

Die Rolle des Ost-West-Schubes im Ostalpenbau

Von Alexander Tollmann

Inhalt

Das Problem des Ost-West-Schubes	229
Beispiele von Querverfaltung in den Ostalpen	231
Neue Gesichtspunkte zum Thema „Ost-West-Schub“	235
Art und Ausmaß der Quereinengung auf Grund weiterer Beispiele aus den Ostalpen	239
Zusammenfassung	244
Literatur	245

Das Problem des Ost-West-Schubes

Wer sich mit der Frage der für den Ostalpenbau verantwortlichen Gebirgsbildungsphasen und ihrer Auswirkung beschäftigt, stößt wiederholt auf die Tatsache, daß neben den beim mehrphasigen Vorschub der Decken in der Streichrichtung geprägten Faltenstrukturen auch Querverfaltungen, durch eine quer zur Streichrichtung auftretende Kraft verursacht, in Erscheinung treten. Im allgemeinen sind diese Querverfaltungen jünger als die Längsfaltenstränge, ihre allgemein von Ost gegen West orientierte Bewegungsrichtung kann an den im überwiegenden Maß gegen West vergierenden Falten festgestellt werden. Dies ist seit längerer Zeit aus zahlreichen Abschnitten der Ostalpen bekannt. Ich selbst konnte diese Erscheinung in vielen Regionen der Nord- und Zentralalpen studieren. Abweichende Vergenzen und scheinbar andere Altersbeziehungen dieser Querverfaltungen wurden in neuerer Zeit vereinzelt angegeben.

In der Literatur spielte dieses Problem der Querverfaltung mit vorherrschender Westvergenz, allgemein als Ost-West-Schub bezeichnet, zeitweise eine bedeutende Rolle. Die Zeit, in der der Ost-West-Schub noch als Gegenargument gegen großzügigen, regional nordvergenten Deckenbau in den nördlichen Ostalpen von manchen Geologen ins Treffen geführt wurde, ist aber lange vorbei. Heute gilt es, sein Ausmaß, den Zeitpunkt der Wirksamkeit und seine Ursache auf Grund einer Reihe im Detail studierter Abschnitte zu klären.

Den entscheidenden Einfluß im Alpenbau hatte diesem Ost-West-Schub A. ROTHPLETZ (1900 und später) zugebilligt, der einer von ihm beschriebenen westvergenten Überschiebung an der West-Ostalpen-Grenze, der so-

genannten „Rhaetischen Überschiebung“, die Bedeutung der Trennung zweier verschiedener Alpenabschnitte gegeben hatte, der in den Ostalpen nicht die Fortsetzung der großtektonischen Einheiten der Westalpen suchte, sondern in ihnen eine andersartige, riesige, mit 90 km langem „Kopf“ gegen Westen aufgeschobene Masse erblickt hatte.

Die ROTHPLETZschen Gedanken waren bald widerlegt worden. Die von E. SUSS (1875) erkannte Hauptwirksamkeit des gegen außen, gegen das Vorland gerichteten Schubes bei der Gebirgsbildung in den Ostalpen war besonders seit 1903 Schritt für Schritt für alle Abschnitte der Ostalpen klargestellt worden. Mehr und mehr wurde die tatsächliche Bedeutung der zwar weithin beobachtbaren, aber in ihrer Wirkung ungleich geringeren Quereinengung erkannt: so gerade auch an der West-Ostalpen-Grenze, also in einem Abschnitt, in dem der Ost-West-Schub deutlich verspürbar ist, was den österreichischen Anteil betrifft, etwa durch die Arbeiten von O. AMPFERER bis zu O. SCHMIDEGG (1955) charakterisiert.

Was sind nun die Ursachen und Kräfte, die für diese Quereinengungen verantwortlich sind, in welcher zeitlichen Beziehung stehen sie zu den Hauptüberschiebungen? Heute läßt sich durch den vermehrten Bestand gründlicher Beobachtungen zu diesem Thema endlich eine Klärung dieses Problems in den Ostalpen vornehmen. Über die Kurzdarstellung der Lösung dieser alten Frage des Ost-West-Schubes in der in Druck befindlichen „Ostalpensynthese“ hinaus soll hier eine etwas ausführlichere Durchleuchtung des Gegenstandes vorgenommen werden. Vor der allgemeinen Anwendung der Gefügekunde waren ja über die Ursachen der Querfaltung auf zu schmaler Beobachtungsgrundlage auf theoretischer Basis eine Reihe von Hypothesen aufgestellt worden, die sich z. T. als nicht stichhältig erwiesen haben: O. AMPFERER hatte (1906, S. 546; 1915, S. 163) auf die Vergitterung senkrecht zueinanderstehender Faltenrichtungen in den Gebirgszügen aufmerksam gemacht und diese als notwendiges Ergebnis des Zusammenschubes eines Rindenstreifens auf einer Kugeloberfläche bei Voranschub in höhere Breite dargestellt. Die konkrete Wirksamkeit dieser dabei in Erscheinung tretenden Kräfte konnte noch nicht erfaßt werden. R. STAUB hatte (1919, S. 316) als Erklärung für Querfalten in Graubünden die Existenz von Kulminationen im überschobenen variszischen Untergrund angenommen. F. HERITSCH führte (1926, S. 125), damals unter Ablehnung der Deckentheorie in den Ostalpen, die Querfaltung teilweise auf voralpidische Anlagen im Untergrund zurück, teilweise blieb die Frage nach deren Entstehung von ihm unbeantwortet. H. P. CORNELIUS sah (1949, S. 363) in den großen Querstrukturen Auswirkungen der von ihm definierten „Selbstverzerrung“ der Gebirgsstränge. Diese Vorstellung von CORNELIUS beruhte aber auf der unzutreffenden Voraussetzung, daß die

Decken und Einheiten der Faltengebirge aus nicht plastischem, mit starren Papiermodellen vergleichbarem Material bestünden. Die eintretenden Spannungen bei Faltung einer gebogenen Anlage führen aber bei plastischem Material nicht notwendigerweise zu Verzerrungen des Gebirgssystems, sondern werden durch die nachgewiesenen, oft beträchtlichen Dehnungen, Ausdünnungen und Zerrungen des in verschiedenem Umfang plastisch reagierenden Materials kompensiert. B. SANDER führte (1948, S. 180) Querfaltungen mit B₁B'-Gefüge auf das Auftreten von Hindernissen zurück — ein nur für Spezialfälle vertretbares Prinzip. Bei K. METZ (1957, S. 91) findet man den verallgemeinerten Gedanken wieder, daß die Bildung von Faltenvergitterungen auf Materialanisotropie zurückzuführen sei, so daß als Ursache für Querfaltung jeweils ein solches Hindernis im Gestein selbst oder in der Umgebung zu suchen wäre. Seit mehr als dreißig Jahren aber hat daneben eine Reihe von Forschern bei Detailuntersuchungen in Einzelabschnitten mit verschiedenem Sicherheitsgrad den wahren, in der Auswalzung des Materials gelegenen Grund für die auch in gleichartigem Gestein und in geraden Gebirgsabschnitten bei Faltungen und Überschiebungen sich bildenden Querfalten vermutet oder erkannt (M. RICHTER bis A. RUTTNER, s. u.).

Beispiele von Querfaltung in den Ostalpen

Im folgenden werden einige grundlegende Beispiele von Querfalten und anderen Auswirkungen des Quersammenschubes in den Ostalpen angeführt, an die die weiteren Ausführungen anknüpfen. Außer eigenen Beobachtungen werden hier nur jene Beispiele aus der neueren Literatur angeführt, die durch gefügekundliche Detailuntersuchungen mit Genauigkeit erfaßt wurden. Die in der älteren Literatur enthaltenen Beispiele von solchen Querstrukturen können nicht unmittelbar übernommen werden, da sie oft ohne zureichende Beobachtungsgrundlage ausgewählt worden waren und zahlreiche dieser „Querlinien“ zufolge späterer detaillierter Untersuchungen als Querbewegungszonen nicht mehr in Frage kommen: So z. B. die Überschiebungsfläche der Schladminger Masse auf die Radstädter Tauern, die Katschberglinie, die Dobratschstörung u. a. in der noch nicht durch gefügekundliche Daten unterbauten Zusammenstellung von F. HERITSCH (1923, S. 204). In den Arbeiten vor B. SANDER (1930) waren ja die gefügekundlichen Beobachtungen als geologische Detailbelege für die Entstehung von Großstrukturen noch nicht generell zur Anwendung gelangt.

Das Hauptfaltenelement der höheren und tieferen tektonischen Einheiten in den Ostalpen ist ja im Zusammenhang mit dem nordvergenten Schub der Decken ganz allgemein die Ost-West-streichende Falte und die begleitende Lineation parallel dazu. Dies läßt sich am klarsten an den

mesozoisch-tertiären Sedimentserien erkennen, bei denen ältere, voralpidische Prägungen ausgeschlossen sind. Aber auch noch die im gesamten Raum der Ostalpen in den Deckenbau einbezogenen paläozoischen Phyllitmassen nahmen weitgehend diese Hauptrichtung auf (vgl. Gurktaler Decke usw.), während die großen, überschobenen kristallinen Platten (etwa das mittelostalpine Kristallin), von randlichen Umprägungen abgesehen, im wesentlichen noch die voralpidischen Achsen bewahrt haben. Naturgemäß hängt die genaue geographische Orientierung dieser im Streichen der Decken hinziehenden Falten zunächst mit der abschnittsweise wechselnden Streichrichtung des Gebirgsstranges zusammen, ist also im Osten, bei der Umbiegung in die karpatische Richtung WSW—ENE orientiert, ebenso bei der Abbiegung an der West-Ostalpen-Grenze im Westen und im Westteil des in der Mitte leicht geknickten Tauernfensters in der Mitte des Ostalpenbogens; sie ist WNW—ESE orientiert im Ostabschnitt des Tauernfensters usw. Außerdem ist die Faltenlage von lokalen oder größeren Materialverschiedenheiten in gewissem Maß abhängig. In Zusammenhang mit der Mehrphasigkeit der Deckenüberschiebung steht ferner, daß in etlichen Regionen mehrere Achsenrichtungen, die um W—E pendeln, sich überlagern.

Senkrecht zu diesem im Gebirgsstreichen orientierten B sind nun generell Aufwölbungen, Aufschuppungen, Faltungen und Prägungen von Linearen zu erkennen. Wo beide senkrecht zueinander stehende Richtungen vorhanden sind, wurden die Querfalten — mit einer unten zu besprechenden scheinbaren Ausnahme — als das jüngere Element beschrieben. Bei sich kreuzenden Faltenzügen kann man häufig unmittelbar das jüngere Alter dieser Nordsüdfalten ablesen. Die Reihe der Beobachtungen über diesen Tatbestand reicht von der Hohen Wand am Ostrand der Nördlichen Kalkalpen bis zum Rhätikon im Westen, vom Flysch am Nordrand bis zur alpin-dinarischen Grenze im Süden. Die von A. RUTTNER 1949 beschriebenen mittransportierten Querstrukturen der Ötscher- und Lunzer-Decke, wo solche Querfalten als ältere Elemente auftreten, bilden durch einen zweiphasigen Schub nur scheinbar eine Ausnahme, wie bereits aus RUTTNER'S Darstellung hervorgeht und später noch ausgeführt werden wird.

Es sollen hier nicht sämtliche Arbeiten und Eigenbeobachtungen über solche quergerichtete, jüngere, sicher alpidische Falten erwähnt werden, sondern es sei nur — in der Beschreibung von Ost nach West fortschreitend — auf einige markante Beispiele verwiesen. E. KRISTAN berichtete 1958, S. 279, von Queraufwölbungen in der Hallstätterdecke der Hohen Wand am Ostrand der Kalkalpen (Oberostalpin), die noch nach der nachgosauischen Weiterbewegung und engen Faltung dieser Decke erfolgten. In diesem Abschnitt ist die Streichrichtung der Hauptfaltenelemente im Zu-

sammenhang mit der Schwenkung in die Karpaten bereits ENE bis NE orientiert und die senkrecht darauf gerichtete Querstauchung erfolgte an NNW bis NW liegenden Achsen. In dem von E. KRISTAN und mir (1957) untersuchten Nordabschnitt des Semmeringsystems, also in einer tieferen, der unterostalpinen Einheit, dominieren die W—E orientierten Achsen, wobei aber aus anderen Teilen dieser Semmering-Wechsel-Einheit die N—S-Achsen seit langem bekannt sind. Die jüngste gefügekundliche Arbeit aus der steirischen Grauwackenzone im Abschnitt des Erzberges von W. FRITSCH (1960) zeigte, daß dort im oberostalpinen Paläozoikum bei nur ganz schwacher variszischer Großfaltenwellung — im Gegensatz zu den Ergebnissen früherer Bearbeiter des weiteren Raumes dieses Teiles der Grauwackenzone, aber doch nicht überraschend (vgl. A. TOLLMANN 1959, S. 31) — ebenfalls die nachtriadischen E—W-Strukturen dominieren, die von einer jüngeren Hauptfaltung mit „NNNE-Achsen“ (W. FRITSCH 1960, S. 230) überholt wurden.

Auf eigener Anschauung (1958, S. 67) beruhen die Beobachtungen im Westabschnitt der oberostalpinen Gurktaler Decke in den Zentralalpen und im unterlagernden mittelostalpinen Stangalmmesozoikum betreffs des Dominierens der W—E-Achsen und der Existenz jüngerer, zurücktretender, senkrecht darauf stehender N—S-Achsen. Auf dem Achsenplan der östlichen Gurktaler Decke von P. BECK-MANNAGETTA (1959, Taf. 6) kommt deutlich das gleiche Prinzip zum Ausdruck, was zeigt, daß hier auch in der paläozoischen Schieferserie des Oberostalpins der alpidische Verformungsakt so stark war, daß kaum ältere Strukturen festzustellen sind, sondern der gleiche Faltenbau wie im unterlagernden mittelostalpinen Stangalm-Flattnitz-Mesozoikum herrscht. Auch von dem der Gurktaler-Decke s. l. angehörenden oberostalpinen Mesozoikum, z. B. von der Krappfeldtrias (F. SOLYOM 1942, S. 48: Noch unrichtige Altersbeziehung der Achsenlagen angenommen, von P. BECK-MANNAGETTA 1953 richtiggestellt) und von der Griffener Trias (P. BECK-MANNAGETTA 1953, S. 144) wurden diese W—E-Falten und senkrecht dazu orientierte, jüngere Faltenrichtungen beschrieben.

Am Ostrand des Tauernfensters konnte ich bei Detailaufnahmen in den Radstädter Tauern in prächtig aufgeschlossenem Gelände wiederum die beiden senkrecht zueinanderstehenden Faltelemente studieren: die gegen E bis ESE abtauchenden Falten in allen Größendimensionen bis zu Berggröße (Schwarze Wand) herrschen weitaus vor. Stets unbedeutender, aber hier etwa gerade im Abschnitt des Mosermanns bereits recht ansehnlich, treten Faltenstränge im rechten Winkel dazu auf. Im Neukarssystem am Westrand der Mosermannlgruppe, das früher als Schuppen-system gedeutet worden war, ist die westvergente liegende Verfaltung in

fossilführenden triadischen Serien mit NNE—SSW-Achsen ebenso wie etwa am Graikopf und im Schliererkar erschlossen (A. TOLLMANN 1958, S. 107). Im Ostabschnitt dieser Gruppe konnte das geringere Alter der Querfalten an der Überlagerung unmittelbar beobachtet werden.

Die Arbeiten von Ch. EXNER aus dem östlichen Tauernfenster zeigten die fast ausschließliche Herrschaft der gegen ESE abtauchenden Achsen in der Streichrichtung der Zonen am SE-Rand des Tauernfensters (z. B. 1952, Tf. 1; 1954, Taf. 1 usf.). Im Gegensatz dazu erscheinen in den zentralen, tieferen Teilen des Pennins im Hochalm-Ankogel-Massiv Querfaltenstrukturen (Ch. EXNER 1957, Taf. 8 u. a.), deren Entstehung von EXNER (1949, S. 77, S. 80; 1957, S. 154) als gleichzeitig mit der Tangentialtektonik der Tauernschieferhülle und mit der Anpressung der Sonnblickwalze erachtet wurde.

Über Pennin (bes. Schieferhülle) und Unterostalpin (Innsbrucker Quarzphyllit u. a.) am Westrand des Tauernfensters zwischen Innsbruck und Sterzing und E vom Brenner liegt eine größere Zahl gefügekundlicher Untersuchungen: von B. SANDER seit vielen Jahren, von J. LADURNER, F. KARL u. a. vor, deren Ergebnisse bei F. KARL (1954, S. 138 und Taf. 11) zusammengefaßt wurden. Das im großen in der Landschaft prächtig erkennbare Abtauchen der penninischen Schieferhülle gegen Westen an der Brennerlinie kommt in der Häufung der um W—E pendelnden Achsen in den Diagrammen und Achsenkarten zum Ausdruck (vgl. auch O. SCHMIDEGG 1951, Taf. 19). In den bei KARL besprochenen Detailuntersuchungen wurden drei Phasen mit etwas voneinander abweichenden Achsenlagen um die W—E-Richtung herausgeschält. In den meisten Teilabschnitten dieses Raumes konnten daneben auch als jüngstes Element die N—S-Achsen erfaßt werden. Ganz gleiche Ergebnisse erzielte die von A. FUCHS in dem an das Tauernfenster im Norden angrenzenden oberostalpinen Paläozoikum der Kitzbüheler Alpen durchgeführte Untersuchung (vgl. F. KARL 1954, S. 143). Ebenso stellte F. KARL im Gerlosgebiet im Unterostalpin am Nordrand des Tauernfensters (1954, S. 142) neben älteren um W—E gelegenen Achsenrichtungen als jüngste Achsenlage eine N—S-Richtung fest.

Eigene Beobachtungen im mittelostalpinen Stubai-Mesozoikum und in der auflagernden Scholle der oberostalpinen Blaserdecke W vom Tauernfenster stehen in Übereinstimmung mit den gefügekundlichen Untersuchungen, die hier und im auflagernden oberostalpinen Paläozoikum der Steinacher-Decke von A. FUCHS (1939) und O. SCHMIDEGG (1949, S. 280) durchgeführt worden waren. Die durch eine von SSW kommende Hauptüberschiebung erzeugten großen Falten mit WNW—ESE-Achsen zeigen z. B. im Mesozoikum der Kesselspitze noch prächtig die Auswirkung des

jüngeren, gegen Westen gerichteten Schubes in westvergenten Querfalten mit NNE- bis NE-Achsen.

Auf der Westseite der Stubai-Ötzmase ist die 1904 von W. SCHILLER erkannte westvergente Aufschuppung an der Schlinig-Überschiebung später besonders von W. HAMMER (1931, 1938) studiert worden.

Weiter im Westen, jenseits der durch um W—E gruppierte Achsenlagen ausgezeichneten Region Landeck-Ferwall, hat im Rhätikon O. SCHMIDEGG (1955) gefügekundliche Beobachtungen durchgeführt, die die Angaben von O. AMPFERER bestätigten. Auch in diesem Gebirge, das ja unter anderem einst A. ROTHPLETZ als Grundlage für seine Theorie der Ost-West-Überschiebungen gedient hatte, ist grundsätzlich der gleiche alpine Verfallungsplan wie in den übrigen Abschnitten der Ostalpen vorhanden. Der ältere Bewegungsplan, hier durch die nicht mehr rein nordwärts, sondern gegen NNW bis NW gerichteten Schubkräfte geprägt, weist ENE-Achsen (und durch räumlich-zeitlich übergreifende Bewegungen geformte NE-Achsen) auf. Die Querfalten mit N—S-Achsen wurden auf eine jüngere Querbewegung zurückgeführt (S. 169), wobei hier aber keine strenge zeitlich-räumliche Trennung der einzelnen Bewegungspläne möglich war (S. 168). Auf weiter westlich und südwestlich gelegene Teile, auf Graubünden, wo die Verbreitung von Querfalten seit langem bekannt ist (R. STAUB 1926 u. a.), und westalpines Gebiet soll hier nicht mehr eingegangen werden.

Die angeführten Beispiele zeigen ebenso wie weitere persönliche Beobachtungen bis zur Flyschzone am Nordrand der Alpen die generelle Faltenanordnung im Streichen der Decken und die jüngere Querfaltung als allgemein gültiges Prinzip. Obgleich seit alters etliche Autoren aus Beobachtungen in ihren Arbeitsgebieten die Selbständigkeit dieser Querfaltung bezweifelten, galt doch bisher allgemein im Sinne von O. AMPFERER, K. LEUCHS, F. HERITSCH u. a. dieser als „Ost-West-Schub“ bezeichnete Einengungsakt als selbständige, jüngere, großräumig wirkende Phase in der Entwicklung der Alpen. Altersunterschiede der Wirksamkeit dieses als jung angenommenen Ost-West-Schubes wurden als unglaublich abgelehnt (F. HERITSCH 1923, S. 205) und bis in neuere Zeit die „Selbständigkeit und Großartigkeit dieser gegen W gerichteten jüngeren Bewegungsflut“ hervorgehoben (O. AMPFERER 1939, S. 205).

Neue Gesichtspunkte zum Thema „Ost-West-Schub“

Gegen diesen Ost-West-Schub als selbständigen späteren Akt im Werden der Alpen sprechen aber bei Ausdehnung der Überlegung auf die gesamten Ostalpen folgende Gesichtspunkte:

A) Es tritt eine dem Verformungsstil nach zeitlich eng an die jeweilige Hauptdeckenüberschiebungsphase gebundene Quereinengung in den zu

verschiedenen Zeiten gefalteten Zonen der Alpen auf, in den ostalpinen zentralalpinen, vorcenoman gefalteten und überschobenen Einheiten, in den Kalkalpen in vorgosauischer und in nachgosauischer Phase, in der Flyschzone und im Helvetikum (eigene Beobachtungen in der Grestener Zone bei Waidhofen, Literaturnotizen seit F. HAHN 1913) auch noch in den bis ins Eozän reichenden Serien. Außerdem begegnet man ihnen in den so wesentlich jünger überschobenen Westalpen ebenso wie in den Ostalpen (E. BEDERKE 1960, W. PLESSMANN und H. G. WUNDERLICH 1961 u. a.). Das besagt aber in aller Klarheit, daß man die Quersfaltung nicht als einen Akt, etwa durch eine Einengung des Alpenkörpers in seiner Gesamtheit erklären kann. Denn nach Einbeziehung der Westalpen und der Flyschzone und des Helvetikums der Ostalpen in diese Betrachtungen müßte man diesen Akt mindestens ins Oligozän (vgl. F. HAHN 1913, S. 251 und F. HERITSCH 1923, S. 189) stellen und ihn damit von der Längsfaltung der Zentralalpen durch einen großen Zeitraum trennen. Dies ist aber nicht der Fall. Darauf konnte ich bei der Besprechung des Ost-West-Schubes der Radstädter Tauern verweisen, wo Quersfalten in der Mosermanngruppe in größerer Zahl auftreten (1958, S. 106). Hinsichtlich der Altersbeziehung der beiden Phasen wurde für diesen Abschnitt festgestellt, „daß sie in knapper Folge hintereinander noch unter gleichen Bedingungen und unter ähnlicher Überlagerung stattgefunden haben müssen, da auch noch in der jüngeren Phase das Material in gleicher Weise verformt und in liegende Falten gepreßt wurde wie während der Hauptphase — nur in geringerem Ausmaß.“ Von anderen Beispielen, die eine unmittelbare Abfolge von Längs- und Quersfalten beweisen, sei jenes aus dem Abschnitt der Lunzer- und Ötscherdecke aus dem Raum Lunz von A. RUTTNER 1949 zitiert, wo in der Lunzer-Decke beim älteren Bewegungsakt SW—NE streichende Falten und senkrecht darauf stehende Quersfalten zustande kamen, aber auch beim jüngeren, nachgosauischen Deckenvorschub außer den nun W—E gerichteten Falten wiederum offenbar zugehörige, schwächere N—S-Quersfalten geprägt wurden. Im Stirngebiet der Ötscherdecke ist nach A. RUTTNER hier nur mehr die Quersfaltung der älteren Verformung zu spüren. Die enge zeitliche Bindung der Quersfaltung an die Längsfaltung ist aber auch aus zahlreichen anderen Abschnitten der Ostalpen von etlichen Autoren erkannt oder vermutet worden (O. SCHMIDEGG 1955, S. 168, 169 usw.). Aus dieser engen zeitlichen Bindung von Längs- und Quersfaltung in Verbindung mit den großen zeitlichen Unterschieden der Faltung der verschiedenen Einheiten resultiert in aller Klarheit, daß eine gemeinsame Quersfaltung aller alpinen Großeinheiten in junger, etwa oligozäner Zeit, z. B. durch eine von außen kommende Einengung des Alpenkörpers nicht in Frage kommt, ebenso nicht eine jeweils auf die

Längsfaltung einer Zone folgende, von außen induzierte Quersfaltung, die ja sonst auch noch in benachbarten (überlagernden) Zonen (Decken) in Erscheinung treten müßte, dort aber dann als ältere, nicht als jüngere Phase. Das ist nicht der Fall.

B) Aber auch aus der lokal stark wechselnden, verschieden tief und oft schräg durchgreifenden Wirksamkeit der Quersfaltung erhellt, daß diese nicht ein durch Druckfortleitung über größere Strecken bewirktes Phänomen darstellt: Im Unterostalpin der Mosermannlgruppe in den Radstädter Tauern konnte z. B. (1958, S. 105 f.) die Untergrenze der Wirksamkeit der Quereinengung (hier an NNE—SSW-Achsen) als eine schräg zu den Deckenober- und -untergrenzen rasch auf- und absteigende Fläche ermittelt werden, was ebenfalls auf den lokal gebundenen Charakter der Erscheinung verweist.

C) Schließlich muß in diesem Zusammenhang noch auf die verschiedenartige Orientierung der Quersfaltungen verwiesen werden, die jeweils senkrecht zu den beherrschenden Längsachsen des entsprechenden Abschnittes stehen. Auch bei lokal aus dem Rahmen fallender Längsfaltenanordnung richten sich die Quersachsen danach. So z. B. in den Stubai Alpen, wo gegenüber dem im Osten angrenzenden Pennin mit W—E und N—S orientierten Faltenpaaren die Richtungen WNW und NNE bis NW und NE bei den Faltenpaaren in Erscheinung treten, oder im Lunzer Gebiet, wo während der ersten Hauptbewegungsphase, der älteren Faltungsperiode, sich die Quersfaltungen senkrecht zu den damals SW—NE ausgerichteten Längsfalten stellten, im jüngeren, nachgosaubischen Hauptakt, bei dem durch den nun genau S—N orientierten Vorschub der Decken W—E Falten entstanden, die nun geprägten Quersfaltungen ebenfalls wieder rechtwinkelig hierzu, nun also genau N—S angeordnet wurden. Auch daraus ergibt sich klar die Bindung der Quersfaltung an die Längsfaltung.

Als Ergebnis dieser Überlegungen kann für die gesamten Alpen und darüber hinaus als allgemeingültiges Prinzip festgehalten werden: die Quersfaltung, der früher hier als „Ost-West-Schub“ bezeichnete Prozeß, stellt keinen eigenen, in einer für das gesamte Gebirge gemeinsamen Phase erfolgten, getrennten Bauakt dar. Die Quersfaltung ist vielmehr in jeder Zone (Decke) ursächlich und zeitlich mit der Längsfaltung verbunden, die sie bewirkenden Kräfte stammen letztlich ebenfalls aus der gleichen, den Vorschub und die Bildung der Decken bewirkenden Kraftquelle, die wiederum von der Einengung der orogenetischen Zone zwischen den Vorländern abhängt. Für die Entstehung von Quersstauchungen hierbei ist folgendes verantwortlich: Durch die Auswälgung des Materials beim Vorschub und bei der Längsfaltung entsteht ein seitlicher Platzmangel, wobei der Materialüberschuß zu Querverbiegungen, später zu Quersfaltungen

führt. Die Realität dieser Auswalgung und Längung des Materials bei der Faltung und Überschiebung läßt sich unmittelbar und eindrucksvoll an ausgewalzten Konglomeraten, an gestreckten Belemniten und anderen Fossilien, an lamellierten, aber doch vollständigen Schichtfolgen in den tieferen Stockwerken des Gebirges, an Aufreißen von Zerrklüften im weniger plastischen Material u. a. beobachten. Diese Tatsache der Längung des Materials ist seit langem bekannt (z. B. M. RICHTER 1929, B. SANDER 1930). Aus einigen Abschnitten der Ostalpen liegen auch bereits Vermutungen einiger Autoren vor, daß solche Querfalten und Querbeanspruchungen durch Dehnungen des Materials in Richtung der Längsfaltenachsen hervorgerufen worden seien oder in ihrer Uranlage darauf zurückführbar seien, daß es sich also um ein $B' \perp B$ handle (M. RICHTER 1929, S. 41; A. RUTTNER 1949, S. 126; W. FRITSCH 1960, S. 231). Für die Entwicklung solcher Doppelachsen in einem Bauakt sprach sich auf Grund der Beispiele Rheinisches Schiefergebirge und Westalpen in klarer Weise jüngst W. PLESSMANN aus (1961). PLESSMANN gibt damit auch Antwort auf die Frage nach der Entstehung der von W. PLESSMANN und H. G. WUNDERLICH (1961) im inneren Westalpenbogen vorgefundenen Doppelachsen bzw. dem Vorherrschen von Querachsen in diesem Raum. Es gilt daher für die von dort beschriebenen Erscheinungen nicht, daß die Querlinear-Prägung nicht im Zusammenhang mit dem Deckenbau stehe, jünger als dieser sei und daß die Konglomeratquerlängung nicht im Zusammenhang mit dem Deckenvorschub stünde, sondern nachträgliche Streckung erfolgt sei (S. 206, S. 209). Auch die Auffassung von E. BEDERKE (1960), daß eben diese quergerichtete Gesteinsverformung und Lineation in den Westalpen an die Interniden gebunden und unabhängig von der Großtektonik sei, trifft nicht zu. Die Darstellung von W. PLESSMANN 1961 gibt hierfür bereits die gut fundierte Erklärung.

Während also die mit dem Deckenvorschub verbundene Auswalgung das wesentlichste Element für die Querfaltenbildung darstellt, muß als zweite Möglichkeit für Querfaltenbildung stets auch noch die Bogenform in der Anlage der Überschiebungsdecken berücksichtigt werden, was sich bei der Überschiebung in der Dehnung des äußeren Randes und in der Stauchung und Querfaltung des inneren Randes auswirken kann — je nachdem, wie sehr der Vorgang Unter- oder Überschiebung darstellt.

Der Ausdruck „Ost-West-Schub“ als generelle Bezeichnung dieser Querfaltung ist nach allem eigentlich unzutreffend und hinfällig. Obgleich in der überwiegenden Zahl der Fälle die Vergenz größerer Querfaltungen gegen Westen gerichtet ist, besonders eindrucksvoll z. B. westlich und östlich des Tauernfensters, gibt es naturgemäß auch entgegengesetzt orientierte Querfaltenbildungen, z. B. jene von A. RUTTNER aus dem Lun-

zer Gebiet beschriebenen ostvergenten Falten. Mit der in den Ostalpen vorwiegend gegen W orientierten Vergenz stimmt auch die im Westalpenbogen bei den im Knick bereits W—E streichenden Querfalten auftretende Südvergenz grundsätzlich sinngemäß überein (W. PLESSMANN und H. G. WUNDERLICH 1961, S. 209).

In zeitlicher Hinsicht ergibt sich naturgemäß, daß die Querfaltenbildung erst bei fortschreitender Auswälzung, bei fortschreitender Deckenbildung unter wachsender seitlicher Raumnot voll zur Entfaltung gelangt. Daher sind ganz allgemein die Querfalten als relativ jüngere „Phase“, d. h. als jüngeres Element erklärt worden. Aber es ist eben bis zu ihrer Bildung kein größeres zeitliches Intervall möglich, sondern die Quereinengung stellt die späte Phase des Längsfaltungsaktes dar. So ist es auch verständlich, daß lokal noch mit der Längsfaltung interferierende Querfaltungen, also gegenüber der letzten Prägung ältere Querfalten erwähnt wurden. So könnte gerade auch eine solche „Ausnahme“ erklärt werden.

Was schließlich die Intensität der Querfaltung betrifft, ist im Zusammenhang mit der intensiveren Auswälzung in den tieferen tektonischen Stockwerken mit dem stärkeren Hervortreten dieses Querelementes zu rechnen, was in den tief gelegenen penninischen Anteilen der Ost- und Westalpen auch tatsächlich verwirklicht ist. Gerade hier kommt aber noch die Lage an der Innenseite der Bogenform hinzu, die zur Querfaltenbildung mit beigetragen haben mag.

Art und Ausmaß der Quereinengung auf Grund weiterer Beispiele aus den Ostalpen

Die Bedeutung der beim Deckenvorschub eintretenden Quereinengung steht natürlich in den Alpen in keinem Verhältnis zum Ausmaß der tektonischen Umgestaltung in Richtung des Deckenschubes. Aber doch geht sie über Materialstreckung und Längung auch in Querrichtung, über Lineation, Kleinfaltung und Wellung stellenweise hinaus. Die selbst beobachteten Querfalten im Unterostalpin der Radstädter Tauern überschreiten im unmittelbar erschlossenen Bereich 300 m Breite, im tieferen Abschnitt sind mehr als doppelt so breite westvergente Falten wahrscheinlich. Im Stubai Mesozoikum ist am Kesselspitz am Gipfelkamm die Stirn einer westvergenten Falte im Hundertmeter-Bereich erhalten. A. RUTNER zeichnet (1949, Abb. 2, S. 105) in der Stirn der Ötscherdecke eine km-breite, leicht überkippte Falte.

Neben solchen Falten treten bemerkenswerte Querüberschiebungen sicher zumindest unter Mitwirkung des geschilderten Auswälzungsmechanismus, besonders an frei endigenden Deckenrändern auf — seien es primäre Deckenendigungen, seien es durch Zerreißen von Deckenpaketen

entstandene Quergrenzen. Das bekannteste Beispiel ist die Ost-Westalpen-Grenze, an der die West-Ost-Bewegung der höheren, gegen W in ihren höheren Teildecken primär endigenden ostalpinen Deckenmasse beachtlich ist. Ein weiteres, an Stelle von vielen angeführtes Beispiel dieses Querschubes ist der Westvorstoß des Wettersteingebirges, auf den besonders K. LEUCHS (1935, S. 710 f.) aufmerksam gemacht hatte. Gerade auf Grund dieser seit langem bekannten Erscheinung hatte bereits M. RICHTER (1929, S. 41) die Meinung vertreten, daß die Ost-West-Bewegung auf Dehnungs- oder Streckungserscheinungen in Richtung des Streichens einer Falte zurückführbar sei. Noch ausführlicher beschäftigten sich gerade mit diesem Beispiel F. HELLER und R. NIEDER 1932. Die Ost-West-Bewegung im Wettersteingebirge, die nach übereinstimmender Auffassung aller Autoren eine geringe Schubweite aufweist (K. LEUCHS 1935, S. 714), ist auch nach der Auffassung dieser obgenannten Autoren (S. 131) durch den bei der Faltung entstehenden Querdruck, durch „eine Streckung des Gebirges im Streichen, durch Querdehnung“ verursacht, wobei hier durch die Einbindung im Osten nur das Ausweichen nach Westen möglich war.

Wohl zutreffend hat in dieser Hinsicht A. SPITZ (1916, S. 41) die tektonische Situation der Weyerer Bögen mit jener der rhätischen Region verglichen, wo jeweils der Zusammenhang zwischen Längs- und Querbewegungen so deutlich in Erscheinung tritt, ohne noch eine Deutung vorzunehmen. Die Weyerer Bögen mit ihren vom W-E-Streichen rasch in N-S-Richtung einschwenkenden Strukturlinien, nämlich den Grenzen der westvergent bewegten Anteile der Frankenfesler und Lunzer Decke und der ebenso orientierten Schuppenfläche an der Weyerer Linie (G. ROSENBERG 1960, S. 96), bieten ebenfalls ein eindruckvolles Beispiel für diesen Prozeß des seitlichen Ausweichens. Als Ursachen für die Bildung dieser so auffälligen Strukturen sind ja die verschiedensten Argumente ins Treffen geführt worden, z. B. Einfluß des Vorlandes im Untergrund, eine erste Umstellung in das karpatische Streichen, Durchpausen alter, voralpidischer Strukturen, Bogenbildung als durch die Kugelgestalt der Erde erzwungene Anpassungserscheinung des Gebirgsstranges u. a. m. Als wesentlicher Faktor wird aber auch hier das seitliche Ausweichen des Materials an einer natürlich auch aus anderen Gründen begünstigten Naht gleich wie in den anderen Abschnitten der Ostalpen mitwirken. Naturgemäß muß bei solchen großen, tiefgreifenden Strukturen auch noch ein weiterer Grund für die Bindung an ebendiesen Abschnitt vorhanden sein.

Eine ganz analoge Situation wie in den Weyerer Bögen ist in kleinerem Ausmaß in der Querschiebung- und -Schuppungszone zwischen dem Brettl-Fenster in der Frankenfesler Decke im N und der Ötscherdecken-Quer-

faltungszone im S vorhanden. Zuletzt wurde von A. RUTTNER (1960) die Querstruktur von Brettl, die H. VETTERS 1935 entdeckt hatte, genauer beschrieben. In diesem Abschnitt der Frankenfesler Decke hat RUTTNER im Goganz eine NW-SE orientierte Querfaltung konstatiert, die ungefähr senkrecht zu dem hier SW-NE gerichteten Streichen steht. Im östlich angrenzenden Abschnitt N Brettl durchzieht eine doppelte Schüppung (Bewegungszone) den Nordteil der Frankenfesler Decke, die von Reinsberg gegen W aus ihrem ENE-WSW-Verlauf auf N-S bis NNW-SSW einschwenkt. Es ist von besonderem Interesse, daß die Querstrukturen an beiden Stellen nach unten hin noch in das Helvetikum (Flysch und Buntmergelserie) durchgreifen. A. RUTTNER hat daher (S. 243) demgemäß festgestellt, daß die Quereinengung jünger als die Aufschiebung der Kalkalpen über dem Flysch ist.

Das Ausmaß der Querstrukturen von Brettl ist nicht bedeutend. Am Goganz wurde Querfaltung mit gegen SE zunehmender Faltenbreite erzeugt (A. RUTTNER, 1960, Taf. VIII), am Kraxenreith-Kogel N Brettl wirkte sich dieselbe Quereinengung als eine rasch gegen S ausklingende Querschüppung aus: Schon N und NE Brettl ist innerhalb der Frankenfesler Decke keine Fortsetzung der Störungsfläche gegen S vorhanden, in der Lunzerdecken-Stirn S davon ist nach RUTTNER eine Querfaltung ebenfalls nicht mehr bemerkbar. RUTTNER zog hieraus die Folgerung (S. 234—235), daß die Zerstückelung der Kalkalpen in einzelne Decken und Schuppen jung sei, jünger als die auch noch den Flysch erfassende postoberkretazische Querfaltung. In dieser verallgemeinerten Form läßt sich diese Auffassung nicht aufrecht erhalten, da es genügend Beweise für ein vorgosauisches und sogar Hinweise für ein vorcenomanes Alter der Deckenbildung gerade im Ostabschnitt der Kalkalpen gibt. Daß diese ältere, bereits mit Deckenbildung verbundene Verfrachtung ihre eigenen, älteren Querstrukturen hat, wurde bereits bei Besprechung der Querfalten in der Ötscherdecke erwähnt, ferner wurde ausgeführt, daß beim nachgosauischen Weiterschub wieder verschieden tief durchgreifende, oft anders orientierte Querfalten entstanden — die eben nur die Mehrphasigkeit des Geschehens dokumentieren und für die oben begründete Kausalverknüpfung von Quer- und Längsfaltung in jedem einzelnen Akt der Gebirgsbildung sprechen.

Als weiteres Beispiel für Querfaltungen in den Ostalpen seien noch die Querzonen im Pennin des Tauernfensters angeführt. Gerade hier sind zur Klärung der Frage noch umfangreiche Detailstruktur-Untersuchungen nötig. Soviel aber kann bereits jetzt darüber gesagt werden: Ähnlich wie in den tieferen tektonischen Bauteilen der Westalpen, besonders im Pennin, wo im Zusammenhang mit der stärkeren Auswalzung des Mate-

rials die Notwendigkeit zu Querfaltenbildung erhöht ist — man vergleiche die Achsenkarte bei W. PLESSMANN und H. G. WUNDERLICH 1961, S. 201, und frühere Arbeiten, wie jene von H. PREISWERK, E. WENK u. a. —, so ist auch stellenweise im tieferen Pennin der Hohen Tauern die Wirkung der Quereinengung in auffälliger Form zu erkennen, die CH. EXNER hier (1949, S. 77) als tieftaueride Tektonik bezeichnete. In Abschnitten von lokal verstärkten Umprägungen kann es tatsächlich zu weitgehender Auslöschung älterer Strukturen kommen: Bereits im Unterostalpin der Radstädter Tauern konnte ich lokal die völlige Unterdrückung der sonst herrschenden W-E-Achsenrichtung in den N-S streichenden Mulden antreffen (Teile der Schliererkar-Hochbirgmulde, 1960, S. 106, Taf. VI). In den tieferen Teilen der Schieferhülldecken im Gebiet der Großglocknerdepression herrschen ebenfalls — scheinbar ausschließlich — solche N-S streichende Falten, die durch H. P. CORNELIUS und E. CLAR 1929 entdeckt worden waren. Diese N-S-Falten sind hier durch eine Quereinengung der von S hertransportierten Schieferhülldecken zwischen den mitwirkenden Gneiskernen zu verstehen. Es ist von Interesse, ob hier etwaige ältere Strukturen völlig ausgelöscht sind oder etwa im Korngefüge doch noch W-E-Elemente aus früheren Phasen nachzuweisen sind. Enorme W-E gerichtete Einschübe und Überfaltungen sind aber hier nicht zu belegen: G. FRASL hatte (1958, S. 396, S. 463) die an der Deckengrenze zwischen Unterer und Oberer Schieferhülldecke (bei FRASL noch einheitliche Nachtriasfolge) auftretende Triasgesteine als eine über viele Kilometer hin von W nach E eingeschuppte Linsenreihe erachtet, aber diese Trias an der Deckengrenze der beiden Einheiten ist auch noch viel weiter im Osten, im von CH. EXNER neuuntersuchten Abschnitt des Kartenblattes Gastein (1957, Taf. 8) vorhanden. Ferner ist für die von G. FRASL 1958, S. 461, für den paläozoischen Schieferhüllsporn zwischen unterem Stubach- und Kaprunertal angenommene, etwa 15 km gegen E überschlagene Falte keine Grundlage gegeben, da dieser an W-E-Achsen geprägte Zug im E unter das noch den Gipfel des Imbachhornes bildende Mesozoikum eintaucht und daher trotz der Steilstellungen des Mesozoikums im Lützelstubach doch als Antiklinale des Untergrundes wesentlich leichter verständlich ist (A. TOLLMANN, „Ostalpensynthese“, im Druck). Ebenso ist die von G. FUCHS 1958, S. 240, angenommene großräumige WSW-ENE-Unterschließung (= ENE-WSW-Überschiebung) im mittleren Teil des Tauernfensters, die vom Ostrand des Venedigermassivs ausgehen soll und sich in den Riffdecken (und letztlich bis in den Paläozoikums-Sporn zum unteren Kapruner Tal) fortsetzen und demnach Zehner von Kilometern umfassen müßte, nicht ausreichend begründbar. Eine derartige Überschiebung kann nicht auf einen relativ schmalen, parallel herausgeschnittenen Sektor einer Einheit be-

schränkt sein und randlich sprunghaft aufhören. Es bleibt für den Mittelabschnitt der Hohen Tauern neben der S—N-Fernüberschiebung nur die kräftige Einengung, bei der die N—S-Faltenachsen offenbar ältere Strukturen auslöschten. Die Vergenz dieser Falten, die von H. P. CORNELIUS und E. CLAR (1935, S. 27) vom Hochtenn bis zum Fuscherkarkopf verfolgt und auch von der Seidlwinkeltrias an der Glocknerstraße beschrieben wurden, ist gegen Westen ausgerichtet.

Ein zweites Areal in einem tektonisch noch tiefer gelegenen Abschnitt im Tauernfenster mit ausgeprägten N-S-Faltenachsen und Großstrukturen beschrieb CH. EXNER nach seinen 1946 begonnenen Untersuchungen im Gebiet Mallnitz — Gastein. Hier sind sowohl die Gneiskerne als auch die angrenzenden Teile der Schieferhülle zwischen den Schieferhüllabschnitten mit WNW-ESE- bis W-E-Achsen im Norden und Süden durch eine starke Querprägung geformt. Durch Einbeziehung von jungen Schieferhüllanteilen ergibt sich nach CH. EXNER 1952, S. 92, das alpidische Alter der Querfaltung auch im homoachsisal durchbewegten Gneisgebiet. In neuerer Zeit (1957, S. 154) hatte EXNER allerdings die N-S-Achsen als Wiederaufleben variszischer Strukturen gedeutet. In dieser Arbeit beschreibt EXNER (S. 131) auf Grund von Überprägungen das einerseits höhere, andererseits geringere Alter der meridionalen Achsen gegenüber den im alpinen Streichen orientierten Faltenachsen. Die NW-Achsen im Streichen des Sonnblickkernes wurden als jünger gegenüber den dort von N heranstreichenden Querfalten erkannt (CH. EXNER 1957). Die gegenüber den übrigen Erfahrungen in den Ostalpen auffällige Erscheinung, daß die Querfalten hier in großen Abschnitten älter als die Falten im Streichen sind, muß nicht auf ein Wiederaufleben der variszischen Struktur zurückgeführt werden, sondern sie erklärt sich am ehesten aus der Mehrphasigkeit der Bewegungen im Pennin des Tauernfensters. Zur Erzielung der heutigen Bauformen waren hier ja mindestens zwei tektonische Großakte notwendig: 1. Der Ferntransport der Schieferhülldecken über die Kerne und deren schmale autochthone Sedimenthülle, 2. eine weitere enorme Einengung mit Faltenachsen in Sonnblick-Richtung (WNW-ESE), bei der die übereinanderliegenden Decken insgesamt nochmals in enger, lang hinziehender Mulde (Mallnitzer Mulde) eingefaltet wurden, was erst nach abgeschlossenem Ferntransport der Schieferhüll-Decken erfolgen konnte. Aus diesen regional-geologischen Überlegungen lassen sich zwei strukturprägende Hauptzyklen erwarten: Eine erste Phase, in der bei nordvergentem Ferntransport der sich übereinanderschiebenden großen penninischen Decken W-E orientierte Längsachsen (Achse I) und die etwas jüngeren, aber zugehörigen N-S-Achsen ($B' \perp B$, Achse I') zufolge der Quereinengung entstanden sein müßten. Im zweiten, jüngeren Hauptakt,

bei dem der Schub zufolge der Großstrukturen aus SW bis SSW kam, müßten NW-SE-Längsachsen (Achse II) und als relativ jüngere, aber zugeordnete Querfalten NE-SW ausgerichtete Achsen (Achse II') geprägt worden sein. Die von CH. EXNER 1957, S. 132, angeführten, scheinbar einander widersprechenden Beobachtungen von Achsenüberlagerungen bestätigen sämtlich die hier entwickelten Gedanken. Natürlich ist die Zahl dieser Beobachtungen noch gänzlich unzureichend für ein abschließendes Urteil, aber die Beziehung dieser verschiedenalten Prägungen braucht nicht mehr als rätselhaft empfunden werden. Im einzelnen lautet die Einordnung der angeführten Überprägungen: 1) EXNERS Punkt 4 a, S. 132; Spatgraben beim Seebauer im Großarlal: Achse I' N 12° W, jüngere Achse II' N 70° E. 2) Punkt 4 b; Flugkopf NNW-Kamm: Achse I oder II N 77° W, jüngere Scherflächenschnittgerade I' oder entsprechend II' N 27° E. 3) Punkt 4 c; Oberrand von Gadaunern: Achse I N 85° E, jüngere Achse II' N 45° E. 4) Punkt 4 d und 4 e; Kirchleitenkogel und Kalkbretterkopf: Achse I' N 15° E, jüngere Achse II NW streichend und auf E-W ein-drehend. Die vorhandenen Faltenachsenrichtungen sind sämtlich alpidische Richtungen, erfassen stets auch mesozoische Sedimentanteile und zwingen nicht zur Annahme des Durchpausens voralpidischer Strukturen.

Zusammenfassung

Die Bedeutung und das Ausmaß des einst umstrittenen „Ost-West-Schubes“ in den Ostalpen wurde auf Grund der heute vorliegenden Meßdaten verschiedener Autoren und eigener Beobachtungen skizziert. Die Ungleichzeitigkeit der Quereinengungen in den verschiedenen Einheiten der Ostalpen, ihr wiederholtes Auftreten in einer Reihe von Phasen, ihre lokale Begrenzung, ihre enge, konstante Gebundenheit an das Ende einer Längsfalten erzeugenden und mit Deckenvorschub verbundenen orogenetischen Phase, ihre in den einzelnen Abschnitten wechselnde Orientierung, die stets mit dem Orientierungswechsel der streichenden Falten korrespondiert, kennzeichnet diese Querrichtung in erster Linie als eine durch Ausdünnung des Materials bei der Überschiebung erzwungene Stauchungserscheinung in der Querrichtung, als eine zur jeweiligen Faltung untrennbar zugehörige Spätwirkung, als ein B' \perp B. Der „Ost-West-Schub“ der alten Auffassung existiert als g e n e r e l l e s Phänomen der Ostalpen demnach weder hinsichtlich der Vergenz, da untergeordnet auch ostvergente Querfalten entstanden, noch als zeitlicher, die gesamten Ostalpen zugleich erfassender Akt. An einer Reihe von Beispielen wird die Wirksamkeit der Querrichtung gezeigt, dabei die Entstehung bisher ungeklärter Strukturen — jener im Hochalm-Ankogelgebiet — einer Beantwortung zugeführt.

Die Zusammenhänge zwischen Quer- und Längsfaltung waren im Kleingefüge erstmalig von B. SANDER erkannt worden. Auf Grund der angeführten Beispiele aus den Ostalpen konnte nun gezeigt werden, daß eine solche Beziehung auch im großtektonischen Bereich vorhanden ist, daß Querfalten und große Querstrukturen in kausalem, räumlich-zeitlichem Zusammenhang mit den Längsstrukturen stehen. Auf die in der Literatur in reicher Zahl vorhandenen Beispiele von senkrecht zu den Längsfalten auftretenden Querfalten und Querantiklinalen auch großen Ausmaßes in alten und jungen Falten- und Deckengebirgen ist hier nicht eingegangen worden, da an Hand der Beispiele aus den Ostalpen die Allgemeingültigkeit dieses Prinzipes der Kausalverknüpfung von Längs- und Querfaltung und die Ursache der Querfaltung hinlänglich dargelegt werden konnte.

Literatur

- Ampferer, O.: Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. — Jb. Geol. R.-A., **56**, 539—622, Wien 1906.
- Über den Wechsel von Fall- und Schubrichtungen beim Bau der Faltengebirge. — Verh. Geol. R.-A., Jg. 1915, 163—167, Wien 1915.
- Beiträge zur Geologie und Mechanik des Westrandes der Ostalpen. — Sitzber. Ak. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., Abt. I, **142**, 145—155, Wien 1933.
- Im Kampfe für Reliefüberschiebung und O-W-Bewegung. — Verh. Zweigstelle Wien d. Reichsstelle f. Bodenforsch., Jg. 1939, 196—205, Wien 1939.
- & Hammer, W.: Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. — Jb. Geol. R.-A., **61**, 531—710, Wien 1911.
- Beck-Mannagetta, P.: Zur Kenntnis der Trias der Griffener Berge. — Kober-Festschrift 1953, S. 131—147, Wien 1953.
- Übersicht über die östlichen Gurktaler Alpen. — Jb. Geol. B.-A., **102**, 313—352, Wien 1959.
- Bederke, E.: Orogenese, Gesteinsverformung und Metamorphose. — Vortragssammenfassung d. Geolog. Vereinigung 1960, 1 S., Würzburg 1960.
- Cornelius, H. P.: Zur Selbstverzerrung der Faltenzüge im Gefolge der Orogenese. — Sitzber. Österr. Ak. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., Abt. I, **158**, 337—373, Wien 1949.
- & Clar, E.: Erläuterungen zur geologischen Karte des Großglocknergebietes. 34 S., Wien, Geol. B.-A., 1935.
- Exner, Ch.: Mallnitzer Rollfalte und Stirnfront des Sonnblick Gneiskernes. — Jb. Geol. B.-A., **93**, Jg. 1948, 57—81, Wien 1949.
- Geologische Probleme der Hohen Tauern. — Verh. Geol. B.-A., Sonderh. C, 86—95, Wien 1952.
- Die Südost-Ecke des Tauernfensters bei Spittal an der Drau. — Jb. Geol. B.-A., **97**, 17—37, Wien 1954.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte der Umgebung von Gastein. — 168 S., Wien, Geol. B.-A., 1957.
- Frasl, G.: Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. — Jb. Geol. B.-A., **101**, 323—472, Wien 1958.
- Fritsch, W.: Eine tektonische Analyse des steirischen Erzberges. — Berg- u. Hüttenmänn. Monh., **105**, 225—231, Wien 1960.
- Fuchs, A.: Untersuchungen am tektonischen Gefüge der Tiroler Zentralalpen. (Berge westlich des Brenner.) — Jb. Zweigst. Wien Reichsstelle Bodenforschung, **89**, 233—284, Wien 1939.
- Untersuchungen am Gefüge der Tiroler Alpen, II. (Kalkalpen Achensee, Kaisergebirge). — N. Jb. Min. usw., Abh., Abt. B, **88**, Stuttgart 1944.
- Fuchs, G.: Beitrag zur Kenntnis der Geologie des Gebietes Granatspitze—Großvenediger (Hohe Tauern). — Jb. Geol. B.-A., **101**, 201—248, Wien 1958.

- Hahn, F.: Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns. — Mitt. Geol. Ges. Wien, **6**, 238—357, 374—501, Wien 1913.
- Hammer, W.: Die Umgrenzung der Ötztaler Alpen als Schubdecke. — Verh. Geol. B.-A., Jg. 1931, 175—188, Wien 1931.
- Bemerkungen zu R. Staubs „Geologische Probleme um die Gebirge zwischen Engadin und Ortler“. — Ebenda, Jg. 1938, 227—237, Wien 1938.
- Heller, F. & Nieder, R.: Geologisch-morphologische Untersuchungen im Partnachtal des Wettersteingebirges. — Mitt. Höhlen- u. Karstforsch., Jg. 1932, 119—153, Berlin 1932.
- Heritsch, F.: Die Grundlagen der alpinen Tektonik. — 259 S., Berlin, Bornträger, 1923.
- Die Deckentheorie in den Alpen. — Fortschritte Geol. Paläont., **6**, H. 17, 75—210, Berlin 1927.
- Jenny, H.: Die alpine Faltung. — 176 S., Berlin, Borntraeger 1924. Darin: Schubrichtungen. S. 70—72.
- Karl, F.: Der derzeitige Stand B-achsialer Gefügeanalysen in den Ostalpen. — Jb. Geol. B.-A., **97**, 133—152, Wien 1954. Darin ausführliches Literaturverzeichnis.
- Kristan, E.: Geologie der Hohen Wand und des Miesenbachtals (Niederösterreich). — Jb. Geol. B.-A., **101**, 249—291, Wien 1958.
- & Tollmann, A.: Zur Geologie des Semmering-Mesozoikums. — Mitt. Ges. Geol. Bergb.-Stud., **8**, 75—90, Wien 1957.
- Leuchs, K.: Tektonische Untersuchungen im Wettersteingebirge. — Z. Dtsch. Geol. Ges., **87**, 703—719, Berlin 1935.
- Metz, K.: Lehrbuch der tektonischen Geologie. — 294 S., Stuttgart, Enke, 1957. Darin: Gefügetypen S. 87 f.
- Pleißmann, W.: Zur Entwicklung von Doppelachsen (B₁B₂) in einem Bauakt. — N. Jb. Geol. Pal., Monh., Jg. 1961, 318—328, Stuttgart 1961.
- & Wunderlich, H. G.: Eine Achsenkarte des inneren Westalpenbogens. — Ebenda, Jg. 1961, 199—210, Stuttgart 1961.
- Preiswerk, H.: Die zwei Deckenkulminationen Tosa-Tessin und die Tessiner Querfalte. — Ecl. geol. Helv., **16**, 485—496, Basel 1921.
- Richter, M.: Die Struktur der nördlichen Kalkalpen zwischen Rhein und Inn. — Neues Jb. Min. etc., Beilage-Bd. **63**, Abt. B, 1—62, Stuttgart 1930.
- Rosenberg, G.: Zur Deckengliederung in den östlichen Weyerer Bögen. — Sbr. Öst. Ak. Wiss. Wien, math.-ntw. Kl., Abt. I, **164**, 525—543, Wien 1955.
- Grundsätzliches zur Frage des Deckenbaues in den Weyerer Bögen. — Verh. Geol. B.-A., Jg. 1960, 95—103, Wien 1960.
- Rothpletz, A.: Geologische Alpenforschungen. I. — 261 S., München 1900.
- Ruttner, A.: Querfaltungen im Gebiet des oberen Ybbs- und Erlauftales. — Jb. Geol. B.-A., **93**, Jg. 1948, 99—128, Wien 1949.
- Das Flyschfenster von Brettl am Nordrand der niederösterreichischen Kalkalpen. — Verh. Geol. B.-A., Jg. 1960, 227—236, Wien 1960.
- Sander, B.: Gefügekunde der Gesteine. 352 S., Wien, Springer 1930.
- Neuere Arbeiten am Tauernwestende aus dem Min.-Petrogr. Institut der Universität Innsbruck. — Mitt. Reichsst. Bodenforsch. Zweigst. Wien, **1**, 121—138, Wien 1940.
- Über Flächen- und Achsengefüge (Westende der Hohen Tauern, III. Bericht). — Ebenda, **4**, 3—94, Wien 1942.
- Einführung in die Gefügekunde der geologischen Körper. — Wien, Springer-Verlag. I. Teil 1948, II. Teil 1950.
- Schmidegg, O.: Der geologische Bau der Steinacher Decke mit dem Anthrazitkohlenflöz am Nöblachjoch (Brenner-Gebiet). — Veröff. Mus. Ferdinandeum, **26**, Jg. 1946, 1—19, Innsbruck 1949.
- Patscher Kofel bei Innsbruck. — Geol. Führer zu den Exkursionen der Geol. B.-A., Verh. Geol. B.-A., Sonderh. A., 123—130, Wien 1951.
- Zum tektonischen Gefüge des Rhätikons I. — Jb. Geol. B.-A., **98**, 145—170, Wien 1955.
- Solyom, F.: Die petrographische und tektonische Entwicklung der Umgebung von Althofen in Kärnten. — Diss. Berlin 1942. 58 S.
- Spitz, A.: Tektonische Phasen in den Kalkalpen der unteren Enns. — Verh. Geol. R.-A., Jg. 1916, 37—41, Wien 1916.

- Staub, R.: Über das Längsprofil Graubündens. — Vierteljschr. Züricher natforsch. Ges., **64** (Heim-Festschr.), 295—335, 1919.
- Suess, E.: Entstehung der Alpen. 168 S., Wien, Braumüller 1875.
- Tollmann, A.: Das Stangalm-Mesozoikum (Gurktaler Alpen). — Mitt. Ges. Geol. Bergb.-Stud., **9**, 57—73, Wien 1958.
- Geologie der Mosermannlgruppe (Radstädter Tauern). — Jb. Geol. B.-A., **101**, 79—115, Wien 1958.
- Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchung des zentral-alpinen Mesozoikums. — Mitt. Ges. Geol. Bergb.-Stud., **10**, 3—62, Wien 1959.
- Wenk, E.: Ergebnisse und Probleme von Gefügeuntersuchungen im Verzaschtal (Tessin). — Schweiz. Min. Petr. Mitt., **23**, 265—294, Zürich 1943.

Eingegangen bei der Schriftleitung am 3. November 1961.