

# Das Kathmandu Valley : Beiträge zur Morphologie von Nepal

Autor(en): **Boesch, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia**

Band (Jahr): **23 (1968)**

Heft 4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-48540>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Hans Boesch

Vor einigen Jahren berichtete der Verfasser in der «Geographica Helvetica» über einige Beobachtungen<sup>1</sup>, welche er 1964 im Laufe einer kurzen Begehung im Kathmandu Valley machen konnte. Die Erziehungsbehörden des Kantons Zürich ermöglichten es, den dort aufgeworfenen Fragen im Frühjahr 1968 erneut nachzugehen und damit zu ersten vorläufigen Resultaten zu kommen. Dank schuldet der Verfasser auch der SATA (Swiss Association for Technical Assistance) für die in Ekantakuna gewährte Gastfreundschaft sowie den Herren Dr. P. Abt und M. Boesch für die Gesteinsuntersuchungen (siehe Anhang).

Seit langem ist bekannt, daß das vom Baghmati River entwässerte Kathmandu Valley einmal ein intramontanes Seebecken war, welches im Laufe der Zeit aufgefüllt wurde<sup>2</sup>. Später haben sich dann der Baghmati und seine Zuflüsse in die beckenfüllenden Seeablagerungen eingeschnitten. Bei einer ersten Begehung schien sich in dem uns interessierenden Abschnitt folgende einfache Entstehungsgeschichte zu ergeben: Die Seeablagerungen beginnen mit einer Serie von grauen Tonen und Mergeln, welche vereinzelt auch Schnüre von Geröllen und sandige Partien enthalten können. Andernorts kommen auch kohlige Ablagerungen vor. Nach oben schließen sie mit einer 10 und mehr Meter mächtigen Konglomeratbank ab. Diese stellt offenbar die im Laufe der Zeit gegen das Beckenzentrum vorrückenden Schuttkegel der aus den das Valley umgebenden Bergketten heraustretenden Gewässer dar. Nach der Ablagerung der Konglomeratserie erfolgte durch rückwärtsgreifende Erosion das Einschneiden des Baghmatisystems in die Beckensedimente<sup>3</sup>. Die südlichen Vororte von Kathmandu, Patan und Jawalakhel (wo Ekantakuna liegt), stehen auf diesen Konglomeraten. Die liegenden Tone und Mergel dienen als Wasserstauer des in den Konglomeraten vorhandenen Grundwassers; an zahlreichen Orten — in Patan nur wenige Meter unter dem Niveau der Straßen — kann das Wasser gefaßt werden und speist dauernd fließende Brunnen. Auch weiter südlich, an der Basis der ausgedehnten Schotterebene von Nakhudol und Shainbu, tritt an der Basis der Konglomerate dauernd fließendes Wasser aus und wird in der Trinkwasserversorgung und zum Waschen verwendet<sup>4</sup>.

Die eingehendere Untersuchung im Frühjahr 1968 ergab jedoch ein etwas anderes und komplizierteres

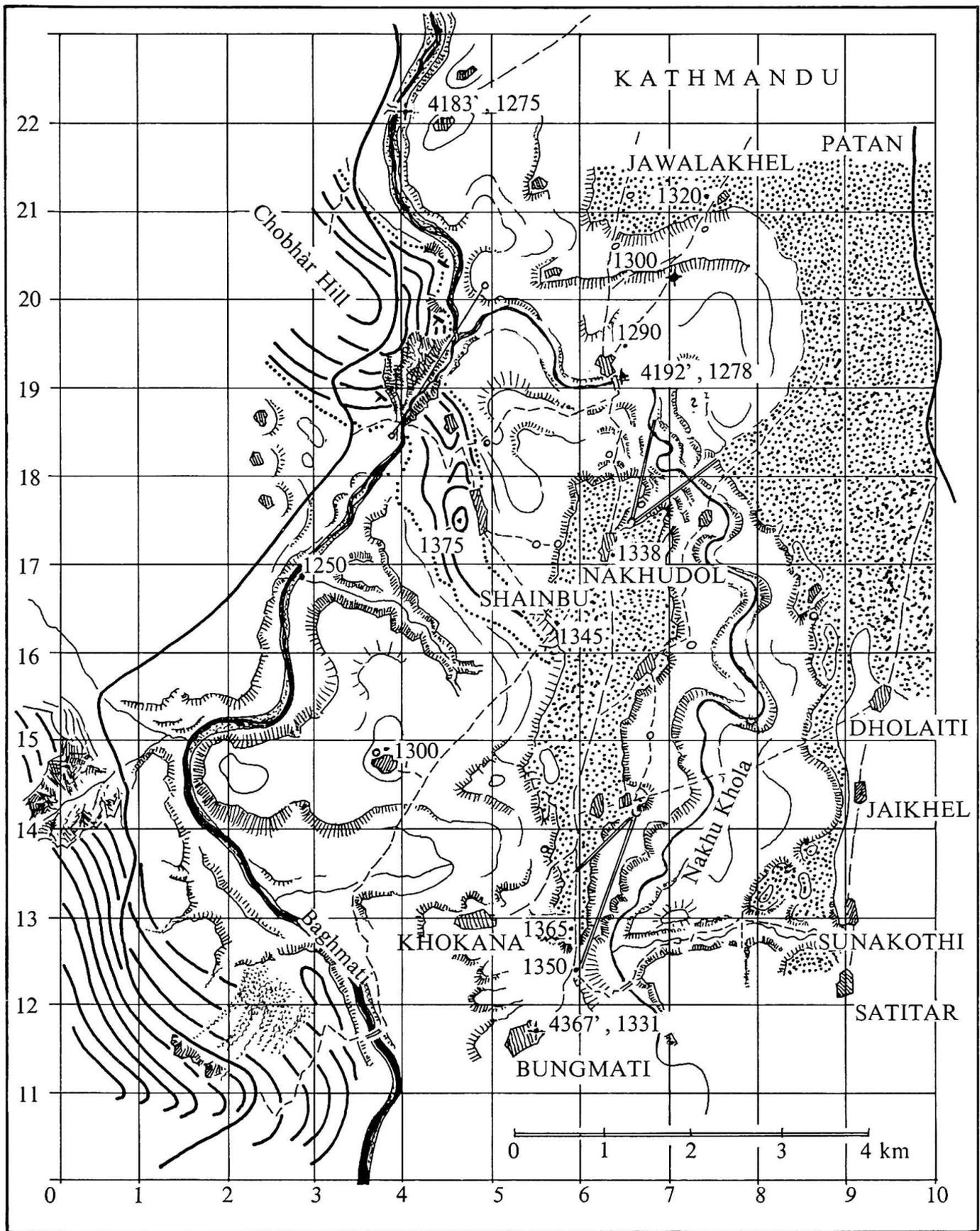
Bild der morphologischen Entwicklung. Die Ergebnisse sind auf der Karte (Figur 1) wiedergegeben und seien im folgenden kurz kommentiert.

Die Untersuchungen erstreckten sich aus zeitlichen Gründen nur auf jenen Sektor des Tales von Kathmandu, welcher von Jawalakhel in Richtung gegen das tief eingeschnittene Tal, durch welches der Baghmati River die südlichen Randketten durchbricht, reicht.

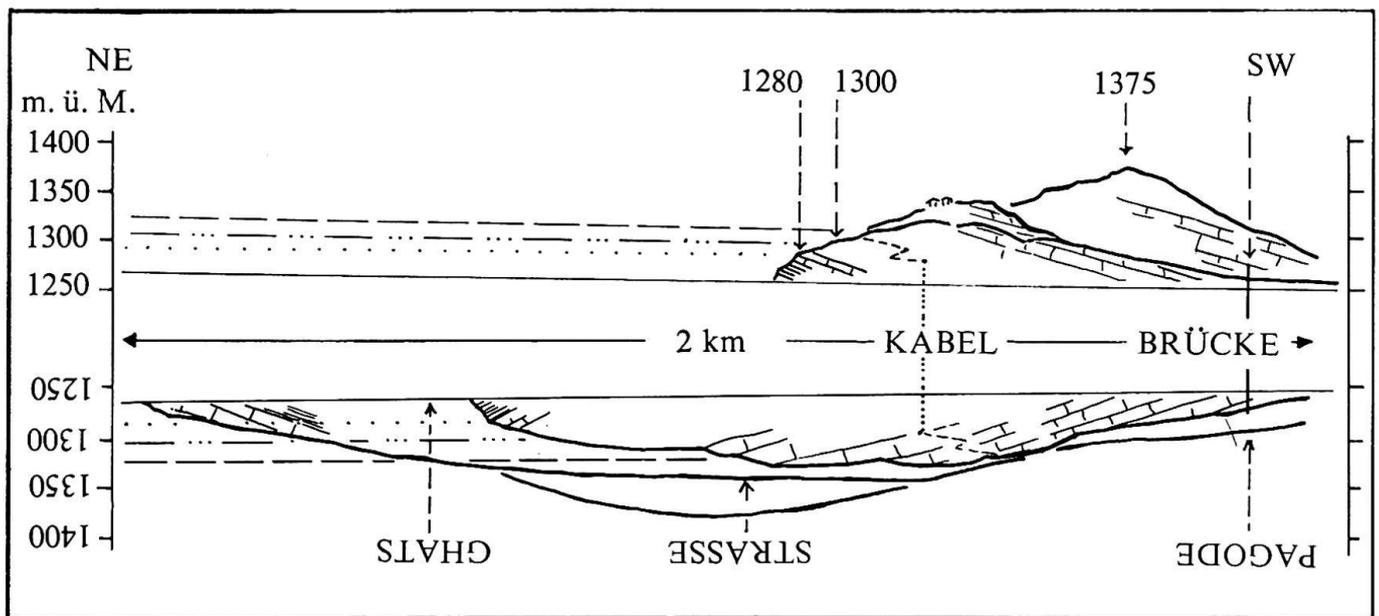
Von diesem Gebiet sind ausreichend gute Karten und Luftbilder vorhanden. Sicherheitsvorschriften verunmöglichten jedoch deren Verwendung für die vorliegende wissenschaftliche Untersuchung. Die Luftbilder konnten überhaupt nicht gebraucht werden, während die Karte (Blatt No. 72 E-6, first edition, 1957, Survey of India, 1 : 63 630) wenigstens eingesehen werden konnte. Ihr wurden drei wichtige Höhenangaben entnommen (P. 1275 m ü. M. am Baghmati, P. 1278 m ü. M. am Nakhuhola und P. 1331 m ü. M. Dorf Bugmati). Diese dienen zur «Aufhängung» der zahlreichen eigenen Höhenmessungen, welche mit einem Thomann-Höhenmesser ausgeführt wurden. Schwierigkeiten bei der Höhenmessung wurden vor allem durch die täglichen Luftdruckschwankungen verursacht. Normalerweise begann die Feldbegehung am frühen Morgen und endete im Laufe des Nachmittages. Während des Vormittages erwärmte sich die Luft über dem Becken von Kathmandu, und das so gebildete lokale Tiefdruckgebiet bewirkte im Laufe des Tages eine Tendenz zu ständig steigenden Höhenangaben. Die Differenz der Ablesung zwischen Abmarsch und Rückkehr betrug in der Regel etwa 30 Meter. Die Korrektur wurde später unter der Annahme einer mehr oder weniger linear verlaufenden Druckänderung vorgenommen, und außerdem wurden die Ergebnisse verschiedener Tage miteinander verglichen. Daß auf der Kartenskizze die Höhenangaben auf den Meter genau angegeben werden, darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß die wirkliche Genauigkeit wohl kaum  $\pm 3$  Meter übersteigt.

Ebenfalls konnten der genannten Karte eine größere Zahl von Ortsnamen entnommen werden; die auf unserer Karte und Figuren verwendete Schreibweise entspricht im allgemeinen derjenigen auf der indischen Karte.

Um Ortsangaben genau und einfach machen zu können, wurde für die hier wiedergegebene Karte ein Koordinatennetz entworfen; die Kilometerkoordi-



Figur 1. Legende Seite 174



Figur 2. Profil beidseits der Chobhār-Schlucht

naten 0—10 verlaufen vom unteren linken Kartenrand aus in west-östlicher, jene von 10—22 in süd-nördlicher Richtung.

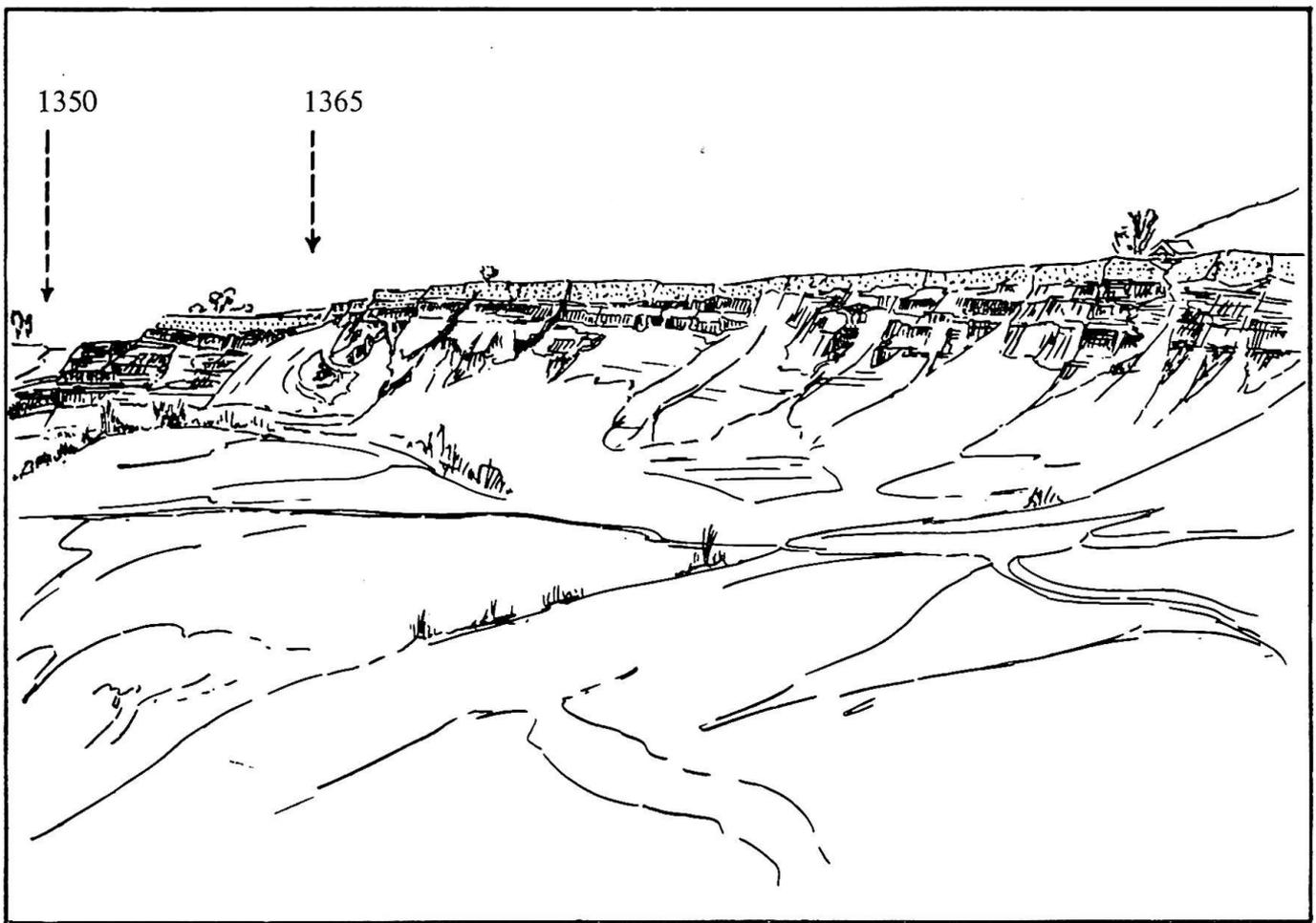
Das Untersuchungsgebiet wird vom Baghmati River und seinem linksseitigen Zufluß Nakhu Khola entwässert.

Das Kathmandu Valley ist ein intramontanes, tektonisch bedingtes Becken, wenigstens was seine Anlage anbelangt. Der Gebirgsrahmen ist in der unteren, linken Kartenecke noch abgebildet. Von Westen her erstreckt sich die Antiklinale des Chobhār Hill (Figur 2) mit NW-SE-Streichen in das Becken hinein. Bei den Gesteinen handelt es sich um Kalke, Quarzite und Phyllite. Die Tatsache, daß die Chobhār-Antiklinale westlich und östlich des heutigen Baghmati-Durchbruches verschieden gut erhalten ist — linksseitig, östlich, fehlt der ganze Nordschenkel —, deutet darauf hin, daß schon vor der Ablagerung der beckenfüllenden Mergelserien eine tiefgreifende Ausräumung erfolgte, wobei unter anderem der genannte Nordschenkel erosiv entfernt

wurde. Dies bedeutet aber auch, daß der einst das Valley füllende See nicht mit einem allfälligen, ursprünglichen und tektonisch bedingten intramontanen See gleichgestellt werden darf.

Die Bildung des uns interessierenden Sees erfolgte erst nach der erwähnten Erosionsphase. Die lakustrinen Ablagerungen sind verschiedentlich beschrieben worden und zeigen in den verschiedenen Teilen des Valley eine sehr ungleiche Ausbildung<sup>5</sup>. Im nördlichen und östlichen Teil wurde viel sandiges Material eingeschwemmt. Dieses bildet heute mächtige weiße Sandablagerungen, schlecht verkittet, mit prächtigen Deltaschüttungen. Bei Balaju, dem industriellen Vorort im Nordwesten von Kathmandu, bilden diese Sande ein ausgezeichnetes Grundwasserreservoir<sup>6</sup>. Im südlichen Teil — in unserem Untersuchungsgebiet — handelt es sich dagegen um dichte graue kalkarme Mergel mit vereinzelt Sand- und feinen Gerölleinlagerungen. Auch hier kommen Schrägschichtungen vor<sup>7</sup>, welche auf Ablagerungen in stehendem Wasser hinweisen und un-

Figur 1. *Morphologische Übersichtskarte*. Betreffend Grundlagen, Koordinatennetz, Höhenangaben usw. wird auf den Text verwiesen. Die älteren gefalteten Gesteine sind durch kräftig gezogene «Höhenkurven» dargestellt; im Gebiet der Chobhār-Antiklinale ist ihre Begrenzung durch eine punktierte Linie angegeben. Fallzeichen geben den Verlauf der Antiklinalachse an. Von der Beckenfüllung sind die jüngeren Konglomerate in punktierten Flächen wiedergegeben. Das übrige sind Tone, Mergel usw. und die in ihnen angelegten Erosionssysteme. Kleine Kreise bezeichnen Wasseraustritte an der Konglomeratbasis, welche gefaßt sind. Wege sind nach ihrer Bedeutung in drei Klassen (Straße, Fahrweg, Pfad) eingeteilt. Ferner sind angegeben: (a) in der Chobhār-Schlucht der Verlauf der Profilachse von Fig. 2, (b) bei 6,1/14,1 der Punkt, von welchem aus Fig. 3 gezeichnet wurde, mit dem Blickfeld, (c) bei 6,6/17,5 dieselbe Angabe mit Bezug auf die in «Geographica Helvetica» 1965, S. 81, abgebildete Figur, (d) bei 7,1/20,3 die Entnahmestelle der analysierten grauen Mergel



Figur 3. Diskordante Überlagerung der basalen Mergelserie durch Konglomerate (siehe Text) von 6,7/14,1 aus gesehen

ter Umständen tektonische Störungen vortäuschen können.

Es scheint auch, als ob eine gewisse fazielle Differenz zwischen den Mergeln nördlich und südlich der Chobhār-Antiklinale besteht. Nördlich der Antiklinale ist das Auftreten von Konglomeraten häufiger, südlich scheinen die Mergel einheitlicher zu sein. Auf die Frage, bis zu welcher Höhe die Sedimentation lakustrer Ablagerungen erfolgte, ist später einzutreten.

Vor der Aufschüttung der hangenden Konglomerate erfolgte — im Gegensatz zu der 1965 geäußerten Auffassung — eine erneute Durchtalungsphase. Die Aufschüttung der Konglomeratserien geschah auf eine Erosionsoberfläche, wie man an zahlreichen Stellen beobachten kann. Am deutlichsten ist dies bei 7,0/16,0 festzustellen, wo auf kurze Distanz die Auflagerungsfläche auf mehrere Meter auf- und abspringt und wo die Schotter bis auf 1315 m ü. M. in die Mergelserien eingesenkt sind<sup>8</sup>.

Die Akkumulationsoberfläche der Konglomeratserie ist eindrucklich und als solche klar zu erkennen; sie fällt westlich des Nakhu Khola von 1365 m

ü. M. bei 6,0/12,7 bis 1330 m ü. M. bei 6,5/18,0 in nördlicher Richtung ab. Dagegen bereitete das Auftreten von flachen Hügeln über dieser Akkumulationsoberfläche — so bei 5,5/14,6 — vorerst Schwierigkeiten bei der Deutung der Zusammenhänge. Es fällt nämlich nicht immer leicht, das Anstehende mit Sicherheit festzustellen, besonders wenn es sich um Kulturland handelt (siehe weiter unten). Die vernünftigste und mit allen beobachteten Tatsachen in Übereinstimmung stehende Deutung ist folgende: Bei diesem und anderen Hügeln handelt es sich um einen Teil der basalen Mergelserie, welche das Aufschotterungsniveau überragen. Dies bedeutet implizite, daß einstens die Seefüllung höher als die heutige Oberfläche reichte. Die Schüttungsphase der Konglomerate war durch eine Erosionsphase von der Zeit der lakustrer Ablagerungen getrennt; die Konglomeratschüttung füllte in unserem Gebiet das in die Mergelserien eingetiefte Tal des früheren Nakhu Khola nur teilweise, d. h. nicht bis zum ursprünglichen Niveau auf.

Mit einer solchen Deutung stimmen auch die

Beobachtungen am rechten Talrand des Nakhu Khola überein. Freilich konnten hier wegen Zeitmangels die Beobachtungen nur kursorisch durchgeführt werden. Die Dörfer von Satitar bis Dholaiti scheinen alle auf einem Mergelrücken zu liegen; die Schotter des Nakhu Khola lehnen sich an diese Mergel an und schließen sich erst nördlich von Dholaiti mit den Schottern jenes Tales, welches parallel mit dem Nakhu Khola von Godavari her kommt, zum großen Schotterfeld von Patan zusammen.

Vor der Ablagerung der Schotter erfolgte außerdem eine tektonische Verstellung der Mergelserien, wie dies deutlich am großen Steilabbruch am Westufer des Nakhu Khola beobachtet werden kann. Figur 3 zeigt die Verhältnisse: Die Mergel fallen etwas steiler als die sie überlagernde Schotterplatte gegen Norden ein. Dabei muß beachtet werden, daß die ursprüngliche Lagerung der Mergel horizontal war, während das Nordfallen der Schotter dem Gefälle des sie aufschüttenden Flusses entspricht<sup>9</sup>.

Die Schotter spielen eine große Rolle als Grundwasserreservoir. An zahlreichen Stellen ist am Kontakt Schotter-Mergel das austretende Wasser in Brunnen gefaßt, wobei das große Schotterfeld von Patan weitaus am wichtigsten ist. Wie das Schotterfeld von Nakhudol-Shainbu zeigt, wird hier das Reservoir ausschließlich durch die Regenfälle gespeisen. Eine Wasserzufuhr von den umgebenden Höhenzügen ist ausgeschlossen.

Unterhalb der Schlucht von Chobhār sind die Schotterserien durch die rezente Erosionsphase vollständig entfernt worden; außerdem hat die rückwärts-greifende Erosion auch oberhalb der Schlucht die Schotter schon beträchtlich weggeräumt und sich tief in die liegenden Mergelserien eingefressen.

Extrapoliert man den Verlauf der oberhalb der Schlucht erhaltenen Reste der Akkumulationsfläche der Konglomerate gegen die Chobhār-Schlucht, dann erreicht man diese auf dem Niveau 1310 m ü. M. (siehe Fig. 2). Die der Aufschotterung nachfolgenden Erosionsphasen, welche bis auf den heutigen Tag andauern, sind in der Chobhār-Schlucht deutlich in den Gehängeprofilen und ober- und unterhalb derselben in wohlausgebildeten Erosionsterrassen festzustellen.

Der Verlauf der Entwässerung war, wie die Einlagerung der Schotter in die durchtalten Mergelserien zeigt, schon zur Zeit der Aufschotterung mit dem heutigen identisch. Ebenso folgte die Entwässerung auf dem Schotterniveau zum mindesten prinzipiell den heutigen Flußläufen. Der Durchbruch bei Chobhār spielte offensichtlich während der ganzen Entwicklung eine entscheidende Rolle und wurde immer wieder benutzt und umgestaltet. Die Suche nach einem andern, heute verschütteten Durchbruch verlief ergebnislos.

Die letzten Erosionsphasen haben unter dem Niveau

1310 m ü. M. in der Schlucht zwei deutliche Gehängeknick hinterlassen (Fig. 2): Der obere liegt (am oberen Ausgang der Schlucht) bei 1300 m ü. M., die untere bei 1280 m ü. M. Auf dem Profil sind die betreffenden Niveaus eingezeichnet und mit den entsprechenden Erosionssystemen talaufwärts verbunden.

Die Verfolgung dieser Erosionssysteme bereitet gewisse Schwierigkeiten, vor allem was die Festlegung beweisfähiger Höhen anbelangt. Die Mergel (Kalimati-Serie von O'Rourke<sup>10</sup>) werden nämlich zur Düngung der Felder verwendet; alljährlich werden beträchtliche Mengen dieses Gesteins den Feldern zugeführt und auf ihnen verteilt. Oft enthalten die Kalimati-Mergel den schön blauen Vivianit, der seines Phosphorgehaltes wegen den Wert als Düngemittel erhöht<sup>11</sup>. Andererseits werden Reisfelder auch tiefergelegt, indem man eine durch lange Nutzung verbrauchte Bodenschicht entfernt (wobei das entfernte Material oft zu Ziegelsteinen verarbeitet wird) und dann das Feld neu auf den frischen, höhere Erträge gestattenden Mergeln anlegt. In langen Zeiträumen können dadurch beachtliche Veränderungen der Höhenlage durch Tieferlegung der ebenen Flächen resultieren. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Kulturflächen in der Kalimati-Serie liegen. Dies könnte auch erklären, warum zahlreiche Häusergruppen oft einige Meter über der Feldflur auf Erhebungen liegen. Aus diesem Grunde kommt den Beobachtungen in den Gehängeprofilen der Chobhār-Schlucht eine größere Bedeutung zu als im Falle der Erosionssysteme, auch wenn diese an sich gut erhalten und auf unserer Karte eingezeichnet sind.

Zusammenfassend läßt sich die Entwicklung auf Grund der im Frühjahr 1968 gemachten Beobachtungen in folgender Weise darstellen:

1. Bildung des Beckens, erste Erosionsphase, teilweise Entfernung der Antiklinale von Chobhār.
2. Seebildung und Ablagerung im südlichen Teil des Valley von Mergelserien bis zu einem Niveau, höher als die heutige Landoberfläche.
3. Tektonische Verstellung der lakustren Serien, Ausbildung eines Gewässernetzes welches dem heutigen in großen Zügen entspricht. Durchtalung bis auf ein Niveau etwa 20 Meter über den heutigen Flußläufen.
4. Ablagerung von Schottern in diesen Talzügen bis zu dem heute noch feststellbaren Akkumulationsniveau, welches in ca. 1310 m ü. M. in die Chobhār-Schlucht ausläuft.
5. Letzte Ausräumungsphase, welche unter dem Schotterakkumulationsniveau zwei deutliche Erosionssysteme schafft.

Eine Datierung dieser Ereignisse kann auf Grund des vorhandenen Materials noch nicht gegeben wer-

den. Denkbar wäre, daß die Aufschotterungsphase der letzten Kaltzeit (Würm) entspricht. Dagegen kommt den bisherigen Untersuchungen mit Bezug auf die Nutzung der Grundwasservorkommen eine gewisse praktische Bedeutung zu.

### Anmerkungen

<sup>1</sup> Boesch, H.: Morphologische Beobachtungen in Ost-Nepal, Geogr. Helv., 1965. Die Beobachtungen, welche das Kathmandu Valley betreffen, finden sich auf S. 82—83. Die Figur 3 dieses Artikels (S. 81) sollte im Zusammenhang mit den gegenwärtigen Mitteilungen besonders beachtet werden.

<sup>2</sup> Immer noch eine der besten und erstaunlich detaillierten Darstellungen stammt von Medlicott H. B.: Note on the Geology of Nepal, Records of the Survey of India, 1875, S. 93—101. Er ist der Ansicht, daß keine Beobachtungen die Existenz eines früheren Sees — ähnlich wie in Kashmir — zwingend belegen: «... I am not prepared to say to what extent these deposits are alluvial or lacustrine. The sacred myths, of course, record that the valley was once a lake, and even account in the usual miraculous way for its mode of origin; so far as I could observe, however, the oldest temples were founded during the existing phase of the surface, which is one of arrested erosion of a once continuous deposits. The feature all over the valley is flat uplands separated by broad flat valleys, locally called Tanr and Khola . . .»

Die neueste Darstellung der geologischen Verhältnisse findet sich bei Gansser A.: Geology of the Himalayas, 1964, Interscience Publishers, mit geologischer Karte 1 : 2 000 000. Im besonderen sei auf S. 148 hingewiesen, wo sich eine summarische Darstellung der Geologie des Kathmandu Valley und seiner Umgebung, sowie Hinweise auf die spezielle Literatur findet. Die morphologischen Probleme werden dagegen von Gansser nicht berührt. <sup>3</sup> Literatur zur Geologie des Kathmandu Valley ist spärlich, doch sind zahlreiche Manuskripte in Kathmandu selbst auf dem Bureau of Mines einzusehen. Einer vervielfältigten Veröffentlichung dieses Amtes (Summary of Geological Reports of Nepal to 1962 along with index, Nepal Bureau of Mines, HMG of Nepal, 1963, 173 S., 1 Karte) sind die folgenden Abschnitte, welche sich auf die hier behandelten Fragen beziehen, entnommen:

a) O'Rourke J. E., Sharma C. K... et al., 1958 Geological sketch of the western half of the Kathmandu Valley with notes on ground water, 5 S.:

A geological map of the western half of the Kathmandu Valley has been prepared by reconnaissance methods. Five lithological units are mapped: (1)

coarse micaceous sand typical of the northern half of the valley, (2) sand and gravel unit in an area south of Patan, (3) a fine sand formation west of the Rabi Bhawan area, (4) a white clay unit in the Bughmati area, and (5) «Kalimati» (gray mud) found in the central part of the valley. Their stratigraphical relations are not properly known. Tentatively, the area most favourable for water is north-east part of Kathmandu Valley, underlain by coarse sand unit. As for areas underlain by «Kalimati», the only possibility is that water might be found at the base of the unit on the surface of the bedrock.

b) Nautival S.P. and Sharma P.N., 1961: A geological report on the groundwater investigation in Kathmandu Valley, 45 S.: The 240 qkms of the Kathmandu Valley is composed of coarse sand interbedded with carbonaceous clay containing diatoms and vivianite. The sand, shingle and gravel beds mixed with clay form a pour aquifer zone about 200 meters below the present surface of the valley. The thick clay cover spread over the entire valley effectively cuts off groundwater percolation to the coarse sand and gravel bed except from the fringe areas, especially the Sheopuri Lekh piedmont area. Though the rainfall is adequate yet the recharge to the semipervious aquifer zone is effectively blocked by the thick carbonaceous clay of the valley. The groundwater resources of the Kathmandu Valley are limited and the water is not potable. It is recommended that some surface water source be tapped for meeting the drinking water demand.

However, in view of the better groundwater conditions in the northern part of the valley a few exploratory tube wells may be drilled to establish the reserves and quantity that can be economically tapped for irrigation purposes.

c) Hagen, T., 1958: Draft of the general report, 45 S.: water: . . . In the Kathmandu Valley geological conditions are favourable for finding sufficient and good water. The old lake deposits in Kathmandu Valley which were horizontal in the beginning have been lifted towards the south to the Mahabharat Range. They are thus showing a dip to the North. Hence the underground water in the main portion is applied from the south, where it should be free from mica (a common defect in water supplied from the northern edge of Kathmandu Valley). Furthermore it must be possible to establish artesian springs.

Im weiteren sei auf folgende Literatur hingewiesen: d) Hagen, T., 1960: Nepal, the Kingdom in the Himalayas: «. . . Since the lake of Kathmandu dried up about 200 000 years ago it has been raised up by at least 200 meters. This can be observed by the strata of bedding of the corresponding lake deposits, which slope upwards towards the South . . .»

e) Lombard, A., 1958: Un itinéraire géologique dans l'Est du Nepal, Mém. Soc. Helv. Sc. Nat. LXXXII, Mém. 1.

Hier finden sich zwei Profile (auf Seite 1 und 2) durch die beckenfüllenden Ablagerungen aus dem östlichen Teil beim Aufstieg zum Paß von Sanga Bhanjyang. «... il s'agit de sables et d'argile stratifiés, déposés très vraisemblablement au milieu fluvio-lacustre. Il n'est pas possible de remarquer si ces couches sont horizontales ou inclinées à la suite de mouvements...»

<sup>4</sup> Einer dieser Brunnen ist auf Fig. 3, Geogr. Helv. 1965, abgebildet; siehe Boesch, H., op. cit. S. 81. Lage: 6, 7/17, 7.

<sup>5</sup> siehe vor allem O'Rourke, loc. cit.

<sup>6</sup> In Balaju ist das Speichergestein des Grundwassers ein glimmerreicher fast weißer Sandstein, wie er als abgeschwemmtes Verwitterungsprodukt der nördlichen Gebirge entsteht. Eine wichtige Rolle als Wasserlieferant spielt der dicht bewaldete Höhenzug westlich von Balaju und oberhalb der Trisulistraße. Dieser besteht aus massigen, marmorisierten Kalksteinen, welche bei Balaju in Kontakt mit den Sanden der Talfüllung kommen. Das Grundwasser wird in etwa 10 m Tiefe in «tube-wells» gewonnen und anschließend in einem Filterwerk noch gereinigt. Außerdem tritt es am Kontakt in einer Quellengruppe (12) zu Tage. Das Wasser in Balaju ist hart, während es in Jawalakhel entsprechend den dort ganz anderen geologischen Verhältnissen weich ist.

<sup>7</sup> So beispielsweise bei 4,9/14,5.

<sup>8</sup> Wegen der Schuttüberdeckung kann an den meisten Orten der Kontakt nicht direkt durchverfolgt werden. Da aber längs dieser Linie fast überall Wasser herausickert, läßt sie sich mit Hilfe der Landnutzung festlegen. Oberhalb finden sich Trockenwiesen mit Trittwegen von Weidetieren, unterhalb dagegen auch in der Trockenzeit grüne Felder und terrassierte Äcker. Siehe auch Fig. 3 in Boesch, H., loc. cit., welche diese Unterschiede deutlich zeigt.

<sup>9</sup> Siehe auch Hagen, T., loc. cit.

<sup>10</sup> Medlicott, H. B., op. cit., S. 100: «... There is another deposit of extensive occurrence in Nepal, and of which I find no mention elsewhere. It is a fine stiff blue-clay, which is very extensively used all over the valley as a manure. Although it commonly contains particles of carbonized vegetable fibres, the little organic matter in it can hardly account for its fertilizing properties. This would seem to be due to the presence of phosphate: I noticed that blue specks of vivianite are freely scattered through the clay...»

<sup>11</sup> Bei 4,9/14,5 beobachte ich einen kreisrunden, ungefähr 250 cm tiefen und 120 cm Durchmesser aufweisenden senkrechten Schacht, welcher von den Bauern vor kurzem zum ausschließlichen Zweck der Mergelgewinnung gegraben worden war. Der Mergel ist an dieser Stelle von dunkelgrauer Farbe und reich an Vivianit.

## Anhang

Zwei Proben der Beckensedimente wurden nachträglich einer eingehenderen Prüfung im Laboratorium des Geographischen Institutes der Universität Zürich unterworfen. Den betreffenden Berichten sei das Folgende entnommen:

a) *Proben 1 und 2* (Untersuchung und Bericht M. Boesch, Assistent). Probe 1 ist ein vivianithaltiger Mergel, welcher bei 4,9/14,5 abgebaut und zur Düngung verwendet wird. Der Vivianit kommt als blauer und abfärbender derber Einsprengling in der grauen Grundmasse vor. Probe 2 ist am Wegeinschnitt bei 7,1/20,3 etwa 200 cm unter der Boden-

oberfläche entnommen worden, zeigt makroskopisch keinen Vivianit und entspricht dem Typus der südlich von Jawalakhel weitverbreiteten Beckenmergel.

Durch Naßsiegung (Siebsatz 1000, 500, 250, 125 und 63 $\mu$ ) und anschließende Aräometeranalyse (Dichtebestimmung während der Sedimentation; 20 g Probenmaterial < 63 $\mu$  werden auf 1000 ml suspendiert) wurden die Kornverteilungskurven bestimmt. Daraus ergaben sich folgende Fraktionsanteile in Prozent:

Fraktion in $\mu$	0-2	2-5	5-10	10-20	20-50	50-100	100-200	200-500	500-1000
Probe 1	23	17	16	21	11	9	1	1	1
Probe 2	14	4	13	16	33	14	4	1	1
	Ton		Silt		Sand				

Es handelt sich also um sehr ton- und siltreiches Material. Bei der Probe 2 fällt zudem das Maximum im Feinsandbereich auf.

Die Bestimmung des Gesamtkarbonatgehaltes erfolgte nach der Methode von Passon. Beide Proben erwiesen sich als praktisch kalkfrei, wobei unent-

schieden bleibt, ob das Material ursprünglich kalkfrei sedimentiert wurde oder ob es sich um eine postsedimentäre Entkalkung handelt. Der Gesamtkarbonatgehalt betrug bei Probe 1 = 0,5% und bei Probe 2 = 0,2%.

Die Bezeichnung der beckenfüllenden Sedimente als Mergel wäre deshalb nicht ganz zutreffend (siehe Text).

Der Gehalt an organischem Kohlenstoff wurde nach der Methode von Walkley und Black (siehe M. L. Jackson: Soil Chemical Analysis, 1962) bestimmt und ergab bei Probe 1 = 0,83% und bei Probe 2 = 0,76%. Diese Werte liegen zwischen jenen von rezenten normalhumosen Böden (4—6%) und von stark verwitterten oder ausgewaschenen Böden (0,2—0,5%).

b) *Phosphate* (Untersuchung und Bericht Dr.P.Abt). Die Bestimmung des Phosphatgehaltes erfolgte nach einer Arbeitsanleitung der Eidg. Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Zürich-Oerlikon (siehe: E. Frei, K. Peyer und E. Schütz: Untersuchungen über die Phosphorsäurebestimmung mit Molybdänblau in Bodenextrakten. Schweiz. Landwirtsch. Forschung, Heft 3, 1964). Bei dieser Methode wird als Extraktionsmittel Kalziumlaktatlösung verwendet. Dadurch werden die leicht löslichen Phosphate ermittelt, die von den Wurzeln aufgenommen werden können. Der Anteil der pflanzenverfügbaren

Phosphate am Gesamtphosphat beträgt in der Regel wenige Prozente. Die Analyse der drei Proben ergab:

Probe 1	4,9/14,5 grauer vivianithaltiger Mergel 50 mg/100 g Boden
Probe 2	7,1/20,3 gelblicher Mergel 1 mg/100 g Boden
Probe 3	4,9/14,5 Vivianit 800 mg/100 g Boden

Nach Mückenhausen («Die wichtigsten Böden der Bundesrepublik Deutschland», Frankfurt, 1955) enthalten Ackerböden zwischen 5 und 20 mg laktatlösliche Phosphate. Somit ist es gut verständlich, wenn zur Phosphatdüngung vivianithaltige Mergel verwendet werden, deren Gehalt etwa zwischen 50 und einigen hundert mg/100 g Boden liegt. Die Phosphordüngung steigert vor allem den Samen-ertrag und ist darum besonders wichtig bei Getreiden, hier Reis.

Vivianit, benannt nach dem englischen Mineralogen Vivian (19. Jh.), ist auch unter dem Namen «Blau-eisenerz» bekannt. Vivianit kommt in Klüften und als Konkretion in Tonen und anmoorigen Böden vor, meist als derbe erdige Massen, seltener als monokline Kristalle. Farbe indigoblau, Härte 2, spez. Gewicht 2,6—2,7. Wasserhaltiges Eisenphosphat von der Zusammensetzung  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ .