

Daten und Gedanken zur Entwicklungsgeschichte des Himalaja

VON WOLFGANG FRANK*)

SUMMARY

The significance of some Rb/Sr radiometric datas from S-Lahul—Kulu area for the evolution of the Himalayas is discussid. A Precambrian whole rock age was measured on a porphyroid from the Berinag series. Intrusive granites from different places from the Crystalline nappe yield Early Palaeozoic whole rock ages. Newly formed micas from the Crystalline nappe gave Alpine ages, consistent with a widespread progressive metamorphism and a rapid cooling during Miocene, caused by overthrusting on the cooler foreland.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird die Bedeutung einiger radiometrischer Daten S-Lahul—Kulu für die Entwicklungsgeschichte des Himalaja diskutiert. Ein präkambrisches Gesamtgesteinsalter wurde an einem Porphyroid aus der Berinag-Serie im Niederen Himalaja gemessen. Die intrusiven Granitareale aus der Kristallindecke ergaben bis jetzt nur altpaläozoische Gesamtgesteinsalter. Alle metamorph neugebildeten Glimmer aus dieser Einheit ergaben bis jetzt alpine Alter, die mit der Vorstellung einer weitverbreiteten progressiven alpinen Metamorphose und deren Abkühlung durch Überschiebung über kühleres Vorland im Einklang stehen.

EINLEITUNG

Umfangreiche Feldarbeiten im Himalaja haben den Verfasser zu bestimmten Vorstellungen über das Alter gewisser Schichtfolgen und das Alter und den Ablauf der Metamorphose geführt, die der Bestätigung oder Widerlegung durch Labordaten bedurften. Die Bedeutung der ersten 30 Rb/Sr-Daten aus dem Gebiet von S-Lahul—Kulu soll hier in Kürze diskutiert werden (vgl. FRANK, 1972, FRANK et al., 1973**). Die Veröffentlichung des vollständigen Datenmaterials wird erfolgen, sobald weitere kontrollierende Daten vorliegen.

*) Anschrift des Verfassers: Doz. Dr. W. FRANK, derzeit: Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität Bern, CH-3012, Bern, Sahlstraße 6.

**) In dieser Arbeit finden sich Geologische Karte, Profile und petrographische Daten aus dem hier besprochenen Gebiet.

DAS ALTER DER „CHAILS“

Aus Gründen, die schon mehrfach diskutiert wurden (FUCHS und FRANK, 1970), schließt sich der Verfasser den Autoren an, die der Meinung sind, daß die Schichtfolgen der Krol- und Shaliserie eine jungpräkambrische Sedimentserie in der Fortsetzung des Proterozoikums am indischen Schild darstellen. Neben anderen Überlegungen sind dafür besonders die Einstufung der Karbonatgesteine mit Stromatolithen, die gute Vergleichsmöglichkeit des Blaini-Tanakki Boulder Beds mit den Nantou Tilliten, aber auch vor allem die Überlagerung der diskutierten Schichtfolge durch Kambrium (FUCHS und MOSTLER, 1972) maßgeblich. Sehr unklar war in diesem Zusammenhang die stratigraphische Reichweite der „Chails“, die die Shalikarbonate primär sedimentär unterlagern und die von FUCHS, 1967, als paläozoische Folge angesehen wurden. Um keinen ungesicherten Schichtvergleich über verschiedene tektonische Einheiten hinweg durchzuführen, verwende ich für diese charakteristische Folge von hellen Phylliten, Quarziten und Diabasen die Bezeichnung Berinag-Serie (FRANK et al., 1973). Diese Berinags haben im Larji-Kulu-Rampur-Fenster die für sie charakteristische Lithologie und eine die Shaliserie unterlagernde Position. In diesen Berinags kommen hier sehr mächtige granitische Gesteine vor, die gleiches Alter wie die Sedimente haben. Es sind verschiedene Granittypen, übergehend und wechsellagernd mit Porphyroiden und Tufflagen, alle auch mit Berinagphylliten und seltenen Diabaslagen darin wechsellagernd und sich damit verzahnend. Die Gesteine erhielten eine deutliche alpine Querlineation aufgeprägt, ihr Metamorphosegrad wird durch eine feinkörnige Neubildung von Biotit charakterisiert, der den begleitenden Phylliten zumeist noch fehlt. Blaue Quarze in Porphyroiden und manchen Graniten sind auffällige Charakteristika, ebenso auch häufiger Ilmenit. Porphyroide und vor allem blau gefärbte Quarze in gröberklastigen Lagen kommen nicht selten auch in anderen Gebieten in dieser Gesteinsserie vor.

Eine Gesamtgesteinsprobe eines Porphyroids aus dieser Folge ergab ein Alter von 1500 ± 200 Mio. Jahren. Man sollte dieses Alter noch nicht zu sehr absolut nehmen, bevor nicht eine Isochrone den Wert bestätigt. Austauschvorgänge während der Metamorphose könnten den wahren Wert verändert haben. Aber erfahrungsgemäß ist dabei kaum mit einer wesentlichen Vergrößerung des Gesamtgesteinsalters zu rechnen*).

Damit kann dieser Wert als eine unabhängige Bestätigung eines sicher präkambrischen Alters der Berinags gelt und als Warnung vor einem Schichtfolgenvergleich, der sich nicht auf viele Schichtglieder stützt. Im Sinne früherer Überlegungen (FUCHS, 1967) wird damit die dem heutigen Himalaja parallellaufende Fazieszonierung, die mit der Anordnung von Simla Slates — Berinags — Präkambrische Gesteine der Kristallindecke gegeben ist, zu einer schon seit dem Präkambrium bestehenden Geosynklinalrichtung, eine uralte Anlage der Tethys.

*) Inzwischen datierte, weitere Proben bringen eine Bestätigung. Ein Isochronenalter liegt bei 1840 ± 150 M. J.

DAS ALTER DER METAMORPHOSE UND DER GRANITE IN DER KRISTALLINDECKE

In der Regel erfaßt die mittelgradige Metamorphose im Himalajakristallin nur präkambrische und altpaläozoische Serien. Damit war der Spekulation über das Alter der Paragenesen ein weites Feld gegeben. FUCHS, 1967, hatte erstmals aus Faziesunterschieden in der Tibetzone und anderen Überlegungen auf die Wirksamkeit einer Metamorphose im kaledonischen Zeitintervall geschlossen, wobei damals noch die Vorstellung einer Prägung der heutigen Paragenesen in der Kristallindecke und ihre seitherige Funktion als trennende Schwelle zwischen Tethysraum und dem Niederen Himalaja im Vordergrund stand. Ähnliche Vorstellungen folgten von PANDE, 1967, und auch noch von SAXENA, 1972.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Paraserien im Himalajakristallin immer wieder nur eine Hauptmetamorphose aufweisen, die im Hohen Himalaja zu sehr gut erhaltenen Gleichgewichtsparagenesen geführt hat, während im überschobenen Deckengebiet naturgemäß stellenweise Diaphthorese auftritt. Die granitischen Gesteine hingegen sind durchwegs zweiphasig geformt. Nach ihrer Entstehung haben sie alle — die wenigen postorogenen natürlich ausgenommen — die Metamorphose ihrer Nebengesteine noch aufgeprägt erhalten. Die zeitliche Einordnung der Metamorphose in das alpine Geschehen ist aus geologischen Gründen im Gebiet von S-Lahul—Kulu insoferne gut begründet, als alle wesentlichen Gefügeprägungen, die mit der Metamorphose interferieren, als alpin gebildet anzusehen sind. Teilweise wurden hier auch noch mesozoische Serien vor einer stärkeren Aufwärmung erfaßt. Außerdem konnte die in weiten Gebieten zum intermediate pressure type gehörende Metamorphose erst mit der zum Ende des alpinen Zyklus erreichten Überlagerung gebildet werden (FRANK, 1972).

DAS ALTER DER GRANITE

Aus der geologischen Kenntnis heraus war das Alter der älteren granitischen Gesteine in der Kristallindecke nur relativ festzulegen. Die erste Einstufung erfolgte durch eine Rb/Sr-Gesamtgesteinsisochrone von 500 ± 100 Mio. Jahren aus den Mandi-Graniten von JÄGER et al., 1971. Alle weiteren Gesamtgesteinsproben aus dem hier behandelten Gebiet ergaben für die großen intrusiven Granitkörper ebenfalls Werte, die im Fehlerbereich dieser Isochrone liegen, bzw. nur wenig davon abweichen. Gleiche Alter wurden auch an stärker metamorphen und verschieferten Granitgneisen aus basalen Teilen der Kristallindecke im Bereich des Rohtangpasses gemessen.

Ein zunächst noch isoliertes Gesamtgesteinsalter von einem schichtparallelen feinkörnigen Muskowitgranitgneis weist darauf hin, daß diese Lagen, die am besten als ehemalige Vulkanite zu interpretieren sind, noch um etliches älter sind als die intrusiven Granite. Lagen solcher Granitgneise

und auch Augengneise vermutlich gleicher Entstehung sind keine seltenen schichtparallelen Einschaltungen in den Metamorphiten der Kristallindecke.

Bis jetzt wurde aus diesem Gebiet noch kein alpiner Granit bestimmt. So junge Gesamtgesteinsalter sind in den wenigen diskordanten, nicht deformierten Apliten und Pegmatiten zu erwarten. Auch in Scherzonen in den Graniten (Weißschieferzonen) wurden hier schon entsprechend junge Gesamtgesteinsalter gefunden.

Diese Ergebnisse stehen in ziemlichem Gegensatz mit den Vorstellungen von POWELL und CONAGHAN, 1973, und auch ASHGIREI, 1972, die die granitischen Gesteine im gleichen Gebiet bzw. im anschließenden Sutlejgebiet als alpin gebildet auffassen. Diese Ansichten beruhen auf der unrichtigen Gleichsetzung von Mineralaltern mit Gesamtgesteinsaltern.

Für die zunächst schwer verständliche Entstehung dieser weitverbreiteten paläozoischen Granitgneise erscheinen mir folgende Gesichtspunkte maßgeblich:

1. Die Schmelzen dieser granitischen Gesteine können nicht durch bloße Anatexis aus den sie heute begleitenden Paraserien entstanden sein. Wenn diese das Ausgangsmaterial bildeten, dann hat jedenfalls eine Differentiation stattgefunden. Dies geht aus den Rb/Sr- bzw. K/Rb-Verhältnissen hervor (FRANK, 1972, FRANK et al., 1973). Die eigentlichen Räume der Schmelzbildung sind heute vermutlich erst zum geringsten Teil in alten Migmatitgebieten erschlossen. Die Platznahme der Schmelzen erfolgte in relativ hohem Niveau bei den intrusiven paläozoischen Graniten, bei den (älteren?) schichtparallelen Lagen vermutlich auch oberflächlich. Ein solcher primärer Lagenbau wird oft fälschlich als durch lagenweise Anatexis entstanden gedeutet. Ursprüngliche kontakt- oder regionalmetamorphe Paragenesen sind nur noch im schwächer temperierten Bereich der alpinen Metamorphose erhalten geblieben.

2. Das Aufdringen der großen Granitmassen war nicht begleitet von einer größeren Tektogenese. Das belegen die heute noch unmittelbar daneben liegenden Sedimente der Tibetzone. Hinweise auf die Vorgänge im tieferen Untergrund geben nur die lokale Diskordanz und Erosionsphase an der Basis des red-quartzite-Horizontes von Spiti (Ordovic), der ja selbst auch auf diesen größeren Bereich beschränkt erscheint. Die vermutete Schichtlücke unter der Synklinale von Tandi hat möglicherweise gleiche Ursachen.

3. Es besteht eine ausgesprochene Tendenz zur dem heutigen Streichen in etwa parallellaufenden streifenartigen Anordnung dieser alten Granite.

DER VERSUCH EINER MODELLVORSTELLUNG

Der Verfasser ist der Meinung, daß die guten Übereinstimmungen in der Schichtenentwicklung des Proterozoikums im Niederen Himalaja und im Sinium von China (SCHÜLLER und YING SZU-HUAI, 1968) eine relative Nachbarschaft dieser beiden Schelfgebiete bedingen. Dazwischen exi-

stierte ein langlebiger (sich verbreiternder?) Sedimentationstrog, in dem lange Zeit hindurch klastische Sedimente abgelagert wurden und aus denen die heutige Kristallindecke hervorging. Wenn man auch noch die Berinags in die Betrachtung miteinbezieht, wurden hier über einen Zeitraum von 1,5 Mrd. Jahren zu verschiedenen Perioden Granite und saure Vulkanite in diesen Trog entsandt. Ihre Entstehung verdanken sie vermutlich einer gesteigerten Wärmezufuhr aus dem Erdmantel (periodische Betätigung von Riftzonen?). Ihre Petrogenese im einzelnen ist noch aufzuklären. Es ergibt sich somit die Vorstellung einer langlebigen Geosynklinalzone mit Granit-aufstieg und fehlender Orogenese, wie sie in der jüngeren Erdgeschichte anscheinend nicht mehr in gleicher Weise vorkommen. In der Synklinale von Chamba persistierte die klastische Sedimentation auch noch während des Paläozoikums (FUCHS und GUPTA, 1971), während N davon in Spiti (durch die Granite konsolidiert?) Schelfsedimentation herrschte. Der frühere S-Rand dieses Beckens ist heute unbekannt. Ebenso die Distanz zum heutigen Niederen Himalaja. Die Vorgänge, die zur mesozoischen Drift führten, seien hier nicht betrachtet.

ABLAUF DER ALPINEN METAMORPHOSE

Die Begründung für das Vorherrschen der alpinen Metamorphose wurde schon eingangs gegeben. Die Ursache für den zum Teil beträchtlichen Metamorphosegrad (Barrowtyp, bis Sillimanitzone) in der höchsten tektonischen Großeinheit sieht der Verfasser in einer gesteigerten Wärmeproduktion infolge einer Krustenverdickung während des Andrängens von Indien an Asien. Der Querschnitt von S-Lahul—Kulu zeigt in der Zonierung der Metamorphose eine klare Beziehung zur alpinen Interndeformation der tektonischen Einheiten. Das gilt besonders für die Kristallindecke, in der eine über rund 10 km laufende Verfaltung der Staurolith- und Disthenzone unmittelbar über dem Larji-Kulu-Rampur-Fenster aufgeschlossen ist. Diese inverse Metamorphose korrespondiert nach der Kartierung von M. THÖNI mit einer S-vergenten Verfaltung des Schichtbaues. Diese Struktur wird als synmetamorphe Verformung der noch warmen Kristallindecke im Zuge ihrer miozänen Überschiebung auf kühleres Vorland interpretiert. Die Abkühlung, die diesen Prozeß begleitet, erfolgt unter solchen Umständen sehr rasch (~ 1 Mio. Jahre) und sollte in ihrem Fortschreiten durch die Abkühlalter der Glimmer (vgl. JÄGER, 1973) faßbar sein.

Die bisher vorliegenden Glimmeralter stehen mit dieser sehr weitgehenden Voraussage durchaus im Einklang. Nur in Graniten sind im Bereich sehr schwacher alpiner Metamorphosen voralpine Muskowite noch erhalten geblieben. Sie ergeben Alter, die nur wenig von den kaledonischen Gesamtgesteinsaltern verschieden sind, zum Teil wurden auch sie schon verjüngt. Alle während der Metamorphose neugebildeten Glimmer ergeben alpine Alter. Die Biotitalter*) nehmen von $20,5 \pm 0,8$ Mio. Jahren am Außenrand der Kristallindecke (JÄGER et al., 1971) auf 18 bis $16 \pm 0,7$ Mio. Jahren im

*) Korrigierte Werte, sie bedeuten Abkühlung auf ca. 300°C .

Bereich des Rohtangpasses ab. Muskowite ergeben höhere, aber auch noch tertiäre Alter. Die Interpretation dieser Hellglimmeralter aus der Grünschieferfazies (Bildungsalter?) kann erst nach dem Vorliegen weiteren Materials sicher vorgenommen werden. Im Bereich der Amphibolitfazies S des Rohtangpasses sind die Unterschiede zwischen Muskowit und Biotit tatsächlich kleiner als 2 Mio. Jahre. Aber erst weitere Daten, unter anderem auch aus dem unterlagernden Fenster, werden dieses hervorragende Beispiel der Unterfahrung eines warmen Metamorphosebereiches im einzelnen durch radiometrische Daten verfolgen lassen.

Dank

Meinem verehrten Lehrer Prof. CLAR danke ich sehr, daß er diese Arbeiten immer mit Interesse unterstützt und den von der Geologie weiterführenden Schritt zur Geochronologie gefördert hat. Die Felduntersuchungen wurden vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziert (Projekt 1509). Die Aufbereitung der Gesteinsproben für die radiometrischen Messungen erfolgte im Rahmen des Projektes N 25/1793 „Mineralseparation“. Für die Einführung in die geochronologische Methodik danke ich besonders Prof. JÄGER und den Kollegen ARNOLD, HUNZIKER, SATIR und S. SCHARBERT.

Literatur

- ASHGIREI, G. D., 1972: The Problem of the Origin of the Continental Earth Crust. — Geol. Congr. 24th Sess. 3, 3—9, Montreal 1972.
- FRANK, W., 1972: Progressive alpine Metamorphose im Himalaja. Habilitationsschrift, Universität Wien 1972.
- FRANK, W., G. HOINKES, CH. MILLER, F. PURTSCHELLER, W. RICHTER and M. THÖNI, 1973: Relations between metamorphism and orogeny in a typical section of the Indian Himalayas. — *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 20, 303—332, Wien 1973.
- FUCHS, G., 1967: Zum Bau des Himalaja. — *Österr. Akad. Wiss. m. n. Kl. Denkschr.* 113, 1—211, Wien 1967.
- FUCHS, G., and W. FRANK, 1970: The geology of West Nepal between the rivers Kali Gandaki and Thulo Bheri. — *Jb. Geol. BA., Sonderbd.* 18, 1—103, Wien 1970.
- FUCHS, G., and V. J. GUPTA, 1971: Palaeozoic stratigraphy of Kashmir, Kishtwar and Chamba (Panjab Himalayas). — *Verh. Geol. BA., Wien* 1971, 68—97.
- FUCHS, G., und MOSTLER, H., 1972: Der erste Nachweis von Fossilien (kambrischen Alters) in der Hazira-Formation, Hazara, Pakistan. — *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 2, 1—12, Innsbruck 1972.
- GANSSER, A., 1964: *Geology of the Himalayas*. — Interscience Publishers John Wiley & Sons, 289 p., London 1964.
- JÄGER, E., A. K. BHANDARI and V. B. BHANOT, 1971: Rb-Sr Age-determinations on biotites and whole rock samples from the Mandi and Chor granites. Himalchal Pradesh, India. — *Eclogae Geol. Helv.*, 64, 521—527, Basel 1971.
- JÄGER, E., 1973: Die alpine Orogenese im Lichte der radiometrischen Alterbestimmung. — *Eclogae geol. Helv.*, 66, 11—21, Basel 1973.
- PANDE, I. C., 1967: Palaeotectonic evolution of the Himalayas. — *Publ. Centre of Advanced Study in Geology*, 3, 107—116, Chandigarh 1967.

- POWELL, C. MCA., and CONAGHAN, P. J., 1973: Plate tectonics and the Himalayas. — Earth Planet. Sci. Letters, 20, 1—12, Amsterdam 1973.
- SAXENA, N. N., 1972: Validity of Continental Drift vis à vis the Indian shield and the Himalayas.
- SCHÜLLER, A., und YING SZU-HUAI, 1959: Das Sinian-System in China. Geologie, 8, 699—720, Berlin 1959.

Bei der Schriftleitung eingelangt am 28. Februar 1974.