

Teilprojekt 15/02:

ARGUMENTE FÜR EIN NEUES ENTWICKLUNGSMODELL DES OSTALPINS

W. Frank

Das von TOLLMANN (1959, 1977) aufgestellte Modell der Entwicklung des Ostalpins gliederte die Hauptmasse des Ostalpins – ohne Unterostalpin, das als abgesplitterte Stirnteile betrachtet werden kann – in die beiden Groseinheiten Mittelostalpin und Oberostalpin. Das Oberostalpin entstammt nach diesem Modell dem Bereich der Periadriatischen Naht/Judikarien Linie bzw. unmittelbar N des Drauzuges – Karawanken. Es soll sein ursprüngliches Basement verloren und in breiter Front die Zentralzone (Mittelostalpin) überfahren haben, wobei größere paläozoische Schubmassen, z. B. die Gurktaler Decke, Grazer Paläozoikum als ehemals südliche Teile der Hauptmasse der Nördlichen Kalkalpen samt Grauwackenzone, auf dem Mittelostalpin in Form tektonisch fremder Einheiten liegen geblieben sind.

Aus der seinerzeitigen Sicht war dies eine durchaus folgerichtige Konzeption, wobei als wesentliche Argumente angeführt wurden:

- 1) Fazielle Argumente: Eigenständige mittelostalpine Fazies der transgressiven Mesozoika, z. B. Stubai, Stangalm.
- 2) Tektonische Argumente: Sichtbar tektonisch höhere Position der NKA über dem Silvretta-kristallin, Bewegungszonen mit Diaphthorese an der Basis der paläozoischen Schubmassen sprechen für großen S–N Transport. Da der Internbau des Kristallins E der Tauern allgemein als im wesentlichen voralpin geprägt angesehen wurde, war auch das Raumargument gegeben. Zwischen Stangalmmesozoikum und dem mesozoisch besetzten N-Rand des Kristallins war zu wenig Platz für die gesamten Kalkalpen.
- 3) Die Metamorphose der mittelostalpinen Mesozoika wurde als Ergebnis der Überführung durch die heute noch sichtbaren NKA + GRWZ angesehen.

Jedes dieser Argumente wurde als allein ausreichend für die notwendige Begründung des genannten Modells erachtet.

Frühere Einwände und die Überprüfung der wesentlichen Argumente, die – soweit sie das Kristallin und die Metamorphoseabläufe betreffen – vor allem im Rahmen des Hochschulforschungsprojektes S 15 erfolgte, zeigen, daß heute ein Kenntnisstand vorliegt, der mit diesem ursprünglichen Modell nicht mehr vereinbar ist. Rahmenbedingungen für eine grundsätzlich neue Modellvorstellung, die sich sinnvoll in den geomechanischen Großablauf einfügt, werden am Ende der folgenden Diskussion dargestellt.

Fazielle Argumente:

Es besteht Übereinstimmung darüber, daß im steirisch-kärntnerischen Querschnitt der N-Rand der Kalkalpen jedenfalls auf oder hinter die Linie des Permomesozoikums von Thörl–Rannachserie zurückzunehmen ist. Kritisch ist die Position des *Stangalmmesozoikums*.

DIE BASALBILDUNGEN DES STANGALMMESOZOIKUMS

vereinfacht nach K. LIEGLER 1973

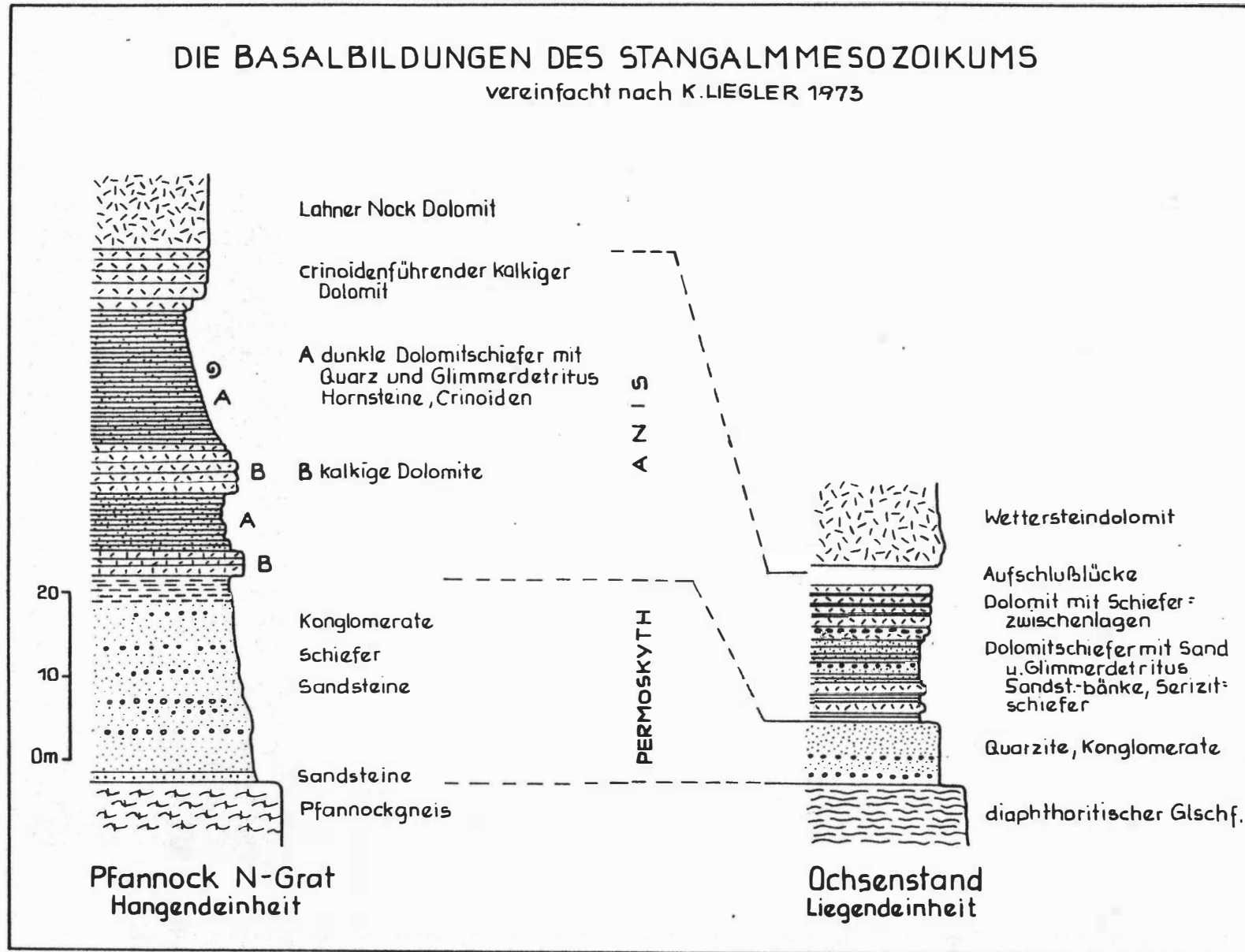


Fig. 1: Basalbildungen des Stangalmmesozoikums.

Das für die südoberostalpine lizische Fazies typische sandige Anis ist in beiden Einheiten des Stangalmmesozoikums in charakteristischer Weise entwickelt. Die schwach metamorphe Liegendeinheit weist nach neuesten Funden weitere Merkmale einer dem Drauzug ähnlichen Schichtfolge auf, und zwar kommen Carditaschiefer mit dem auffälligen Großoolithhorizont im ersten Band in der Karlwand über dem Ochsenstandprofil vor.

Ursprünglich zur Gänze als vom Oberostalpin überfahren betrachtet, wird nun von TOLLMANN (1975) die Pfannock-Einheit aus faziellen Gründen als südoberostalpine Einheit angesehen. Schon LIEGLER (1973) hat jedoch gezeigt, daß das dafür maßgebliche sandige Anis auch im transgressiven Stangalmmesozoikum s. str. im sogenannten Ochsenstandprofil bestens abgeschlossen erhalten ist. Die Feststellung von LIEGLER kann vollinhaltlich bestätigt werden. Der klastische Inhalt der Serie ist identisch, die geringe Mächtigkeit des metamorphen Profiles kann wenigstens größtenteils durch die sichtbare Plättung der Gesteine erklärt werden.

Akzeptiert man das Argument, daß das sandige Anis für eine Anbindung des Pfannockzuges an den Drauzug spricht – der Autor schließt sich dem an – so bleibt kein stichhaltiges Argument übrig, daß dieselbe Anbindung nicht auch für das Stangalmmesozoikum s. str. gilt. Demnach stammen die NKA nicht aus der Fuge zwischen diesen beiden Einheiten des Stangalmmesozoikums, sondern wurden nördlich davon abgelagert, wobei wegen vermuteter Lateralbewegung nicht eine strenge Abwicklung in heutigen N-S-Schnitten erforderlich sein muß.

Die Vorkommen des Karbons zeigen einerseits eine Transgression auf der Gurktaler Decke, andererseits aber auch, wie schon STOWASSER (1956) feststellte, Gerölle des Kristallins, wie es im Bereich NW von Turrach vorkommt. Ebenso ist auch Detritus und Blockwerk des Pfannockgneises für das Karbon der Brunnachhöhe charakteristisch. In all diesen Fällen findet man als Detritus vielfach auch schon zur Zeit des Karbons kühl deformiertes Kristallin, dessen Quarze auch im sandigen Anis wieder erscheinen. Die Geröllassoziaton im Karbon vom Steinbachsattel S Kilnbrein wird derzeit durch H. FRIMMEL bearbeitet und es scheint, daß den Kristallingeröllen eine charakteristische, zunächst als alpin betrachtete simple shear Deformationskomponente, die in den Orthogneisen von Turrach vorhanden ist, fehlt. Betrachtet man unvoreingenommen die lokalen Verhältnisse, auch Lithologie und Einzugsgebiet der Gerölle des Paa-ler Konglomerates, so lassen sich die tektonischen Verhältnisse am W-Rand der Gurktaler Decke durchaus als Verschuppung von ursprünglich nebeneinander liegenden Einheiten, ähnlich wie im Sinne von CLAR (1965) auffassen. Für die häufigen NW bis EW-Lineationen, die als Beweise für einen reinen S-N Transport, der aus geometrischen Gründen die ganze Gurktaler Decke grundsätzlich abtrennen müßte, angesehen wurden, ist in Einzelfällen eine W-vergente simple shear Bewegungskomponente belegt.

Es kann als gesichert gelten, daß die Gurktaler Decke eine ansehnliche alpine Relativverschiebung zu ihrem Untergrund und auch innere Verformungen erfahren hat (vgl. v. GOSEN 1982, MANBY 1983). Ein Beweis für eine tektonische Platznahme erst in kretazischer Zeit kann daraus nicht abgeleitet werden. Ähnlich wie für das Grazer Paläozoikum, zwar eine beträchtliche Verschiebung auf seiner Unterlage aber eine schon variszisch vorhandene Verbindung mit dem Koralpenkristallin heute gut begründet ist (FRANK et al., dieses Heft), zeigen auch die Verhältnisse am postulierten S-Rand der Gurktaler Decke in Saualpe und Koralpe, daß die alpine Deformation hier erst einsetzte, als die Metamorphosetemperaturen schon nahe ihrem Höhepunkt waren.

Auch von Teilen des N-Randes der Gurktaler Decke, und zwar an der Grenze Übergangsserie/Kristallin im Lachtal W Schönberg (E Oberwölz) vermutet der Autor eine schon variszische Platznahme der Übergangsserie (die unmittelbare Grenze wurde später wohl etwas weiterbewegt), da unmittelbar darunter die Hauptdeformation im Kristallin noch als variszisch aufgefaßt wird.

Die Auffassung, daß DIAPHTHORESEZONEN Hinweise auf die tektonischen Flächen unter ferntransportierten Einheiten seien, ist aus heutiger Kenntnis ein gänzlich untaugliches Argument. In den letzten Jahren konnte sehr viel Erfahrung über die Verteilung von retrograder Überprägung im Kristallin gesammelt werden. In erster Linie ist die Anwesenheit von fluiden Phase, weiters Temperaturen etwa im Bereich der Grünschieferfazies die wichtigste Voraussetzung für eine solche retrograde Überprägung.

Durchbewegung spielt natürlich eine bedeutende Rolle bei der Neubildung einer jüngeren Paragenese und kann bei der Verteilung der fluiden Phase wesentlich sein. Maßgeblich für das Auftreten von schwach metamorphen Überprägungen (je nach Temperatur Feldspatseritisierung, Chloritisierung von Biotit und Granat, Serizitisierung von Staurolith . . .) ist sie jedoch nicht.

Außerhalb der Gebiete mit alpiner Amphibolitfazies gibt es im gesamten Kristallin Zonen, wo in der Größenordnung von km³ Plagioklasseritisierung bzw. ± vollständige Staurolithzersetzung auftritt, ohne daß eine allgemeine penetrative Durchbewegung erkennbar ist. Im Hinblick auf Intensität der Zersetzung und Herkunft der fluiden Phase lassen sich zwei Bereiche unterscheiden:

Die Stirnbereiche des Ostalpins, und zwar insbesondere die abgetrennten Teile des Unterostalpins, waren im Zuge der Penninsubduktion unmittelbar über dem aufsteigenden Fluidstrom der progressiven Metamorphose dieser Einheit gelegen. Sie zeigen naturgemäß die intensivste Zersetzung, meist auch mit ausgeprägter penetrativer Durchbewegung verbunden (z. B. Kristallin des Semmeringsystems). Die weiter südlich gelegenen Kristallingebiete zeigen insbesondere an ihrem Oberrand unter dem transgressiven Mesozoikum intensive Zersetzung oft ohne nennenswerte Deformation (z. B. unter dem nördlichen Stubaimesoikum). Es gibt eine Reihe von Beobachtungen, die dafür sprechen, daß die Intensität dieser Zersetzung nach der Tiefe zu abnimmt, wobei jedoch die Mächtigkeit der Zersetzungszone jedenfalls in der Größenordnung von mindestens 1 Km liegt. Wir vermuten, daß in den Klüften des variszischen Kristallins aus den Sedimenten von oben her zirkulierende Wässer in erster Linie für diese Erscheinung verantwortlich sind. Daneben mag ein gewisser Teil der fluiden Phase auch durch erneute dehydrierende Reaktionen (z. B. Granatneubildung) von unten her freigesetzt worden sein.

Eine wesentliche Beobachtungstatsache ist, daß dort, wo die offenbar besser geklüfteten Gneise des Kristallins nicht direkt von Permomesozoikum überlagert werden, sondern sich mächtige Glimmerschiefer/Phyllitserien als abdichtende Horizonte dazwischenschalten, die Intensität der retrograden Zersetzung deutlich zurücktritt. Hinweise darauf sind im Bereich S unter dem E-Teil des Schneeberger Zuges gegeben, wo die Zersetzung voralpiner Staurolithe oft

nur randlich und unvollständig erfolgte, während im N und SW bei etwa gleichem Metamorphograd die Zersetzung immer eine vollständige ist. Staurolith reagiert nämlich bei erhöhter Temperatur und ausreichendem Fluid besonders leicht mit vollständiger Zersetzung.

Noch viel drastischer ist dieser Sachverhalt im steirisch-kärntnerischen Kristallin. An der gesamten Oberkante des Kristallins unter dem Grazer Paläozoikum ist Staurolith nur ausnahmsweise in lokalen Scherzonen zersetzt. Das charakteristische Erscheinungsbild in den durchgehend alpin ± penetrativ durchbewegten Gesteinen ist nur geringfügig am Rand zersetzter, selten auch noch perfekt erhaltener voralpiner Staurolith. Dies gilt auch für die Diaphthoresezone der Gradener Serie. Dieselbe Aussage gilt für die Wölzer Glimmerschiefer und ist ebenso deutlich an der von TOLLMANN postulierten Oberkante des mittelostalpinen Kristallins in Sau- und Koralpe festzustellen, wo die Zone der Zersetzung oft nur wenige 10 m beträgt. Darunter folgt schon der Beginn der alpinen Staurolithzone, wo alter und junger Staurolith nebeneinander vorkommen (KLEINSCHMIDT 1979).

Diese Verhältnisse machen es nach Meinung des Autors unmöglich, in dieser „Kristallinoberkante“ einen Horizont zu sehen, der sich ehemals nahe der Transgressionsfläche des Permomesozoikums befand. Sie sprechen vielmehr eindeutig dafür, daß dieses Kristallin seit jeher von mächtigen paläozoischen Serien überlagert war, die auf dieser Unterlage dann zwar verschoben und ausgedünnt, aber nicht erst in kretazischer Zeit Platz genommen haben.

Da es gute Argumente dafür gibt, Gurktaler Decke und Grazer Paläozoikum zu Beginn des alpinen Zyklus als S der GRWZ gelegene Bereiche aufzufassen, sind die geschilderten Verhältnisse ein sehr starkes Argument für die Herleitung von GRWZ + NKA aus dem N-Teil des ostalpinen Kristallins im Bereich E der Tauern. Auf die in diesem Zusammenhang zu postulierenden Raumverkürzungen wird weiter unten noch eingegangen.

Für die Herleitung der NKA im W des Tauernfensters wurde von TOLLMANN mehrfach auf Analogien mit dem Querschnitt im Stangalmmesozoikum hingewiesen. Auch das Mesozoikum von der Thialspitze wurde in Analogie zum Thörl Mesozoikum – Rannachserie, als primär transgressiv auf dem Silvrettakristallin betrachtet und die NKA mit der Phyllitgneiszone als Unterlage als von S kommende sichtbar höhere Einheit mit nur sekundär überkippten S-Rand betrachtet. Wie KRECZY (1981) und ROCKENSCHAUB et al. (dieses Heft) zeigen, sprechen die Feldverhältnisse für die deutlich andere Situation. Und zwar stellt das Mesozoikum Thialspitze – Puschlin am ehesten einen tektonisierten S-Teil der NKA dar, deren Phyllitgneisunterlage im Querschnitt von Landeck als aufrechte Antiklinale unter dem Silvrettakristallin verschwindet.

Die alpine Deformation dieser Unterlage der NKA ist zwar bereichsweise ansehnlich, erfolgte im Bereich der beginnenden Grünschieferfazies, zeigt jedoch auch an ihrer Basis keine Hinweise auf eine Transporttektonik über das Kristallin, sondern deutliche Argumente für eine stauchende Einengungstektonik am N-Rand des Silvrettakristallins.

Auch hier weisen die faziellen Verhältnisse der Sandeinschaltungen in der unteren Mitteltrias der Krabachjochdecke und auch noch weiter im E am S-Rand der Inntaldecke (mündl. Mitt. BRANDNER) darauf hin, daß NKA primär in N bzw. NE Position der Silvretta lagen, da für deren primär auflagerndes Mesozoikum und die Engadiner Dolomiten ebensolche Sandeinschaltungen bekannt sind. Die Sandeinschüttungen im Anis des Drauzuges und des Stangalm-mesozoikums lassen sich hier wohl anschließen.

Die faziellen Unterschiede zwischen der Blaserdecke und dem Stubai-Mesozoikum scheinen dem Autor nicht ausreichend als zwingendes Argument für die Herkunft der Kalkalpen S des Ötztalkristallins. Ähnliche Variationen in der Juraschichtfolge sind auch im Bereich des geschlossenen nordalpinen Faziesraumes der W-Kalkalpen möglich. Die von GEYSSANT 1973 als typisch oberostalpin bezeichnete und als tektonisch im Kalkkögelmesozoikum eingewickelt aufgefaßte Anis-Ladin-Schichtfolge mit Partnachschieben weist dieselbe Metamorphose wie ihre Umgebung auf und zeigt nach BRANDNER (mündl. Mitt. 1983) auch noch eine primär sedimentäre Verbindung zum Kalkkögelmesozoikum.

Von wesentlicher Bedeutung für die Diskussion der primären Position der NKA scheint dem Autor die Situation im Bereich des Arlberggebietes und E davon zu sein, wo die kretazische Metamorphose nach einer vereinfachten Interpretation der derzeit vorliegenden Daten die Grenze Silvrettakristallin/Phyllitgneiszone + NKA schräg überprägt (vgl. KRECZY und FRANK 1981, THÖNI 1981). Falls die derzeit laufenden Untersuchungen diese Auffassung erhärten, bedeutet dies, daß die heutigen NKA schon am Beginn des Wärmeaufstieges der kretazischen Metamorphose, d. h. schon deutlich vor 90 Ma – dem Zeitraum, wo auch hier der thermische Höhepunkt erreicht worden sein dürfte (vgl. THÖNI 1983, in press) in dieser nördlichen Position gelegen hatten. Sie können dann auch nicht mehr selbst die Überlastung für die Metamorphose des Brennermesozoikums gewesen sein, da sie ja schon nördlich davon liegen. Für diese Überlastung stehen dann nur Schichtstapel S der heutigen NKA zur Verfügung, die nicht tektonisch abgeglitten, sondern erosiv entfernt wurden.

Berücksichtigt man, daß die Sedimentation in der Fraele Zone des Ortler Mesozoikums bis ins Cenoman, ev. Mitteljuron andauerte (CARON et al. 1982), außerdem am Außenrand der NKA keine vorcenomanen Schuppungen, wie sie mit einer grundsätzlichen Abscherung und weitem tektonischen Transport ja zu erwarten sind, bekannt sind, spricht dies alles insgesamt deutlich für eine primär nördliche Position der NKA gegenüber Silvretta und Ötztal. Auch aus geomechanisch-geophysikalischen Gründen erscheint es mit der gesamten Entwicklungsgeschichte dieses Raumes besser vereinbar, wenn das ehemalige kristalline Basement der NKA in nördlicher Position über der Pennin-Subduktionszone in Spänen abgeschürft und eventuell in die Tiefe abgeführt wurde, als wenn dieser kristalline Untergrund blockartig im Bereich der heutigen Judikarienlinie/Periadriatische Naht in die Tiefe (wohl nach S) gedrückt worden wäre (vgl. Fig. 2). Bei diesem Prozeß würde die Krustenverdickung zwangsläufig eine deutliche Hebung hervorrufen. Diese ist im S in diesem Ausmaß unbekannt, dafür erreicht die lokal unterschiedliche Hebung, die wohl bald nach der kretazischen Metamorphose erfolgte, im südlichen Ötztalkristallin bis zu etwa 15 km, wofür natürlich auch der Wiederaufstieg der penninischen Zone einen wesentlichen Beitrag liefert.

Die heutige Basalfläche von Silvretta- und Ötztalkristallin – obwohl sekundär bewegt – läßt sich zwanglos als nach S zunehmend in die Tiefe absteigender erster Basalzuschnitt an die Basalfläche des nur mehr geringmächtigen kristallinen Untergrundes der NKA anschließen.

Für die heutige Position von Silvretta und Ötztalkristallin, auch im Hinblick auf die schräg streichende Metamorphosezonierung, ist wohl eine Rotation entgegen dem Uhrzeigersinn in der Größenordnung von 30° verantwortlich.

Für das Kristallin im W der Tauern erfolgte somit ein keilförmiger Zuschnitt im ± starren Grundgebirge und eine großräumige innere Verformung im Ötztalquerschnitt ist nur in dessen S-Teil mit Einengung, Steilstellung im Kristallin und damit verbundener tektonischer Stapelung in der Sedimenthaut erkennbar.

Der innere alpine Bau des Kristallins im E der Tauern weist dagegen einen grundsätzlich anderen Stil auf. Wie im Beitrag von FRANK et al. (dieses Heft) über das Koralpenkristallin gezeigt ist, wurde die heutige Liegendfaltenstruktur, die die Koralpe in NS-Richtung aufweist, erst in kretazischer Zeit im Zuge der Plattengneistektonik erreicht. Die Wölzer Glimmerschiefer haben bis in den Bereich Pusterwald eine ähnliche variszische und alpine Kristallisationsgeschichte wie das Kristallin von Sau- und Koralpe, dessen unmittelbare strukturelle Fortsetzung und nach N getriebene Bedeckung sie darstellen. Es ist derzeit noch unklar, welcher Anteil ihrer großräumigen Internstruktur im Zusammenhang mit der kretazischen Unterfahrung durch die Seckauer Tauern, geprägt wurde. Die Position der Seckauer Tauern als abgetrennter Stirnteil des ostalpinen Kristallins leitet schon zum unterostalpinen Stockwerk über.

SLAPANSKY und HEJL (dieses Heft) berichten über die stirnende Position der Schladminger Masse und ihre noch erhaltene Primärverbindung mit dem unterostalpinen Mesozoikum. Eine Relativbewegung zwischen dem Schladminger Kristallin und den Wölzer Glimmerschiefern wird damit und wegen der stärkeren Aufwärmung der Wölzer Glimmerschiefer erforderlich. Wiederum ist festzuhalten, daß uns die Kenntnis der Details der alpinen Struktur und die Art ihrer Entstehung noch weitgehend fehlt.

Bezüglich der großräumigen alpinen Struktur dieses Raumes insgesamt geht der Verfasser jedoch soweit, daß er aufgrund kursorischer Begehungen und einer Schliffübersicht, für deren Überlassung auch Herrn Prof. EXNER gedankt sei, im Kristallin der Muralpen über der E-Grenze des Tauernfensters eine Liegendfaltenstruktur mit inverser alpiner Metamorphosezonierung vermutet. Diese Situation würde eine Fortsetzung und Abwandlung der Koralpenstruktur nach W darstellen. Diese Fragen werden in den nächsten Jahren bearbeitet. Sollten sich diese Vermutungen bestätigen, so bedeutet dies, daß für den Ablagerungsraum der NKA nicht nur die heute sichtbare (und verkürzte) Oberfläche des ostalpinen Kristallins zur Verfügung steht, sondern daß Teile dieser ehemaligen Unterlage der NKA heute in inverser Position an der Basis des ostalpinen Kristallins liegen.

Unabhängig von dieser ungeklärten Frage, liegen doch heute schon viele Daten und Beob-

achtungen vor, die eine beträchtliche innere Verformung des Kristallins E der Hohen Tauern in breiter Front belegen, wobei ein weiträumiger nordvergenter tektonischer Transport (z. T. ein Zergleiten) in verschiedenen Horizonten im Querschnitt von Kor- und Saualpe als nachgewiesen gelten kann. Die Ursache für diesen so gravierenden Unterschied in der Verformung zwischen dem Kristallin W und E des Tauernfensters liegt einerseits vermutlich in der unterschiedlichen Lithologie der Kruste, im wesentlichen aber in der räumlich und in der Intensität durchgreifenderen kretazischen Metamorphose, die dieses plastische Verhalten der Kruste erst ermöglichte.

Intensität, Zeitablauf und charakteristische Erscheinungen im Kristallisationsablauf der kretazischen Metamorphose im steirisch-kärntnerischen Kristallin scheinen dem Autor nun die gravierenden und im Sinne eines physikalisch begründbaren Modells zwingenden Argumente gegen eine Herleitung der NKA aus dem Bereich N von Drauzug-Karawanken im Sinne der Vorstellung von TOLLMANN zu sein.

Zwei Vorbemerkungen sind wesentlich zur Diskussion:

- 1) Die kretazische Metamorphose erreicht ihr thermisches Maximum im Zeitraum von etwa 90 Ma (vgl. THÖNI 1983), wobei dies offenbar für weite Teile des Ostalpin gilt, auch die Metamorphose der NKA + GRWZ fällt in diesen Zeitraum (KRALIK, dieses Heft). In den Wölzer Glimmerschiefern und in der Glein-/Stubalpe erfolgt um 90 – 85 Ma schon die Abkühlung, nur der basale Teil des Koralkristallin blieb noch rund 10 Ma länger warm.
- 2) Der Beginn der alpinen Amphibolitfazies liegt in der südlichen Sau- und Koralpe, ganz knapp unter der postulierten Basis der Gurktaler Decke.

Es besteht Übereinstimmung darüber, daß in der Unterkreide die NKA noch mit ihrer Primärunterlage verbunden waren aber eine im Lauf der Zeit steigende Einengung des Untergrundes einsetzt. Die grundsätzliche Abscherung vom Untergrund erfolgte nach TOLLMANN schon vor dem Cenoman. Nach Ansicht des Autors ist sie jedoch mit dem Paroxysmus der vorgosauischen Tektonik im Turon zu korrelieren (vgl. PREY 1976). Selbst wenn man annimmt, daß das Oberostalpin schon zu Beginn des Cenoman tektonisch auf dem ^{Pennin}Kristallin Platz genommen hat, ist es unmöglich, daß schon 5 – 10 Ma später die heute bekannte Intensität der kretazischen Metamorphose erreicht wurde. Dies zeigen für diesen Fall in etwa vergleichbare Modellrechnungen, die mehrfach für die Überschiebung des Tauernpenninikums durch das Ostalpin angestellt wurden (ENGLAND 1978), wonach es je nach den gewählten Parametern mindestens wenige 10er Ma braucht, bis der Beginn der Amphibolitfazies die Obergrenze der Zentralgneise erreicht. Tatsächlich liegt in den Tauern der Zeitunterschied zwischen Überschiebung und festgestelltem thermischen Höhepunkt bei mindestens etwa 40 Ma. Da für das Koralkristallin während der Kreide fluidarme Verhältnisse aus mehreren Gründen gesichert sind, kommt im wesentlichen konduktiver und nicht konvektiver Wärmetransfer für den Anstieg der Temperatur in Betracht. Unter diesen Bedingungen bieten die Modellrechnungen eine verlässliche Basis.

Läßt man die erste große Überschiebung des Ostalpins entsprechend früher stattfinden, müß-

te dies aus thermischen Gründen schon in der tieferen Unterkreide erfolgt sein, was aber aus der Kenntnis der Sedimentationsgeschichte unrealistisch ist und allgemein abgelehnt wird.

Es geht aus den Detailbeobachtungen deutlich hervor, daß in den Bewegungshorizonten am S-Rand von Sau- und Koralpe unter der Gurktaler Decke, unter dem Grazer Paläozoikum sowie innerhalb des Kristallins die Deformation erst einsetzte als die Metamorphosetemperaturen schon nahe an ihrem Höchststand waren. Deformationen in einem kühlen Stadium (keine Quarzrekristallisation) erfolgten nur in der letzten Phase in lagemäßig verschiedenen Horizonten des obersten Stockwerkes, meist unter dem Grazer Paläozoikum.

Bei einer durch Ferntransport erfolgten tektonischen Platznahme des Oberostalpins sollten Hinweise auf die Abfolge kühl-warm-(kühl) im Deformationsgeschehen zu finden sein.

Insgesamt geht aus diesen Verhältnissen deutlich hervor, daß Kristallin und NKA (bzw. Oberostalpin im Sinne TOLLMANNs) in diesem Querschnitt schon primär verbunden waren und erst in der vorgosauischen Tektonik nach vorhergehenden lokalen Einengungen weitestgehend entkoppelt wurden. Die NKA rücken damit in eine relativ nördliche Position des Ostalpins, was ja auch mit einer z. T. schon im Apt beginnenden Schüttung von Detritus (OBERHAUSER 1973) von einem Rücken in unterostalpinen Position (FAUPL 1978) als Folge der Umgestaltung des Ostalpinrandes im Zuge der Penninsubduktion in guter Übereinstimmung ist. Als Ursache der grundsätzlichen Abscherung der kalkalpinen Sedimenthaut und so bedeutsamen strukturellen Umgestaltung des Kristallins im Zeitraum der vorgosauischen Tektonik wird die etwa im Turon erfolgte Kollision des Ostalpins mit der kristallinen Schwelle des Brianconnais angesehen. Verblüffend ist die Übereinstimmung mit der aus paläomagnetischen Daten bestimmter Wanderungskurve von Afrika, die bei 90 Ma einen abrupten Wechsel zeigt.

In diesem größeren Zusammenhang der Drift der adriatischen Platte als N-Sporn von Afrika wird auch die so ungewöhnliche Internstruktur des ostalpinen Kristallins E der Tauern verständlich, in dem offenbar der NW-Teil des ostalpinen Bereiches zuerst mit einem (spornartigen?) Vorlandskristallinteil kollidierte (FRISCH 1981) und in dem hoch erwärmten kristallinen Sockel die oben dargestellten bzw. vermuteten Großstrukturen entstanden, die im W des Tauernfensters keine Fortsetzung mehr haben. Das hier diskutierte neue Modell der Palinspastik und Entwicklungsgeschichte des Ostalpins ist somit in seinen wesentlichen Zügen sehr ähnlich dem von CLAR (1965) dargelegten Bewegungsbild der Ostalpen.

Es bleibt nur noch die Ursache der kretazischen Metamorphose zu diskutieren. Aussagen über diese Frage sind schwierig, da z. B. kaum verlässliche Aussagen über Temperaturgradienten in einem nachweislich im thermischen Gleichgewicht befindlichen Metamorphoseprofil zu machen sind. Viele Gebiete stellen den sozusagen während der Abkühlung eingefrorenen Zustand einer sich durch Verformung laufend dynamisch verändernden Situation dar. Scherzonen reduzieren z. B. die Mächtigkeiten z. T. außerordentlich usw.

Zumindest in bezug auf die Basis des Mesozoikums ist ein Anstieg der Isothermen vom Außenrand des Orogens gegen die inneren Teile festzustellen. Wenn hier auch ein tektonischer Stapelungseffekt sichtbar wird, so gibt es doch mit der innerhalb der Kalkalpen im gleichen Ni-

EREIGNISSE IM OSTALPIN IN DER KREIDE

	Plattentektonischer Prozeß	Vorgänge im Ostalpin	Geochronologie
		weitere Einengung in der postgosauischen Tektonik	
intragosauisch (Campan)	Überfahren der Brianconnais-Schwelle	N-Gleiten des Oberostalpin Kippung der Sedimentplattform letzte Abscherung des tieferen kristallinen Sockels	gosauische Abkühlalter
		Gosautransgression (Coniac)	
Turon	Kollision mit dem Vorland (Kristallin der Tauern)	vorgosauische Deckenbildung grundsätzliche Abscherung der Sedimente vom kristallinen Sockel, „Plattengneistektonik“ mit starker Einengung des Kristallins Steigerung der Tektonik	ältere Abkühlalter am N-Rand des Ostalpin
	Cenomantransgr.	Verfaltung, erste Überschie- bungen in den Sedimenten, Aufstieg der Metamorphosefront Entwicklung eines „paired metamorphic belt“.	„Bildungsalter“
	Beginn der Pennin Subduktion	Beginn der Verformung des kristallinen Untergrundes	
		Wärmeaufstieg im Ostalpin als Folge der Krustenausdünnung in Trias und Jura.	

veau nach S erfolgenden Temperaturzunahme Hinweise, die für einen etwas erhöhten Temperaturgradienten im Hinterland der kretazischen Front des Ostalpins sprechen. Bloße tektonische Versenkung erzeugt zwar Temperaturanstieg im versenkten Bereich aber langfristig in der Regel noch keine merkliche Erhöhung der Temperaturgradienten. Zwei Ursachen stehen in unserem Fall zur Steigerung des Wärmegradienten zur Diskussion.

- 1) paired metamorphic belts
- 2) Krustenausdünnung

Das Prinzip von paired metamorphic belts wurde bisher zumeist als maßgebliche Ursache der kretazischen Metamorphose angesehen. Da der Wärmehaufstieg bei diesem Prinzip vor allem mit Fluidtransport bzw. Magmenaufstieg erfolgt, diese Prozesse aber im Ostalpin kaum Einfluß hatten, dürfte dieser Vorgang nicht der entscheidende Faktor gewesen sein.

Die leistungsfähigste Art die Temperatur in der Kruste zu steigern, ist den warmen Mantel hochzubringen. Krustenausdünnung in Trias und Jura wird heute allgemein auch für die Ostalpen angenommen. Eine Steigerung des Wärmeflusses und Temperaturgradienten ist dann eine notwendige Folge, wobei je nach Bedingungen das neue thermische Gleichgewicht erst beträchtlich später erreicht wird. Bereiche mit einer solchen thermischen Situation sind dann wegen ihrer besseren Verformbarkeit prädestiniert für den Beginn der Einengungsprozesse innerhalb der kontinentalen Platte (vgl. OXBURGH 1982).

Für die Ostalpen könnte dieser Zustand einer Hochlage der Isothermen als Folge der vorherigen Krustenausdünnung in der U. Kreide erreicht worden sein. Die in der Folge einsetzende Krusteneinengung, lokalen Überschiebungen und späteren großräumigen Sedimentstapelungen erfassen somit Zonen mit schon erhöhtem Wärmeinhalt, wodurch in den tektonisch gestapelten Deckeneinheiten die Metamorphose rascher erreicht werden konnte.

Somit könnte – stark pointiert ausgedrückt – in der kretazischen Metamorphose eine Auswirkung des Wärmeinhaltes der alten nach E offenen Tethysbucht gesehen werden.

In diesem Zusammenhang ist noch ein spekulativer Gedanke zu erwähnen: Es gibt petrographische Argumente dafür, daß sich der Hauptplattengneiszug und zeitgleiche Eklogitvorkommen der südlichen Koralpe in deutlich größerer Tiefe als es einem ausgedünnten Krustenniveau entspricht, entwickelte. Wenn eine weiträumig ausgedehnte Kruste existierte, müßte demnach wieder eine Verdickung eingetreten sein, bevor dieser Hauptplattengneiszug als aus der Tiefe hochgestiegener Scherhorizont entstehen kann. Es liegt nahe, einen Zusammenhang dieser Krustenverdickung – die eine Hebungstendenz zur Folge hat – mit der schon im Oberjura erfolgten tektonischen Platznahme von Großeinheiten in den NKA, die vor allem aus der südlichen Hallstätter Zone stammen (TOLLMANN 1981, MANDL 1982), zu sehen. Mit diesem Prozeß war wohl eine Schließung des Untergrundes der südlichen Hallstätter Zone, möglicherweise im Zusammenhang mit einer konvergierenden großen (? Linksseiten) Transversalstörung verbunden. Solche frühe und auch spätere Transversalstörungen machen eine strenge NS-Abwicklung unmöglich und erschweren die Anbindung nach E in den ungarischen Raum.

Obwohl sicher noch viele Fragen offen bleiben, sind mit den oben angeführten Argumenten Randbedingungen einer neuen Vorstellung der Entwicklungsgeschichte des Ostalpins gegeben.

Literatur

- CARON, M., DÖSSEGGER, R., STEIGER, R., und TRÜMPY, R., 1982: Das Alter der jüngsten Sedimente der Ortler-Decke (Oberostalpin) in der Val Trupchun (Schweizerischer Nationalpark, Graubünden). -- *Eclogae geol. Helv.*, 75/1, 159–169, Basel.
- CLAR, E., 1965: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. -- *Verh. geol. B.-A.*, Sdh. G, 11–35, Wien.
- ENGLAND, P. C., 1978: Some Thermal Considerations of the Alpine Metamorphism -- Past, Present and Future. -- *Tectonophysics*, 46, 21–40, Amsterdam.
- FAUPL, P., 1978: Zur räumlichen und zeitlichen Entwicklung von Breccien und Turbiditserien in den Ostalpen. -- *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 25, 81–110, Wien.
- FRISCH, W., 1981: Plate motion in the Alpine region and their correlation to the opening of the Atlantic ocean. -- *Geol. Rdsch.* 70, 407–411, Stuttgart.
- GEYSSANT, J., 1973: Stratigraphische und tektonische Studien in der Kalkkögelgruppe bei Innsbruck in Tirol. -- *Verh. geol. B.-A.*, 1973, 377–396, Wien.
- KLEINSCHMIDT, G., 1979: Die Verteilung von Chloritoid in den südlichen Muralpen (Gurktaler Alpen, Saualpe, Koralpe) und ihre geologische Bedeutung. -- *Clausthaler geol. Abh.*, 30, 74–94, Clausthal.
- KRECZY, L., 1981: Seriengliederung, Metamorphose und Altersbestimmung in der Region der Thialspitze SW Landeck, Tirol. -- Diss. Form. Naturwiss. Fakultät Univ. Wien, 125 p., Wien.
- & FRANK, W., 1981: Die Grenze zwischen Phyllitgneiszone und Silvrettakristallin SW Landeck. -- *Jber. 1980, Hochschulschwerpkt.* S 15, 9–11, Graz.
- LIEGLER, K., 1973: Zur Geologie des Zentralalpinen Mesozoikums im Bereich N von Bad Kleinkirchheim, Kärnten. -- Unveröff. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 183 S., Wien.
- MANBY, 1983: Petrography and deformation history of pegmatites N of Klagenfurt. Poster Session -- GV-Tagung Berchtesgaden.
- MANDL, G., 1982: Jurassische Gleittektonik im Bereich der Hallstätter Zone zwischen Bad Ischl und Bad Aussee. -- *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 28, 55–76, Wien.
- OBERHAUSER, R., 1973: Stratigraphisch-paläontologische Hinweise zum Ablauf tektonischer Ereignisse in den Ostalpen während der Kreidezeit. -- *Geol. Rdsch.*, 62, 96–106, Stuttgart.
- OXBURGH, E. R., 1983: Heterogeneous Lithospheric Stretching in Early History of Orogenic Belts. -- *Symp. Zürich 1982*, in press.
- PREY, S., 1976: Rekonstruktionsversuch der alpidischen Entwicklung der Ostalpen. -- *Mitt. Geol. Ges.*, 69, Wien.

- STOWASSER, H., 1956: Zur Schichtfolge, Verbreitung und Tektonik des Stangalm-Mesozoikums (Gurktaler Alpen). – Jb. geol. B.-A., 99, 75–199, Wien.
- THÖNI, M., 1981: Degree and Evolution of the Alpine Metamorphism in the Austroalpine Unit W of the Hohe Tauern in the light of K/Ar and Rb/Sr Age Determinations on Micas. – Jb. Geol. B.-A., 124, 111–174, Wien.
- 1983: The Thermal Climax of the Early Alpine Metamorphism in the Austroalpine Unit. – Padova (in press).
- TOLLMANN, A., 1959: Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchung des zentralalpiner Mesozoikums. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 10, 1–62, Wien.
- 1975: Die Bedeutung des Stangalmmesozoikums in Kärnten für die Neugliederung des Oberostalpins in den Ostalpen. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 150, 19–43, Stuttgart.
- 1977: Geologie von Österreich. – Bd. 1, 766 S., Wien (Deuticke).
- 1981: Oberjurassische Gleittektonik als Hauptformungsprozeß der Hallstätter Region und neue Daten zur Gesamttektonik der Nördlichen Kalkalpen in den Ostalpen. – Mitt. österr. geol. Ges., 74/75, 167–195, Wien.
- VON GOSEN, W., 1982: Geologie und Tektonik am Nordostrand der Gurktaler Decke (Steiermark/Kärnten – Österreich). – Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 53, 33–149, Hamburg.
- & THIEDIG, F., 1982: Die Gurktaler Decke (Oberostalpin) und ihr unterlagerndes Mittelostalpin Kristallin. (Kärnten/Steiermark – Österreich). – Mitt. Geol.-Paläont.-Inst. Univ. Hamburg, 53, 11–32, Hamburg.

