisterhaften blinden Zonen auf den Molasseprofilen von CHENEVART (1978) deuten alle an, dass die Rolle des Grundgebirges im Alpenvorland und im sogenannten autochthonen Bereich der Alpen schlecht verstanden wird. Wohl hat LAUBSCHER (z. B. 1961, 1981) in zahlreichen Publikationen die prinzipielle Kinematik der Faltung des Juras auf der Basis von sorgfältig konstruierten Profilen neu durchdacht. Dennoch scheint es mir möglich, dass die Abscherungsbasis des Juras von Grundgebirgskeilen eingewickelt wurde. So betrachtet wäre das Molassebecken von einer im Grundgebirge verlaufenden Abscherfläche unterlagert, die leicht mit der von MÜLLER et al. (1976) beschriebenen etwa 10 km tiefen «low-velocity»-Zone übereinstimmen könnte.

In diesem Zusammenhang wird dann auch die Interpretation des Aarmassivs auf dem Brigitta-Elwerath Prospekt von grundlegender Bedeutung. Ohne reflexionsseismische Dokumentation ist hier, wie auch im Jura, die vorgeschlagene Interpretation wohl schwierig zu beurteilen. Der Verdacht liegt nah, dass die postulierte tiefe Verschuppung des Aarmassivs auf Basis von nicht oder unzuläng-

lich migrierten Reflexionsprofilen schematisiert worden ist. Es wäre hier sicher wünschenswert, zu versuchen, mit einigen sorgfältig migrierten Profilen den Sachverhalt abzuklären.

Wie PLANCHEREL (1979) betont, passen die Transversalbrüche der Molasse und die von ihm beschriebenen Bruchzonen in den Préalpes vielleicht in das gleiche jungtertiäre kinematische Bild. In etwas abenteuerlicher Weise kann man sich vorstellen, dass die alpine Vorlanddeformation bis nach Nordeuropa fühlbar war, wo, wie P. ZIEGLER (1978, 1982) verschiedentlich betont hat, die Inversion von Grabensystemen mit alpiner Deformation in Zusammenhang gebracht werden könnte.

Vielleicht ist dann die sogenannte Konrad-Diskontinuität eine spätalpine Abscherungsfläche, die ganz Zentraleuropa unterlagert.

Die praktische Bedeutung von solch wilden Spekulationen ist, dass das Grundgebirge vermutlich viel mobiler und gestörter ist, als allgemein angenommen wird, was im Zusammenhang mit geothermalen und Grundwasserstudien sowie mit der Lagerung von Abfällen von Konsequenz sein könnte.

Zu Abwicklungsversuchen in den Alpen

Seit den Pionierarbeiten von SPENGLER in den Ostalpen (1953–1959) haben TRÜMPY (1969), FERRAZINI & SCHULER (1979) und FUNK in TRÜMPY (1980) Abwicklungen der helvetischen Decken der Schweiz publiziert. Ein Vergleich mit Abwicklungsversuchen in den kanadischen Rocky Mountains, die auf guter reflexionsseismischer Basis beruhen (BALLY et al. 1966 und PRICE 1981), zeigt, dass die Abwicklungsprobleme in den Alpen weit schwieriger und komplizierter sind. Dennoch scheint es mir, dass die Möglichkeiten nicht erschöpft sind und hier ein fruchtbares Arbeitsfeld für die Zukunft liegt. Folgendes ist wichtig:

- Die tektonische Abwicklung sollte in einem gesamtalpinen Rahmen gelöst werden, das heisst sowohl Ost- als auch Westalpen müssen einbezogen werden.
- Grossmaßstäbliche Profile mit einheitlicher Darstellung müssen neu konstruiert werden. Wenn möglich müssen solche Profile auf reflexionsseismischen Unterlagen beruhen.
- Da eine Abwicklung letzten Endes eine rekonstruierte tektonische Karte ist, muss sie sich auf eine tektonische Basis beziehen. Die neueste Tektonische Karte der Schweiz ist graphisch und inhaltlich wohl gelungen, aber dennoch vollkommen in der Tradition verwurzelt, die von R. STAUB (1924) so glänzend begonnen wurde. Für die Abwicklung der Zukunft müssen neuartige tektonische Karten entworfen werden, die gleichzeitig eine kinematische Bestandesaufnahme enthalten. Ich stelle mir eine Gruppe tektonischer Karten vor, bei der jedes Blatt das Endprodukt einer wichtigen Deformationsphase in der heutigen, d.h. nicht palinspastischen Verteilung zeigt. Es muss hier wiederholt werden, dass ein solches Kartenwerk den gesamten Alpenraum umfassen soll.
- Grossmaßstäbliche Profile und tektonische Karten, zusammen mit paläomagnetischen Messungen und gefügekundlichen Studien, sollten alle im Computer aufbewahrt werden, und die Abwicklung sollte mit Hilfe von Computergraphik ausgeführt werden, was ermöglichen wird, Alternativlösungen auszuprobieren.

Natürlich müssen für die stark deformierten internen Zonen der Alpen andere Rekonstruktionsmethoden und Kriterien gefunden werden als die für die Aussenzonen und den Jura üblichen Methoden.

- Eine neue Abwicklung wird dann auch als Basis für eine systematische stratigraphische Kartierung dienen.

Zusammenfassend scheint mir die Zeit reif, eine zweite Generation von Abwicklungsversuchen zu unternehmen, die mit Hilfe von Computergraphik leicht modifiziert werden können. Natürlich kann man sich fragen, ob ein solches Unterfangen schon anderweitig in Angriff genommen worden ist. Die Antwort auf diese Frage ist wahrscheinlich nein. In welchem Zusammenhang ich daran erinnern möchte, dass es mein Auftrag ist, euch das vorzugaukeln, was machbar erscheint, aber noch nicht gemacht wurde.

Gedanken zur paläogeographischen Entwicklung der Alpen

Das letzte Jahrzehnt hat im Gefolge der Plattentektonik und des Deep-Sea-Drilling-Programms wesentliche Umwandlungen in der paläogeographischen Deutung der Alpen gebracht. Es ist ein Bild von einem penninischen Ozean (Wallis und Piemont) entwickelt worden, der von zwei passiven Kontinentalrändern begrenzt ist und der im Westen durch die Briançonnais-Plattform in zwei Äste geteilt ist. Von einigen Autoren wird betont, dass der Ozean von Transformbrüchen dominiert ist (siehe BIJU-DUVAL et al. 1977, LAUBSCHER 1975, LAUBSCHER & BERNOULLI 1977, KELTS 1981 und TRÜMPY 1975 und 1976).

In stratigraphischen Studien wird dann auch betont, dass sowohl der nördliche als auch der südliche Kontinentalrand des Ozeans durch ein unter-/mitteljurassisches Riftstadium charakterisiert sind (siehe z.B. TRÜMPY 1980, BERNOULLI et al. 1979 und WINTERER & BOSELLINI 1981), das von einem oberjurassisch-unterkretazischen Subsidenzstadium gefolgt ist.

Die vorgeschlagenen Rekonstruktionen sind oft bestechend, aber man fragt sich, ob andere Phänomene, die häufig an passiven Kontinentalrändern auftreten, in den Alpen nicht voll erkannt sind. Im folgenden sollen einige Beispiele aufgezählt werden.

- Es ist auf die Möglichkeit hingewiesen worden, dass die unter-/mitteljurassischen Halbgräben von listrischen Brüchen begrenzt sind (BALLY et al. 1981), die innerhalb des Grundgebirges ausflachen. Es wäre interessant, im Kristallin der Südalpen und der Silvretta-Decke entsprechende Abscherungszonen zu finden.
- Einige Kontinentalränder wie zum Beispiel der Golf von Mexiko (BALLY 1981), Offshore Brasilien (PETROBRAS, in Vorbereitung) und Cabinda (BRICE et al., in Vorbereitung) zeigen eine auffallende Salzgleittektonik auf, die am Anfang der Subsidenzphase stattfindet. Man fragt sich, ob nicht die Divertikulationstektonik, die von LUGEON (1943) und BADOUX (1963) entwickelt wurde, während der Subsidenzphase des nordalpinen Kontinentalrandes stattfand und später passiv mitverfrachtet und deformiert wurde.
- Sedimentinterne listrische Abschiebungen innerhalb der Sedimente kommen ebenfalls häufig vor. Es dürfte im alpinen Fall schwer sein, Kriterien auszuarbei-

ten, die gestatten würden, zu beurteilen, ob eine beobachtete listrische Abschiebung ins Grundgebirge reicht oder nur an die Sedimente gebunden ist. Es wäre erfreulich, eine bessere Dokumentation der vermutlich auf die Sedimente beschränkten listrischen Abschiebungen in den Alpen zu erhalten.

- An einigen Orten sind auch Verschuppungen an passiven Kontinentalrändern beobachtet worden, die im Detail nur schwer von den bekannten Verschuppungen der Subduktionszonen zu unterscheiden sind. Zusammen mit dem Umstand, dass Turbidite an passiven Kontinentalrändern weit verbreitet sind, fragt man sich, wieweit Ablagerung und Deformation der älteren Flyschserien vor der eigentlichen alpinen Deformation an einem passiven Kontinentalrand stattfanden.

In Kürze, man gewinnt den Eindruck, dass das Studium von seismischen Linien an passiven Kontinentalrändern Phänomene aufzeigt, die nach einer alpinen Deformation vielleicht nicht mehr ohne weiteres als typische Strukturen eines passiven Kontinentalrands zu nennen sind.

Zum orogenen Fahrplan

R. TRÜMPY (1973, 1980) veröffentlichte den letzten alpinen Fahrplan mit gebührenden Warnungen gegen Missbrauch. Natürlich wäre es beglückend, einen solchen Fahrplan mit einem plattentektonischen Fahrplan in Zusammenhang zu bringen. Ein solcher ist implizit im Diagramm von BIJU-DUVAL et al. (1975) enthalten, wobei allerdings der Zusammenhang Afrikas mit dem «Promontoire» der Adria nicht klar ist.

Zunächst scheinen sich die meisten Autoren einig zu sein, dass nach der unter-/mitteljurassischen Riftphase sich der penninische Ozean öffnete, während Afrika in linkslateralem Sinn an Europa vorbeiglimmt. Dann setzt ein neues tektonisches Regime an der Unter-/Oberkreidegrenze ein (100 m.y.), nochmals ein anderes Regime herrscht zwischen 72 und 48 m.y., d.h. zwischen Campanian und Mitteleozän, während vom Obereozän bis heute plattentektonisch ein S-N orientiertes Regime dominiert. Das Auflösungsvermögen des plattentektonischen Fahrplans ist vorderhand wohl viel ungenauer als TRÜMPYS alpiner Fahrplan. Man muss sich aber doch fragen, wie der alpine Fahrplan plattentektonisch zu interpretieren ist, wobei zur Frage steht, ob eine «Orogenese» kurzfristig ist oder, vielleicht mit ungleichen Deformationsraten, kontinuierlich vor sich geht. Selber habe ich den Eindruck, dass viele der sogenannten orogenen Phasen den Abschluss eines plattentektonischen Regimes markieren; mit anderen Worten, dass der Deformationsprozess während eines plattentektonischen Regimes kontinuierlich vor sich geht und dass die sogenannte Phase (oder Diskordanz) einfach den Übergang zu einem neuen Regime markiert.

So betrachtet wäre die Subsidenz der Flysch- und Molassebecken der beste Anzeiger des kontinuierlichen Faltungsprozesses.

Ganz gleich wie man aber argumentiert, benötigt man einfach mehr Information, um das, was man nicht versteht, besser zu umschreiben. So wäre es auch in diesem Zusammenhang wünschenswert, auf grossmaßstäblichen Profilen und Kar-

ten die Verteilung der verschiedenen Phasen zu zeigen, wobei es von besonderer Wichtigkeit wäre, die Dokumentation der chronologischen Eingabelung zu geben. Nur dann liesse es sich ermessen, ob eine «Phase» in einem orogenen Bereich kontinuierlich von einer anderen Phase in einem benachbarten Bereich abgelöst werden könnte.

Mit anderen Worten scheint mir die Zeit reif, eine ausführliche Dokumentation der Eingabelung und geographischen Verteilung von gebirgsbildenden Ereignissen zu unternehmen, um diese dann mit hoffentlich präziser werdenden plattentektonischen Rekonstruktionen zu vergleichen.

Die jungtertiäre Tektonik der Alpen

Die Hebungsgeschichte der Alpen ist von mehreren Autoren beschrieben worden (für eine neue Zusammenfassung siehe WERNER 1981), wobei starke Hebungsgeschwindigkeiten von etwa 2 mm im Jahr im Intervall von 40 bis 20 m postuliert werden (d.h. vom Priabonian bis zum Aquitanian), eine kurze Ruheperiode, die bis zum Ende des Burdigalian (rund 15 m.y.) dauert und dann mässige Hebung von ungefähr 0,5 mm im Jahr, die bis heute andauert. Von besonderem Interesse scheint es mir, zu versuchen, die neogen-holozäne Hebungsgeschichte mit der gleichzeitigen Tektonik in Einklang zu bringen.

Einmal mehr sollte man die kinematische Abfolge in einem gesamtalpinen Zusammenhang betrachten können, was in diesem Fall auch die Entwicklung der benachbarten Becken in sich schliessen würde (Rhein-, Bresse- und Rhonegraben; das alpine Molassebecken, das Wiener und das Pannonische Becken sowie das Po-Becken). Es ergibt sich daraus ein Bild von Zerrungs- und Transversaltektonik in den genannten Grabensystemen und auch in den epialpinen Wiener und Pannonischen Becken, während das Molassebecken und das Po-Becken typische Vortiefen sind, deren Subsidenz durch Belastung von Überschiebungsdecken verursacht ist, wie dies so überzeugend von BEAUMONT (1981, 1982) modelliert wurde.

Im Detail ist die chronologische Eingabelung der Deformation nicht ganz so klar. Ein guter Ausgangspunkt sind die herrlichen seismischen Profile der AGIP (PIERI & GROPPi 1981; PIERI, in Vorbereitung). Am Alpensüdrand sind südgerichtete Falten und Überschiebungen als spät-/mittelmiozän eingegabelt, und spätere Deformation erscheint gering, was nicht ausschliesst, dass ebenfalls südlich vergierende Strukturen in den angrenzenden Südalpen früher (etwa während des Oligozäns) geformt wurden. Wie dem auch sei, die Verkürzung ist beachtlich und kann mit der von LAUBSCHER (1974) geforderten S-E gerichteten Überschiebung des westlichen Abschnittes der Insubrischen Linie in Einklang gebracht werden. Nur eine sorgfältige Abwicklung der Südalpen, die wahrscheinlich gegen Osten zunehmende Verkürzungsbeträge aufzeigen, wird erlauben, genauere Aussagen zu machen. Eine Hauptfrage betrifft dann die relative kinematische Beziehung zwischen den Bewegungen der Insubrischen Linie und dem südalpinen Décollement-System.

Von Interesse ist auch der Südrand der Po-Ebene, der auf Reflexionsprofilen nordvergente Falten und Überschiebungen aufzeigt, die wohl im Obermiozän begannen, aber durch das ganze Pliozän aktiv waren.

Am Alpennordrand scheint die Deformation des Juras auch an der Mio-/Pliozängrenze vor sich gegangen zu sein. Die Steilstellung des Nordrands der subalpinen Molasse und vielleicht auch die Ruchi-Phase des Helvetikums (MILNES & PFIFFNER 1980) finden auch ungefähr zur gleichen Zeit statt. Somit erscheinen die Alpen am Ende des Miozäns als ein zweiseitig unterschobener Keil, der sich langsam hochhebt (siehe LAUBSCHER 1974). Man fragt sich darum, ob es nicht im Innern der Alpen tektonische Deformationen gibt, die das kinematische Bild vervollständigen könnten, so wie etwa die Ruschelzonen, die schon vor Jahren aus dem Tessin beschrieben wurden (z. B. ZAWADYNSKI 1952). In diesem Zusammenhang fallen mir besonders die Rotationsstrukturen ein, die schon von BOESCH (1937) im Schweizerischen Nationalpark auf Profilen dargestellt wurden (siehe auch KARAGOUNIS 1962). Es ist verführerisch, diese Strukturen mit den listrischen Strukturen des amerikanischen Westens zu vergleichen (für eine Übersicht siehe BALLY et al. 1981). Ähnliche Strukturen erkennt man in Mittelbünden, die schon vor Jahren in der älteren geologischen Literatur von CADISCH et al. (1919) als «Untervorschiebungen» beschrieben worden sind. Der Verdacht liegt nahe, dass es sich hier um komplexe spätalpine listrische Abschiebungen handelt. Wenn dem so wäre, würde man gerne sehen, ob die Abscherungsflächen nicht Teil eines komplexen Systems sind, das mit Transversalbruchsystemen wie der Engadiner Linie und der Judicaria-Linie in Zusammenhang gebracht werden kann.

Zusammenfassend scheint es mir wichtig, einen präziseren kinematischen Überblick über die spätalpine Hebungsgeschichte zu bekommen. Der fortgeschrittene Stand der Forschung und die gute Zugänglichkeit der Alpen sollten es ermöglichen, ein gut dokumentiertes Bild der Hebungskinetik zu erhalten, das als Modell für andere Gebirge dienen könnte.

Zur Zukunft der Erdwissenschaften

Die vergangenen Jahrzehnte haben in den Erdwissenschaften grosse Fortschritte gebracht. Die geochemische und geophysikalische Instrumentation ist hochentwickelt worden, und neue Erkenntnisse wurden in vielen Spezialgebieten gewonnen, wobei vor allem die Plattentektonik dominierte. Es wurde von einer Revolution der Erdwissenschaften gesprochen, der jetzt eine Zeit der Besinnung und des Aufputzens folgen sollte (KUHN 1962; COX 1973).

Wenn sich Wissenschaftler selber Revolutionäres zuschreiben, deutet das wohl ein volles Mass von Überheblichkeit an; zudem widerstrebt es mir, jetzt jungen Geologen mit Pomp zu erklären, dass die «Revolution» schon über 10 Jahre vorbei sei und die Jungen jetzt nur noch aufputzen könnten. Ich selber war ja nicht dabei, meine Zürcher Erziehung war wohl mobilistisch, aber an der Columbia University durfte ich unter der Anleitung von Walter Bucher und Maurice Ewing lernen, dass Kontinentaldrift ein Unsinn sei und dass ich mich fixistisch umstellen solle. Während der Revolution selber war ich eifrig am Ölsuchen, und nur ein ausgedehnter «osmotischer» Prozess überzeugte mich mit der Zeit davon, dass die Plattentektonik eigentlich sehr elegant und bestechend ist.

So liegt mir die Idee von wissenschaftlichen Revolutionen, die lange Schlummerperioden unterbrechen, nicht so sehr, und ich ziehe es vor, anzunehmen, dass

Inhalt und Fortschritt in den Erdwissenschaften sich mehr oder weniger kontinuierlich ändern. Die Veränderungen selber werden ja meist von den jüngeren Generationen vollbracht. Wir von der älteren Generation sollten nur keine unnötigen Hindernisse aufwerfen und Produktives fördern. Sprüche, die bekennen, dass es nichts Neues unter der Sonne gibt, oder ein «wie ich schon vor zwanzig Jahren sagte» sind peinlich und tragen nicht zum Fortschritt bei. Es ist ja immer so leicht, zu begründen, warum eine Idee oder ein Projekt nicht ausgeführt werden sollten, anstatt sich mit der weit abenteuerlicheren Ausführung selbst zu befassen.

Es scheint mir, dass die Erdwissenschaftler im allgemeinen bis jetzt wenig Erfolg hatten, den Zweck ihrer Aktivitäten einem weiteren Publikum verständlich zu machen. Allerdings wurden gerade in der Schweiz gute Anfänge gemacht, wie die schon erwähnten Beispiele von Geologie an Kantonsschulen oder etwa die Rolle von Albert Heim am Rigiwasserprozess zeigen. Ich bin überzeugt, dass es auch heute in der Schweiz viele gute Beispiele der Zusammenarbeit mit der Öffentlichkeit gibt. Andererseits habe ich aber oft die Erfahrung gemacht, dass Erdwissenschaftler es oft versäumen, die Grenzen ihres Unwissens zu umschreiben, weil es ja so viel schwerer ist, das zu beschreiben, was man nicht versteht, aber eigentlich verstehen möchte. So werden dem Publikum oft sogenannte Prognosen über die Grenzen von zugänglichen Rohstoffen oder sogenannte «Lösungen» von Problemen des Untergrundhaushalts aufgetischt, die in vielen Fällen auf einem oft unzugänglichen oder, wenn zugänglichen, oft schwerverständlichen geologischen Tatsachenmaterial beruhen.

Man kann wohl sagen, dass die meisten Zivilisationen, d. h. das Publikum, sich auf Sedimentärbecken niedergelassen haben und dass der Grossteil der Umweltprobleme den Untergrund, die Porosität, Permeabilität und Porenflüssigkeiten betrifft. Hierin inbegriffen wären die Exploration nach fossilen Brennstofflagerstätten, andere Mineralrohstoffvorkommen, aber hauptsächlich die Probleme der Verteilung, Hydrodynamik und Geochemie von Grundwasservorräten. Es wird sicher auch eine Hauptaufgabe der Zukunft sein, die Toleranz des Untergrundes für radioaktive, chemische und andere toxische Abfälle zu erforschen.

Heute ist der Fall aber so gelagert, dass viele akademische Geologen sich hauptsächlich mit Oberflächengeologie abgeben. Im scharfen Gegensatz dazu haben aber die Probleme der angewandten Geologie mehr und mehr mit der Geologie des Untergrundes zu tun. Hydrologen, Erdölgeologen und Geophysiker haben sich schon seit Jahren vorzugsweise mit der Kartierung des Untergrundes abgegeben, wobei die moderne Reflexionsseismik bei weitem die beste Kartierungsmethode anbot. Da die Methode von der Petroleumindustrie entwickelt wurde, sind Resultate zum grossen Teil der Allgemeinheit nicht zugänglich, und Regierungs- und akademische Institutionen, abgeschreckt von den hohen Kosten der Methode, haben sich nicht dafür eingesetzt, reflexionsseismischer Kartierung und Forschung die gebührende hohe Priorität einzuräumen – ein Thema, auf das ich später zurückkommen werde.

Weiterhin sehe ich für die Zukunft die Entwicklung einer neuen Subdisziplin voraus: nämlich die Analyse von geologischen Systemen, die sich mit den Zusammenhängen zwischen Exploration, Verteilung von Bodenschätzen, Energierohstoffen, Wasser und nochmals Wasser in einer politisch unstabilen Welt abgibt. Direkt

damit verbunden sind die Probleme des Grundwasserhaushalts und der Untergrundlagerung von radioaktiven, chemischen und anderen toxischen Abfällen.

Nur eine systematische Kartierung der Sedimentärbecken wird zu besserem Verständnis führen. Moderne stratigraphische Geophysik, die auf Reflexionsseismik beruht, wird ein primärer Forschungsbereich werden, der voll mit den Erfahrungen traditioneller Stratigraphie und Hydrologie integriert werden muss.

Die Reichweite der Analyse von geologischen Systemen ist so gross, dass nur die Zusammenarbeit von Geologen, Hydrologen und Geophysikern zu erfolgreichen Lösungen führen kann. Deshalb werden Erziehungs- und Forschungsorganisationen darauf hinzielen müssen, solche integrierte Forschungsgemeinschaften zu begünstigen; dies im Gegensatz zu einer Tradition, in welcher einzelne Forscher sich jeweils ihre eigenen Ziele stecken. Die Ozeanographen haben diese Notwendigkeit schon seit Jahren erkannt und Vertreter der verschiedenen Disziplinen als ozeanographische Teams organisiert. Die Erdwissenschaftler auf dem Land sträuben sich hingegen oft, in permanenten Teams von verschiedenen Spezialisten zu arbeiten. Immerhin haben wir erfreuliche Anfänge in der Schweiz im Rahmen der geodynamischen Traversen gesehen (z. B. RYBACH et al. 1981).

Zur Rolle der Reflexionsseismik

Akademische und staatliche erdwissenschaftliche Lehr- und Forschungsinstitutionen haben die Entwicklung moderner Labor- und Feldinstrumentation aggressiv gefördert und damit beachtenswerte Forschungsergebnisse gewonnen. Erfolgreiche Beispiele aus der Schweiz sind von R. Trümpy schon erwähnt worden.

Eine bedeutende Ausnahme war die Reflexionsseismik, eine sehr kostspielige Methode, die von der Erdölindustrie noch heute intensiv weiterentwickelt wird. Nach so vielen Jahren sind wir heute in der bedauerlichen Lage, dass die Erdölindustrie eine massive Informationsgrundlage über den geologischen Untergrund grosser Gebiete der Welt hat, aber zu wenig Personal, um die Information voll auszuwerten, weshalb sie sich dann meistens auf prospektive Anomalien konzentriert. Auf der anderen Seite haben akademische Institutionen oft das Personal (in der Form von Studenten) und das Interesse, reflexionsseismische Profile gründlich auszuwerten und zu publizieren, aber diese Institutionen haben keinen Zugang zu den Rohdaten.

Selbstverständlich liegt das Hauptproblem in der Vertraulichkeit der Information, die eine hart konkurrierende Industrie benötigt. Eine allseitig befriedigende Lösung ist schwer zu finden. Es geht einfach nicht an, der Ölindustrie hinterher das abzustreiten, was ihr rechtlich zugesagt wurde und eine der Voraussetzungen ihrer kommerziellen Forschungsbemühungen ist. Leider haben ja die schweizerischen Behörden es nicht verstanden, im Rahmen der Konzessionsverhandlungen auszubedingen, dass nach gebührender mehrjähriger Frist Reflexionsprofile zusammen mit anderer Untergrundinformation so wie etwa Bohrkerne, Logs usw. in ein öffentliches Archiv zu hinterlegen seien. In Australien und in einigen Teilen Kanadas und in anderen Ländern ist dies schon seit einigen Jahren Praxis.

Es gibt Möglichkeiten zu Teillösungen. So habe ich diesen Sommer erlebt, dass die Industrie sehr freizügig Profile zur Publikation zur Verfügung stellt. In jedem

Fall ging es darum, Kollegen in der Industrie die Möglichkeit zu geben, Reflexionsprofile selber zu publizieren, lesbare Reproduktion zu gewährleisten und zeitraubende Redaktionskritik einzuschränken. In einigen Fällen muss eine generische Ortsangabe genügen, was aber für regionalgeologische Probleme oft zureichend ist.

In anderen Fällen sollte es auch möglich sein, vor allem im Zusammenhang mit regionalen Studien Zugang zur Information zu erhalten, ohne dass eine Publikation a priori zugesichert ist, wobei dann typische Profile später freigegeben werden können. Solche Teillösungen sind erfreulich und wünschenswert, gehen aber kaum an den Kern der Sache. Wir stehen vor einem Fall, wo akademische Institutionen minimal zur Methodik beigetragen haben und von der Industrie einfach vollkommen überrundet wurden. Die Folge ist dann eine Lage, in der eine sehr teure Kartierungsmethode, die für das öffentliche und wissenschaftliche Verständnis des Untergrundes auf die Dauer unerlässlich sein wird, anderen erdwissenschaftlichen Gruppen ausserhalb der Industrie praktisch nicht zugänglich ist. Die oben beschriebenen Probleme des Untergrundhaushalts sind öffentliche Probleme und können auf die Dauer nicht unter Ausschluss der Öffentlichkeit gelöst werden. Ausserdem wird es aber auch in Zusammenhang mit der Grundlagenforschung (Krustenprofile, Profile durch Erdbebengebiete und vor allem regionale Profile) nötig sein, dass die Reflexionsseismik weiten Kreisen der Erdwissenschaften in der Schweiz zugänglich gemacht wird.

Ich möchte vorschlagen, dass die Schweiz ein zehnjähriges reflexionsseismisches Programm unternimmt, in das alle relevanten geologischen und andere geophysikalische Beobachtungen integriert werden. Die Kosten für ein solches Programm sind ausserordentlich hoch (in der Grössenordnung von 4 Millionen Franken im Jahr), und es bestehen kaum Zweifel darüber, dass die Kosten für ein solches Programm letzten Endes nur vom Bund, d.h. vom Publikum, aufgebracht werden können. Somit wird es im gegenwärtigen Klima schrumpfender Forschungsgelder eine wichtige und sicher schwere Aufgabe der Schweizer Erdwissenschaftler sein, die Behörden zu überzeugen, dass auf lange Sicht das vorgeschlagene Programm eine ausserordentlich hohe Priorität hat.

Selbstverständlich ist, dass ein Programm von dieser Grössenordnung mit gebührender Ankurbelungszeit schrittweise eingeführt wird. Anfänglich sollten nur ein paar regionale Profile in Angriff genommen werden, die mit der modernsten Technologie ausgeführt werden und an existierende Tiefbohrungen anschliessen sollten. Später kann das Programm dann ausgebaut werden.

Kollegen in der Industrie werden natürlich sagen, dass solche Profile oder Teile davon schon vorhanden sind. Es muss aber immer wieder betont werden, dass solche Profile wenig nützen, wenn sie nicht veröffentlicht werden können. Man kann ausserdem auch annehmen, dass ein grosser Teil der Profile zu einem Zeitpunkt gemacht wurde, an dem die Industrie noch nicht Zugang zu den modernsten reflexionsseismischen Methoden hatte. Wenn mich meine Erfahrung nicht täuscht, wird die Industrie mit dem vorgeschlagenen Programm grosszügig zusammenarbeiten, wenn es einmal klar ist, dass das Programm bewilligt und finanziert wird.

Ein Geo-Landesdienst der Schweiz

Vor fast 10 Jahren ist von NABHOLZ & SPICHER (1973) ausführlich über eine vorgeschlagene Reorganisation der geologischen Landesuntersuchung berichtet worden. Der Gedanke und die Begründung des Vorschlags waren vorzüglich; nur ist offenbar nichts daraus geworden! Die Idee ist dann in neuerer Zeit im Zusammenhang mit Atommülldiskussionen und Grossbauten von öffentlichem Interesse wiederaufgenommen worden, wobei vielfach richtig betont wurde, dass nur eine von der Industrie unabhängige Regierungsinstanz in Sachen des Untergrundhaushalts ein für die Allgemeinheit glaubwürdiges Forschungsprogramm entwickeln könne. Mit anderen Worten: Ein Geo-Landesdienst würde die Möglichkeit von Interessenkonflikten reduzieren.

Wie schon NABHOLZ & SPICHER betonten, gibt es kaum Zweifel darüber, dass die Geologische, die Geotechnische, die Geophysikalische und die Hydrologische Kommission der Schweiz Beachtliches geleistet haben. Dabei kann ich allerdings nicht die Statistik, die sich aus dem letzten Katalog ergibt, übergehen: Der Geologische Atlas hat etwa 280 Blätter; von rund 80 publizierten oder demnächst zu publizierenden Blättern sind 25 vergriffen, das macht seit 1930 zum Verkauf so ungefähr anderthalb Blatt im Jahr oder 1,1 Blatt im Jahr, wenn man die vergriffenen Blätter einrechnet; es kommt noch dazu, dass mit sechs Ausnahmen alle Spezialkarten vergriffen sind. Bei dem bisherigen Tempo wird der Atlas wohl kaum vor der nächsten Zentenarfeier unserer Gesellschaft bereitgestellt sein! Aus persönlicher Erfahrung kann ich berichten, dass die Publikationen der Kommission für Nichteingeweihte nur schwer erhältlich sind, da sie, wenn nicht schon vergriffen, beim Kommissionsverlag selbst und in anderen Buchläden nicht zur direkten öffentlichen Einsicht vorliegen. Werte Kollegen, wie stellt Ihr Euch vor, bei einem breiten Publikum Verständnis für die Erdwissenschaften zu erhalten, wenn die an sich leichtverständliche und graphisch oft attraktive Dokumentation der Geologie so schwer zugänglich ist?

Zurück zur Frage des Landesdienstes. Soviel ich weiss, ist die Schweiz das einzige Industrieland der Welt, das keinen vollamtlichen Landesdienst hat. Nur einige wenige Entwicklungsländer in Afrika haben ebenfalls keinen Landesdienst. Es ist deshalb wohl berechtigt, sich zu fragen, ob die erdwissenschaftlichen Kommissionen, die bis jetzt recht funktionierten, wohl auch für die Zukunft genügen werden.

Die fortschreitende industrielle Entwicklung der Schweiz wird nicht nur die weitgehende Rationalisierung der Industrie selbst erfordern, sondern auch eine Rationalisierung des hydrologischen Haushalts und des Untergrundhaushalts im allgemeinen mit sich bringen.

Umwelterwägungen, vor allem auch hydrologischer, geophysikalischer und geologischer Art, werden die Grenzen für die weitere Wirtschaftsentwicklung der Schweiz setzen. Auf der einen Seite werden Wasserreserven, auf der anderen Seite wird die Versorgung von nuklearen, chemischen und anderen toxischen Abfällen immer kritischer werden. Eines Tages wird das Publikum ein zulängliches Bild über die Untergrundverhältnisse des Landes verlangen, um sich eine fundierte Meinung zu bilden. Auch in diesem Zusammenhang wird die Notwendigkeit systematischer

reflexionsseismischer Kartierung offensichtlich. Zugegebenermassen wird diese Notwendigkeit heute noch in keinem der anderen fortgeschrittenen Industrieländer erkannt, was natürlich der Schweiz eine einzigartige Gelegenheit gibt, Neues zu unternehmen und auf dem Gebiet der rationalen Untergrundplanung eine führende Stellung einzunehmen. Auf solcher Basis könnte sich dann auch eine fruchtbare Zusammenarbeit mit anderen Ländern entwickeln, die oft darauf beruht, dass man im einen Gebiet führend ist.

Wohl die beste Rechtfertigung für einen Geo-Landesdienst ist im Entwurf für die neue Bundesverfassung vom Jahr 1977 gegeben. Im ersten Teil schon, den die Expertenkommission als «programmatische Staatszielbestimmung» beschreibt, finden wir im Art. 2.5: «Der Staat schützt die Umwelt und schafft eine zweckmässige Raumordnung.» Im Vorschlag wird die Hauptverantwortung für Umweltfragen primär den Kantonen überlassen, wobei der Bund die Hauptverantwortung für Wirtschaftsordnung und -politik, Energiepolitik und Landesplanung hat. Im wesentlichen formuliert der neue Verfassungsvorschlag die bestehende und geplante Ordnung, und es ist klar, dass die Verantwortung für Umweltfragen in Wirklichkeit vom Bund mit den Kantonen geteilt werden soll. Wichtig ist es, zu begreifen, dass die Fragen des Gewässerschutzes und des Schutzes des Untergrundes nur in einem erdwissenschaftlich integrierten gesamtschweizerischen Zusammenhang gelöst werden können. Es folgt daraus, dass die erdwissenschaftlichen Grundlagen für eine vernünftige Umweltpolitik wohl am besten von einem dem Bund unterstehenden Geo-Landesdienst beschafft werden können.

Da die Schweiz nicht mit den Traditionen der Landesdienste anderer Länder belastet ist, hat sie eine einmalige Gelegenheit, einen supermodernen Geo-Landesdienst einzurichten. Neben der Organisation der traditionellen geologischen Kartierung sollte ein moderner Landesdienst hauptsächlich ein geologisch-hydrologisch-geophysikalisches Unternehmen sein. Schliesslich muss der Landesdienst als Archiv für erdwissenschaftliche Beobachtungen und Materialien dienen, die im Zusammenhang mit Strassen- und Tunnelbau, Bohrungen und anderen Projekten in der Schweiz gewonnen wurden. Mit der Zeit und einmal solid etabliert, könnte der Geo-Landesdienst, wie es in vielen andern Industrieländern der Fall ist, zur Entwicklungshilfe beitragen.

Ein Geo-Landesdienst in der Schweiz wird ohne Zweifel auch seine Probleme haben. Zuerst braucht es offensichtlich viel Geduld und Zeit, um die Behörden von der Notwendigkeit einer neuen Institution zu überzeugen. Man wird hören, dass die heutigen Kommissionen und andere Bundesanstalten über die Jahre gut gedient haben und schweizerischer Tradition und Eigenart entsprechen. Man wird die Notwendigkeit ausgedehnter geophysikalischer, vor allem reflexionsseismischer Aufnahmen anzweifeln. Letztlich wird betont werden, dass in finanziell schwierigen Zeiten neue Bundesaussgaben unerwünscht sind. All dies scheint mir nicht stichhaltig und erst recht Grund zu sein, das Problem eines Geo-Landesdienstes einmal mehr aufzugreifen und beharrlich an der Idee weiterzuarbeiten. Letzten Endes ist ja eine rationale Umweltplanung auch eine Art Landesverteidigung!

Zwei Schwierigkeiten, die in Geo-Landesdiensten anderer Länder gerne auftauchen, müssen vielleicht speziell erwähnt werden. Regierungsdienste gewinnen oft eigenmächtig-selbstherrliche bürokratische Allüren. Bevor man sich recht umsehen

kann, denken die Geologen des «Dienstes», genau zu wissen, was dem Publikum guttun soll. Dies hat dann zur Folge, dass zahllose neue Projekte erfunden werden, die dann auch selbstverständlich immer mehr Geld kosten. Es ist deshalb wichtig, dass ein Landesdienst ein gewisses Mass externer Aufsicht hat, eine Funktion, die in der Schweiz von den schon existierenden Kommissionen übernommen werden könnte. Eine Aufsicht mit beratender Funktion wäre besonders nützlich, um die Koordination mit anderen erdwissenschaftlichen Institutionen zu fördern.

Letztlich, und dies ist sehr wichtig, soll der Geo-Landesdienst nicht die Funktion der akademischen Grundlagenforschung übernehmen. Auch dies erfordert vernünftige Koordination. Wenn immer möglich sollen vom Landesdienst erwünschte Grundlagenforschungsprobleme akademischen Institutionen oder in gewissen Fällen der Industrie übergeben werden. Die Existenz eines Landesdienstes soll unter keinen Umständen zum Vorwand werden, um akademische Grundlagenforschungsgelder einzuschränken. Mit anderen Worten soll die Finanzierung eines Geo-Landesdienstes nicht mit existierenden Forschungsgeldern ermöglicht werden.

Mein Vorschlag ist wohl kaum neu, aber vielleicht ist die Zeit reif, die Diskussion wieder aufzugreifen.

Zum Zusammenschluss der erdwissenschaftlichen Gesellschaften

Der Überseer ist immer wieder erstaunt, die internationale und thematische Fraktionierung der Erdwissenschaften in Europa und auch in der Schweiz zu sehen. Dabei geht es nicht darum, die selbständige und historisch bedingte Eigenart der verschiedenen Gesellschaften zu ändern. Eine solche Vielfalt hat ja, wie auch in Amerika, den nicht hoch genug einzuschätzenden Wert, monolithisch-autoritäre Strukturen zu verhindern.

Mein Kommentar reduziert sich einfach auf zwei Wünsche. Erstens würde ich vorschlagen, dass die Mitgliedschaft der Geologischen Gesellschaft, unter Bezahlung eines entsprechenden Zuschlags, es erlauben würde, auch die Publikationen der Mineralogisch-Petrographischen Gesellschaft zu erhalten. Für ausländische berufliche Vereinsmitglieder wie mich würde ein solches Verfahren vieles vereinfachen. Wer weiss, vielleicht würde dieser Schritt auch eines Tages zum Zusammenschluss der beiden Gesellschaften führen.

Zweitens würde ich vorschlagen, dass die Schweizerische Geologische Gesellschaft die Initiative ergreifen würde, regelmässig einmal im Jahr ein Heft zu publizieren, das ausschliesslich alpiner Forschung gewidmet ist und das Kollegen in den Nachbarländern und im Ausland die Möglichkeit geben würde, den Fortschritt alpiner Geologie in allen Alpenländern zusammenhängend zu publizieren und zu verfolgen. Veröffentlichung in der Schweiz würde eine vielsprachige Publikation rechtfertigen (wie die *Eclogae* in Italienisch, Französisch, Deutsch und Englisch). Es wäre auch gut, Zusammenfassungen und die Anschrift von Illustrationen in der Ursprungssprache und in Englisch zu haben. Mitglieder der geologischen Gesellschaften der alpinen Nachbarländer könnten gegen entsprechende Entgeltung die Publikation im Rahmen ihrer Mitgliedschaft erhalten. Es wäre schade, wenn eine solche Publikation nicht von unserer Geologischen Gesellschaft ausginge und statt dessen die Idee von einem kommerziellen Verlag zu Wucherpreisen übernommen würde.

Entwicklungshilfe und junge Geologen

Es ist üblich, an Jubiläumsfestlichkeiten nach dem Kränzewinden, der Introspektion und dem Freudebekenntnis, dass man wieder einmal davongekommen ist, die jüngere Generation gönnerhaft zu begrüßen. Das Gönnerhafte liegt mir nicht; ich selbst und meine Zeitgenossen haben ja das Glück gehabt, in für die Erdwissenschaften spannende Zeiten hineinzufallen. Ich nehme an, dass wir vieles falsch gemacht haben und, weit schlimmer, vieles einfach unterlassen haben.

Als Besucher in der Schweiz und Leser der Zürcher Institutsnachrichten gewinnt man den Eindruck von einem allgemeinen Malaise der jungen Generationen. Auf der anderen Seite scheint es jedoch vielen in der schönen Schweiz so wohl zu sein, dass sie etwas die Abenteuerlust, ins Ausland zu ziehen, verloren haben. Zu meiner Zeit beschrieb mir mein Lehrer Wolfgang Leupold mit weisem Humor, dass es für mich seelisch nicht gewinnlich sei, in der Schweiz zu bleiben und abwartenderweise «vor dem Loch» zu sitzen, bis eine akademische Position frei werde. Seine Idee war, dass man wenigstens einige Jahre im Ausland tätig sein sollte. In der Zwischenzeit kamen einige von uns wieder zurück, während andere, wie ich selber, mehr oder weniger permanent im Ausland Wurzeln schlugen.

Ich glaube, dass der Rat an junge Schweizer Erdwissenschaftler, ins Ausland zu ziehen, heute noch so gut ist, wie er vor dreissig Jahren war. Ich nehme an, dass es heute nicht mehr so einfach ist, im Ausland eine Stelle zu finden. Aber versuchen sollte man es doch!

Ganz besonders muss an dieser Stelle auf die Entwicklungshilfe hingewiesen werden. Im Rahmen des «International Geological Correlation Program» erlebe ich einmal im Jahr, wie weit die Ziele der Geologen der Entwicklungsländer von unseren Zielen abweichen. Während wir gerne auf Qualitätswissenschaft an der Forschungsfront insistieren, erinnern uns unsere Kollegen aus den Entwicklungsländern daran, dass ihre Probleme viel direkter und einfacher sind. Das Finden von Grundwasserreserven ist oft eine Überlebensfrage, das Finden von ökonomischen Bodenschätzen ist der letzte Hoffnungsstrahl in einer unstablen Existenz, die Schulung von einheimischen Erdwissenschaftlern ist kritisch, um eine minimale Grundlage für die Exploration zu schaffen.

Plötzlich erscheinen Probleme der Grundlagenforschung, die Fragen der Plattentektonik nicht mehr so wichtig, wenn man sich bewusst wird, dass ein grosser Teil der Welt sich mit einfachen Überlebensfragen abgeben muss. Die Schweiz hat kein sichtbares Profil in der Entwicklungshilfe, obschon es wohl sonnenklar sein sollte, dass wir alle nur noch in einem globalen Zusammenhang werden überleben können. Junge Schweizer Erdwissenschaftler könnten wahrscheinlich in Entwicklungsländern Bedeutendes beitragen, und es ist zu hoffen, dass die Schweizer Entwicklungshilfe der kommenden Jahre erdwissenschaftliche Missionen freizügig unterstützen wird.

Zum Abschluss verzeiht mir, wenn ich Harsches gesagt habe, verzeiht mir auch, wenn ich mangels genügender Information vielleicht danebengezielt habe, und nehmt meinen Dank an für die Einladung, die Jahrhundertfeier unserer Geologischen Gesellschaft mit Euch zusammen zu feiern.

LITERATURVERZEICHNIS

- BACHMANN, G.H., & MÜLLER, M. (1981): Geologie der Tiefbohrung Vorderriss I. – *Geologica bavar.* 81, 17–53.
- BADOUX, H. (1963): Les unités ultrahelvétiques de la zone des cols. – *Eclogae geol. Helv.* 56/1, 1–13.
- BALLY, A.W. (1981): Thoughts on the tectonics of folded belts. In: McCCLAY, K.R., & PRICE, N. (Ed.): *Thrust and Nappe Tectonics.* – *Spec. Publ. geol. Soc. London* 9, 13–32.
- BALLY, A.W., BERNOULLI, D., DAVIS, G.A., & MONTADERT, L. (1981): Listric normal faults. – *Oceanologica Acta, Proc. int. geol. Congr., Geology of continental margins*, S. 87–102.
- BALLY, A.W., GORDY, P.L., & STEWART, G. (1966): Structure, seismic data, and orogenic evolution of the Southern Canadian Rocky Mountains. – *Bull. canad. Petroleum Geol.* 14, 337–381.
- BEAUMONT, C. (1981): Foreland Basins. – *Geophys. J. r. astron. Soc.* 65, 291–329.
- BEAUMONT, C., KEEN, C.E., & BOUTILIER, R. (1982): A comparison of foreland and rift margin sedimentary basins. – *Phil. Trans. r. Soc. London*, S. 295–317.
- BERNOULLI, D. (1981): Ancient continental margins of the Tethyan ocean. In: *Geology of Passive Continental Margins.* – *Educ. Course Note Ser. amer. Assoc. Petroleum Geol.* 19, 5/1–5/36.
- BERNOULLI, D., & LEMOINE, M. (1980): Birth and early evolution of the Tethys: the overall situation. – *Colloq. 26th Int. geol. Congr. (Paris) C5*, 168–179.
- BERNOULLI, D., KÄLIN, O., & PATACCA, E. (1979): A sunken continental margin of the oceanic Tethys: the northern and central Apennines. – *Publ. spéc. Assoc. Sedimentol. franç.* 1, 197–210.
- BERNOULLI, D., CARON, C., HOMEWOOD, P., KÄLIN, O., & VAN STUYVENBERG, J. (1979): Evolution of continental margins in the Alps. – *Schweiz. mineral. petrogr. Mitt.* 59, 165–170.
- BIJU-DUVAL, B., DERCOURT, J., & LE PICHON, X. (1977): From the Tethys Ocean to the Mediterranean Seas: a plate tectonic model of the evolution of the Western Alpine system. In: BIJU-DUVAL, B., & MONTADERT, L. (Ed.): *Int. Symp. Struct. Hist. Mediterr. Basins. Split (Yugoslavia) (S.44–72).* – Technip, Paris.
- BOESCH, H.H. (1937): Geologie der zentralen Unterengadiner Dolomiten. – *Diss. Univ. Zürich.*
- BRICE, S.E., COCHRAN, M.D., PARDO, G., & EDWARDS, A.D. (in Vorbereitung): Tectonics and sedimentation of the South Atlantic rift sequence: Cabinda, Angola. In: WATKINS, J.S. (Ed.): *Continental margin processes.* – *Mem. amer. Assoc. Petroleum Geol.*
- BÜRGISSER, H., et al. (1979): Geologische Aspekte der Endlagerung radioaktiver Abfälle in der Schweiz. – *SES-Rep.* 6.
- CADISCH, J., LEUPOLD, W., EUGSTER, H., & BRAUCHLI, R. (1919): Geologische Untersuchungen in Mittelbünden. – *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 64/1–2, 359–417.
- CHENEVART, C. (1978): Seismic profiles as related to wrench faulting in the Swiss Molasse basin. – *Eclogae geol. Helv* 71/1, 53–60.
- COOPER, M.A. (1981): The internal geometry of nappes: criteria for models of emplacement. In: McCCLAY, K.R., & PRICE, N. (Ed.): *Thrust and Nappe Tectonics.* – *Spec. Publ. geol. Soc. London* 9, 225–234.
- COX, A.B. (1973): Introduction. In: *Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals (S.2–7).* – W.H. Freeman & Co.
- DOHR, G. (1981): Geophysikalische Untersuchungen im Gebiet der Tiefbohrung Vorderriss I. – *Geologica bavar.* 81, 55–64.
- FERAZZINI, B., & SCHULER, P. (1979): Eine Abwicklungskarte des Helveticums zwischen Rhone und Reuss. – *Eclogae geol. Helv.* 72/2, 439–454.
- KARAGOUNIS, K. (1962): Zur Geologie der Berge zwischen Ofenpass, Spöltal und Val del Gallo im Schweizerischen Nationalpark. – *Erg. wiss. Unters. schweiz. Nationalpark VII/48*, 377–452.
- KELTS, K. (1981): A comparison of some aspects of sedimentation and translational tectonics from the Gulf of California and the Mesozoic Tethys, Northern Penninic margin. – *Eclogae geol. Helv.* 74/2, 317–338.
- KUHN, T.S. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions.* – Univ. Chicago Press.
- LAUBSCHER, H.P. (1961): Die Fernschubhypothese der Jurafaltung. – *Eclogae geol. Helv.* 54/1, 221–281.
- (1965): Ein kinematisches Modell der Jurafaltung. – *Eclogae geol. Helv.* 58, 232–318.
- (1974): Evoluzione e struttura delle Alpi. – *Le Scienze* 72, 48–59.
- (1975): Plate tectonics and microplates in Alpine history. – *Amer. J. Sci.* 275, 865–876.

- (1981): The 3D propagation of decollement in the Jura. In: MCCLAY, K. R., & PRICE, N. (Ed.): Thrust and Nappe Tectonics. – Spec. Publ. geol. Soc. London 9, 311–318.
- LAUBSCHER, H. P., & BERNOULLI, D. (1977) Mediterranean and Tethys. In: NAIRN, A. E., KANES, W. H., & STEHLI, F. G. (Ed.): The Ocean Basins and Margins (Bd. 4A, S. 1–28). – Plenum, New York.
- LUGEON, M. (1943) Une nouvelle hypothèse tectonique: la diverticulation. – Bull. Soc. vaud. Sci. nat. 62, 301–303.
- MILNES, A. G., & PFIFFNER, O. A. (1980): Tectonic evolution of the Central Alps in the cross section St. Gallen–Como. – Eclogae geol. Helv. 73/2, 619–633.
- NABHOLZ, W., & SPICHER, A. (1973): Die Reorganisation der geologischen Landesuntersuchung in der Schweiz: Orientierung über den gegenwärtigen Stand. – Eclogae geol. Helv. 66/1, 245–253.
- PANZA, G. F., & MÜLLER, ST. (1979): The plate boundary between Eurasia and Africa in the Alpine area. – Mem. Sci. geol. (Padova) 33, 43–50.
- PETROBRAS (in Vorbereitung): Campos and Espirito Santo Basin, Offshore, Brazil. In: BALLY, A. W. (Ed.): Structural Seismic Atlas. – Amer. Assoc. Petroleum Geol.
- PIERI, M. (in Vorbereitung): Three seismic profiles through the Po Plain. In: BALLY, A. W. (Ed.): Structural Seismic Atlas. – Amer. Assoc. Petroleum Geol.
- PIERI, M., & GROPPI, G. (1981): Subsurface Geological Structure of the Po Plain, Italy. – Publ. Consiglio naz. Ric., Progetto finalizzato Geodin. 414, 1–13.
- PLANCHEREL, R. (1979): Aspects de la déformation en grand dans les Préalpes médianes plastiques entre Rhône et Aar. – Eclogae geol. Helv. 72/1, 145–214.
- PRICE, R. A. (1981): The Cordilleran foreland and thrust and fold belt in the southern Canadian Rocky Mountains. In: MCCLAY, K. R., & PRICE, N. (Ed.): Thrust and Nappe Tectonics. – Spec. Publ. geol. Soc. London 9, 427–448.
- RICOUR, J. (1956): Le chevauchement de la bordure occidentale du Jura de la Bresse dans la région de Lons le Saunier. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 28/74, 17–26.
- RYBACH, L., MÜLLER, S., MILNES, A. G., ANSORGE, J., BERNOULLI, D., & FREY, M. (1981): The Swiss Geotraverse Basel Chiasso – a review. – Eclogae geol. Helv. 73/2, 437–462.
- SASSI, F. P., & ZIRPOLI, G. (1979): Stato delle conoscenze sulla storia pre-Ercinica delle Alpi Orientali. – Mem. Soc. geol. ital. 20, 11–20.
- SPENGLER, E. (1953–1959): Versuch einer Rekonstruktion des Ablagerungsraumes der Becken der nördlichen Kalkalpen I–III.–Jb. geol. Bundesanst. (Wien) 1953, 1956, 1959.
- STAUB, R. (1924): Der Bau der Alpen, Versuch einer Synthese. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N. F.] 52.
- TRÜMPY, R. (1969): Die helvetischen Decken der Ostschweiz: Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse. – Eclogae geol. Helv. 62/1, 105–142.
- (1973): The timing of orogenic events in the Central Alps. In: DE JONG, K. A., & SCHOLTEN, R. (Ed.): Gravity and Tectonics (S. 229–251). – John Wiley and Sons.
- (1976): Du Pèlerin aux Pyrénées. – Eclogae geol. Helv. 69/2, 249–265.
- (1980): An outline of the Geology of Switzerland. Part A of Geology of Switzerland, a guide book. – Wepf & Co. Basel, New York.
- VAI, G. B. (1979): Tracing the Hercynian structural zones across «Neo-Europa»: an Introduction. – Mem. Soc. geol. ital. 20, 39–45.
- WERNER, D. (1980): Probleme der Geothermik im Bereich der Schweizer Zentralalpen. – Eclogae geol. Helv. 73/2, 513–525.
- WINNOCK, E. (1961): Résultats géologiques du forage Risoux 1. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 28/74, 17–26.
- WINTERER, E. L., & BOSELLINI, A. (1981): Subsidence and sedimentation on a Jurassic passive continental margin (southern Alps, Italy). – Bull. amer. Assoc. Petroleum Geol. 64, 394–421.
- ZAWADYNSKY, L. (1952): Geologisch-petrographische Untersuchungen in der Valle Onsernone (Tessin). – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 32, 1–110.
- ZIEGLER, P. A. (1978): North-Western Europe: tectonics and basin development. – Geol. en Mijnb. 57, 589–626.
- (1982): Geological Atlas of Western and Central Europe. – Shell Int. Petroleum Maatschappij B. V., distr. by Elsevier.