

Verh. Geol. B.-A.	Sonderheft G	S. 191—198	Wien, Oktober 1965
Z. deutsch. geol. Ges. Jahrgang 1964	Band 116 2. Teil	S. 447—454	Hannover, Oktober 1965

Tektonische Probleme bei der Gliederung des Altkristallins der östlichen Zentralalpen

VON ANDREAS PILGER und NORBERT WEISSENBACH, Clausthal *)

Mit 2 Abbildungen

Die bisherige Gliederung der Stratigraphie und Metamorphose des ostkärntnersteirischen Kristallins, besonders der stärker metamorphen Teile, stützt sich auf eine beschränkte Anzahl älterer, grundlegender Arbeiten, wobei besonders die von F. ANGEL, F. HERITSCH und A. KIESLINGER genannt seien. In jüngerer Zeit haben u. a. K. METZ, P. BECK-MANNAGETTA und A. TURNER wichtige Beiträge zur Erforschung des Kristallins geliefert. Es darf aber nicht übersehen werden, daß weite Gebiete noch nicht durch eine moderne, kleinmaßstäbliche Kartierung erfaßt worden sind. So steckt dieser Raum auch heute noch voller Probleme, was die Stratigraphie, die Metamorphose und besonders die Tektonik betrifft.

Bis vor kurzem standen sich, wie in so vielen Teilen der Ostalpen, zwei Lehrmeinungen gegenüber. Auf der einen Seite vertrat die mehr deduktiv arbeitende Grazer Schule (F. HERITSCH, R. SCHWINNER, K. METZ und deren Schüler) den autochthonen Charakter der östlichen Zentralalpen. Danach stellt dieses Gebiet eine Horstscholle dar, die in alpidischer Zeit zwar lokal geschuppt, im wesentlichen aber durch Bruchtektonik germanotyper Art zerstückelt sein sollte. Die mehr induktiv arbeitende Wiener Schule (bes. L. KOBER und Schüler) baute dagegen die Vorstellung von einem großzügigen Deckenbau aus. Durch neuere Forschungsergebnisse, wobei besonders der Nachweis der weiten Verbreitung von schwach metamorphen mesozoischen Gesteinen in zentralalpiner Fazies zu erwähnen wäre, erlangte diese Auffassung sicher einen hohen Grad der Wahrscheinlichkeit. In jüngster Zeit haben einerseits A. TOLLMANN (Wien), andererseits H. FLÜGEL (Graz) den Deckenbau herausgestellt. Die Diskussion geht heute weniger um das „Ob überhaupt“, sondern um das „Wie“ und über die Größenordnung. Nach A. TOLLMANN stellt das gesamte höher metamorphe Muralpen-Kristallin der östlichen Zentralalpen (vorwiegend Meso- und Katazonales) die mittelostalpine Einheit dar, die dem Unterostalpin (z. B. Radstädter Tauern) aufliegend selbst wieder von der oberostalpinen Gurktaler Decke überlagert wird. Die Existenz der Gurktaler Decke wird durch die schwach metamorphe Trias belegt, die am N- und W-Rand dieser Einheit eingeklemmt ist. Zu ähnlichen Ergebnissen und Vorstellungen kam auch H. FLÜGEL durch Studien im Grazer Paläozoikum.

Trotz einer Menge neuerer Arbeiten ist es aber bisher nicht gelungen, ein Bild der tektonischen Entwicklung zu entwerfen, dem nicht aus triftigen Gründen heraus widersprochen werden konnte. Die Anhänger der extremen Deckenlehre

*) Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. A. PILGER und Dipl.-Geologe N. WEISSENBACH, Geologisches Institut der Bergakademie Clausthal — Technische Hochschule.

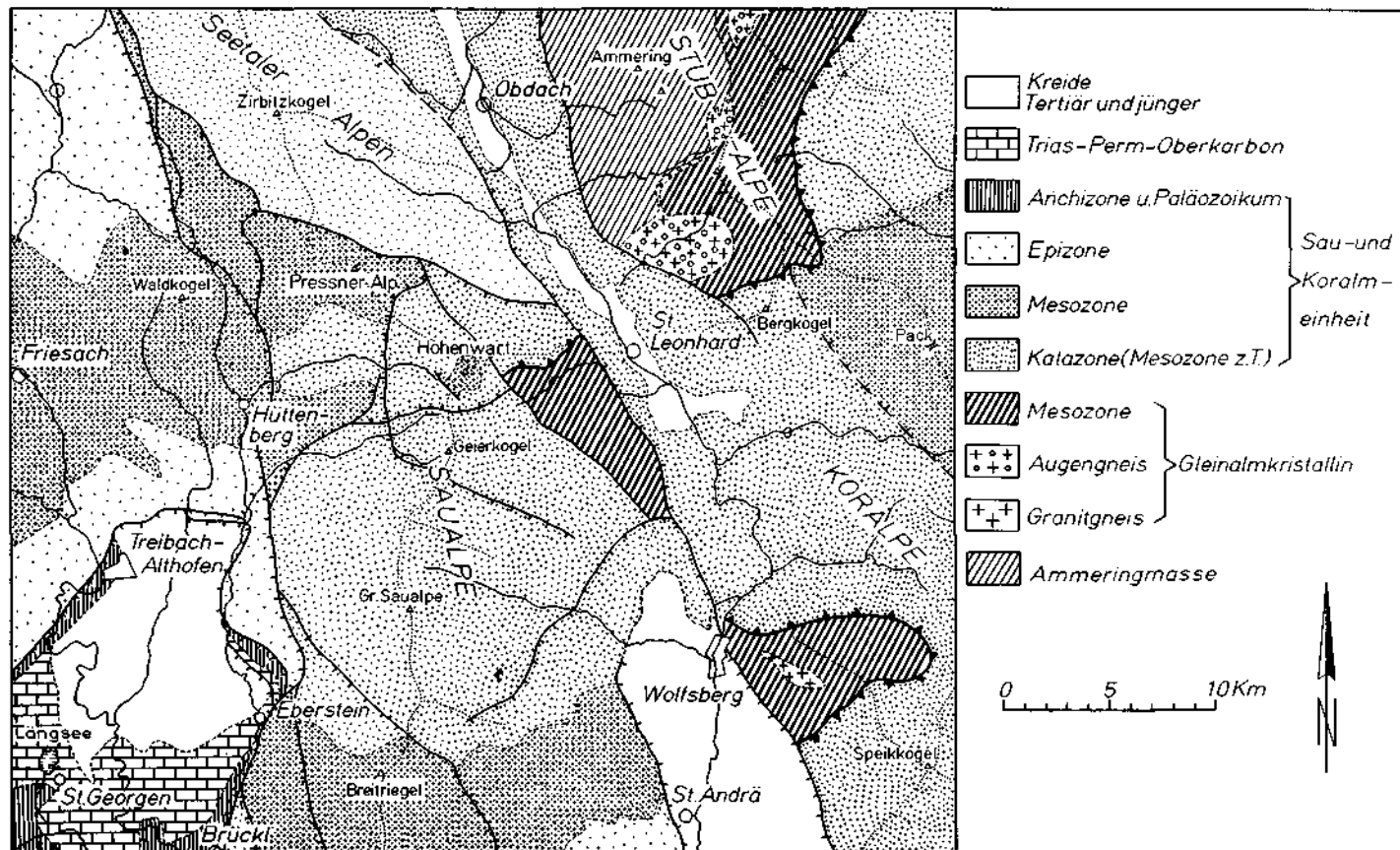


Abb. 1: Übersichtsskizze des mittleren ostkärntner-steirischen Kristallins.

haben in A. TOLLMANN einen Vertreter gefunden, der mit einem klaren und einfachen Konzept das Problem der tektonischen Gliederung grundsätzlich gelöst zu haben scheint. Auf der anderen Seite existieren genug Detailarbeiten, die den Nappismus, auch der neuesten Prägung, lokal widerlegen oder zumindest unwahrscheinlich erscheinen lassen. So sind auch heute noch viele grundsätzliche Fragen offen.

Für das Zutreffen einzelner großtektonischer Gliederungsversuche spielt das tatsächliche Alter des „Altkristallins“ und seiner Metamorphose eine entscheidende Rolle. Die Anschauungen gehen darüber ebenfalls weit auseinander. R. SCHWINNER sah in der sogenannten „Gleinalmkristallisation“, die in der Glein-, Stub-, Kor- und Saualm auftritt, eine präkambrische Gebirgsbildung und Metamorphose mit jüngeren, vorwiegend variszischen Überprägungen. A. TOLLMANN zieht in jüngster Zeit aus seinen tektonischen Überlegungen heraus sogar ein jungalpidisches Alter in Betracht: „Sollte der Nachweis einer progressiven Metamorphose, die mittelostalpinen Kristallin und oberoostalpinen Paläozoikum gemeinsam ergriff, etwa im Raum der Sau- und Koralpe in geschlossenen Profilen zu belegen sein, so würde damit zugleich das jungalpidische Alter dieser Kristallisation erwiesen sein“ (A. TOLLMANN, 1963, S. 203). Ebenso erwägt S. PREY (1963) ein alpidisches Alter der Metamorphose.

Die für uns interessanten Probleme, die speziell das Altkristallin im Raum Gleinalpe, Kor- und Saualpe umfassen, sind:

1. Gibt es im Kristallin eine allgemein gültige „Stratigraphie“, mit der tektonische Deutungen gestützt oder widerlegt werden können?
2. Gibt es bezüglich einer variszischen Metamorphose einen prä- bis synmetamorphen Schuppen- oder Deckenbau?
3. Gibt es einen alpidischen Decken- oder Schuppenbau innerhalb des Altkristallins und wo ist dieser nachweisbar?

Bevor wir zu diesen Fragen Stellung nehmen, seien unsere Ergebnisse aus der Saualpe kurz geschildert. Wir möchten aber betonen, daß wir uns bemüht haben, im Gegensatz zu der oft praktizierten induktiven Arbeitsweise den umgekehrten Weg zu gehen. Auf der Grundlage einer möglichst kleinmaßstäblichen Kartierung (1 : 10.000 und 1 : 5000) über die gesamte Saualpe wurde eine Serienabfolge erarbeitet. Mit dieser „Stratigraphie“ sollte es möglich sein, die Vorgänge während der Sedimentation und der anschließenden Metamorphose zeitlich und räumlich zu gliedern und mit den tektonischen Ereignissen zu korrelieren. Diese Arbeiten, die von Herrn Prof. SCHÖNENBERG, von mir und unseren Schülern in enger Arbeitsgemeinschaft mit österreichischen Geologen und Mineralogen (Prof. CLAR, Prof. MEIXNER, Prof. F. KAHLER, Dr. W. FRITSCH) durchgeführt wurden, sind heute soweit gediehen, daß teils über Neues, teils über schon Bekanntes in neuem Licht berichtet werden kann (Abb. 1).

Der Schichtstapel der Saualpe läßt sich in 3 Teile, Ober-, Mittel- und Unterbau, gliedern.

1. Der Oberbau umfaßt das höhere Oberkarbon und die Grödener Schichten samt auflagernder Trias, Gosaukreide, Eozän u. a. Die Grödener Schichten — nach den Pflanzenfunden (RIEHL-HERWIRSCH, 1962) bereits im Oberkarbon beginnend — liegen diskordant auf dem gefalteten und metamorphisierten Mittelbau. Die Transgressionsfläche ist selten gut aufgeschlossen. Es treten aber in den tiefsten Teilen tonige Schichten mit Konglomeraten auf, die die Gerölle

der unmittelbar darunter anstehenden Gesteine enthalten. An einem primären Transgressionsverband ist daher kaum zu zweifeln.

2. Der Mittelbau: Der oberste Teil besteht aus nicht-, oder höchstens anchi-metamorphen, vorwiegend feinklastischen Gesteinen mit Vulkaniten, Tuffen, einigen Kalken und gelegentlich eingeschalteten Lyditen. Das Alter dieser Schichten konnte neuerdings durch Fossilfunde belegt werden und reicht vom Silur bis ins Oberdevon. Die Lagerung ist durchweg normal, oben das Jüngere, unten das Ältere. Unter dem fossilbelegten Paläozoikum folgen phyllitische Tonschiefer, tonschiefrige Phyllite, die ihrerseits zur Teufe hin in phyllitische Glimmerschiefer, Glimmerschiefer und schließlich in Schiefergneise übergehen. Die unteren Partien der Glimmerschiefer sind stark mit pegmatoiden Injektionen durchsetzt. In den tieferen Teilen des Mittelbaues, die Hauptgesteine sind dort Schiefergneise und Disthenflaser-Gneise, sind pegmatoiden Injektionen und Exsudate typische Erscheinungen. Die Unterschiede zwischen den Disthenflaser-Gneisen und den Schiefergneisen liegen vorwiegend im Gefüge. Erstere sind gering rekristallisierte Gesteine mit relikistischen Mineralparagenesen und noch erhaltenen Beanspruchungsmerkmalen, letztere sind postkinematisch vollkommen umkristallisierte Gesteine. Der ganze Komplex läßt sich einerseits durch die mehrfache Wiederholung von Kalken, klastischen Sedimenten, Magmatiten und deren Tuffen, andererseits an Hand der verschiedenen Metamorphosestufen gliedern. Auf diese Weise war es möglich, die auskartierbaren Serien sowohl durch den heutigen Metamorphosegrad als auch nach der primären sedimentären Zusammensetzung zu charakterisieren. In der Saualpe verlaufen die Grenzen der Metamorphosestufen und die stofflichen Grenzen parallel zueinander. Innerhalb einzelner Serien existieren starke primäre sedimentäre Fazieschwankungen. Besonders können Marmore seitlich auskeilen und z. T. von Amphiboliten abgelöst werden. Einzelne Marmor- und Grüngesteinkomplexe erreichen solche Mächtigkeiten, daß sie durch mehrere Serien hindurchgehen und dementsprechend in den liegenden Teilen eine stärkere, in den hangenden Teilen eine schwächere Metamorphose zeigen. Dies alles gibt das Bild eines metamorph gewordenen Sedimentationsraums mit einer über weite Gebiete gleichbleibenden, vorwiegend klastischen Sedimentation und zeitweiligen starken faziellen Differenzierungen in Riffkalkbereichen, Eruptivzentren u. a.

Bezogen auf die Metamorphose und die dadurch abgebildete Tektonik ist der Mittelbau ebenfalls eine genetische Einheit. Es ist dabei zunächst gleichgültig, ob dieser Kristallinkomplex in Epi-, Meso- und Katazone oder nach Fazien einzuteilen ist. Wesentlich bleibt, daß der Metamorphosegrad, zeitlich bezogen auf die Hauptdeformation, von oben nach unten stetig zunimmt. Vom Hangenden zum Liegenden ergibt sich aber eine immer weitere Gliederung der metamorph-tektonischen Ereignisse in wohl trennbare Akte. In den oberen Teilen der epizonalen Gesteine ist nur 1 Metamorphosephase erkennbar. Die Kristallisation erfolgte gleichzeitig mit der Faltung syn- bis postkinematisch. In den tieferen Teilen, in der sogenannten „Eklogitserie“, sind dagegen bereits 3 Kristallisationsphasen nachweisbar. Durch ganz typische Mineralparagenesen, deren zeitliche Abfolge eindeutig an Hand der einzeitigen Hauptdeformation bestimmt werden kann, sind die präkinematische, die syn- bis frühpostkinematische und die spät-postkinematische Kristallisationsphase voneinander unterscheidbar. Zur Teufe hin zeigen sich aber immer häufiger und kräftiger Bewegungsspuren, die nach der im ganzen Mittelbau einheitlichen und einzeitigen Hauptdeformation ent-

standen sind. Diese Bewegungen haben ebenfalls bestimmte Kristallisationen und Gefügemerkmale hervorgerufen. Die Folge davon ist, daß Kristallisationsereignisse, die in hangenden Teilen, auf die Hauptdeformation bezogen, postkinematisch erfolgten, in den tieferen Teilen von Bewegungen überholt werden und nun bezüglich der jüngeren Durchbewegung als präkinematische Kristallisations-

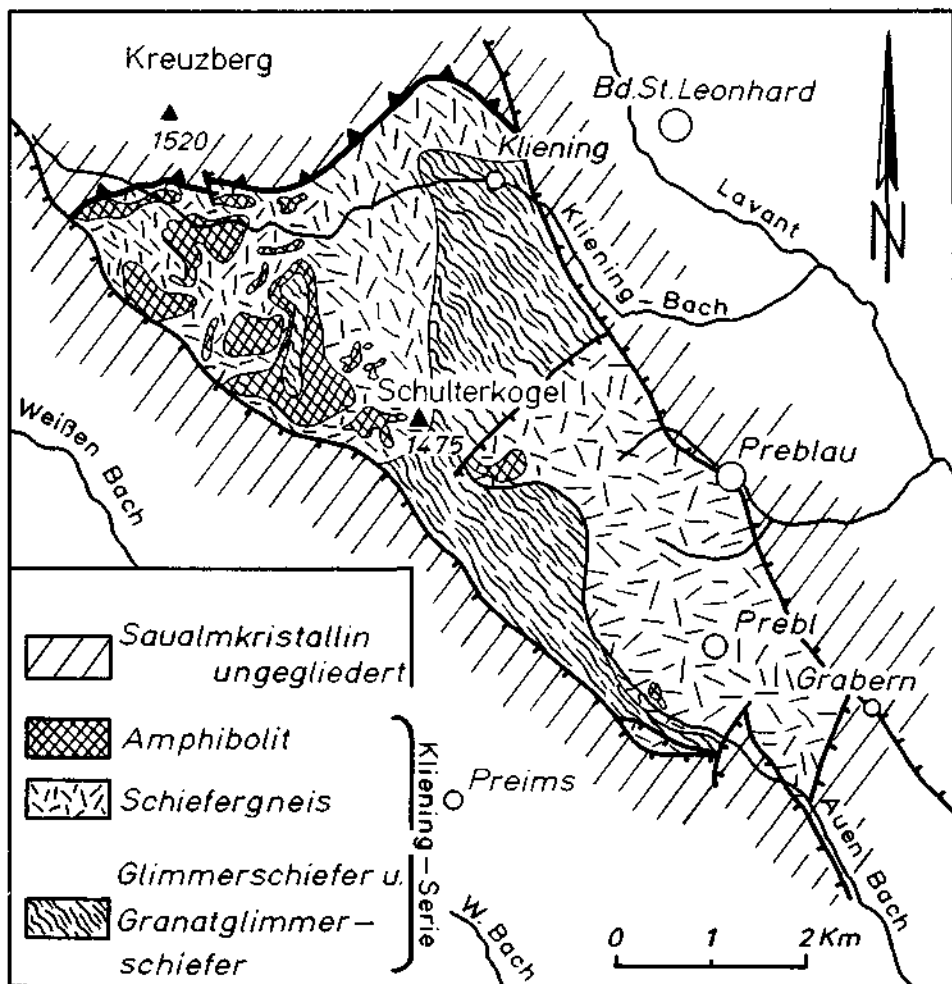


Abb. 2: Skizze des Klieninger Fensters.

phasen erscheinen. Je tiefere Serien man betrachtet, desto später erfolgt die letzte Kristallisation und um so deutlicher werden die Unterschiede zwischen den Mineralparagenesen und Gefügebildern, die im Anschluß an die Hauptdeformation entstanden und solchen, die mit der jüngeren Tektonik in Zusammenhang stehen. Die jüngeren Kristallisationen haben retrometamorphen bis diaphoritischen Charakter. Die Relikte der älteren Mineralparagenesen und Gefüge sind stets mehr oder weniger deutlich erkennbar geblieben.

Am leichtesten sind diese Verhältnisse an den Grüngesteinen erkennbar. In den hangendsten Teilen des Profils haben wir Grünschiefer. Darunter folgen Prasinite, Epidotamphibolite und schließlich Plagioklasamphibolite. Von der tiefsten Plankogelserie an (Mittlere Mesozone) finden sich eklogitische Gesteine, in denen der Omphacit zunächst in Form von postkinematisch gesproßten, ungerichteten Porphyroblasten auftritt. Tiefer, besonders reichlich in der Zone der Disthen-Staurolithschiefergneise erscheinen die bekannten schönen Eklogite, in denen die stengeligen Komponenten scharf parallel eingeregelt sind. Die Eklogite sind zur Teufe hin in zunehmendem Maße wieder in massige Amphibolite rückumgewandelt. Die darin neugesproßten Hornblenden sind meist unregelt. Zur Teufe hin werden auch diese Amphibolite immer stärker eingeformt. Sie verlieren dabei ihren massigen Habitus, bis schließlich scharf geregelte, plattige, bzw. lagige Amphibolite mit nur wenigen Relikten des Eklogitstadiums vorliegen. Prinzipiell analoge Verhältnisse bestehen in den Metamorphiten von tonigen und kalkigen Sedimenten. Der gesamte Komplex ist gleichzeitig während der Metamorphose durch die Hauptdeformationsphase, die als Stammfaltung aufzufassen ist, nach vorwiegend WNW—ESE streichenden Achsen verfault worden. Zur Faltung in dieser Richtung gehören Beanspruchungsspuren auch in anderer Richtung (z. B. N—S in den Disthenflaser-Gneisen).

Den gesamten Mittelbau müssen wir heute als eine genetische Einheit auffassen. Die vom Hangenden zum Liegenden zunehmende Metamorphose wurde in den tieferen Teilen des Kristallins durch jüngere Überprägungen retromorpher bis diaphoritischer Art verwischt. So kommt es, daß heute innerhalb des Mittelbaues stärker metamorphe Gesteine über scheinbar schwächer metamorphen liegen. Es handelt sich aber dabei keinesfalls um ein Ausklingen der Metamorphose (wie z. B. BECK-MANNAGETTA, 1953 annahm), sondern um eine Überprägung.

3. Der Unterbau: Im Liegenden der „Quarzitserie“ und der Stelzing-Marmorserie folgt ein Komplex, zusammenfassend von uns als Klieningserie bezeichnet, der nur scheinbar die Fortsetzung der tieferen Teile des Mittelbaues darstellt (Abb. 2). Die obersten Teile bestehen aus 2 Glimmer-Granat-Schiefergneisen mit z. T. mächtigen Amphibolitkörpern. Darunter folgen grobblättrige Granat-Glimmerschiefer mit wenigen Amphibolitlagen und dunklen, graphitischen Quarziten. Vergleiche zwischen der Klieningserie und der Wolfsberger Serie der Koralpe ergaben weitgehende makroskopische und mikroskopische Übereinstimmungen. In der Wolfsberger Serie ist als Tiefstes noch Granit angeschnitten. In der Klieningserie fehlt Entsprechendes, möglicherweise aber nur, weil hier kein tieferes Niveau zutage tritt. Die mikroskopischen Untersuchungen ergaben jedoch, daß es sich bei der Klieningserie nicht um retrometamorphen tieferen Mittelbau handelt (Eklogitserie i. allg.), sondern um Gesteine, deren heutiges mesozonales Stadium den stärksten Grad einer zunehmenden Metamorphose darstellt. Am deutlichsten ist dies wiederum an den Grüngesteinen ersichtlich. In den tieferen Teilen des Mittelbaues sind die Eklogite retrometamorph bis zu Epidotamphiboliten umgewandelt worden, in der Klieningserie dagegen bis zu Epidotamphiboliten zunehmend metamorphisiert. Bei genaueren Untersuchungen zeigte es sich, daß innerhalb des Klieningskristallins die Metamorphose nach oben hin zunimmt. Das darüberliegende Saualpenkristallin ist im gleichen Maße zunehmend retrometamorph überprägt, so daß es an der Grenze zu einer völligen Angliederung der Mineralfazien und

der Metamorphose gekommen ist. In der Grenzzone treten Gesteine auf, in denen Reliktgefüge zeigen, daß ehemals nur schwach metamorphe, phyllitische Gesteine von der höher metamorphen Kristallisation im Stil des Saualpenkristallins überprägt worden sind. In manchen dunklen, durch phyllonitische Reliktgefüge ausgezeichneten Gesteinen erscheint die Metamorphose überhaupt einaktig; ehemalige Phyllonite wurden von einer hochtemperierten Metamorphose der Saualpe kristallin überprägt.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich als tektonische Konsequenz, daß die Saualpe während der Metamorphose als heißer Block über die schwächer metamorphe Klieningserie geschoben wurde. Die dabei stattfindende Faltung hat das Kristallin der Saualpe und die Unterlage gemeinsam erfaßt. Gleichzeitig kam es in der Klieningserie zur Aufheizung, in der Saualpe zu einer Abkühlung. Die Überschiebung ist also synmetamorph erfolgt.

Beiderseits der Grenze zwischen Ober- und Unterbau häufen sich Diaphtoresezonen und Partien mit starker mechanischer Beanspruchung. An einer Stelle konnte auch eine mächtige flachliegende Mylonitzone ausgemacht werden. Aus den höheren Teilen der Wolfsberger Serie werden ebenfalls auffallend viele Spuren echter Diaphtorese beschrieben. Die synmetamorphe Fuge zwischen den Kristallinkomplexen ist also später nochmals von Bewegungen benutzt und nachgezeichnet worden.

Auf Grund der Beobachtungen über die Beziehungen zwischen Durchbewegung und Metamorphose in den einzelnen Abschnitten des gesamten Schichtkomplexes ergeben sich nun Konsequenzen für die tektonische Auffassung weiterer Bereiche auch außerhalb unseres Arbeitsgebietes und eine Stellungnahme zu den am Anfang der Ausführungen angeschnittenen Fragen.

Der Ober- und Mittelbau sind durch einen primären sedimentären Kontakt miteinander verbunden. Innerhalb des Mittelbaues sind außer nachweislich lokalen Verschiebungen keine größeren postmetamorphen Bewegungsbahnen vorhanden. Der Mittelbau bildet daher in sich, zusammen mit dem Oberbau, eine genetische und damit eine tektonische Einheit. Durch diese Einheit kann keine alpidische Deckenbahn gelegt werden. Eine Trennung der höher metamorphen Teile von den phyllitischen und paläozoischen ist in unserem Gebiet nicht möglich. Eine Gurktaler Decke im Sinne weiter Verfrachtung aus dem Klagenfurter Becken gibt es nicht. Nun liegt aber der Mittelbau über einem schwächer metamorphen, neuartigen Kristallinkomplex. Diese Überlagerung muß nach dem heutigen Stand unserer Kenntnisse als eine tektonische Überschiebung des ehemals höher metamorphen Saualmkristallins auf die schwächer metamorphe Klieningserie gedeutet werden. Die Gemeinsamkeiten in Metamorphose und Faltung sprechen für eine synmetamorphe Überschiebung. Die flachliegenden Diaphtoresezonen und echte lettige Mylonitzonen im Grenzbereich zwischen beiden Einheiten zeigen die spät- bzw. postmetamorphen Bewegungen auf, die jung, d. h. alpidisch sein müssen. P. BECK-MANNAGETTA (1951) hat ähnliche Verhältnisse aus der Koralpe beschrieben und das Auftauchen von schwächer metamorphen Gesteinen im sog. „Wolfsberger Fenster“ erkannt. Er ließ aber beide Deutungsmöglichkeiten, als Deckenüberschiebung oder als Stockwerkbau innerhalb eines einheitlichen Kristallins, offen. Uns erscheint es jetzt erwiesen, daß der Unterbau mit der Klienings- und der Wolfsberger Serie ein echtes tektonisches Fenster unter dem Kor- und Saualpen-Kristallin darstellt.

Die nächsten der Klienig- und Wolfsberger Serie ähnlichen Gesteine finden sich weiter nördlich in der amphibolitreichen Speikserie und in den Grössinggneisen der Stubalpe. Auch dort postulierte bereits F. HERITSCH eine Verschiebung der auflagernden Teigtischserie (= Kor- und Saualpenkristallin mit dem darunter liegenden, geringer metamorphen Gleinalmkristallin). In diese Schuppenzone, an der ebenfalls höher metamorpher Mittelbau über schwächer metamorphem liegt, müßte die Überschiebung zwischen Mittel- und Unterbau münden. Tatsächlich fanden sich auch hier in der Umgebung des Almhauses und nördlich des Schrottkogels in der Stubalpe gleichartige, kristallin überprägte Phyllonite, aber auch jüngere Bewegungsspuren. Wir sind daher der Meinung, daß es sich also um einen weitreichenden synmetamorphen Deckenbau handelt, der von alpidischen Bewegungen nachgezeichnet wurde. So könnte der Decken- bzw. Schuppenbau variszisch angelegt und alpidisch nachgeprägt sein. Insgesamt sind Überschiebungsweiten von mindestens 25 km nachweisbar.

Literaturauswahl:

- ANGEL, F.: Petrographisch-geologische Studien im Gebiete der Gleinalpe (Steiermark). — Jb. Geol. B.-A. Wien, 73, S. 63—98, Wien 1923.
- BECK-MANNAGETTA, P.: Die Auflösung der Mechanik der Wolfsberger Serie, Koralpe, Kärnten. — Jb. Geol. B.-A. Wien, 94, S. 127—157, Wien 1951.
- CLAR, E., FRITSCH, W., MEIXNER, H., PILGER, A., & SCHÖNENBERG, R.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), VI. — Carinthia II, Mitteil. Naturwiss. Ver. Kärnten, 73 bzw. 153, S. 23—51, Klagenfurt 1963.
- FRITSCH, W.: Von der „Anchi“ zur Katazone im Kristallinen Grundgebirge Ostkärntens. — Geol. Rdsch., 52, S. 202—209, Stuttgart 1963.
- FRITSCH, W., MEIXNER, H., PILGER, A., & SCHÖNENBERG, R.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), I. — Carinthia II, 150, S. 7—28, Klagenfurt 1960.
- HERITSCH, F., & CZERMAK, F.: Geologie des Stubalpengebirges in Steiermark. Verlag Ulrich Moser, Graz 1923.
- v. KAMP, H., & WEISSENBACH, N.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten) II. Das Gebiet zwischen Erzberg, Hohenwart und Geyerkogel. — Carinthia II, 151, S. 5—40, Klagenfurt 1961.
- KIESLINGER, A.: Geologie und Petrographie der Koralpe, I—IX. — Sitz-Ber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Klasse, I, I: 135, S. 1—42, 1926; II: 135, S. 479—497, 1926; III: 136, S. 79—94, 1927; IV: 136, S. 95—104, 127; V: 137, S. 101—111, 1928, VI: 137, S. 123 bis 142, 1928, VII: 137, S. 401—454, 1928, VIII: 137, S. 455—480, 1928, IX: 137, S. 491 bis 532, 1928, Wien.
- METZ, K.: Gedanken zu baugeschichtlichen Fragen der steirisch-kärntnerischen Zentralalpen. — Mitteil. Geol. Ges. Wien, 50, S. 201—250, Wien 1958.
- STREHL, E.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), IV. (Das Paläozoikum und sein Deckgebirge zwischen Klein-St. Paul und Brückl). — Carinthia II, 152, S. 21—45, Klagenfurt 1962.
- THIEDIG, F.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), III. (Die Phyllit- und Glimmerschieferbereiche zwischen Lölling und Klein St. Paul). — Carinthia II, 152, S. 21—45, Klagenfurt 1962.
- TOLLMANN, A.: Ostalpen-Synthese. F. Deuticke, Wien, S. 256.
- WEISSENBACH, N.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten), V. — Carinthia II, 153, S. 5—23, Klagenfurt 1962.