

Sonderdruck aus dem AV-Jahrbuch 1971

Geologie des Himalaja und ihre Probleme

Gerhard Fuchs

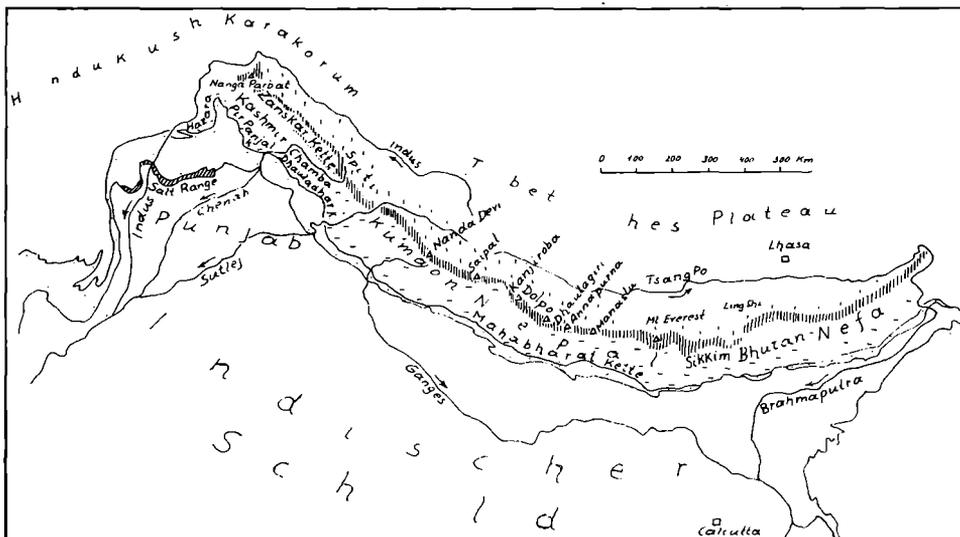
Die Geologie des Himalaja und ihre Probleme

GERHARD FUCHS

Der Himalaja — hohes Ziel von Generationen von Bergsteigern — zog seit dem Ende des 19. Jahrhunderts besonders aus den Alpen kommende Geologen, wie Griesbach, Diener, von Krafft, Arn. Heim, Gansser, Hagen u. a., in seinen Bann. Die Alpen und das höchste Gebirge unserer Erde sind ja Teile eines gewaltigen Gebirgsstranges, der von Westeuropa bis zum Pazifik reicht.

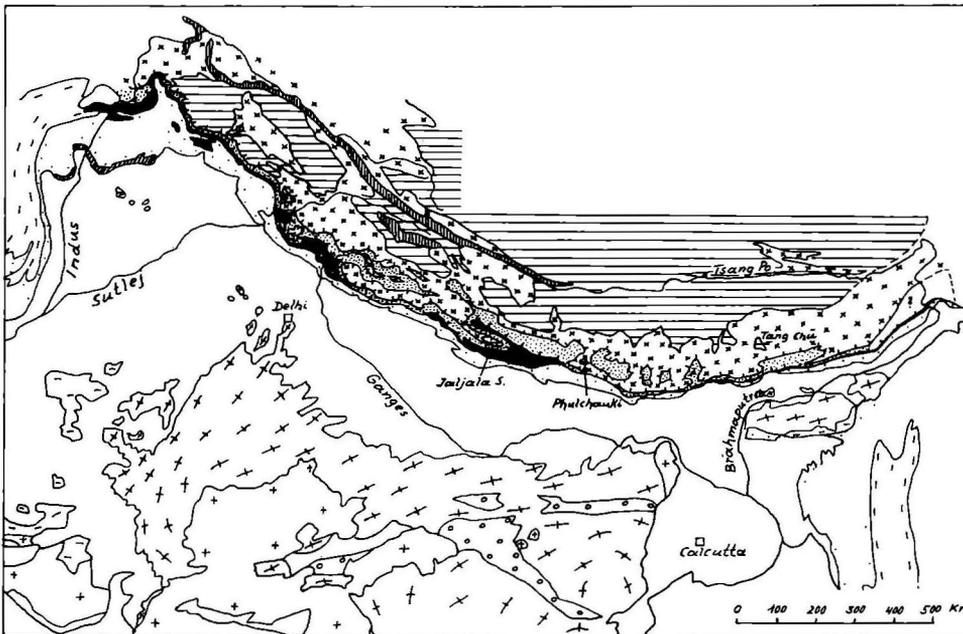
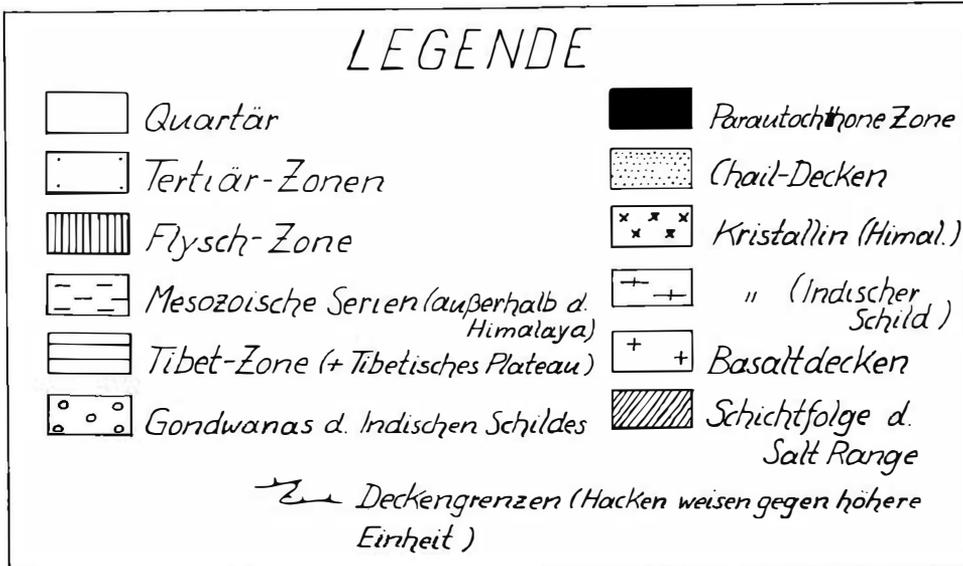
Als Teilnehmer der Österreichischen Dhaula-Himal-Expedition 1963 arbeitete der Verfasser zum ersten Male im Himalaja (Nepal). Drei weitere, speziell geologisch ausgerichtete Forschungsfahrten (1964, 1967, 1969) führten in verschiedene Gebiete des Himalaja, von Nepal bis Hazara in W-Pakistan. Durch die großzügige finanzielle Unterstützung von seiten des „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung“, des Bundesministeriums für Unterricht, des Kulturredes der Stadt Wien, des Österreichischen Alpenvereins, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften u. a. konnten diese Expeditionen durchgeführt werden, wofür ergebenst gedankt sei.

Die vorliegende Arbeit soll einen Überblick über die wesentlichen Züge des Gebirgsbaues geben. Darüber hinaus soll der Leser Einblick in die laufende Forschung erhalten und in Probleme, die noch keine endgültige Lösung gefunden haben. Es wird hier der Himalaja im engeren Sinne behandelt, also das vom Nanga Parbat im Westen bis zum Brahmaputra im Osten ziehende Gebirge, nicht der Karakorum (Abb. 1).



Geographische Übersichtskarte des Himalaja-Raumes (mit verwendeten Ortsnamen). Signaturen: enge Schrägschraffur: Salt Range; Punkte: Sub-Himalaja (und Fortsetzungen); horizontale Striche: Niederer Himalaja; enge Senkrechtschraffur: Hoher Himalaja; senkrechte Striche: Innerer Himalaja und Übergangsbereiche in das Tibetische Plateau. Abb. 1

Es läßt sich eine Reihe geographisch-geologischer Einheiten im Himalaja erkennen (Abb. 2).



Geologisch-Tektonische Übersichtskarte des Himalaja-Raumes

Abb. 2

1. Die Tertiärzone oder der Subhimalaja

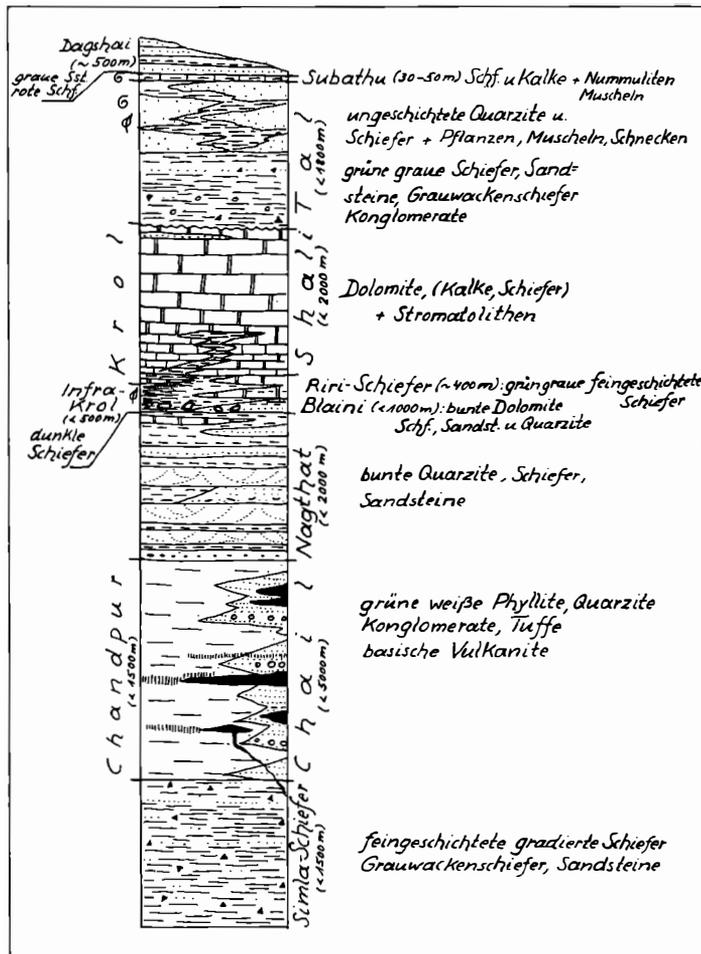
Den Südrand des Gebirges bilden aus jungtertiären Schichten aufgebaute Hügel, die sich aus dem Schwemmland des Punjab (spr. Pandschab) und der Gangesebene erheben. Die von Dschungel bedeckten Berge überschreiten nur selten die 1000-Meter-Grenze.

Die tiefer-miozänen¹ Sandstein-Schiefer-Folgen (Murree, Dagshai u. a.), vorwiegend Süßwasserablagerungen, haben nur im Punjab-Himalaja größere Verbreitung. Die miozän-pleistozänen² Siwaliks hingegen sind als fast lückenloses Band vom Indus bis zum Brahmaputra zu verfolgen. Ihre dicken Sandsteinbänke bedingen die markante Schichtrippenlandschaft der Siwalikzone. Ein manchmal etwas verschuppter Faltenbau ist charakteristisch.

2. Der Niedere Himalaja

Die aus älteren Gesteinen aufgebaute Zone ist an einer durchlaufenden Störung der Tertiärzone aufgeschoben. Sie ist 70 bis 100 Kilometer breit, und die topographischen Höhen liegen im Bereich zwischen 500 und 4000 Metern. N der Tertiärzone folgen höhere Ketten (Panjal-, Dhauladhar-, Mahabharatketten), dann wird das Terrain niedriger und sanfter (z. B. Nepalisches Mittelland). Hier lebt der Großteil der den Himalaja besiedelnden Bevölkerung. Gegen den Hauptkamm steigen die Berghöhen wieder an.

Die Zone ist kompliziert gebaut, und die Gesteine sind fast durchwegs frei von Versteinerungen, weshalb die ursprüngliche Schichtfolge in mühsamer Arbeit und auf der Basis regionalen Vergleiches rekonstruiert werden mußte (Abb. 3).



¹ Unteres Jungtertiär
² Höheres Jungtertiär bis Quartär

Abb. 3

Idealprofil der Schichtfolge des Niederen Himalaja

Das älteste Schichtglied ist eine mächtige flyschartige Schieferfolge; die *Hazara-Simlaschiefer* sind in rascher Schüttung in einem sinkenden Trog (Geosynklina abgelagert worden (Abb. 3). Darüber folgen die *Chandpurs* bzw. *Chails*, mächtige Se von phyllitischen Schiefen, Quarziten, basischen⁴ Vulkaniten und Konglomeratsen. Letzte vor allem in den Chails, deren Ablagerungsraum nördlich der Chandpurs legen war. Hier sind im NW-Himalaja altpaläozoische Granite verbreitet. Es folgt bunte, vorwiegend rote Seichtwasserquarzite und Schiefer, die *Nagthats*. Aus ihnen gehen die *Blainis* hervor, eine ebenfalls in seichtem Wasser abgelagerte bunte Se von Quarziten, Schiefen und Dolomiten. Im NW-Himalaja ist dieses Schichtglied durch Glazialsedimentgesteine (Tillite⁵) charakterisiert. Die Blainis können aber durch flyschartige bzw. bituminös-sulphidische⁶ Schiefer faziell vertreten werden, *Ririschiefer* und *Infra Krols*. Diese sind in tieferem, schlecht durchlüftetem Wasser abgelagert worden. Bis 2000 Meter mächtige Karbonatgesteinsserien, die *Krols* und *Sh*, überlagern die faziell⁷ verschiedenartigen Gesteine. Auch in ihnen zeigen sich Faziesgegensätze. Die Kalk-Dolomit-Folge der Krols zeigt Merkmale etwas tieferen Wasser. Die Seichtwasserdolomite der Shalis, voll von Stromatolithen (Algenstrukturen), haben in den mittleren und nördlicheren Teilen des Niederen Himalaja weite Verbreitung. Shaliquarzit zeigt eine Regressionsphase⁸ an.

Die *Talserie* transgrediert⁹ mit zum Teil konglomeratführenden Schiefen, Sandsteinen und Grauwackenschiefern¹⁰. Im höheren Teil gewinnen Quarzite an Bedeutung. Wenn auch als Seltenheiten, so zeigen Fossilfunde doch höher-mesozoisches Alter an. Es folgen die alttertiären (paläozän-eozänen) *Subathus*, die Nummulitenkalke¹¹ enthalten. Die tiefer-miozänen *Dagshais* sind die jüngsten Ablagerungen dieses Raumes.

Ausbildung und Mächtigkeit dieser Schichtfolge zeigen bedeutende Schwankungen, woraus ersichtlich wird, daß der Ablagerungsraum bereits sehr früh in die gleiche Richtung gegliedert war wie das spätere Gebirge (NW—SE).

Die tertiäre Gebirgsbildung erfaßte den beschriebenen Sedimentstapel, legte ihn in Falten oder verfrachtete mächtige Gesteinspakete in Form von Decken¹² bis zu 100 Kilometern gegen S (Abb. 2, 4, 5). Die südlicheren Teile des Ablagerungsraumes wurden gefaltet, geschuppt, blieben aber mehr oder weniger *ortsgebunden* (parautochthon). In den nördlichen Teilen stammen die *Rukumdecke* und die überlagernden *Chaildecken*. Besonders letztere sind von W-Pakistan bis Bhutan zu verfolgen. Außer ihrem charakteristischen Gesteinsbestand kennzeichnet die Chaildecken phyllitische Metamorphosen (Grünschieferfazies).

³ Geosynklinale sind schmale, stark sinkende Tröge, in denen mächtige Sedimentfolgen abgelagert werden. Aus diesen Senkungsgebieten entstehen dann die Faltengebirge.

⁴ Eisen- und magnesiumreiche, dem Basalt nahestehende Gesteine.

⁵ Tillite sind blockführende Schiefer und Sandsteine — ehemalige Moränen oder unter der Wirkung von Eisbergen entstandene subaquatische Ablagerungen.

⁶ Reich an Schwefelkies.

⁷ In der Fazies — der Ausbildung — eines Gesteines widerspiegeln sich die Entstehungsbedingungen.

⁸ Der Wasserkörper (Meer, See usw.), in dem die Ablagerung erfolgt, zieht sich zurück.

⁹ Vorstoß und Ausbreitung eines Ablagerungsraumes über verschiedene ältere Gesteine.

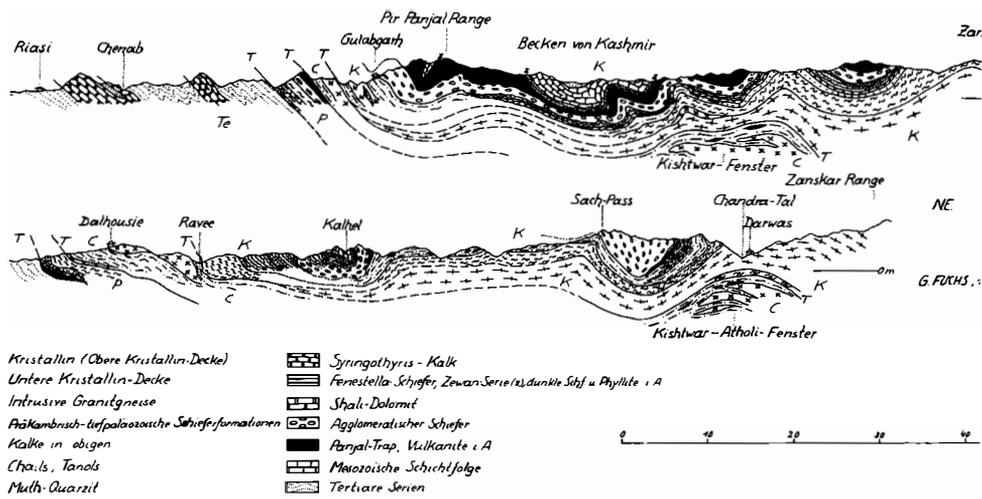
¹⁰ Grauwacken sind feldspat- und gesteinsteilchenführende Sandsteine.

¹¹ Nummuliten sind Großforaminiferen (Einzeller).

¹² Decken sind an flachen Überschiebungsbahnen fernverfrachtete Gesteinsmassen.

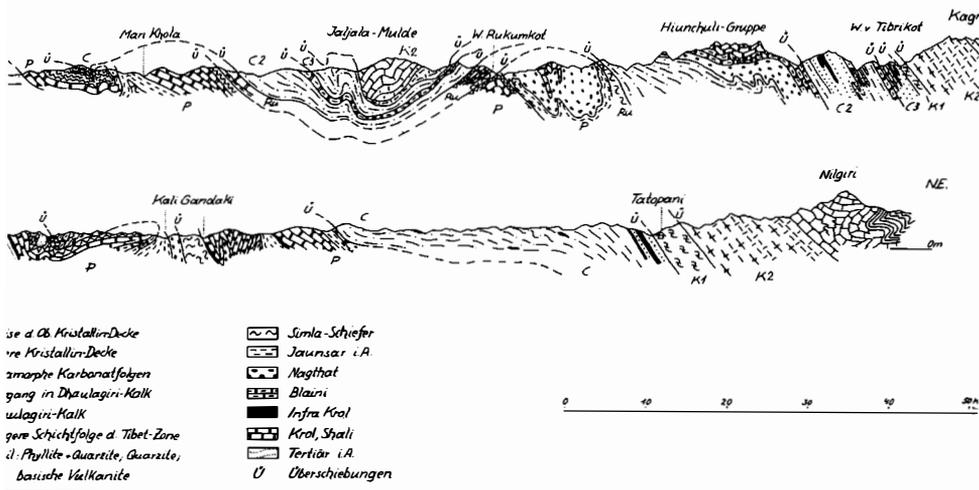
¹³ Metamorphose ist Umwandlung von Gesteinen unter erhöhten Druck-Temperatur-Bedingungen in Zusammenhang mit Gebirgsbildung, Magmenaufstieg usw.

Es ist aber interessant, daß örtlich Teile der tieferen Rukumdecke metamorph sind, die Umwandlung in der Chaildecke jedoch gebietsweise aussetzt. Der tektonische Zchnitt erfolgte hier schräg durch einen Bereich ausklingender Metamorphose (Frank und Fuchs 1970, Fuchs und Frank 1970).



Geologische Profile durch den NW-Himalaja (Kaschmir und Chamba). Te = Tertiärzone; P = paraautochthone Zone; C = Chaildecke; K = Kristallin-(Kaschmir-)decke; T = Überschiebungen.
Abb. 4

Die bisher erwähnten tektonischen Einheiten entstammen dem Ablagerungsraum des Niederen Himalaja. Es finden sich jedoch auch Reste von Decken, die aus nördlicheren Bereichen herantransportiert wurden. Die *Kristallindecke* baut besonders im östlichen Himalaja weite Gebiete auf; es finden sich aber fast in allen Abschnitten des Himalaja Deckschollen dieser Einheit. Wie der Name sagt, besteht sie aus kristallinen Schiefen (verschiedenen Gneisen, Marmoren u. a.). In wenigen Fällen trägt das Kristallin aber auch fossilführende Sedimentfolgen. Hier sind die Sedimentbecken von Kaschmir und Chamba (Abb. 4) zu nennen, die aber im Zusammenhang mit der Tibetzone besprochen werden. Weiters die Vorkommen an Altpaläozoikum in der Jaljalamulde (Abb. 5)





Die Dhaulagiri-Gruppe von N gesehen. Die Gipfelregion wird von den tiefsten Serien der Tibet-Zone aufgebaut (Dhaulagiri-Kalk). Verfaltungen sind erkennbar. Gegen den Beschauer folgen die jüngeren Serien des Paläo- und Mesozoikums. Die Gesteinsserien sind im Bereiche der N-Flanke des Dhaula Himal gegen N überkippt (Copyright Österr. Himalaja-Gesellschaft).

(W-Nepal, Fuchs und Frank 1970), von Phulchauki (Zentralnepal, Bordet 1961, S. 220) und Tang Chu (Bhutan, Gansser 1964, S. 205).

Die Kristallindecke stammt aus der kristallinen Zentralzone, also aus dem Hohen Himalaja, und ist wie dort durch fließenden Übergang mit den auflagernden Sedimentgesteinen verbunden (Jaljalamulde, Kaschmir usw.).

Nach den Fernüberschiebungen erfuhr der Deckenbau weitere Verfaltungen und wurde von weit gespannten Wölbungsvorgängen erfaßt. Dies gab dann Anlaß zur Erosion höherer Decken, es entstanden tektonische Fenster¹⁴. In Einmündungen blieben höhere Decken als Reste erhalten. Dieser Umstand ermöglicht es, die Überlagerung junger bzw. nichtmetamorpher Schichten durch ältere bzw. metamorphe Gesteine festzustellen und so die Deckennatur der höheren Einheit zu erkennen. Die geographische Lage von Fenstern und Deckschollen gibt Auskunft über die Transportweite.

3. Der Hohe Himalaja

Schroff und unvermittelt erhebt sich die Südflanke des Hohen Himalaja über der Gipfelalur des Niederen Himalaja. Die zahlreichen Ortschaften mit den umgebenden Terrassenfeldern bleiben zurück, dichter Urwald klettert die steilen Hänge empor. Darüber strahlen in der klaren Morgenluft die Eis- und Felsflanken — die Region der 8000er und 7000er —, um sich aber bald wieder hinter Wolken zu verschanzen, aus denen dann der Nachmittagsregen fällt.

Der Hohe Himalaja bildet keine zusammenhängende Kette, sondern eine Reihe von Gebirgsstöcken. Zwischen diesen bahnen sich tosende Flüsse und Ströme in engen Schluchten ihren Weg nach dem Süden.

Die Gesteine der Kristallinen Zentralzone bauen den Sockel des Hohen Himalaja auf. Gegen die Gipfelregion nimmt der Einfluß der Metamorphose allmählich ab und es erfolgt der Übergang in die nur ganz schwach metamorphen tieferen Serien der Tibetzone. Diese Gesteine bilden den Gipfelaufbau von Weltbergen, wie Mount Everest (8848 m), Annapurna (8078 m), Dhaulagiri (8172 m) und Dhaula Himal, Kanjiroba (7042 m), Saipal (7040 m) und Nanda Devi (7820 m).

¹⁴ Durch die Abtragung überschobener Gesteinspakete werden die unterlagernden häufig jüngeren Gesteine freigelegt und bilden dann ein „Fenster“.



Wie erwähnt, haben einige der im Niederen Himalaja anzutreffenden Decken ihre Wurzelzone im Himalajahauptkamm. Im Gegensatz zu dem stark wechselnden, oft steil aufgerichteten Schichtfallen der parautochthonen Einheit, der wechselnden, aber meist flachen Lagerung in den Decken, wie beide für den Niederen Himalaja kennzeichnend sind, herrscht im Hohen Himalaja generell mittelsteiles nördliches Abtauchen der Schichten.

Das *Kristallin* ist tektonisch zweigeteilt. Die *Untere Kristallindecke* besteht aus Granatphyllit, Glimmerschiefer, Quarzit, Amphibolit¹⁵, Karbonatschiefer, etwas Paragneis und Augengneis. Anzeichen rückschreitender Metamorphose¹⁶ sind in diesen Gesteinen verbreitet. Die Einheit ist als relativ gering mächtige Basisschuppe des Kristallins aufzufassen. Man findet sie in W-Nepal wie in Simla oder im Chandratat (Oberlauf des Chenab).

Die *Obere Kristallindecke* repräsentiert die Hauptmasse des Kristallins. Orthoaugengneise, Mischgneise, linsig-aderige Granat-Disthengneise, Karbonatgneise, Marmore und Kalkglimmerschiefer bilden einen mehrere Kilometer mächtigen Gesteinskomplex. Anzeichen rückschreitender Umwandlung sind äußerst selten.

Es ist ein im ganzen Himalaja zu beobachtendes Merkmal, daß die Metamorphose allmählich gegen das Hangende (nach oben) abklingt. Es erfolgt so ein Übergang in die überlagernden altpaläozoischen Sedimentfolgen. Dies beweist ein postpräkambrisches Alter der Gesteinsumwandlung.

4. Die Tibet- oder Tethyszone

Nördlich des Hauptkammes schließt der *Innere Himalaja* an, ein einsames Bergland, das im N in das Tibetische Plateau übergeht. Die Täler sind bis etwa 4300 Meter Höhe hinauf dünn besiedelt. Die Bevölkerung ist in vergangenen Jahrhunderten aus Tibet eingewandert und hat ihre mitgebrachte Kultur bewahrt. Gebetsfahnen, Tschorten (Bildstöcke, Kapellen) und Gebetsmauern begleiten die Wege aus den duftenden Nadelwäldern der tieferen Täler hinauf in die weiten, kahlen Hochtäler und über Pässe von 5000 bis 6000 Meter Höhe.

Aus diesem Gebiet sind schon in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts sehr fossilreiche Schichtfolgen bekannt geworden. Der Versteinerungsinhalt läßt enge Beziehungen zu den Alpen erkennen. Beide Gebiete waren Teilbereiche der großen Mittel-

¹⁵ Hornblendereicher Kristalliner Schiefer.

¹⁶ Veränderungen, die an einem höher metamorphen Gestein durch spätere schwächere Metamorphose hervorgerufen werden.

meerzone, der Tethys, daher der Name Tethys- oder Tibetzone. Es handelt sich aber um keine kontinuierliche Zone, eher um eine unterbrochene Reihe von geologischen Großmulden, in denen die erwähnte paläozoisch-mesozoische Schichtfolge erhalten geblieben ist (N-Bhutan, Dolpo in Nepal [Abb. 6], N-Kumaon, Spiti). Eine Sonderstellung nimmt die Großmulde von Kaschmir-Chamba ein (Abb. 4). In ihr ist ein Ablagerungsbereich aufgeschlossen, der zwischen der Tibetzone im engeren Sinne und dem Niederen Himalaja gelegen war. Für die Betrachtung der Schichtfolge des gesamten Himalaja sind diese Gebiete daher von besonderer Bedeutung.

In der Tibetzone wie in Kaschmir bestehen die tieferen Teile der Schichtfolge aus tausende Meter mächtigen, monotonen, daher schlecht gliederbaren Serien, die rhythmische Sedimentation widerspiegeln. Solche Ablagerungen sind für rasch absinkende Tröge (Geosynklinalen) kennzeichnend. In Kaschmir, Chamba, Spiti, NW-Kumaon und Bhutan (Sangsing La) herrscht sandig-tonige, in N-Bhutan (Lingshi), Nepal und Kumaon karbonatisch-siltig-tonige Sedimentation. Die Grenze gegen das unterlagernde Kristallin ist überall unscharf. Es finden sich Hinweise, daß von Ort zu Ort verschieden große Anteile der Basisserie metamorph geworden und dem Kristallin einverleibt worden sind. Die altersmäßige Untergrenze ist daher schwer zu fassen. Wahrscheinlich enthalten die Serien Jungpräkambrium und Kambrium. Die jüngeren Anteile sind durch Versteinerungen als kambrisch, ordovizisch, zum Teil sogar silurisch erwiesen.

Dann erfolgt ein Umschwung, den der Verfasser mit der kaledonischen Gebirgsbildung¹⁷ in Zusammenhang bringt. Im Gegensatz zu der bisherigen Einförmigkeit sind nun faziell gegensätzliche Ablagerungen verbreitet.

In Nepal (Dolpo) hat der Verfasser (1967) verfolgt, wie im Devon eine Flyschserie gegen W in eine Kalk-Mergel-Schiefer-Folge und diese in einen Dolomitkomplex übergeht. Es widerspiegelt sich hier ein Verflachen des Ablagerungsbeckens gegen W. In Kumaon kennzeichnen fossilere Dolomite und Quarzite seichteste Meeresbereiche bis terrestrische Verhältnisse. Gleiches zeigt der Muth-Quarzit von Spiti und Kaschmir. Gelegentliche Verzahnungen mit fossilführenden marinen Schichten erweisen das devonische Alter. In Kaschmir gehen die Quarzite gegen S in flyschartige sandig-siltige Schiefer über (Tanols), die z. B. in Chamba den Muth-Quarzit ersetzen. In Hazara haben Quarzite, Siltschiefer usw. in den Tanols weite Verbreitung. Vom Indus an sind sie mit silurisch-devonischen Karbonatfolgen verzahnt, worauf noch eingegangen wird.

Im Unterkarbon haben dunkle, fossilreiche Kalke weite Verbreitung, die zum Teil mit Mergelschiefern und Quarziten verbunden sind (Nepal, Spiti, Kaschmir). In einigen Gebieten, wie in W-Dolpo, Kumaon, SW-Kaschmir fehlen diese Kalke. In Chamba werden sie, wie Verzahnungen am Sachpaß zeigen, gegen S durch die höheren Anteile der Tanols ersetzt. Im mittleren Karbon gewinnen dunkle Schiefer und Quarzite an Bedeutung (Spiti, Kaschmir), zu denen im höheren Oberkarbon die „Agglomeratic Slates“ hinzukommen. Diese sind durch die konglomeratführenden flyschartigen Schiefer gekennzeichnet, welche deutlich auf glazialen Einfluß hinweisen (Tillite). Es finden sich im Agglomeratic Slate aber auch marine fossilführende Horizonte, Schichten mit Gondwanapflanzen¹⁸ und Tuffe, die beginnende vulkanische Tätigkeit in Kaschmir anzeigen. So bildet diese Serie ein markantes Schichtglied. Die Tanols des südlichen Kaschmir und von Chamba gehen in die ihnen auflagernden „Agglomeratic Slates“ über, was beweist, daß sie einen sehr großen Zeitraum umfassen (Ordoviz—Oberkarbon (Abb. 4).

Pflanzenführende Gondwanaschichten mit einem basalen Glazialhorizont greifen auch auf den östlichen Himalaja über (Sikkim, Bhutan).

Tausende Meter mächtige Lavaergüsse (Panjal Trap) in Kaschmir und die Tat-

¹⁷ Im Altpaläozoikum (Ordoviz-Silur).

¹⁸ Für den alten Südkontinent „Gondwanaland“ typische Pflanzen.



Vierfüßer-(Tetrapoden-)Fährte in oberpermischem Sandstein. Die Schichten enthalten außerdem marine Versteinerungen und Pflanzenabdrücke, was auf Ablagerung im Küstenbereich hindeutet. Dolpo, NW-Nepal (Copyright Österr. Himalaja-Gesellschaft).

sache, daß oberkarbon-unterpermische Ablagerungen in der Tibetzone fehlen (mit Ausnahme von Spiti), zeigen gesteigerte Unruhe infolge der variszischen Gebirgsbildung¹⁹ an. Ob es im Himalaja selbst zu Faltungen kam, ist hingegen fraglich.

Im höheren Perm bringt eine Transgression in der gesamten Tibetzone und in Kaschmir marine Schichten über verschiedenen ältere Serien zum Absatz. Das Zusammenkommen von versteinerten Meerestieren, Fährten von Vierfüßern (s. oben) und Pflanzen zeigt küstennahe Bereiche an.

Mit dem Beginn des Mesozoikums macht sich eine kräftige Senkung des Ablagerungsbeckens bemerkbar. Es folgen gering mächtige, aber sehr fossilreiche Kalke und Schiefer der Untertrias. Die Mitteltrias der Tibetzone baut sich aus Kalken, Mergeln und Schiefen auf. In Kaschmir ist sie auch etwas sandig-siltig. Die Obertrias besteht hier aus einer mächtigen Folge von Kalken und Dolomiten. In der Tibetzone hingegen bringt die tiefere Obertrias einen Umschwung von karbonatisch-toniger zu sandig-toniger Sedimentation. In der höchsten Obertrias werden die Ablagerungsbedingungen einheitlich seicht. Der Kiotokalk mit seinen quarzitischen Basisschichten findet sich in der Tibetzone wie in Kaschmir. Altersmäßig umfaßt er Rhät, Unterjura und den tiefsten Mitteljura. Es ist interessant, daß in Hazara, das bisher eindeutig zum Ablagerungsraum des Niederen Himalaja gehört hat, mit dem Kiotokalk eine sedimentäre Folge wie in der Tibetzone einsetzt. Der Ablagerungsraum der Tethys hat offensichtlich an der Trias-Jura-Grenze von diesem südlicheren Gebiet Besitz ergriffen.

Aus dem Kiotokalk entwickeln sich dünnsschichtige Kalk-Mergel-Schiefer-Folgen mit

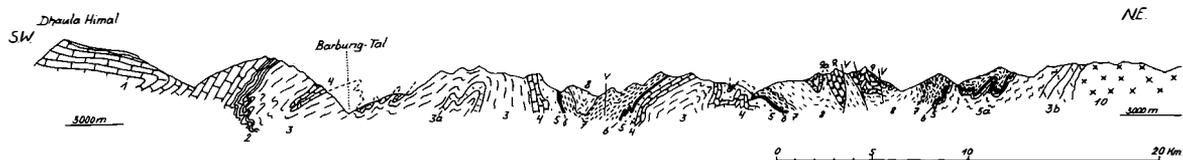
¹⁹ Im Jungpaläozoikum (Karbon-Perm).

etwas Sandstein. Diese fossilreichen Schichten des Mitteljura enthalten zum Teil auch Schichtlücken.

Aus den Spitschiefern der Jura-Kreide-Wende stammen die bei den Einheimischen unter der Bezeichnung „Saligram“ bekannten Ammoniten. Sie genießen als Kultgegenstände große Verehrung und kommen im Handel bis in die Indische Ebene.

In der Unterkreide folgen Sandsteine, zum Teil mit Siltschiefern. Über Mergeln und Schiefen der untersten Oberkreide gelangt man in eine mächtige Flyschfolge (Heim und Gansser 1939). Aus dem Tibetischen Plateau sind marine alttertiäre Schichten bekannt.

In der Tibetzone wie im darunterliegenden Kristallin sind im Alttertiär gebietsweise ausgedehnte Granitstöcke aufgedrungen (Badrinath-, Mustang- und Manaslugranite). Sie haben in den durchschlagenen Schichtfolgen Kontaktmetamorphose hervorgerufen. Der beschriebene Sedimentkomplex wurde während der tertiären Gebirgsbildung gefaltet, örtlich, wie etwa in Kumaon, kam es zu Schuppenbau. Die Tektonik bleibt aber in der Tibetzone und in Kaschmir stets gut überschaubar und erreicht bei weitem nicht die Kompliziertheit des Niederen Himalaja (Abb. 6).



Geologisches Profil durch die Tibetzone von Dolpo, NW-Nepal. 1 Dhaulagirikalk (Kambro-Ordoviz); 2 Silur (?); 3 Tilicho-Paß-Formation (Devon); 3a Kalkzug in Tilicho-Paß-Formation; 3b Kontaktmetamorphe Karbonatgesteine fraglichen Alters; 4 Ice-Lake-Formation (Unterkarbon); 5 Thini-Chu-Formation (Oberperm); 5a Schiefer (vermutlich permischen Alters); 6 Untertrias; 7 Mukutkalk (Mittel- bis tiefere Obertrias); 8 Tarapschiefer (Obertrias); 9a Quarzitzerie (oberste Obertrias); 9 Kiotokalk (tieferer Jura); 10 Mustanggranit; V Verwerfungen. Das Profil ist nicht überhöht. Abb. 6

5. Die Indus-Narben-Zone

Ein wichtiges Strukturelement im Grenzbereich von Himalaja und Karakorum ist die Indus-Narben-Zone, mit der sich besonders Gansser 1964 befaßt. Vom Tibetischen Plateau im E, entlang des Oberlaufes des Indus bis in das Gebiet N des Nanga Parbat ist diese tiefgreifende tektonische Linie durch Oberkreide-Alttertiär-Flysch²⁰ und basische Vulkanite gekennzeichnet. An Überschiebungen sind Flyschgesteine und in sie eingebettete Schollen und Klippen permischer und mesozoischer Kalke von N her auf die Tibetzone aufgeschoben worden (N-Kumaon). Die Herkunft dieser Gesteine ist wahrscheinlich die Indus-Narben-Zone.

Probleme der Himalajageologie

In einem Gebirge von 2400 Kilometern Länge, also der vierfachen Länge Österreichs, klaffen noch bedeutende Lücken unserer Kenntnis. Weite Gebiete sind nur mangelhaft bekannt oder erscheinen als weiße Flecke in der geologischen Karte. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn manche grundlegende Frage noch nicht befriedigend gelöst ist.

A) *Das Alter der Schichtfolge des Niederen Himalaja*: Oldham, Auden, Pilgrim, West und Wadia entwickelten die Vorstellung, daß die Folge Chandpur (Chail)-Krol

²⁰ Flysch nennt man monotone, häufig rhythmische Sandstein-Schiefer-Folgen.

paläozoisches Alter hätte. Diese in sämtlichen Standardwerken der Geologie Indiens aufgenommene Theorie wird auf Grund meiner Beobachtungen auch von mir vertreten. Holland, Valdiya brachten dagegen Einwände vor, die auch von meinem Mitarbeiter Frank übernommen werden. Nach diesen wäre die fragliche Serie *präkambrisch*.

Die Argumente der beiden Theorien seien wenigstens in knapper Form wiedergegeben.

I. Chandpur (Chail)-Krol (Shali) paläozoisch

1. Am Indischen Schild, in der Salt Range, im östlichen Himalaja, in Kaschmir und der Tibetzone von Spiti sind glaziale Gesteine der permokarbonen Vereisung zu finden. Es ist naheliegend, die nicht fossilbelegten Glazialschichten des Niederen Himalaja (Blaini, Tanakki) mit obigen zu verbinden, da in jedem der Himalajagebiete nur ein Glazialhorizont festzustellen ist. Die Annahme präkambrischen Alters würde bedeuten, daß die junge Vereisung ausgerechnet im Niederen Himalaja keine Spuren hinterlassen hat, die ältere Vereisung aber nirgends in den sehr vollständigen Schichtfolgen Kaschmirs und Spitits feststellbar ist. Dies ist, da es sich um benachbarte Zonen handelt, recht unwahrscheinlich.

2. In sämtlichen Zonen des Himalaja bilden mächtige Geosynkinalablagerungen die Basis der Schichtfolge. In Kaschmir und der Tibetzone konnten deren jüngste Schichten als altpaläozoisch bestimmt werden. Kaledonische Bewegungen brachten im Ordoviz-Silur einen Umschwung der Faziesverhältnisse, zum Teil zu den mechanischen Sedimenten des Muth-Quarzits und der Tanols, deren paläozoisches Alter belegt ist. Da im Niederen Himalaja ein ähnlicher Umschwung von den Simlaschiefern zu den Chandpurs und Chails überleitet, welche mit oben genannten in Gesteinsausbildung identisch sind, ist wohl auch hier das gleiche altpaläozoische Großereignis verantwortlich.

3. Ein paläozoisches Alter von Tanol-Chail und damit ein höher paläozoisches von Krol-Shali konnte ich 1969 in Pakistan direkt nachweisen. In W-Hazara überlagert die Folge Tanakki—(Blaini-)glazialhorizont—Shalidolomit wie im Niederen Himalaja Tanols (Chails). Letztere sind aber im selben Gebiet und weiter gegen W mit fossilführenden altpaläozoischen Schichten verzahnt.

Überdies konnten die Tanols auch in Kaschmir und Chamba als paläozoisch nachgewiesen werden. Wo diese charakteristische Gesteinsfolge mit Krol (Shali) auftritt, unterlagert sie stets. Es ist bisher nirgends gelungen, ein präkambrisches Alter von Chail-Tanol nachzuweisen. All dies stützt die Annahme jungpaläozoischen Alters für Blaini-Krol.

4. Im Untergrund der Gangesebene wurde bei Ölsuche die Krol-Tal-Folge durchbohrt und jungpaläozoische bis mesozoische Sporen gefunden (Mathur und Evans 1964). In den Infra Krols von Naini Tal (Kumaon) gelang indischen Geologen und Paläobotanikern zweimal der Fund von Gondwanaflora (Permokarbon) (Lakhanpal, Sah und Dube, 1958).

II. Die Schichtfolge Simlaschiefer—Krol (Shali) ist präkambrisch

1. Das fast vollständige Fehlen von Fossilien und der Reichtum an Stromatolithen in den Dolomiten spricht für präkambrisches Alter der fraglichen Schichten. Es ist unwahrscheinlich, daß diese ausgedehnten Ablagerungen in unmittelbarer Nachbarschaft fossilreicher Sedimentbecken (Salt Range, Tethys) entstanden sind.

2. Die Schichtfolge des Niederen Himalaja zeigt Faziesverhältnisse, wie sie in präkambrischen Serien der angrenzenden Gebiete des Indischen Schildes und Chinas zu beobachten sind: rote Quarzite und Dolomite, Hämatit-Jaspilite²¹, primär aus-

²¹ Silikatische Eisenoxyderze.

gefällte Dolomite usw. Diese widerspiegeln trockenheißes Klima. Hingegen deuten die jungpaläozoischen Gondwanaschichten des Indischen Subkontinents auf feuchtgemäßigtes Klima.

3. Die paläobotanische Untersuchung unseres Materials aus der Schichtfolge des Niederen Himalaja durch Frau Dr. Čorna (Bratislava), Herrn Prof. Dr. W. Klaus (Universität Wien) und Frl. cand. phil. I. Draxler (Geologische Bundesanstalt Wien) erbrachte primitive kugelige Mikrofossilien, wie sie aus einer Reihe sicher präkambrischer Serien bekannt sind.

4. Der Blainiglazialhorizont ist bei Simla mit den unterlagernden Simlaschiefern durch stratigraphischen Übergang verbunden. Da letztere nach Ansicht der meisten Forscher präkambrisch, jüngstenfalls frühpaläozoisch, sind, können die Blainis nicht dem jungpaläozoischen Glazialhorizont entsprechen. Präkambrische Vereisungen sind aus China und wahrscheinlich auch vom Indischen Subkontinent bekannt.

Meiner Ansicht nach sind diese Einwände gegen Theorie I nicht ganz stichhältig:

ad II/1: Die Fossiliertheit ist aus der weitgehenden Isolierung des Ablagerungsbeckens (Fuchs 1967) sowie aus der Fazies zu erklären. Monotone Geosynklinalfolgen, bunte Sandsteine und Algendolomite verschiedensten Alters erweisen sich meist als steril. Bei der Untersuchung unserer Proben, auch solcher, die durch seltene Makrofossilien als paläozoisch nachgewiesen sind, konnte Herr Dozent Dr. H. Mostler (Universität Innsbruck) eine absolute Sterilität in bezug auf sonst verbreitete Mikrofossilien feststellen (freundliche mündliche Mitteilung). Auch die jungmesozoische Talserie oder die tertiären Formationen der Dagshais, Murrees und Kasaulis zeichnen sich durch erstaunliche Sterilität aus, ohne daß man daraus auf präkambrisches Alter schließen könnte. Trotz weiter Verbreitung im Präkambrium sind Stromatolithen Fazies- und keine Leitfossilien.

ad II/2: Der Serienvergleich zur präkambrischen Schichtfolge wird von den Vertretern der Ansicht II recht unterschiedlich gezogen, je nachdem, ob lithologische Ähnlichkeiten, Glazialhorizonte oder Stromatolithenstratigraphie höher gewertet werden. Dies und die Tatsache, daß besonders die basalen Geosynklinalfolgen des Niederen Himalaja in den zum Vergleich herangezogenen präkambrischen Serien fehlen, läßt keinen befriedigenden Vergleich zu.

Klimatische Wechsel, dokumentiert im Nebeneinander von grauen, zum Teil glazialen, und roten, in wärmerem Milieu abgelagerten Sedimenten, sind in den Gondwanas, dem Jungpaläozoikum der Salt Range wie im Niederen Himalaja angedeutet.

ad II/3: Es steht heute noch nicht fest, wie weit diese primitiven Mikroorganismen Durchläufer sind, das heißt bei geeigneter Fazies in verschiedensten Zeiten gelebt haben. Auch könnte Wiederaufarbeitung älterer Schichten in Betracht gezogen werden. In Anbetracht von I/4 steht hier Aussage gegen Aussage.

ad II/4: Dunkle Schiefer (Infra Krol) und flyschartige Siltschiefer (Ririschiefer) sind im Blaininiveau recht häufig. In Nepal, wo tausende Meter andersartiger Gesteine dazwischenliegen, wird man die genannten Schiefer kaum als Fortsetzung der Simlaschiefer auffassen. Folgen sie aber nach einer Schichtlücke über Simlaschiefer, so muß es schwerfallen, die Schichtgrenze zu entdecken.

Andererseits konnte ich in Kaschmir und Chamba feststellen, daß über den basalen Schiefen (Simla-, Dograschiefer) tatsächlich Schiefersedimentation bis ins Oberkarbon fortsetzt. Es bestehen somit zwei Möglichkeiten, die Beobachtungen von Simla zu erklären, ohne ein präkambrisches Alter von Blaini folgern zu müssen.

Abschließend kann festgestellt werden, daß in dieser komplizierten Frage noch zahlreiche Widersprüche existieren. Das Problem ist ungelöst, doch erweisen die besprochenen Argumente die Theorie I als die wahrscheinlichere.

Ein anderes noch ungelöstes Problem ist das *Alter der Metamorphose des Kristallins*. Hier werden aber die durch meinen Mitarbeiter Dr. W. Frank für die physikalische Altersbestimmung genommenen Proben vermutlich Klarheit schaffen.

Da die Metamorphose des Kristallins in den überlagernden altpaläozoischen Schichten ausklingt, muß sie postpräkambrisches Alter haben. Da sich außerdem in der Schichtfolge des Himalaja kaledonische Unruhe abzeichnet, bringt Fuchs (1967) diese mit der Metamorphose in Beziehung. Die sicher auch vorhandenen alpidischen²² Umwandlungen konnten aber im Kristallin nicht auseinandergelassen werden. Da Reliktminerale fehlen, schließt Frank, daß das Kristallin rein alpidisch geprägt worden ist und daß Anzeichen kaledonischer Orogenese fehlen (S. 62 in Fuchs und Frank 1970).

Inzwischen wurde durch Frau Prof. Dr. Jäger (Bern) das kaledonische Alter eines in der Chaildecke des NW-Himalaja weit verbreiteten Granitgneises nachgewiesen (freundliche Mitteilung von Frau Prof. Dr. Jäger).

Ergeben nun Gesamtaltersbestimmungen auch der Augengranitgneise des Kristallins kaledonisches Alter, so ist das Kristallin das Produkt mehrerer Metamorphosen. Das Fehlen von Relikten erklärt der Verfasser mit der Annahme, daß die jüngere Umprägung unter Druck-Temperatur-Bedingungen erfolgte, die annähernd denen der älteren Umwandlung entsprachen. Ältere Kristallinteile blieben daher stabil bis metastabil, lokale Aufschmelzungen scheinen in den feinkörnigeren Mischgneisen vorzuliegen.

Ergeben die genannten Augengneise jedoch alpidisches Alter, so war die junge Umwandlung so stark, daß ein neues alpidisches Kristallin geschaffen wurde. Dies berechtigt aber noch nicht zu dem Schluß, daß die alpidische Gebirgsbildung lediglich nicht oder fast nicht metamorphe Gesteine vorgefunden hat.

Manche der Widersprüche, die bei der Diskussion dieser grundsätzlichen Fragen aufgetaucht sind, werden aber in dem Maße verschwinden, in dem die weißen Flecken in den geologischen Karten gefüllt werden. Ich sehe daher die Hauptaufgabe weiterer Forschung in der systematischen Aufnahme der weitgehend unbekannt Gebiete, soweit sie aus politischen Gründen nicht gesperrt sind. Solche systematische Aufnahmestätigkeit wird von uns seit 1963 in W-Nepal betrieben und hat bereits eine Reihe von Aussagen zugelassen, die für die Geologie des gesamten Himalaja gültig sind.

Schrifttum

G.B.A. = *Geologische Bundesanstalt Wien*

G.S.I. = *Geological Survey of India*

Auden, J. B., 1934, The Geology of the Krol Belt, Rec. G.S.I., 67 (4), 357—454, Calcutta.

Bordet, P., 1961, Recherches géologiques dans l'Himalaya du Népal, région du Makalu. Edit. Cent. Nat. Rech. sci. Paris, 1—275.

Frank, W., und G. R. Fuchs, 1970, Geological Investigations in West Nepal and their Significance for the Geology of the Himalayas. Geologische Rundschau, Heft 2, 59, 552—580, Stuttgart.

Fuchs, G., 1967, Zum Bau des Himalaya. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Denkschr. 113, 1—211, Wien.

Fuchs, G., und W. Frank, 1970, The Geology of West Nepal between the rivers Kali Gandaki and Thulo Bheri. Jb. G.B.A., SdBd. 18, 1—103, Wien.

Gansser, A., 1964, Geology of the Himalayas. Interscience Publishers a division of John Wiley & Sons Ltd., London, New York, Sydney, 1—289.

Hagen, T., 1959, Über den geologischen Bau des Nepal-Himalaya. Jb. St. Gall. naturw. Ges., 76, 3—48, St. Gallen.

Hagen, T., 1960, Nepal. Kümmerly und Frey, Bern, 1—119.

²² Die alpidische Gebirgsbildung hat im Zeitraum Kreide—Tertiär Alpen, Himalaja und andere Faltengebirge geschaffen.

- Hayden, H. H.*, 1904, The Geology of Spiti with parts of Bashahr and Rupshu. Mem. G.S.I., vol. 36, 1—129. Calcutta.
- Heim, A., und A. Gansser*, 1939, Central Himalaya, geological observations of the Swiss expedition 1936. Mem. Soc. Helv. Sci. nat. 73 (1), 1—245. Zürich.
- Holland, T. H.*, 1908, On the occurrence of striated Boulders in the Blaini formation of Simla, with a discussion of the geological age of the beds. Rec. G.S.I., Vol. 37 (1), 129—135. Calcutta.
- Lakhanpal, R. N., S. C. D. Sah, und S. N. Dube*, 1958; Further Observations on Plant Microfossils from a Carbonaceous Shale (Krols) near Naini Tal, with a Discussion on the Age of the Beds. Palaeobotanist 7 (2), 111—120. Lucknow.
- Lexique stratigraphique international 3: Asie, fasc. 8: a. India, Pakistan, Nepal, Bhutan, b. Burma, c. Ceylon. Centre nat. rech. scient., Paris, 1—404, 1956.
- Mathur, L. P., und P. Evans*, 1964, Oil in India. Intern. Geol. Congr. 22. Sess. India 1964, 1—85. New Delhi.
- McMahon, C.*, 1885, Some further notes on the Geology of Chamba. Rec. G.S.I., vol. 18, 79—110. Calcutta.
- Oldham, R. D.*, 1888, The Sequence and correlation of the Pre-Tertiary Sedimentary formations of the Simla Region of the Lower Himalayas, Rec. G.S.I., 21 (3), 130—143. Calcutta.
- Pascoe, E. H.*, 1950, A Manual of the Geology of India and Burma. 3rd Ed., 1, Government of India Press. Calcutta, 1—483.
- Pascoe, E. H.*, 1959, A Manual of the Geology of India and Burma. 3rd Ed., 2, Government of India Press, Calcutta, 1—1343.
- Stauffer, K. W.*, 1968, Silurian-Devonian Reef Complex near Nowshera, West Pakistan. Geol. Soc. Amer. Bull., vol. 79, 2, 1968, 1331—1350. Washington.
- Valdiya, K. S.*, 1969, Stromatolites of the Lesser Himalayan Carbonate Formations and the Vindhyan. Jour. Geol. Soc. India, 10, 1, 1969, 1—25. Bangalore.
- Wadia, D. N.*, 1934, The Cambrian-Trias Sequence of North-Western Kashmir (Parts of Muzaffarabad and Baramula Districts). Rec. G.S.I., 68 (2), 121—176. Calcutta.
- West, W. D.*, 1939, The Structure of the Shali „Window“ near Simla. Rec. G.S.I., 74 (1), 133—167. Calcutta.