Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 52 (1959)
Heft: 2

Artikel: Geologie des Thakkhola (Nepal) : vorläufige Mitteilung
Autor: Hagen, Toni
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-162596

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Geologie des Thakkhola (Nepal)

(Vorläufige Mitteilung)

Von **Toni Hagen** (Kathmandu–Lenzerheide)

Mit 5 Textfiguren und 1 Tafel (I)

Mit Thakkhola wird der Oberlauf des Kali Gandaki-Flusses bezeichnet. Der Kali Gandaki ist einer der grössten Flüsse von Nepal. Er entspringt an der Hauptwasserscheide zwischen dem Ganges und dem Tsangpo, rund 100 km nördlich der Hauptkette des Himalaya. Die letztere durchbricht er in einer gewaltigen Schlucht zwischen dem Dhaulagiri (8222 m) und der Annapurna (8087 m). Die beiden genannten Gipfel liegen in Luftlinie gemessen nur gut 30 km voneinander entfernt, und dazwischen zwängt sich der Kali Gandaki nach Süden in einer Talsohle, welche von 2400 m bei Dhumpu bis 1200 m bei Dana fällt. Der tiefste Punkt des Thakkhola liegt also bei 2400 m. Von hier an nach Norden steigt das Tal sehr schwach an, um nach 100 km rund 5000 m Höhe auf der Wasserscheide zu erreichen. Der Kali Gandaki führt diesen (indischen) Namen nur in der südlichen Hälfte des Thakkhola, unterhalb der Einmündung des Kyugoma-Flusses von Westen her. Der Hauptfluss wird in seinen ersten 50 km Mustang Chu genannt (Chu ist der tibetische Name für Fluss).

Das Thakkhola wird allseitig natürlich begrenzt, indem sich zu beiden Seiten, vom Dhaulagiri und von der Annapurna, hohe Gebirge nach Norden ziehen. Die durchschnittliche Breite des Thakkhola beträgt 30 km (in Ost–West-Richtung gemessen); im Querschnitt von Chukhgaon steigt sie jedoch auf rund 50 km.

Landschaftlich bildet das Thakkhola eine natürliche Einheit. Infolge seiner Lage nördlich der Hauptkette ist das Klima arid. Die geringe Wasserführung der Flüsse steht in keinem Verhältnis zu ihren Einzugsgebieten. Sie haben deshalb auch viel zu wenig Kraft, um den Schutt wegzuräumen. Die Vegetation tritt wenig nördlich der Hauptkette fast ganz zurück. Nördlich von Kagbeni herrscht fast reine Gebirgswüste. Nur mit künstlicher Bewässerung gedeiht noch Gerste. Man kann sich wohl kaum einen grösseren landschaftlichen Gegensatz vorstellen, als wie er dem Wanderer auf dem Wege von Süden her ins Thakkhola bietet: Bei Dana kann er Orangen von den Bäumen pflücken, bei Lete marschiert er durch herrlich duftende Lärchenwälder und schon vor Tukucha befindet er sich – bei guter Marschleistung noch am selben Tage – in der Tibetischen Gebirgswüste. Nach der Schlucht weitet sich das Tal zu einem breiten Alluvialboden. Der ansteigende Fels tritt zurück, riesige, flachgelagerte Quartärformationen geben der Landschaft das Gepräge. Im Nordteil haben die Flüsse darin cañonartige Täler eingefressen. Alles leuchtet in bunten, doch vorwiegend roten Farben. Dies gab dem Tal auch den Namen, denn «Thak» bedeutet rot und «Khola» ist die nepalische Bezeichnung für Fluss.

Ebenso abrupt ist der Wechsel von der indo-arischen Bevölkerungsgruppe zum tibetischen Element, was sich in Physiognomie, Sprache, Kleidung und Siedlung

ausdrückt. Ein ursprünglich tibetischer Stamm hat den Namen des Tales erhalten, die Thakkhali. Sie können mit den Sherpas verglichen werden, doch haben sie sich im Gegensatz zu jenen mehr mit dem südlich angrenzenden indo-arischen Volkselement assimiliert. Der Nordteil des Thakkhola bildet das semi-autonome Fürstentum Mustang, mit einem Maharaja tibetischen Ursprungs an der Spitze.

In früheren Veröffentlichungen (HAGEN 1956)[1]) wurde die allgemeine tektonische Gliederung von Nepal schon gegeben. Danach bildet die Hauptkette des Himalaya – streng genommen heute die Südabdachung – die Wurzelzone der grossen Decken. Die letzteren sind von hieraus nach Süden überschoben worden. Nördlich an die Deckenwurzeln schliessen sich Rückenschuppen der Decken an, welche in der Himalaya-Randschuppenzone zusammengefasst worden sind. In gewissen Teilen Nepals folgt sodann weiter im Norden das kompliziert gebaute Tibetische Randsynklinorium. Dieses ist eine verfaltete Muldenstruktur, gefüllt mit ziemlich vollständigen Serien der früheren Thethys, welche teilweise vom Kambrium bis zur Kreide reichen. Nördlich an das Tibetische Randsynklinorium schliesst sich das Tibetische Randgebirge an. Dieses weist relativ einfache Falten- und Bruchtektonik auf (Fig. 1 u. Taf. I). Es stellt den eigentlichen gehobenen Südrand des Tibetischen Plateaus dar. Dieses Randgebirge bildete ursprünglich die Urwasserscheide zwischen Ganges und Tsangpo. Sie ist auch heute noch weitgehend erhalten. Nur in vereinzelten Sektoren hat die von Süden verstärkte Erosion rückwärtsgreifend dieses Randgebirge durchbrochen, und Gebiete des ehemaligen Tibetischen Plateaus erfasst. Dies ist der Fall im nördlichen Teil des Thakkhola. Hierbei haben Transversalstrukturen eine bedeutende Rolle gespielt.

Das Thakkhola nimmt für das Verständnis der Himalaya-Geologie eine Schlüsselstellung ein: Alle oben genannten tektonischen Elemente und tektonischen Zonen sind hier ausserordentlich gut entwickelt, und – da in Nepal gelegen – waren sie für den Verfasser auch gut zugänglich. Zudem ermöglichen reiche Fossilfunde eine eindeutige stratigraphische Gliederung. Schon anlässlich eines ersten Besuches im Jahre 1952 wurde die geologische Wichtigkeit des Thakkhola erkannt. Ein zweiter Versuch für eine Detailaufnahme musste 1954 infolge schwerer Krankheit und anderer Widerwärtigkeiten vorzeitig abgebrochen werden. 1957 gelang dann die Aufnahme. Freilich konnten infolge frühen Schneefalles auch dann die gesteckten Ziele nicht vollständig erreicht werden.

Die obere Kristallingrenze der Deckenwurzeln – die Kathmandu-Decken – schneidet den Kali Gandaki unmittelbar bei der Brücke von Dhumpu (Fig. 1). Es sind Biotit–Turmalin–Granit-Gneisse, welche nach Norden fallen. Der Fluss verläuft bei der Brücke ein Stück weit in der Naht zwischen dem Kristallin und den aufliegenden Sedimenten. Letztere sind kristalline Kalke bis Kalkmarmore, z. T. Kalksilikatgesteine, und dürften dem Silur–Devon zugehören.

Das weite Becken von Tukucha (vgl. Karte Fig. 1) welches im Westen vom Dhaulagiri (8222 m) und vom Tukuchatse (6915 m), und im Osten von den beiden Gipfeln der Nilgirigruppe (7031 m und 6728 m) begrenzt ist, zeigt eine generelle Synklinalstruktur, die Tukucha-Synklinale (Taf. I). Sowohl im Tukuchatse (6915 m), als auch in der Nilgirigruppe herrscht Südfallen. In den tieferen

[1]) HAGEN, Toni (1956): *Das Gebirge Nepals.* «Die Alpen», 32. Jahrgang, Hefte 5–7 und 11.

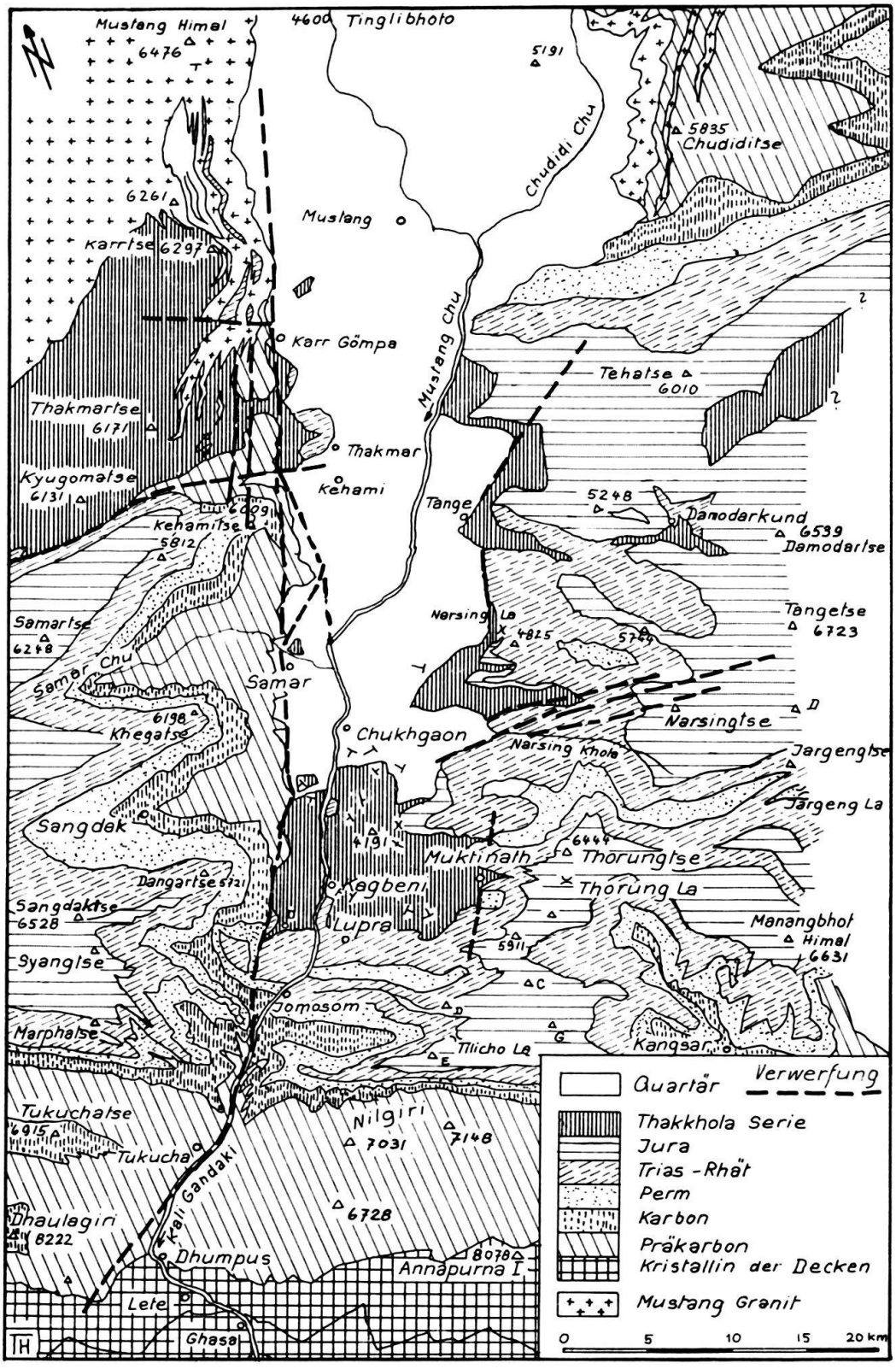


Fig. 1. Geologische Kartenskizze des Thakkhola

Partien, beidseits des grossen Alluvialbodens, zeigt sich eine intensive Verfaltung und Verschuppung, welche bei Tukucha nordwärts gerichtet ist. Diese Zone der

Rückfaltungserscheinungen erstreckt sich also von Tukucha bis gegen Syang an der westlichen Talflanke und Lupra an der östlichen Talseite (Fig. 1 u. Taf. I). Damit ist bereits angedeutet, dass die westliche Talseite und die Ostseite geologisch nicht ohne weiteres zusammenpassen.

Die silurisch–devonischen Kalke bedecken die Zone von Dhumpu bis Tukucha, also eine Breite von rund 7 km. Dies entspricht aber keineswegs der normalen Schichtmächtigkeit, sondern ist der tektonischen Häufung zuzuschreiben, wie an den komplizierten Verfaltungen zu erkennen ist. Unmittelbar nördlich Tukucha folgen die devonischen Dolomite und Kalke, in ihrer typischen Ausbildung mit zwischenliegenden Mergellagen und Tonschmitzen, welche ihnen das gut gebankte Aussehen verleihen. Sie erinnern im Typus an die Seewerkalke. Im Hintergrund der Tukucha Khola (das ist der Seitenfluss, welcher von Nordwesten her bei Tukucha in den Kali Gandaki einmündet) findet sich eine nach Norden, also rückwärts gerichtete Antiklinalstruktur (die Nilgiri-Antiklinale), in welcher unter den silurischen Kalken Kalksilikatgesteine, Tüpfelschiefer und Biotitgneisse erscheinen, durchsetzt von den letzten Ausläufern von Pegmatiten.

Die Metamorphose nimmt nach oben (Norden) ab. Merkwürdigerweise ist der obere Teil dieser Serie praktisch frei von den in diesen Formationen sonst üblichen pegmatitischen Ausläufern.

Die Tukucha-Synklinale ist im Tukuchatse (6915 m) an der westlichen Talflanke bedeutend deutlicher entwickelt als an der Ostflanke. Im genannten Gipfel ist es eine stark nachNorden überkippte, komplizierte, spitze Struktur, mit permokarbonischen Schichten als jüngste Muldenfüllung. Diese stehen offenbar auch im Gipfel des Dhaulagiri (8222 m) an, worin sie eine normale Stirnumbiegung aufweisen (vgl. Profil 3, Taf. I). An der östlichen Talseite, an der Nilgirigruppe (Taf. I, Profile 1 u. 2) ist die Tukucha-Synklinale weniger ausgeprägt. Es ist nur noch eine flache Mulde. Dafür ist die schon oben erwähnte Antiklinale des Tales der Tukucha Khola in der Nilgiri-Nordflanke zu einer mächtigen liegenden Falte ausgebildet. Sie bildet die 3000 m hohe Nordwand der Nilgirigruppe und ihrer östlichen Fortsetzung, die von den französischen Bezwingern der Annapurna «Grande Barrière» getauft worden ist.

Es muss hier gleich auf einen Fehler der bestehenden Quarter Inch Karte des Survey of India hingewiesen werden: Es besteht kein Übergang von der Miristi Khola nach Manangbhot. Der sogenannte «Tilicho»-Pass (es sind eigentlich zwei Pässe) führt weiter nördlich, am Nordfuss der Nilgirigruppe von Thinigaon hinüber in Manangbhot. Die Nilgirigruppe verbindet sich über die «Grande Barrière» mit der Hauptkette der Annapurna, im sog. Roc Noire, 5 km ENE des Hauptgipfels der Annapurna (Fig. 1). Selbst der Name «Tilicho»-Pass der Karte des Survey of India dürfte auf einem Irrtum beruhen. Wahrscheinlich ist es eine verstümmelte Schreibweise, welche von Thini-Chu herrührt. Thini ist das Dorf am Nordfuss der Nilgirigruppe, und Chu bedeutet Bach auf tibetisch. Es wird für diesen Doppelpass nunmehr der Name Thini Chu La vorgeschlagen.

Nördlich an die Nilgiri-Antiklinale schliessen sich an der westlichen Talflanke noch 4 Strukturen an, welche alle nach Norden überkippt sind, nämlich (Taf. I, Profile 2 u. 3): Die Thini-Synklinale, die Marpha-Antiklinale, die Jomosom-Synklinale und die Syang-Antiklinale.

Alle die genannten Strukturen sind in sich wieder verfaltet und verscheert, und zwar ausschliesslich mit nach Norden gerichteter Bewegung. Fortlaufend nach Norden greifen die Strukturen immer tiefer, d. h. immer jüngere Schichtglieder reichen bis zum Talgrund (2800 m). Unmittelbar durch Marpha verläuft die Grenze zwischen Devon und Karbon. Das Devon ist an der Marpha-Antiklinale noch beteiligt. Die nächste Antiklinale, die Syang-Antiklinale, wird nur noch von Karbon gebaut. In der Jomosom-Synklinale reichen zum erstenmal Triasdolomite bis fast zum Talboden. Im Riegel nördlich von Jomosom stehen Lumachellenkalke des Rhät an (Fig. 1).

Die geologische Parallelisierung der westlichen und östlichen Talflanke begegnet nach Norden zunehmenden Schwierigkeiten. Die Thini-Synklinale, welche im Marphatse deutlich zweigeteilt ist, mit Verscheerung der nördlichen Teilmulde, erscheint im Thini Chu-Pass bedeutend einfacher. Sie öffnet sich aber nach Osten sehr stark (Taf. I, Profile 2 u. 3).

Neben den sichtbaren Wechseln in Streichrichtung macht sich aber auch eine Transversalstörung bemerkbar. Die Thini-Synklinale auf der westlichen Talseite ist transversal gegenüber der östlichen Talseite nach Süden verschoben (Fig. 1). Dadurch kommt die Jomosom-Synklinale der westlichen Talseite gegenüber der nächst südlich gelegenen Struktur auf der östlichen Talseite zu liegen. Gleichzeitig scheint aber die westliche Talseite hier auch noch gehoben: Die Dolomite westlich von Syang reichen nicht bis in den Talboden; östlich davon dagegen beträchtlich darunter. Am Grat östlich von Jomosom wurden auch die ersten eindeutigen Fossilien der Trias gefunden, nämlich Ammoniten (Fig. 1).

Westlich von Lupra sperrt ein Riegel eines kompliziert gebauten Triasdolomitgewölbes das Tal (Taf. I, Profil 2), nämlich die Dangarjong-Antiklinale. An deren Nordflanke, sowie in der nächstfolgenden, komplex gebauten Synklinale (Lupra-Synklinale), zwischen Lupra und Kagbeni, stehen am Kali Gandaki Jurakalke mit Belemniten an. Darauf diskordant aufgelagert sind gänzlich andersgeartete Formationen, welche offenbar mit Flysch verglichen werden können.

Die Dangarjong-Antiklinale zieht sich – im Gegensatz zu den südlicher gelegenen Strukturen – fast unverändert über den Kali Gandaki nach Westen, bis etwa 2 km NW Jomosom. Dort allerdings endet sie abrupt, wenig westlich der Linie Syang–Jomosom an einer Verwerfung gigantischen Ausmasses. Der westliche Komplex ist dort so stark gehoben, dass die Devonkalke unmittelbar *neben* die Triasdolomite, die Rhät–Lumachellenkalke und den Flysch der Lupra-Antiklinale zu liegen kommen (vgl. Fig. 4, Profil 1). In dieser Transversalverwerfung – der Dangarjong-Verwerfung – finden wir die Erklärung, warum die geologischen Strukturen der beiden Talseiten nicht zusammenpassen wollten. Sie verläuft von Tukucha bis Syang in der Talmitte des Kali Gandaki und von Syang in gerader Richtung weiter gegen Dangarjong–Samargaon. Südwestlich von Tukucha ist sie nicht mehr ausgeprägt, aber immerhin noch durch eine Querantiklinalstruktur angedeutet.

Der Riegel von Lupra bildet nicht nur eine markante geologische Grenze, sondern (dadurch bedingt) auch eine morphologische Scheide. Weit öffnet sich von hier an das Tal nach Norden, welches von sanftgeformten Hügeln, gebaut aus vorwiegend weichen schwarzen und grünen Schiefern, eingenommen wird. Die Ge-

samtheit der jungmesozoischen-alttertiären Formationen wurde Thakkhola-serie genannt. Sie setzt sich zusammen aus der Narsingserie, der Saligramserie und der Kagbeniserie. Ein Teilprofil ist in Figur 2 gegeben. Die schwarzen Schiefer wurden Saligramserie genannt, wegen der darin enthaltenen Saligram. Dies sind kugelige Konkretionen, welche in ihrem Kern versteinerte Ammoniten enthalten. Die Saligram gelten als heilig und oft soll sich in ihrem Kern «Gold» (Pyrit) befinden. In Indien und Nepal soll damit ein schwunghafter Handel getrieben werden.

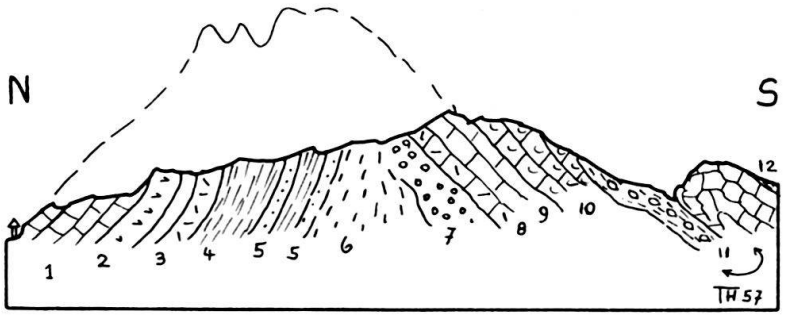


Fig. 2. Profilaufnahme von Muktinath nach Süden, entlang der Flyschtransgression

1. Dolomit, gut gebankt
2. Quarzit, grobkristallin, blaugrau
3. Lagen von quarzitischen Breccien
4. Rote und dunkle Schiefer und Phyllite
5. Rote und dunkle Schiefer mit kleinen Bänken von Echinodermenbreccien
6. Pectenschiefer, Kalkalgenschiefer
7. Sandsteine, Konglomerate, Verrukano
8. Echinodermenbreccien mit Nerinea
9. Dolomit (gleicher wie 1)
10. Lumachellenkalk, auch Gastropoden
11. Schwarze Schiefer der Saligramserie (nach rechts folgt Profilaufnahme Fig. 3)
12. Dolomit

Die Reichhaltigkeit besonders eines Horizontes der Saligramserie an Fossilien ist gross. Nach vorläufiger Bestimmung durch W. Ryf sind u. a. folgende Ammoniten vorhanden: *Haplophylloceras strigile* (Blanf.), *Uhligites griesbachi* (Opp.), *Blanfordiceras* aff. *wallichi* (Opp.), *Prograyiceras grayi* Spath. Die Saligramserie entspricht somit zweifellos den berühmten Spiti Shales (vgl. Odell 1911).

De Saligramserie ist ein sehr günstiger Leithorizont, da lithologisch sehr leicht und sogar auf grosse Distanz erkennbar. Zwischen Lupra Khola und Narsing Chu ist die Saligramserie auf die mesozoischen Schichten transgrediert. Hochinteressant ist nun eine Wanderung auf dem Transgressionskontakt von Lupra in Ostrichtung und dann nach Norden bis Muktinath: Wir haben am Kali Gandaki nördlich von Lupra die jurassischen Belemniten angetroffen. Östliche Lupra greift die Saligramserie auf die Rhät-Lumachellenkalke (Fig. 2 u. 3). Drei km südwestlich Muktinath finden wir am Transgressionskontakt nacheinander Triasdolomite, permische Sandkalke (belegt durch Kalkalgen), Sandsteine, Quarzite und Konglomerate. Gegen Muktinath zu gelangen wir – immer dem Saligram-Transgressionskontakt folgend – wieder in umgekehrter Reihenfolge zu den Rhät-Lumachellenkalken. Die Trias bildet dort ein grosses Gewölbe, die Muktinath-Antiklinale (Taf. I, Profile 1 u. 2). Wir stehen somit vor der Tatsache, dass die Saligramserie über eine seitlich anerodierte (oder verworfene?) Antiklinale transgrediert. Die Saligram-Transgression greift aber auch in Täler wie z. B. ins Tal von Muktinath

gegen den Thorung La hinauf (Fig. 1). Auch im Cheheng Chu steigt die Saligram-Transgression nach E ins Tal hinauf, und erreicht dort fast den auferodierten permischen Kern der Cheheng-Antiklinalen (vgl. Taf. I, Profile 3 u. 4).

Nördlich von Cheheng scheint ein alter Gebirgsrücken in westnordwestlicher Richtung zu streichen, denn die Saligramserie transgrediert an dessen Südflanke von permischer Formation bis zu jurassischen Belemnitenkalken hinauf (im Cheheng La, 1 km E Pt. 13 752, 4191 m). Das WNW Fallen der Saligramserie ist beträchtlich, denn wir finden sie wieder am Kalifluss 2 km SW Tangbe, auf nur 2900 m. Dieser Aufschluss ist besonders auch durch Funde von Nummuliten interessant.

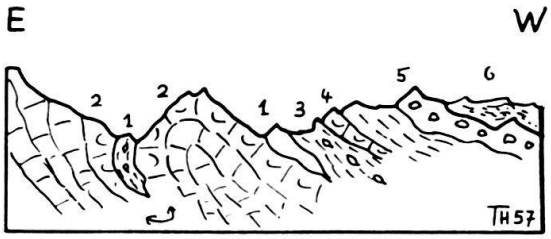


Fig. 3. Profilaufnahme 3 km SW Muktinath

1. Schwarze Schiefer, darin Konkretionen mit Ammoniten (Saligramserie, Kreideflysch).
2. Lumachellenkalk, mit oolithischen Dolomiten; kleinbankige Mergelkalke mit Querklüftung; silberig-hellgraue Schiefer (obere Trias).
3. Saligramserie mit Grünsanden.
4. Serien von (2) als Bänke in rostroten Schiefern; radiolaritartige Quarzitbänke.
5. Konglomerate und Breccien mit Grünsanden als Bindemittel (Basis der Kagbeniserie)
6. Kagbeniserie: Grünsande, Quarzite, Sandsteine, Tonschiefer.

Es wurden vorläufig unter anderem folgende Fossilien bestimmt:

Unio truncatus MICHAUD (Palaeocaen, Londinien)
Pecten
Ostrea spec. (im Grünsand)
Paludina suessonensis (Palaeocaen, Londinien)
Limnea longiscata (Ledien, Eocaen)

Ein Detailprofil dieser Serie ist in Figur 2 aus dem Gebiet 3 km SW Muktinath gegeben. Sie wird unter dem Namen Kagbeniserie zusammengefasst, nach dem Dorf Kagbeni am Kali Gandaki, W von Muktinath. Die Kagbeniserie liegt hangend zur Saligramserie.

Im Narsing-Tal steht unter der Saligramserie eine andersartige Formation – die Narsingserie – von roten und violetten Schiefern, Mergeln und Kalken an, welche intensiv verfaltet sind, wobei das Faltenstreichen Nord–Süd, die Bewegung nach W gerichtet ist. Die Schichten stehen senkrecht auf den flach gelagerten Kalken, Dolomiten und Schiefern, welche dem Rhät–Jura zuzuschreiben sind.

Nördlich des Narsing La (die Lokalität, welche auf der Karte des Survey of India fälschlicherweise mit «Damodar Kund» bezeichnet ist) transgrediert die Saligramserie wieder auf tieferen Schichten, nämlich dem Triasdolomit. Die erstere greift aber auch diskordant in das Tal des Tange Chu, über den Damodar La I.

Noch viel merkwürdiger aber ist das Antreffen der Saligramserie im Tal und Pass 3 km SE des Pt. 17 220 (5248 m), welches zum Damodarkund führt. Die Saligramserie liegt hier in einem tiefen, alten Tal. Das genannte Tal verläuft in einer Antiklinalen, welche nach Nordwesten starkes Axialgefälle zeigt (Fig. 1).

Nördlich Tange ist die Saligramserie zu grosser Mächtigkeit entwickelt. Sie greift bei Dhi – immer mit Westfallen – bis zum Hauptfluss (Mustang Chu) hinunter, entsprechend dem nach Norden sich verengernden Tal. Über der Saligramserie liegen hier die mächtigen jungen Ablagerungen vorwiegend quartären bis jungtertiären Alters, mehr oder weniger flach gelagert. Merkwürdigerweise zeigt die Basis dieser Serie unweit der Einmündung des Tange Chu in den Mustang Chu eine intensive Verfaltung und Verscheerung. Die Flussläufe sind hier in tiefen, wilden, cañonartigen Tälern eingeschnitten.

Bei der Einmündung des Kyugoma Chu in den Mustang Chu sind die Quartärformationen besonders interessant: Es konnten zwei tiefe Moränenlagen ausgeschieden werden, welche von mächtigen Schottern überlagert sind. Es handelt sich also ohne Zweifel um eiszeitliche Moränen.

In den Schottern selbst nehmen nach oben die metamorphen Gesteine zu. Diese rühren vom nahen Mustang Granit her, welcher die Gebirge NW Mustang aufbaut.

Bei Thakmar erscheinen unter den quartären Formationen wiederum die Triasdolomite und Rhät–Lumachellenkalke, mit E-Fallen. Darüber transgrediert mit schöner Basisbreccie die Saligramserie. Letztere steigt nun merkwürdigerweise – von Brüchen durchsetzt – an der NW-Talflanke steil an bis zum Gipfel des Kyugomatse (20245 ft., 6131 m) und entwickelt sich zu einer Mächtigkeit von über 1000 m und nimmt dabei typische Flyschfacies an. An dessen Südflanke ist sie intensiv verfaltet. Sie liegt dort aber erstaunlicherweise transgressiv auf paleozoischen Kalken. Diese sind durch Staffelbrüche W von Thakmar mindestens 1000 m gehoben. Es ist die nördliche Fortsetzung des Querbruches von Dangarjong (Fig. 1 u. 4, Taf. I).

Da die palaeozoischen Kalke samt der aufliegenden Flyschformation nach Norden fallen, die mesozoischen Schichten im Talgrund bei Thakmar dagegen in dieser Richtung kein Gefälle zeigen, ist ersichtlich, wie die Sprunghöhe des Bruches nach Norden abnimmt.

Schon an der E-Flanke des Kyugomatse ist die Flyschformation von Pegmatiten durchsetzt. Diese nehmen nach Norden zu und die Talflanke nördlich des Karrtse (20559 ft., 6297 m) ist vorwiegend aus massigem Turmalingranit gebaut, dem Mustanggranit (Fig. 1 u. Taf. I).

Im ganzen Hintergrund des Talkessels von Mustang sind die mesozoischen Schichten nicht aufgeschlossen. Alles ist von den mächtigen, im allgemeinen flach gelagerten Quartärformationen ausgefüllt. Erst E des Chudidi Chu erscheint das Anstehende wieder, im Schnittpunkt und gleichzeitiger Kulmination von zwei flachen Gewölben. Es ist wiederum der Mustanggranit. Darauf liegt eine mehr oder weniger vollständige Serie mit südlichem Fallen, so dass wir nach Süden fortlaufend jüngere Schichtglieder antreffen. SE des Tehatse stehen wiederum die schwarzen Flyschformationen an, dieselben wie im Kyugomatse und im Damodar Tal.

Wir können nun das Thakkhola mit seinem Querbruch überblicken: Es liegt ein richtiger Graben vor. Dessen Westflanke ist zwischen Dangarjong und Kehami

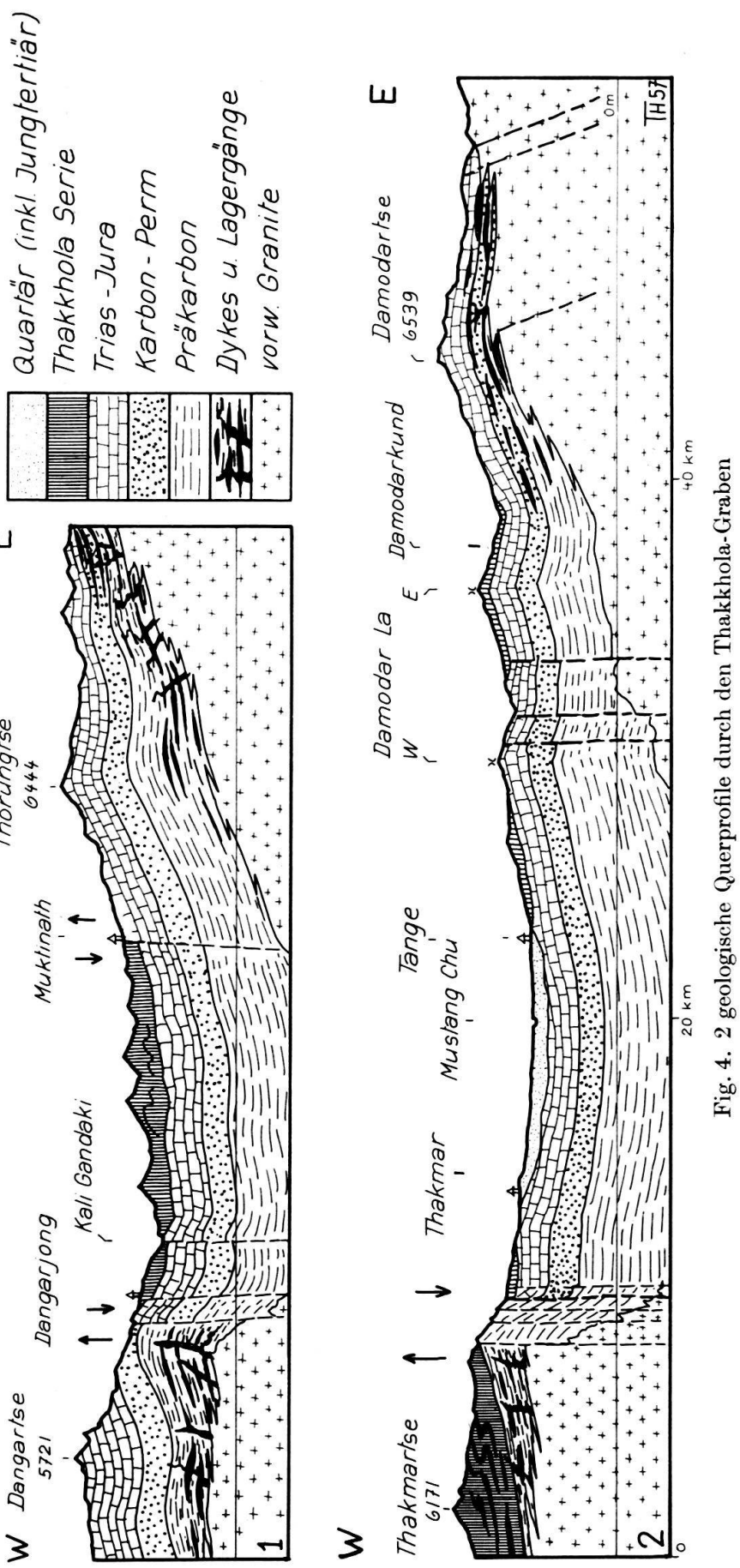


Fig. 4. 2 geologische Querprofile durch den Thakkhola-Graben

um mindestens 2000 m gehoben. Devonische Kalke liegen dort neben dem Mesozoikum und aufliegendem Flysch. Der östliche Grabenrand gibt sich nicht ohne weiteres als Verwerfung zu erkennen. Nur S Muktinath und zwischen Muktinath und Tange dürfte der merkwürdige Kontakt zwischen Flysch und Perm–Trias–Rhät einer Verwerfung zuzuschreiben sein. Im allgemeinen wird die grosse Sprunghöhe im Westen durch ein allgemeines Ansteigen der Schichten im Graben nach E ausgeglichen.

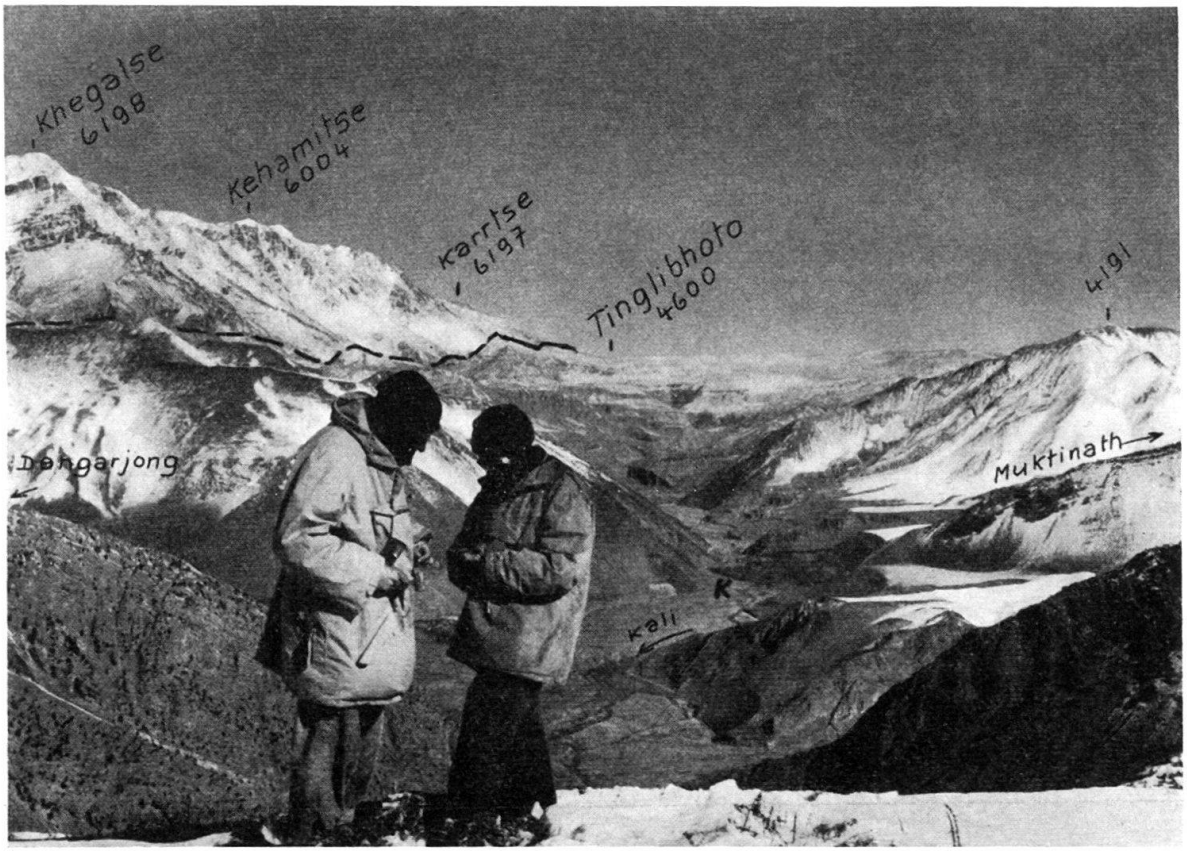


Fig. 5. Der Thakkhola Graben von Süden gesehen. Die gestrichelte Linie bezeichnet die Dangarjong-Verwerfung. Westlich der genannten Verwerfung (im Bilde links) stehen silurisch-devonische Schichten an, welche den Unterbau des Khegatse und des Kehamitse bilden. Östlich der Verwerfung finden sich die obermesozoisch-tertiären Schichten der Thakkholaserie. Diese fallen stark nach Westen, wie unter Pt. 4191 deutlich zu sehen ist. – Im Talhintergrund die flache Wasserscheide zum Tsangpo.

Die Anfänge der Grabenbildung dürften mindestens ins Rhät zu datieren sein, denn der Flysch transgrediert zum Teil noch tiefer hinunter. Die Flyschtransgression folgt aber (z. B. im Damodar Tal) auch alten Erosionstälern, welche die Folge einer mesozoischen Gebirgsbildung sind. Die Hauptverwerfung zwischen Dangarjong und Kehami ist aber nach der Saligram-Periode erfolgt, denn der Flysch wurde an ihr vertikal abgeschnitten. Der Thakkhola-Graben scheint seit dem mittleren Mesozoikum dauernd irgendwie aktiv gewesen zu sein. Die Vertikalverschiebungen der Grabenränder, starke Schiefstellung einzelner Klemmpakete und des ganzen Grabenbodens, haben die merkwürdigen, Nord–Süd-streichenden Strukturen in der Narsing–Saligram- und Kagbeniserie, welche in der Thakkholaserie

zusammengefasst sind, verursacht. Auf dem Rücken des Pt. 5248 m (17 220 ft.) wurden nagelfluhartige Gesteine gefunden, welche sicherlich nicht älter als jungtertiär zu betrachten sind. Wie diese auf jenen Gipfel gelangt sind, ist einstweilen rätselhaft, da westlich davon Pleistocaenablagerungen im Thakkhola-Graben heute rund 2000 m tiefer liegen. Ebenso rätselhaft ist die heutige Höhendifferenz zwischen dem Flysch im Damodar-Tal und im Gipfel SE des Tehatse.

Jedenfalls ist dieses ganze Gebiet eine Zone grosser Aktivität. Es dürfte möglich sein, manche der Probleme zu lösen, wenn einmal das ganze Material ausgearbeitet ist.

Zusammenfassend können wir nun feststellen, dass das Thakkhola-Becken durch einen Quergraben bedingt ist. Von Süden nach Norden können wir folgende generelle tektonische Gliederung vornehmen: Auf die Kristallinen-Wurzeln schliesst sich die Zone der Rückenschuppen und Rückfaltungen an, bis etwa Lupra. Nördlich von Muktinath folgt eine Zone intensiver, nach Süden gerichteter Verfaltungen. Aber auch N des Thorung-Gebirges, gegen Tange zu (Taf. I, Profile 2 und 3), finden sich weitere Rückfaltungserscheinungen. Diese Gebirgsbildung ist älter als die südlich gelegene Himalayafaltungen. Sie wurde die Thorung-Phase genannt, nach dem Thorung-Gebirge NE Muktinath. Von hier an nach Norden klingt die Verfaltung ab, und an der Wasserscheide zwischen Chudidi Chu und Tsangpo erscheint der Mustanggranit in einer flachen Antiklinalen. Der Mustanggranit liegt dort nicht höher als an der Obergrenze des Silur. An der West-Talflanke dagegen greift er bis in den Kreideflysch hinauf. Die direkte Verbindung des Granits von der E- zur W-Flanke ist allerdings nicht sichtbar, da die Talsenke nördlich Mustang von grossen pleistocaenen Ablagerungen aufgefüllt ist.

Wir besitzen gewichtige Gründe zur Annahme, dass wohl der grösste Teil der Gebirgsbildung nördlich der Hauptkette des Himalaya, also im Rücken der Dekkenwurzeln, früh- bis vororogen zu datieren ist. Nur gerade die Rückfalten auf dem unmittelbaren Rücken der Deckenwurzeln (im Dhaulagiri und in der Nilgirigruppe) dürften mit der spätorogenen Phase der Herauspressung der Deckenwurzeln in Beziehung gebracht werden. Das ganze Randsynklinorium von Manangbhot–Muktinath–Langu dürfte seine Entstehung einem früh- bis vororogenen Längsgrabensystem verdanken. Dieses frühe Gebirge wurde schon vor der Auftürmung des eigentlichen Himalaya weitgehend ausgeebnet: Die Flur der vielen, aber sehr wenig markanten Gipfel zwischen Tukuchatse und Mustang Himal gleicht frappant einer alten Landoberfläche!

R. Staub hat in einer seiner jüngsten Arbeiten die Rückfaltungsprobleme in den Alpen unter neuen Gesichtspunkten betrachtet, und kam durch indirekte Beweise zum Schluss, dass diese viel älter – nämlich vororogen – zu datieren sind, als bisher angenommen wurde. – In Thakkhola konnte auf Grund der besonderen, dortigen geologischen Verhältnisse die Richtigkeit dieser Theorie für den Nepal-Himalaya direkt bewiesen werden.

3 Geologische Profile des Thakkhola (Nordnepal)

1:200 000

von

Toni Hagen

Tu. S Tukucha Synklinale
Ni. A Nilgiri Antiklinale
Thi. S Tilicho Synklinale
Lu. S Lupra Synklinale
Ma. S Marpha Synkl.
Sy. A Syang Antiklin.
Jo. S Jomosom Synk.
Da. A Dangarjong Ant.
Mu. S Muktinath Synk.
Mu. A Muktinath Anti.
Ch. A Cheheng Antik.
Tho. S Thorungtse Sy.

Quartär

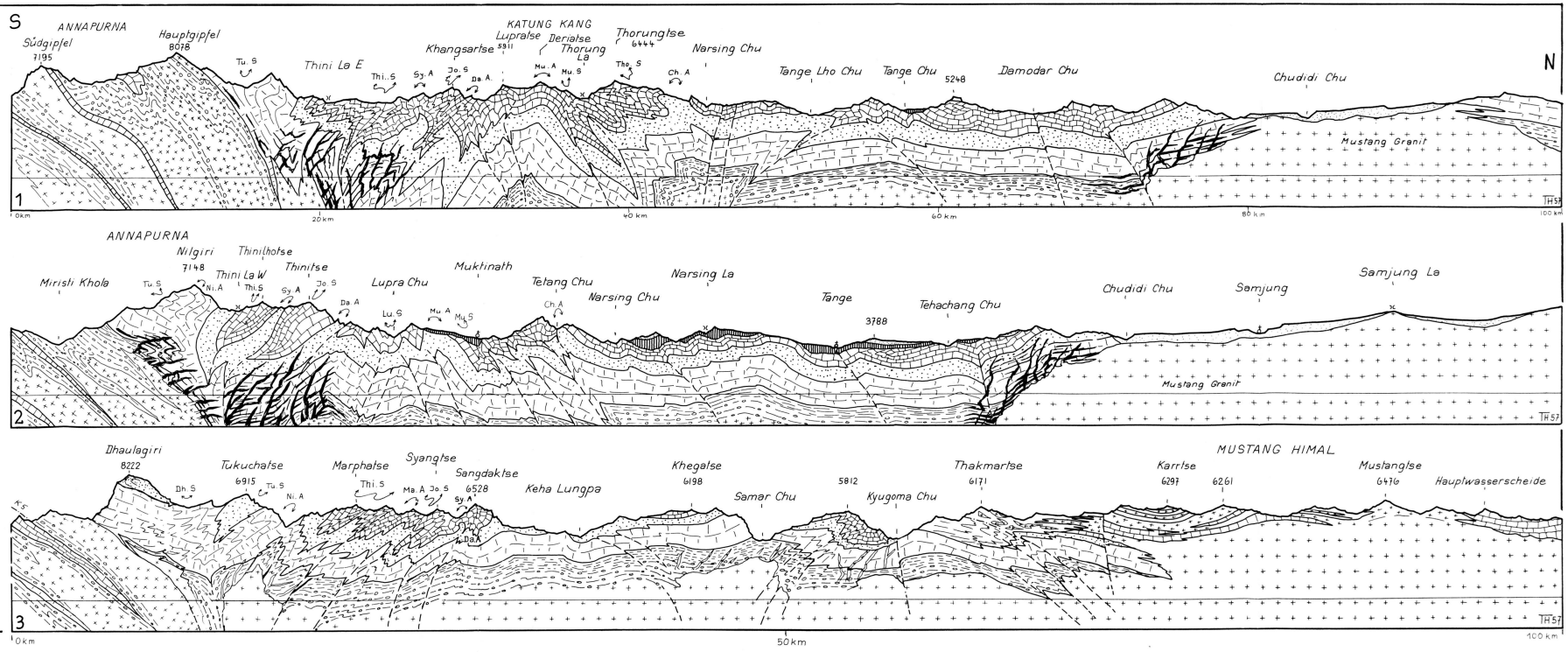
Thakkhola Serie

Trias - Jura

Karbon - Perm

Silur - Devon

Präe-Silur i. A.
Glimmerschiefer u. Gneisse

Dykes u. Lagergänge

Vorw. Granite u. Granitgneisse