

# KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A MAGYAR KARSZT-  
ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT  
ÉVKÖNYVE

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОРГАН ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА  
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

AMTLICHES ORGAN DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT  
FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE  
DE SPÉLÉOLOGIE

OFFICIAL ORGAN OF THE HUNGARIAN  
SPELEOLOGICAL SOCIETY

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ  
UNGHERESE DI SPELEOLOGIA

II. ÉVFOLYAM  
1960



Kiadja a MTESZ keretében működő  
MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ BIZOTTSÁG  
BUDAPEST  
1962

# KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A MAGYAR KARSZT-  
ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT  
ÉVKÖNYVE

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОРГАН ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА  
ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

AMTLICHES ORGAN DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT  
FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE  
DE SPÉLÉOLOGIE

OFFICIAL ORGAN OF THE HUNGARIAN  
SPELEOLOGICAL SOCIETY

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÀ  
UNGHERESE DI SPELEOLOGIA

II. ÉVFOLYAM  
1960



Kiadja a MTESZ keretében működő  
MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ BIZOTTSÁG  
BUDAPEST  
1962

## KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetségének keretében működő  
Magyar Karszt- és Barlangkutató Bizottság kiadványa

Főszerkesztő:

Dr. DUDICH ENDRE

egyetemi tanár

Szerkesztő:

Dr. BERTALAN KÁROLY

Szerkesztőbizottság:

BARÁTOSI JÓZSEF, DR. HEGEDŰS GYULA (felelős szerkesztő), DR. JAKUCS LÁSZLÓ,  
KÁRPÁTINÉ RADÓ DENISE, DR. KESSLER HUBERT, DR. KRETZOI MIKLÓS,  
DR. LÁNG SÁNDOR, DR. LOKSA IMRE, DR. PAPP FERENC, DR. VÉRTES LÁSZLÓ

Technikai szerkesztők:

DR. DÉNES GYÖRGY, MAUCHA LÁSZLÓ

Szerkesztőség:

Budapest, VIII., Puskin u. 3.

Felelős kiadó: Dr. Hegedűs Gyula

613729/4 - Zrínyi Nyomda, Budapest

Felelős vezető: Bolgár Imre igazgató

## BEITRÄGE ZUR SPELÄOLOGIE DES SÜDCHINESISCHEN KARSTGEBIETES

Von  
D. BALÁZS

In der speläologischen Literatur stand bislang recht wenig über die Karstgebiete Chinas zu lesen. Über den klassischen dinarischen Karst, über die Karstgebiete von Mittel-, Süd- und Westeuropa machen die Beschreibungen und Darstellungen je eine Bibliothek aus, wogegen über den riesigen südchinesischen Karst kaum einige bescheidene Hinweise vorzufinden sind. Und doch ist es heute schon allgemein bekannt, dass die grösste zusammenhängende verkarstete Landfläche unserer Erde in den südwestlichen Provinzen der Chinesischen Volksrepublik liegt, wo nach dem sowjetischen Forscher A. S. BARKOV „die wohlentwickelten Karstformen etwa 600 000 Quadratkilometer umfassen“ (31, S. 292).

Es ist uns ungemein wenig über den Südchinesischen Karst bekannt, fast garnichts über die Höhlen dieses Gebietes. Die Karstberge merkwürdiger Gestalt sind dabei von kleineren-grösseren Höhlen überfüllt. Der führende ungarische Zoologe Akademiker E. DUDICH schreibt dagegen in der Einleitung zu seinem Aufsatz „Die Speläobiologie und ihre Probleme“: „Es gibt in Europa nach WALDNER (1952) etwa 20 000 registrierte Höhlen, oder gab es wenigstens damals so viele“, wogegen „der zwischen 1934 und 1938 erschienene Höhlen-Tierkatalog . . . aus Asien bloss aus 86 . . . Höhlen Angaben anführt.“ Unter diesen gibt es keine einzige chinesische Höhle!

Welch ein Missverhältnis! Gibt es doch allein im Südchinesischen Karstgebiet mehr Höhlen als in allen Karstgegenden Europas insgesamt! Diese Gegend ist ein wahrhaftiges „Paradies der Höhlen“, das für die wissenschaftliche Forschung einen unerschöpfbaren Naturschatz, eine wahre entwicklungsgeschichtliche Schatzkammer darstellt.

Untenstehend werde ich anstreben, anhand meiner Literaturstudien und von an Ort und Stelle, zur Gelegenheit einer Studienreise in den Jahren 1958/59 gesammelten Erfahrungen ein zusammenfassendes Bild über das Südchinesische Karstgebiet, und besonders über ihre Höhlen, sowie über die bisher vorgenommenen speläologischen Forschungen zu zeichnen. Das Bild, welches sich anhand dieser Beschreibung uns vorzeichnet, ist bei weitem nicht vollständig oder endgültig; es möchte nur den ersten bescheidenen Schritt in die Richtung weiterer Forschungen und wertvoller Forschungsergebnisse darstellen (Abb. 1).



Abb. 1. Lage des Südchinesischen Karstgebietes. 1. Das Gebiet der verkarsteten Hochflächen. 2. Das Kegel- und Turmkarstgebiet.

#### A) KURZE HISTORISCHE SKIZZE DER SPELÄOLOGISCHEN FORSCHUNG IM SÜDCHINESISCHEN KARSTGEBIET

##### 1, Die südehinesischen Höhlen in den alten chinesischen Chroniken

Bevor wir uns der Behandlung der eigentlichen speläologischen Probleme des Südchinesischen Karstes zuwenden würden, scheint es angebracht, einen kurzen *historischen Rückblick* auf die bisherigen wichtigeren Ereignisse der wissenschaftlichen Aufschliessung des Gebietes, sowie besonders auf die sich auf die Karst- bzw. Höhlenforschung beziehende bisherige Forschungstätigkeit zu werfen.

Wie alle Kenntnisse über die Vergangenheit, gehen auch die ersten Spuren des Interesses an den Höhlen auf eine ferne Vorzeit zurück. Die chinesischen Chroniken, Jahrbücher enthalten Aufzeichnungen, die aus einer Zeit von 1000–2000 Jahre v.u.Z. bereits über die Höhlen dieses Karstgebietes berichten. In diesen Schriften gibt es reichlich sagenhafte Elemente, phantastische Vorstellungen über das unterirdische Reich, das Heim der Drachen. Auch das Volk hat manche Sage und Legende über die Höhlen von Mund zu Mund überliefert, von denen einer der Forscher des hier sesshaften Miao-Volkes, GRAHAM ein ganzes Kränzchen sammelte (Songs and Stories of Miao, 1954).

Die Geschichte der chinesischen Höhlenforschung lässt sich eigentlich bis zum Beginn unserer Zeitrechnung zurückverfolgen. Zur Zeit der Han-Dynastie hat man die Höhlen

systematisch durchforscht und aus ihnen fossile Tierknochen für medizinische Zwecke gesammelt. Fast gleichzeitig entstanden auch die ersten Höhlenbeschreibungen. Zur Zeit der Liang-Dynastie gab ein namhafter Arzt, TAO HUNG-TSCHIN (452–536 n.u.Z.) eine eingehende geographische Beschreibung über die Fundstätten der „Drachenknochen“, d.h., über die Höhlen. Im IX. Jahrhundert hat der Gelehrte SCHEN KUO den Fossilisierungsprozess von Tierknochen in Höhlen studiert. Der berühmte Pharmazeut der Ming-Dynastie, LI SCHI-TSCHEN (1518–1593) gab in seinem Buch „Pen Tschao Kang Mu“ (Compendium of Materia Medica) eine eingehende Analyse der aus Höhlen stammenden, als Arznei verwendeten Knochen (64., S. 9.)

## 2. Ausländische Reisende. Expeditionen

Zur Zeit der Herrschaft der verfallenden Tsching-Dynastie, in der zweiten Hälfte des XIX. Jahrhunderts, streiften immer mehr und mehr Ausländer im Lande umher. Manche wurden nur durch Wanderlust nach Südwestchina getrieben, andere spielten die schändliche Rolle der geldhungrigen Vorposten imperialistischer Eindringung, jedoch wurden wieder andere durch wissenschaftliche Entdeckungen und durch die Perspektiven wissenschaftlicher Forschungsarbeit angezogen.

Der erste europäische Reisende, der das Karstgebiet durchquerte, war der Engländer MARGARY, jedoch wurde er bei der Heimkehr von seiner erfolgreichen Burmareise 1874 durch aufständische Bergstämme ermordet. Ende der 1870-er Jahren und in den 80-er Jahren bereisten zahlreiche Expeditionen die berühmte „Burmastrasse“ via Kweijang-Kunming-Tali und Bhamo; jedoch dienten die meisten dieser Reisen militärischen oder Handelszwecken, und haben unserer Wissenschaft, der Speläologie fast garnichts beigetragen (53., S 571).

Die erste Expedition von ausschliesslich wissenschaftlicher Zielsetzung, welche auch über die Karstphänomene dieser Gegend eingehendere und sachgemässe Beschreibungen lieferte, war die berühmte Ostasienreise von B. SZÉCHENYI, 1877–90. Der namhafte ungarische Geologe des Unternehmens, L. LÓCZY d. Ä. schreibt folgendes über seine Reise in Nordwest-Jünnan, über das Karstgebiet von Tschung-Tien (53., S. 583–584):

„Vom Laufe der Kin-Scha-Kiang, welche bei Schin-Tao in einer Höhe von etwa 2160–70 m fliesst und unterhalb der Fähre von Pong-Dze-La in tosenden Wasserfällen zwischen ungangbaren Steilklippen dahineilt, haben wir Tschung-Tien oder das Innere Land erklommen . . . Wir haben die Tschung-Tien-Hochebene aus einem um 340 m höheren bewaldeten Sattel erblickt; sie zieht in einer Breite von etwa 10 km zwischen den weiter abgelegenen Zügen von paläozoischem Kalkstein und Granit, um 1000–2000 m höher, dahin, parallel zum bloss 20 km entfernten Schluchttal der Kin-Scha-Kiang . . . Der hier gelegene See Ominzoka hat keinen oberflächlichen Abfluss. Die umliegenden Hügel bestehen aus abwechselnden Karbonkalken und Triassandsteinen; in einem solchen Gelände kann das unterirdische Wasser am besten seine willkürlichen Spiele treiben. Die Gegend von Tschung-Tien ist reichlich mit Felsbrunnen (Dolinen), Höhlen besprengt, und die Quellen, ganz wie im Karstgebirge, verschwinden unter den Felsen und tauchen wieder empor, wo man das am wenigsten erwarten würde. An der Ostseite des Sees fand ich fast nebeneinander Schlucklöcher, die das Wasser des Sees abführten, und aufquellende Wässer, die den See ernähren.“

Leider hat diese Expedition bloss die Nordwestecke dieses Karstgebietes berührt, die, durch die alpidische Orogenese stark gefaltet, herausgehoben und durch Flüsse tief zerklüftet, von relativ kleinem Umfang ist. Über die weiteren Teile der Hochebene – wo SZÉCHENYI und seine Mitreisenden nicht hinkamen – gibt es nur kurze Hinweise in LÓCZY's Werk (53., S. 575). So erwähnt er, dass südlich der Stadt Yünnan-Fu (Kunming) in der Fortsetzung der Achse des Tienchi-Sees vier abflusslose Seen liegen. Alle vier enthalten Süßwasser, sind von Kalksteinbergen umgeben, und der Abfluss der Seen erfolgt vermutlich durch die Karstgänge dieser Kalkfelsen.

Unter den ersten ausländischen Reisenden, die in ihren Reiseberichten die Höhlen der Südchinesischen Karstgegend erwähnen, sei noch der Engländer A. R. COLQUHOUN genannt.

COLQUHOUN, ein Ingenieur des englischen Staatsbauwesens in Indien, reiste im Rahmen einer Forschungsreise von Kanton aus zuerst entlang der Perlenflusses, dann durch die Provinz Jünnan, entlang der berühmten China-Burma-Strasse nach Mandalay. Seine Erlebnisse teilte er in seinem 1884 in Leipzig erschienenen Buch „Quer durch Chryse“ (16) mit.

Im Buch berichtet der Verfasser über zahlreiche Höhlen. So erwähnt er u. a. dass man entlang der Si-kiang nach dem Westen reisend, in der Nähe von Pakschikshan, oberhalb Pingmanjuan in einer wasserumspülten Felswand aus Kalkstein in etwa 30 m Höhe eine Höhlenöffnung erblickt (16., S. 85). Etwas weiter, nach der Stadt Lohonglü haben sie, wieder in einer tiefen karstischen Talschlucht, viele grosse Höhlenöffnungen bemerkt (16., S. 173).

Die einzige eingehendere Schilderung gibt er über eine Höhle aus der Umgebung von Futschao (Tufu). Die Höhle öffnet sich über einem Bach. Der Vorraum wird durch einige Stiegen erreicht. Der Saal ist 60 Fuss hoch. Den hinteren Teil des Saales konnte er nicht erkunden, da er keine Lampe besass. Die in der Umgebung Arbeitenden pflegten ihre Kleider in dieser Höhle zwecks „Aufbewahrung“ ablegen. Bis an die 1870-er Jahren war die Höhle ein Räubernest, bis die Räuber durch einen Mandarin durch List ausgeräuchert wurden (16., S. 321).

Von der Provinz Jünnan nennt er auch eine Höhle vier Meilen vor Pojuan. Die Länge dieser tunnelartigen Höhle beträgt 200 Fuss, sie ist 15 Fuss hoch und ebenso breit. Die Höhle zieht unter eine Hochebene aus Kalkstein hinein (16., S. 352).

In den Jahren des ersten Weltkrieges, 1914–18, bereiste ein Forscher der Botanischen Abteilung des Wiener Naturhistorischen Museums, DR. H. HANDEL-MAZZETTI, aus Haiphong ausgehend, grosse Teile von Jünnan, Kweitschou, Szetschuan, Kwangsi und Hunan. Sein Ziel war botanische Sammlung. Der umfangreiche Bericht über seine Reise (33.) ist in erster Reihe ein botanisches Werk, jedoch enthält er auch zahlreiche Landschaftsbilder. In seiner fünfjährigen ununterbrochenen Reise kam der Verfasser selbst in die abgelegensten, verstecktesten Gegenden der genannten Provinzen. In seiner Beschreibung werden zahlreiche Schlünde, Dolinen und Vacluse-Quellen, als kennzeichnender Karstformenschatz der Gegend erwähnt.

Erwähnenswert ist ein Höhlenbesuch von HANDEL-MAZZETTI im Sikuangshan-Gebirge, bei der Ortschaft Tilidang, in der Nähe der Stadt Sikuang. Die Höhle, in welche er durch abbröckelnde Felsen mit Hilfe einer Leiter abstieg, bildete eine riesige Halle. Die Wandungen waren durch Kalzitkristalle bedeckt; es fanden sich auch sehr schöne, glasartige „Tropfsteinnadeln“ und weisse Tropfsteinsäulen. Früher lagerte auch hier eine gefürchtete Räuberbande . . .

In den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts, 1897–98 kam noch einer unserer Heimatgenossen, J. CHOLNOKY nach China. Leider war er nicht in der Lage, die Südchinesische Karstgegend besuchen zu können, weshalb in seinem Buch über China über diese Gegend nur Allgemeinheiten zu lesen sind (13).

Wie aus den zitierten Schriften hervorgeht, hat die Karst- bzw. Höhlenkunde aus den Beschreibungen der Expeditionen und Sammelreisen am Ende des letzten und am Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts nicht viel Nutzen ziehen können, da die grösstenteils erzählungsartigen Mitteilungen bloss Aufmerksamkeit dieser Karstgegend gegenüber erweckten, jedoch kein wissenschaftliches Material im engeren Sinne lieferten.

### 3. Paläontologische Forschungen

Mit einem wichtigen Wissenschaftszweig der „Forschung in den Höhlen“, mit der Paläontologie müssen wir uns gesondert und eingehender befassen. Ihrem Gegenstande nach liegt die Paläontologie weitab von der Höhlenkunde, tritt jedoch sofort in eine greifbare Nähe, sobald es sich um eine paläontologische Fundstätte in einer Höhle handelt. Für Paläontologie wie für Archäologie stellen die Höhlen bloss Fundmöglichkeiten, Forschungsfelder dar, wogegen für die Speläologie die Höhle selber Objekt der Forschung ist.

Die systematischen wissenschaftlichen paläontologischen Untersuchungen gehen in China bereits um ein Jahrhundert zurück. In diesem Gebiet haben die chinesischen, und besonders anfangs, manche ausländische Paläontologen unverwelkliche Verdienste erworben.

Die erste wissenschaftliche Beschreibung der in den chinesischen Apotheken feilgehaltenen Drachenknochen teilte 1870 R. OWEN mit. Später haben der Franzose A. GAUDRY und der Deutsche E. KOKEN (30. und 39.) die in China gesammelten Höhlenheilmittel, fossile Tierknochen, untersucht.

Einen besonderen Abschnitt der chinesischen paläontologischen Forschungen stellt die Tätigkeit des deutschen M. SCHLOSSER dar. Ein in Peking tätiger deutscher Arzt, A. K. HAPERER kaufte in den chinesischen Apotheken zahlreiche Knochen auf, und versandte sie nach Deutschland. Das Material wurde 1903 durch SCHLOSSER beschrieben; er entdeckte darin u. a. auch die Zähne eines bis dorthin unbekanntes, menschenähnlichen Wesens (66., 67.)

In den darauffolgenden Jahren (1912–1927) haben Forscher verschiedener Länder, wie die Amerikaner R. C. ANDREWS und W. GRANGER, die Franzosen E. LICENT (50.) und P. TEILHARD DE CHARDIN (74.), die Schweden J. G. ANDERSON und O. ZDANSKY (80.), sowie die Japaner M. MATSUMOTO (57.) und S. TOKUNAGA wertvolle Arbeit geleistet und merkwürdige Entdeckungen gemacht. Die Auffindung zuerst der ersten Zähne, dann ganzer Skeletteile von *Sinanthropus pekinensis*, dem chinesischen Urmenschen, in der Tschoukoutien-Höhle bei Peking (61., 62., 63., 80.) erregte Weltaufsehen (Abb. 2.)

Ebenfalls heftige Debatten hat die Entdeckung des holländischen Paläontologen R. V. KOENIGSWALD erweckt. Er fand 1935 und 1939 in einer Hongkonger Apotheke riesige Zähne – aus einer südchinesischen Höhle herstammend – die weder mit dem Menschen, noch mit heute lebenden Menschenaffen in Beziehung gebracht werden konnten. Zu Ehren von D. BLACK, des eifrigen Forschers von *Sinanthropus* hat KOENIGSWALD den Fund *Gigantopithecus blacki* genannt (37., 38.).



Abb. 2. Rekonstruktion des *Sinanthropus pekinensis* aus dem Museum von Tschoukoutien.

Gemeinsam mit den ausländischen Paläontologen traten auch die jungen chinesischen, voran PEI WEN-CHUNG, in die Schranken. 1930 wurde das Forschungslaboratorium für das Känozoikum gegründet.

Der japanische Krieg warf die wissenschaftliche Forschungsarbeit zurück und die Vernichtung gewisser Funde stellte einen empfindlichen Verlust dar. Nach der Befreiung nahmen die chinesischen Paläontologen die Arbeit mit neuer Begeisterung auf. Das Forschungslaboratorium für das Känozoikum wurde im Rahmen der Academia Sinica unter dem Namen Laboratorium der Vertebraten-Paläontologie reorganisiert und steht unter der Leitung des berühmten Wissenschaftlers C. C. YOUNG.

Im Schwerpunkt der jungkänozoischen Forschungen der chinesischen Paläontologen steht die südchinesische zoologische Provinz, worin eben das Südchinesische Karstgebiet das wichtigste Forschungsgebiet darstellt. Hier kam aus der Höhle von Liutscheng,

Provinz Kwangsi, der entscheidende neue *Gigantopithecus*-Fund 1956 zum Vorschein, der die zwei Jahrzehnte dauernde Debatte über den Fund von KOENIGSWALD entschied (56.).

Zur Zeit sind auch grosszügige Ausgrabungsarbeiten in erster Reihe in der südchinesischen Provinz Kwangsi im Gange begriffen. Selbstredend umfassen diese Forschungsarbeiten die eingehende speläologische Erforschung (z. B. geologische, hydrologische usw. Beobachtungen und Beschreibungen) des betreffenden Gebietes nicht.

#### 4. Geographische Forschungen

Zwischen den zwei Weltkriegen hat das Südchinesische Karstgebiet auch die Aufmerksamkeit chinesischer und ausländischer Geographen erweckt, in erster Reihe mit ihren Kegel- und Turmkarstformen, deren Ausmasse und Entstehungsform allein in der Welt dastehen.

Unter den ausländischen Forschern muss zuerst der deutsche H. V. WISSMANN genannt werden, der 1933 Nordost-Kwangsi bereiste und den hiesigen Turmkarst studierte. Seine 1954 erschienene Mitteilung ist sozusagen die einzige uns zugängliche diesbezügliche ausländische wissenschaftliche Publikation (77). Leider bespricht er

die Eigenschaften des tropischen Karstes bloss ziemlich allgemein, und gibt daher recht wenig Anhaltspunkte zum Studium der speläologischen Probleme der Südchinesischen Karstlandschaft.

Ein neuer Abschnitt in der Erkenntnis der Südchinesischen Karstlandschaft eröffnete sich nach dem Entstehen der chinesischen Volksmacht durch die Einschaltung junger chinesischer Geographen. Heute ist die Erforschung der Entstehung und Entwicklung des Südchinesischen Karstgebietes eines der grundlegenden Programmpunkte des Lehrstuhles für Geomorphologie der Pekinger Universität. Der Professor, WAN NAI-LIEN ist selber ein begeisterter Forscher des Turmkarstes entlang der Flüsse Kweikiang und Hekiang. Unter den sowjetischen Geologen hat V. G. LEBEDEW das Gebiet studiert, worüber er in zahlreichen Aufsätzen und Vorträgen in Peking und Moskau berichtete (42, 43, 44).

Die erste moderne Monographie über die Südchinesische Karstlandschaft ist das Werk von TSCHEN SCHU-PEN aus 1954 (22). In seinem Buch „Geographie des Neuen Chinas“ befasst sich auch TSCHU SCHAOTAN (25., 1953) eingehend mit der physikalischen Geographie der südlichen Karstgebiete.

Alle diese Beschreibungen belehren über die allgemeinen physikalisch-geographischen Züge des Südchinesischen Karstes, besprechen die eigentümlichen genetischen und morphologischen Probleme der tropisch-subtropischen Karstbildung (s. WISSMANN) und betassen sich nur ganz untergeordnet mit den Fragen der Höhlen.

In der Erforschung und wissenschaftlichen Bearbeitung der Höhlen des Turmkarstgebietes von Kwangsi (Abb. 3) steht der chinesische Karstmorphologe TSCHEN SCHU-PEN an der Spitze. Seine Beschreibung und Karte über die Tsinijien-Höhle teilte er 1958 mit (23).

Gleichfalls 1958 erschien ein Aufsatz des amerikanischen Piloten R. E. SCHWARM – der im II. Weltkrieg in China diente – über die Höhlen um Kweilin in der Zeitschrift der amerikanischen National Speleological Society; die Schrift ist jedoch nichts weiter als eine einfache touristische Beschreibung (69).

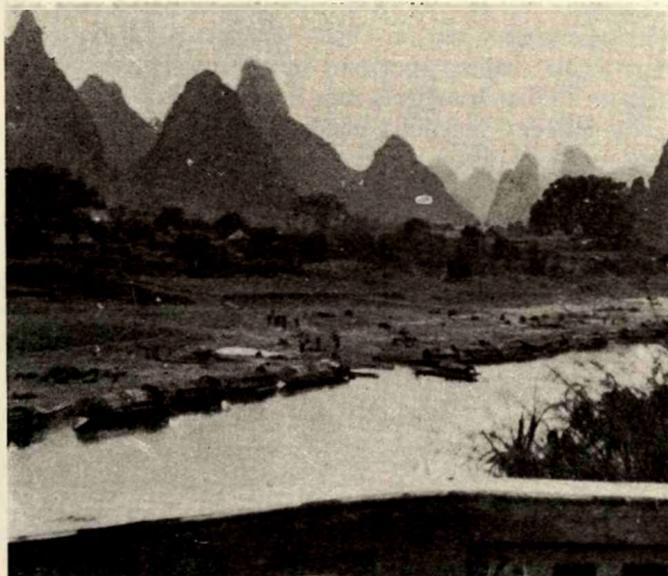


Abb 3. Kegel- und Turmkarst-Landschaft entlang des Flusses Kweikiang (Provinz Kwangsi).

Es ist eine erfreuliche Erscheinung, dass die chinesischen Geographen sich mit einem ständig wachsenden Interesse dem Südchinesischen Karstgebiet zuwenden, und dabei auch die eingehende Untersuchung und Bearbeitung der Höhlen – nunmehr aus dem speläologischen Gesichtspunkte – unternehmen. Leider standen mir ihre in chinesisch veröffentlichten wertvollen Arbeiten und Beobachtungen nicht zur Verfügung, so kann ich mich im vorliegenden Aufsatz kaum auf die Erfahrungen der vorangehenden Forscher stützen.

## B) GEOLOGISCHER BAU, KLIMA UND GRÖßERE LANDSCHAFTSEINHEITEN DES SÜDCHINESISCHEN KARSTGEBIETES

Bevor wir uns im Studium der Höhlen im Südchinesischen Karstgebiet vertiefen würden, ist es angebracht, die Tektonik und den Bau des Gebietes in ihren Grundzügen zu schildern. Die Bildung, Entwicklung und der Verfall der Höhlen, ihr Formenschatz, Lebewelt usw. stehen mit diesen Faktoren in enger Verbindung. Sind uns die genannten bestimmenden Faktoren (mineralogisch-petrographische und tektonische Gegebenheiten, Klima, Zeitspanne der Verkarstung) bekannt, so ist dadurch bereits die Höhle als solches gekennzeichnet.

### 1. Geologischer Bau

Das Südchinesische Karstgebiet umfasst den westlichen Teil des Südchinesischen Massivs, das seinerseits den südlichen Teil der riesigen Chinesischen Tafel darstellt. Die nördliche Grenze der Kalksteintafel ist von der Gegend von Likiang bis nach Tschungking der Jangtse-kiang. Im Westen und Süden reicht die sehr stark zerfurchte Kalksteinmorphologie auch über die chinesischen Grenzen in Burma, Vietnam und Laos hinein. Die östlichen Teile des Karstgebietes – örtlich zu einer Fastebene abgetragen – zeigen allmähliche Übergänge nach den milden bergig-hügeligen Landschaften der Provinzen Hunan, Kwangsi und Kwangtung. Das an Karstformen reiche Gebiet erstreckt sich entlang einer NO-SW streichenden Achse in etwa 1200 km Länge und 400–700 km Breite zwischen 22–30° nördlicher Breite und 98–112° östlicher Länge.

Das Südchinesische Massiv war im Paläo- und Mesozoikum grösstenteils von der See überschwemmt. Die Sedimentgesteine bilden im Südchinesischen Karst eine lückenlose Reihe vom Präkambrium bis zum Ende der Trias (51) (Abb. 4).

Der tektonische Bau der Gegend ist überaus verwickelt und nur teilweise geklärt. Es traten bereits in der Jura kräftige tektonische Bewegungen ein, die dann in den sog. Jieschan-Bewegungen der Kreideperiode ihren Höhepunkt erreichten. Der Nordchinesische Massiv zerbrach in Blöcke und im südchinesischen Karstgebiet entstand grossräumige Faltung. Im Tertiär bildete sich am Westrand des Gebietes im Rahmen der alpidischen Orogenese eine riesige meridionale Gebirgskette. Die Orogenese ging mit heftigem Vulkanismus Hand in Hand. Die östlichen und mittleren Teile waren epirogenetischen Bewegungen von wechselnder Tendenz ausgesetzt. Der westliche Teil ist heute noch in kräftigem Steigen begriffen, wogegen der östliche sinkt.

In den tiefen östlichen Gegenden (Nordost-Kwangsi) stehen grösstenteils devonische und karbonische Gesteine an. In speläologischer Hinsicht muss besonders der reine devonische Tungkuanling-Kalk hervorgehoben werden. Das ist das Muttergestein der zerstreuten Turmberge auf einer Fläche von mehreren zehntausend Quadratkilometern um den Flüssen Kweikiang und Heikang. Zur Zeit der Jieschan-Bewegungen drangen umfangreiche Granitmassen in die Kalke der heutigen Karstgegend ein.

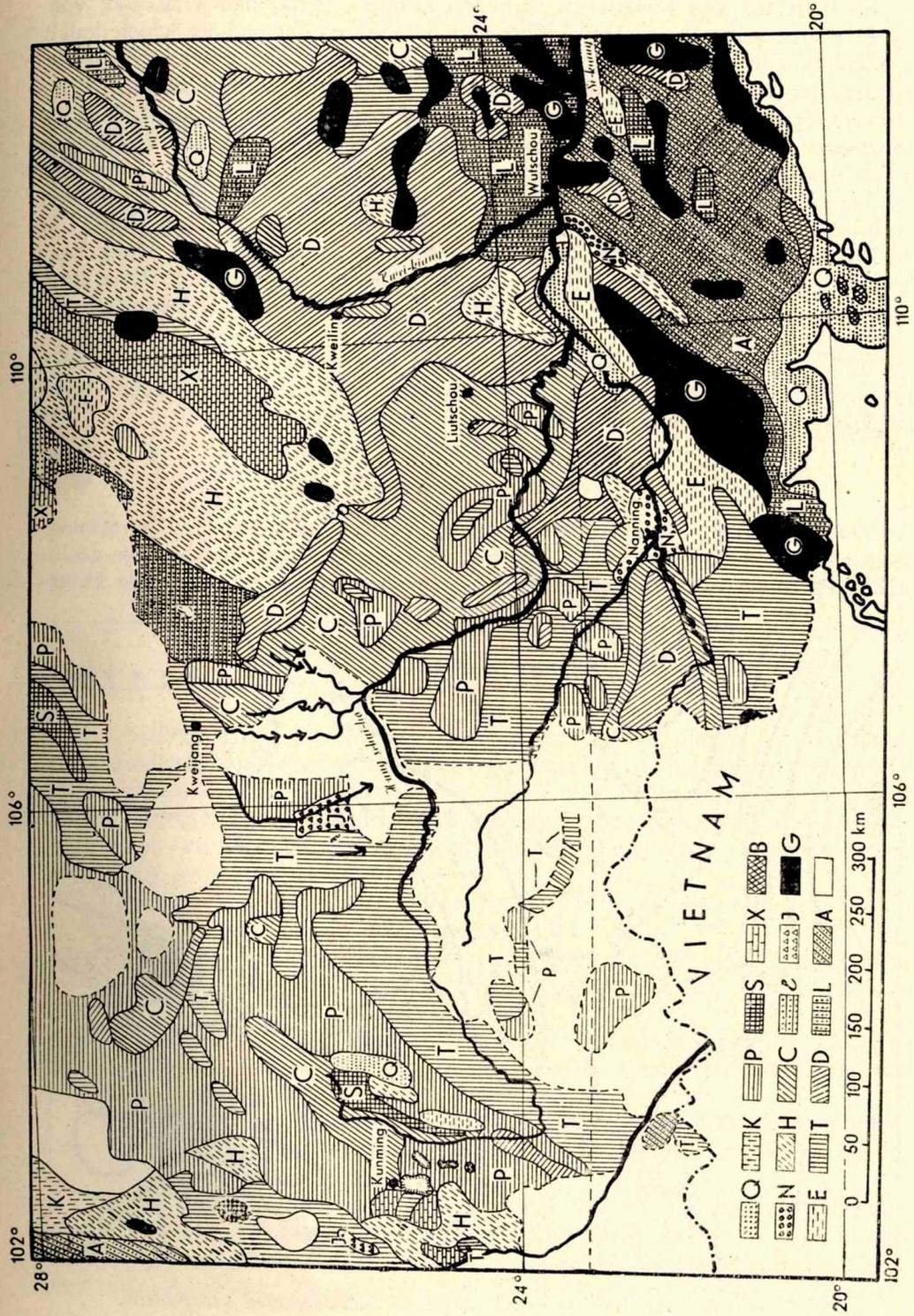


Abb. 4. Geologische Karte des Südchinesischen Karstes.  
 Q = Quartär, N = Neogen, E = Eozän, K = Kreide, J = Jura, T = Trias, C = Carbon, P = Perm, S = Silur, D = Devon, X = Algonkian-Siluren, A = Archäikum, H = Simia, G = Kambrium, L = Algonkien-Siluren, S = Basalt, G = Granit, Weiße Flächen ohne Schraff : geologisch unaufgeschlossene Gebiete.

Im Hochland von Kweitschou herrschen Karbon-, Perm- und Triaskalke vor. In Ost-Kweitschou stehen auch die ordowizischen Luschankalke und die Schieferkalke des Kambrium an. In West-Kweitschou und Ost-Jünann dominieren bereits die leicht verkarstenden Perm- und Triaskalke, deren Mächtigkeit örtlich 2000 m übertritt (51). An ihrer Oberfläche haben sich – besonders in der Umgebung von Lunan in Jünann – grosszügige Karstformen („Steinwälder“) entwickelt. Die Höhe der Hochebene erreicht hier bereits die 2000 m ü. d. M.

Südlich von Kunming liegen an einem N-S und an einem NW-SO streichenden Bruch tiefe tektonische Gräben, durch Seen verschiedener Ausmassen ausgefüllt. Um den Brüchen ergossen sich beträchtliche Mengen des permischen sog. Omeischan-Basaltes auf die Oberfläche. Die Gegend ist heute noch stark seismisch. Die Epizentren der häufigen Erdbeben gruppieren sich um Jiliang, Tschenschui, Tschenschien und Schipin.

In West-Jünann haben die gebirgsbildenden Kräfte die jungpaläozoischen und altesozoischen Kalke – die örtlich eine sehr mächtige Schichtenreihe bilden – stark zerstückelt und stellenweise in Höhen bis 3-4000 m emporgehoben.

## 2. Das Klima

Zur Entwicklung des Karstformenschatzes in einem Kalksteingebiet, zur mannigfaltigen Entwicklung der einzelnen Typen der Karstdenudation sind neben den geologischen (mineralogisch-petrographischen) Gegebenheiten auch entsprechende klima-

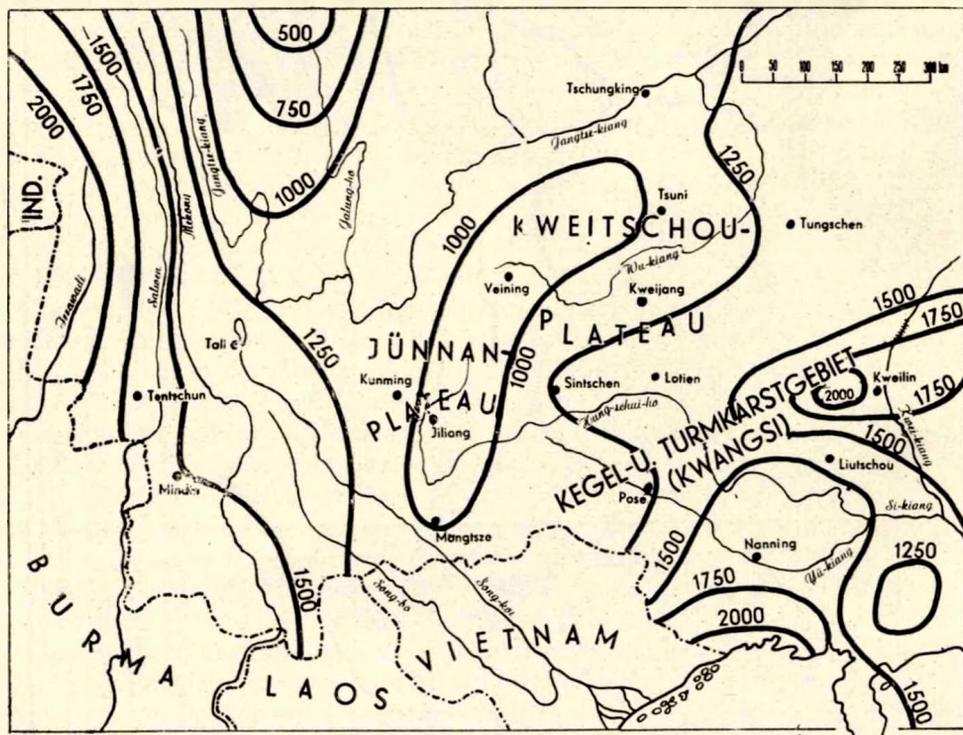


Abb. 5. Verteilung der jährlichen Niederschläge des Südchinesischen Karstgebietes.

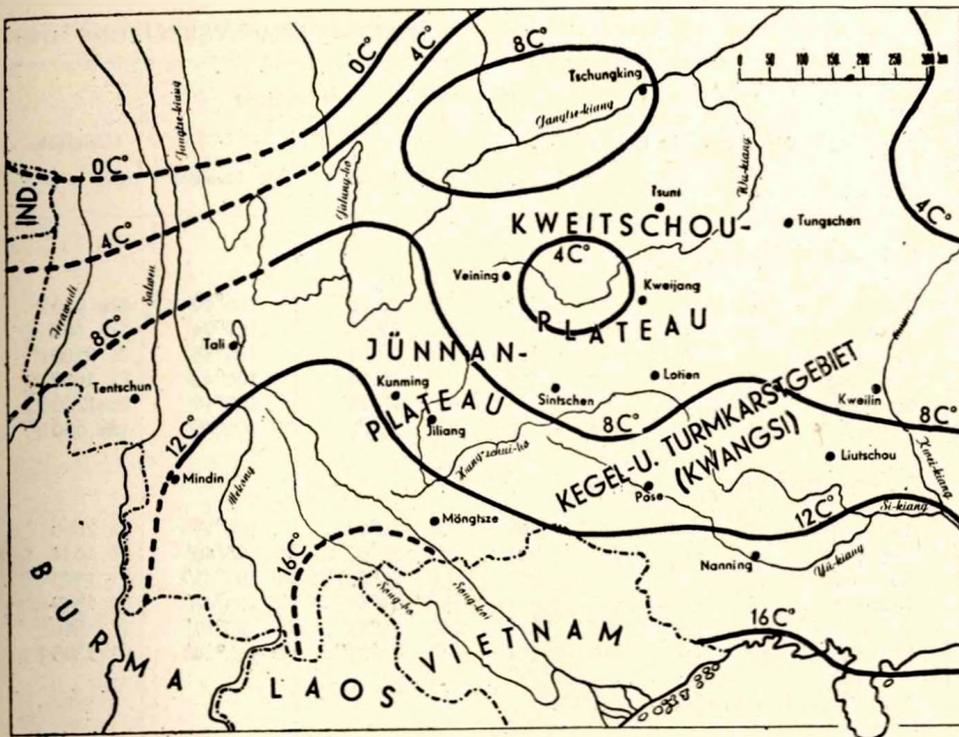


Abb. 6. Gestaltung der mittleren Temperaturen von Januar.

tische Umstände notwendig. Wie wir bereits gesehen haben, sind in der Südchinesischen Karstlandschaft die petrographischen Gegebenheiten (leicht verkarstende mächtige Kalksteinbänke), sowie die tektonischen Verhältnisse (emporgehobene, zerklüftete Tafeln) günstig, und auch die notwendige geologische Zeitspanne zur Entwicklung der Karstformen war gegeben. Jedoch haben auch die klimatischen Gegebenheiten die Verkarstung gefördert.

Das Klima wird im Südchinesischen Karstgebiet – wie überall auf der Erde – durch drei geographischen Faktoren bestimmt:

a) *Die geographische Breite.* Das Gebiet wird in seinem südlichen Drittel durch den Wendekreis des Krebses durchquert, so dass das Gebiet praktisch an der Grenze der tropischen und subtropischen Klimagebiete liegt.

b) *Die kontinentale Lage.* Das Gebiet liegt am Südostrande der riesigen Kontinentalmasse Eurasiens, in der Nähe des Ozeans, so dass das Klima von der Monsunwirkung tiefgreifend beeinflusst wird.

c) *Meereshöhe.* Das Gebiet ist grösstenteils ein Hochland von 1000–2000 m Meereshöhe, wo die Geltung der vorhin aufgezählten Faktoren durch die Eigenschaften des Höhenklimas noch weiter modifiziert wird.

Die Entwicklung des Karstes wird in erster Reihe durch die *Niederschlagsverhältnisse* bestimmt. Die Menge des Niederschlags ist im allgemeinen im ganzen Gebiet günstig (Abb. 5) und beträgt das zwei bis dreifache der Niederschlagsmenge, die im ungarischen Aggteleker Karstgebiet jährlich fällt. Die Niederschläge sind im Insel-

NIEDERSCHLAGSVERTEILUNG DES

Nummer	Meteorologische Station	Geographische		Meereshöhe m
		Breite	Länge	
<b>1. Kweitschou-Hochland:</b>				
1.	Tsunji	28°08'	106°49'	um 900
2.	Tungschen	27°35'	109°04'	602
3.	Weining	26°51'	104°15'	2100
4.	Kweijang	26°34'	106°43'	1057
5.	Sintschen	25°25'	105°15'	um 1200
6.	Lotien	25°25'	106°45'	um 600
<b>2. Jünnan-Hochland:</b>				
7.	Tali	25°43'	100°11'	2086
8.	Tentschun	25°00'	98°40'	1634
9.	Kunming	25°02'	102°41'	1893
10.	Jiliang	24°55'	103°02'	1539
11.	Mindin	23°33'	99°17'	500
12.	Möngtze	23°23'	103°24'	1305
<b>3. Kegel- und Turmkarstgebiet:</b>				
13.	Kweilin	25°19'	110°22'	154
14.	Liutschou	24°25'	109°17'	110
15.	Pose	23°52'	106°57'	145
16.	Nanning	22°42'	108°16'	76
<b>4. Zum Vergleich:</b>				
17.	Aggtelek (Ungarn)	48°28'	20°30'	360
18.	Gospic (Jugoslawien)	44°33'	15°22'	570
19.	Hanoi (Vietnam)	21°10'	—	13
20.	Habana (Cuba)	23°10'	—	62
21.	Puerto-Rico	18°20'	—	72

bergkarstgebiet der Gegend von Kwangsi am üppigsten; am Südrande des Kweitschouer Hochlandes überschreiten sie die jährlichen 2000 mm. Das Hochland von Kweitschou erhält 1200–1400 mm, das Plateau von Jünnan bloss 800–1200 mm pro Jahr (25).

Die Niederschlagsverteilung wird durch die folgenden Züge gekennzeichnet:

a) Die Verteilung nach Jahreszeiten: 70–80% der jährlichen Niederschlagsmenge entfallen auf die Monate des Sommermonsuns (Tabelle I).

b) In Zusammenhang mit der obigen grundlegenden Eigenschaft kommt der Niederschlag grösstenteils in heftigen Regenschauern und Wolkenbrüchen nieder.

c) In den südlichen Teilen besteht der Niederschlag zu 100%, in den Hochländern zu 95–98% aus Regen. Dauerfrostboden kommt nirgends vor.

Die Menge und Natur der Niederschläge steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Verkarstung eines Gebietes; dagegen ist die Wirkung der Temperatur gröss-

## SÜDCHINESISCHEN KARSTGEBIETES

Tabelle I.

Niederschläge in mm												
Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Total
9	15	31	76	121	163	172	153	121	76	44	16	997
27	31	85	126	210	196	124	204	97	93	44	29	1266
5	12	26	47	70	176	225	116	60	90	19	2	857
20	27	42	90	194	212	197	133	127	104	47	25	1218
18	30	58	70	147	268	253	188	152	102	31	21	1338
9	24	55	126	168	230	200	181	86	78	30	13	1202
32	49	89	40	100	225	264	241	186	122	29	8	1385
12	40	36	68	129	236	313	282	161	158	41	22	1498
10	15	17	20	97	169	223	223	131	77	47	10	1039
10	23	22	21	85	159	208	199	115	87	38	14	981
2	31	2	69	198	332	412	375	187	104	48	65	1825
7	17	29	42	113	137	183	204	99	53	56	13	953
42	99	109	239	389	391	206	199	80	67	52	41	1914
32	53	105	106	227	265	244	227	62	76	41	34	1472
17	29	31	63	188	205	257	212	118	44	40	14	1219
32	55	48	79	167	214	217	225	109	105	37	34	1322
28	27	39	47	71	85	76	70	61	59	51	43	657
106	113	126	133	138	126	69	87	149	249	184	155	1626
25	33	48	81	210	265	282	340	267	107	50	30	1738
76	38	43	43	130	142	109	109	127	178	81	61	1137
69	38	46	48	89	196	224	244	188	170	180	122	1614

tenteils indirekt, jedoch keineswegs zu vernachlässigen (Vegetation usw.). Die mittlere jährliche Temperatur beträgt im Turmkarst in der Provinz Kwangsi 19–24°, mit verhältnismässig geringer Sommer- und Winterschwankung, wogegen im Hochland eine durchschnittliche Temperatur von 14–18° herrscht, mit nach NO zunehmender jährlicher Schwankung (Tabelle II., Abb. 6–7).

Die Begehung und Erforschung von Höhlen kann am vorteilhaftesten in den ersten 3–4 Monaten des Jahres vorgenommen werden, da die Höhlen zu dieser Zeit am trockensten sind. Am idealsten ist das Klima des Plateaus von Jünnan: in den „Winter“-Monaten herrscht hier ein ständiges sonniges Frühlingswetter (Kunming = Stadt des ewigen Frühlings!), wogegen im Kweitschou-Hochland und zwischen den Turmbergen von Kuanghsi das Wetter dauernd neblig und feucht ist. Südlich vom Flusse Sikiang, im Turmkarst an der vietnamesischen Grenze ist das Jahr vollkommen frost-

Tabelle II.

## GESTALTUNG DER TEMPERATUR IM SÜDCHINESISCHEN KARSTGEBIET

Nummer	Meteorologische Station	Geographische		Meereshöhe m.	Mittlere Temperatur C°			
		Breite	Länge		Jan.	Jul.	Jahr	Amplitude
<i>Kweitschou-Hochland</i>								
1.	Tsunji	28°08'	106°49'	um 900	5,1	24,9	15,6	19,8
2.	Tungschon	27°35'	109°04'	602	5,6	28,4	17,5	22,8
3.	Weining	26°51'	104°15'	2100	6,4	18,8	12,0	12,4
4.	Kweijang	26°34'	106°43'	1057	5,8	24,5	15,7	18,7
5.	Sintschen	25°25'	105°15'	um 1200	7,6	22,8	16,2	15,2
6.	Lotien	25°25'	106°45'	um 600	11,1	27,3	19,9	16,2
<i>Jünnan-Hochland</i>								
7.	Tali	25°43'	100°11'	2086	9,4	20,6	15,6	11,2
8.	Tentschun	25°00'	90°40'	1634	8,5	20,2	15,4	11,7
9.	Kunming	25°02'	102°41'	1893	9,5	20,9	15,9	11,4
10.	Jiliang	24°55'	103°02'	1539	11,7	22,6	18,4	10,9
11.	Mindin	23°33'	99°17'	500	16,1	26,3	22,7	10,2
12.	Möngtze	23°23'	103°24'	1305	14,6	24,4	20,3	9,8
<i>Kegel- und Turmkarstgebiet</i>								
13.	Kweilin	25°19'	110°22'	154	8,6	28,4	19,5	19,8
14.	Liutschou	24°25'	109°17'	110	10,6	28,2	20,5	17,6
15.	Pose	23°52'	106°57'	145	15,3	28,3	22,6	13,0
16.	Nanning	22°42'	108°10'	70	13,6	28,5	22,2	14,9
<i>Als Vergleich angeführt:</i>								
17.	Aggtelek (Ung.)	48°28'	20°30'	360	-3,3**	19,8**	9,1**	23,1
18.	Gospic (Jug.)	44°23'	15°22'	570	-1,6	19,1	8,7	20,7
19.	Hanoi (Vietnam)***	21°10'	-	13	16,7	28,9	23,3	12,2
20.	Habana (Cuba)***	23°10'	-	62	21,7	27,8	25,0	6,1

\*\* Angaben von Putnok  
 \*\*\* Kegel- und Turmkarst

frei. Im Hochland und in NO-Kwangsi ist die Temperatur null Grad oder darunter in 10–30 Tagen im langjährigen Durchschnitt. Hier kann es gegebenenfalls auch schneien, jedoch ist der Schnee wegen des spärlichen Niederschlags nicht dauerhaft. Dagegen ist der Sommer sehr heiss und diesig, und in diesem Verhältniss ist das Wetter nur an den höheren Teilen der Hochländer, in erster Reihe in Mittel-Jünnan (um Kunming) günstiger.

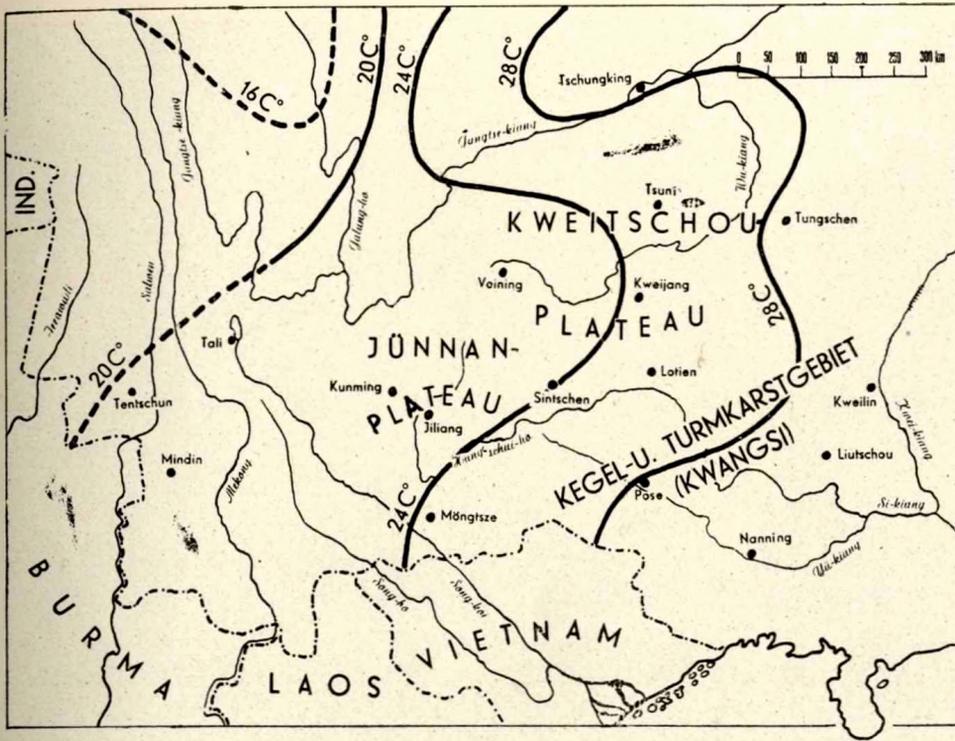


Abb. 7. Gestaltung der mittleren Temperaturen von Juli.

### 3. Größere Landschaftseinheiten

Aus dem speiöomorphologischen Gesichtspunkte lassen sich m. E. zwei Hauptlandschaftstypen unterscheiden, u. zw.

- a) Kegel- und Turmkarstgebiete,
- b) Hochflächenkarste.

Wir müssen uns mit dem ersten Typ eingehender befassen, da das durch höhlen-genetische und -morphologische Gesichtspunkte besonders angebracht erscheint.

a) Das Kegel- und Turmkarstgebiet ist eine eigenartige klimatisch-morphologische Landschaftsform, welche – wie bereits erwähnt – unter entsprechenden tropisch-subtropischen klimatischen Bedingungen (wenigstens 1000–1200 mm Niederschlag und wenigstens 18 jährliche Durchschnittstemperatur) durch eine eigenartige Denudation einer tektonisch für lange Zeiten ungestörten Kalksteinplanina zustandekommt. Auf der emporgehobenen Rumpffläche ist infolge der soeben geschilderten klimatischen Faktoren die Dolinenbildung mit Einsturz so rasch und kräftig, dass die Abtiefung der Dolinen früher oder später die Erosionsbasis erreicht und dort immer breiter werdende sog. intermontane Ebenen (Tropenpoljen) entstehen (2) (Abb. 8). An den Rändern der Dolinen bleiben Felsklippen zurück (sog. hum's) die, in Abhängigkeit davon, ob sie durch laterale fluviatile Erosion berührt worden sind oder nicht, steile Türme, Basteien oder von Detritus umgebene Kegelformen bilden können. Meistens sind

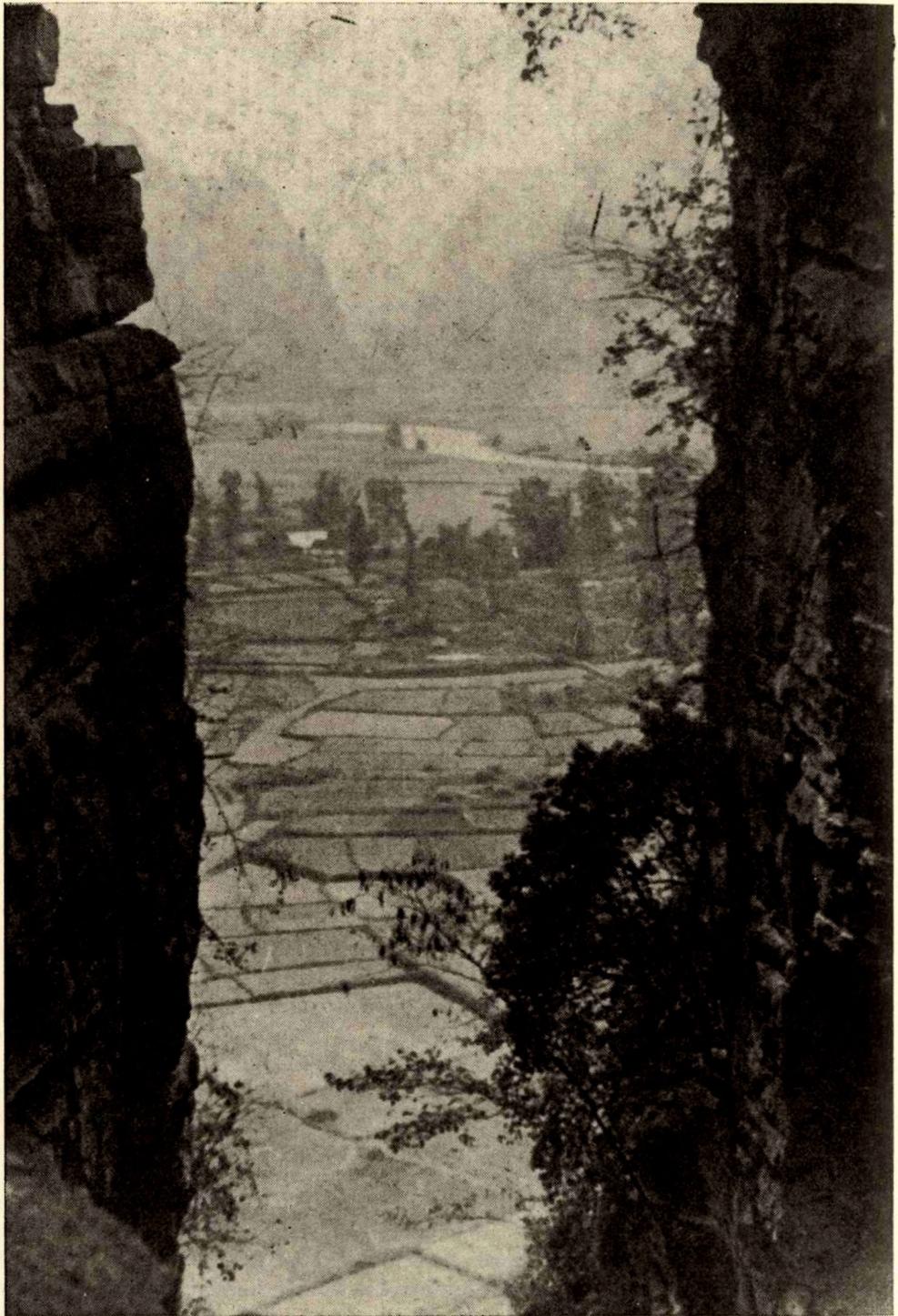


Abb. 8. Aussicht aus der Hohen Höhle von Tschuanjien (912-043) auf die mit Reisfeldern bedeckte intermontane Ebene.

sie in regelmässige Reihen geordnet („gerichteter Karst“ nach H. LEHMANN), wa auf die Anordnung der ehemaligen Dolinen, Uvalen andeutet. Die Entstehung de Inselgebirge lässt sich nur ausnahmsweise mit Talbildungen an der Oberfläche ode mit den Hauptlinien der unterirdischen Entwässerungssysteme in Zusammenhang bringe. Die Turm- und Kegelberge des Südchinesischen Karstgebietes werden durch W. G. LEBEDEW als eigenartige Makro-Karrformen angesehen (44).

In ihren Ausmassen und in der Kühnheit ihrer malerischen Formen übertrifft die Südchinesische Kegel- und Turmkarstlandschaft bei weitem alle übrigen ähnlichen Landschaften unserer Erde (die „Mogoten“ des Sierra de los Organos in Kuba, die „Cockpits“ des Jamaica-Karstes, die übrigen Turmkarste der Kleinen und Grossen Antillen, die Kegelkarste der Malaiischen Halbinsel, sowie von Java, Sumatra und Celebes) (Abb. 9).

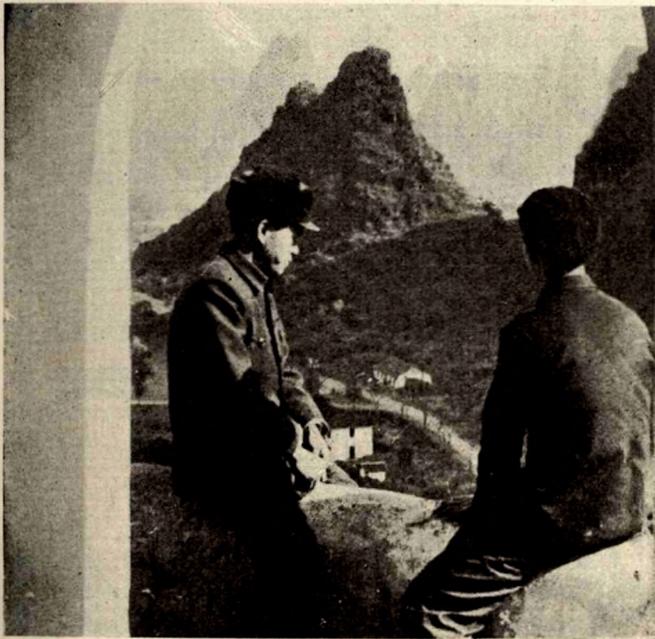


Abb. 9. Karstinselberge um Jangso (Provinz Kwangsi).

Vom Gesichtspunkte der Höhlenforschung ist es bei weitem nicht gleichgültig, ob im untersuchten Gebiet Kegelberge oder Bergtürme vorherrschen. Die beiden sind zwar verwandte Formen: die Bergtürme können nach dem Aufhören der lateralen erodierenden Tätigkeit der Flüsse in durch Schutt umgebene Kegelberge übergehen, und auch der umgekehrte Fall mag eintreten, indem die Flanken der Kegelberge durch laterale fluviatile Erosion steil abgemeisselt werden. Offenbar sind für die Entstehung und Untersuchung von Höhlen die Bergtürme ideal; die Höhlen sind direkt begehbar, obzwar die Erklommung der Felswände alpinistische Forderungen stellt. Dagegen werden bei den Kegelbergen die Höhlenmündungen durch die Schutthülle vollkommen verdeckt, so dass hier die Zahl der begehbaren Höhlen viel geringer ist (10–20%) als im Fall der Bergtürme (60–70%). In der Südchinesischen Karstlandschaft, besonders entlang den Flüssen Kweikiang und Hekiang haben sich in erster Reihe die Berg-

turmformen entwickelt. Das bedeutet, dass hier eine auf mehrere Zehntausende geschätzte ansehnliche Zahl von offenen Höhlen vorkommt.

b) *Der Hochflächenkarst* unterscheidet sich nicht allzu sehr von den Karsthochebenen der temperierten oder sogar mediterranen Gebiete. Auch die klimatischen Bedingungen sind ähnlich, und der Formenschatz der Karstabtragung (Schlünde, Dolinen, Uvalen, Poljen sowie die verschiedenen Arten von Höhlen) steht auch in einer engen Verwandtschaft zu demjenigen der temperierten Zonen.

Die Kegel- und Turmberge der Südchinesischen Karstlandschaft steigen aus einer abgetragenen Rumpffläche von 0–200 m Meereshöhe empor; dagegen liegen die Planinakarstgebiete am Kweitschou-Plateau in einer Höhe von 800–1200, im Hochland von Jünnan in 1500–2000 m ü. d. M. Die einheitliche, von O nach W allmählich ansteigende Hochfläche wird durch tiefe (300–600 m) erosive Talschlüchte zerfurcht und auf selbständige karsthydrologische Einheiten aufgeteilt. Selbstredend sind diese Umstände bestimmend für die Typen, Formen und Ausmassen der Höhlen in den einzelnen Einheiten. Im Kegel- und Turmkarst liegt das Wassernetz grösstenteils auf der aus impermeablen Bildungen bestehenden Oberfläche, wogegen im nahezu 400 000 km<sup>2</sup> umfassenden Hochland von Jünnan-Kweitschou (kurz Jünkwei-Hochland) das unterirdische, räumliche Wassernetz vorherrscht. Hier haben sich örtlich unterirdische

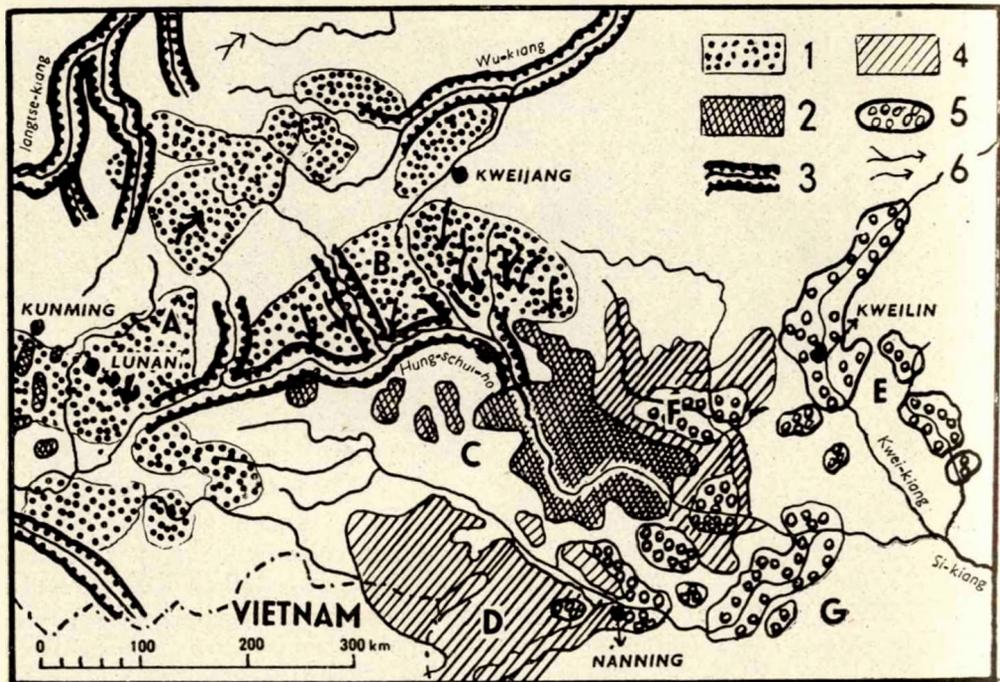


Abb. 10. Hauptlandschafteinheiten des Südchinesischen Karstgebietes nach Tschu Schu-per.

*Landschaften:* A = Ost-Jünnan Plateau, B = Kweitschou Plateau, C = Karstgebiet von Hungschuiho, D = Karstgebiet der vietnamischen Grenze, E = Kegel- und Turmkarst von Kweichang und Hekiang, F = Karstgegend von Likiang, G = Karstgebiet von Jükiang. – *Wichtigste Karstercheinungen:* 1. Wasser-schlinger, Dolinen und sog. «Steinwälder», 2. Zylinderförmige Turmberge, 3. Karstklamme, 4. Kegel-förmige Karstberge, 5. Restberge des ehemaligen Karstplateaus, 6. Unterirdische Flüsse.

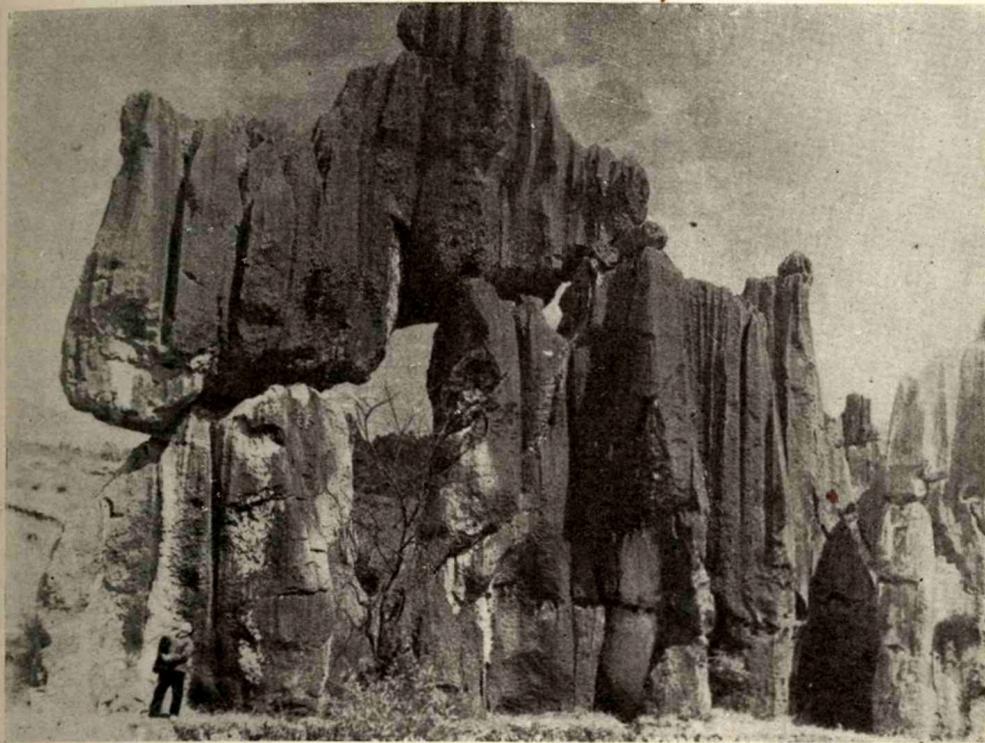


Abb. 11. Einzelheiten aus einem „Stein-Wald“ in der Nähe von Lunan.

Flüsse von den Ausmassen des ungarischen Flusses Sajó entwickelt, natürlich in Grotten von riesigen Ausmassen.

\* \* \*

Die südwestchinesische Grosslandschaft wird durch die chinesischen Karstmorphologen auf zahlreiche Landschaften und Teillandschaften gegliedert. Unter diesen Gliederungen sei besonders die von TSCHEN-SCHU-PEN hervorgehoben und in Abb. 10 dargestellt (22). Ich bin der Ansicht, dass es unzweckmässig ist, in dieser ersten speläologischen Abhandlung eine so eingehende Gliederung anzuwenden, und dass für erste Übersicht die Unterscheidung der bereits erwähnten beiden Landschafts-Haupttypen hinreicht (Abb. 11, 12).

#### C) DIE HÖHLEN DES SÜDCHINESISCHEN KARSTGEBIETES

Nun wollen wir, nach der allgemeinen Beschreibung in den obigen zwei Kapiteln, zur eingehenderen Behandlung der speläologischen Probleme des Südchinesischen Karstgebietes übergehen.

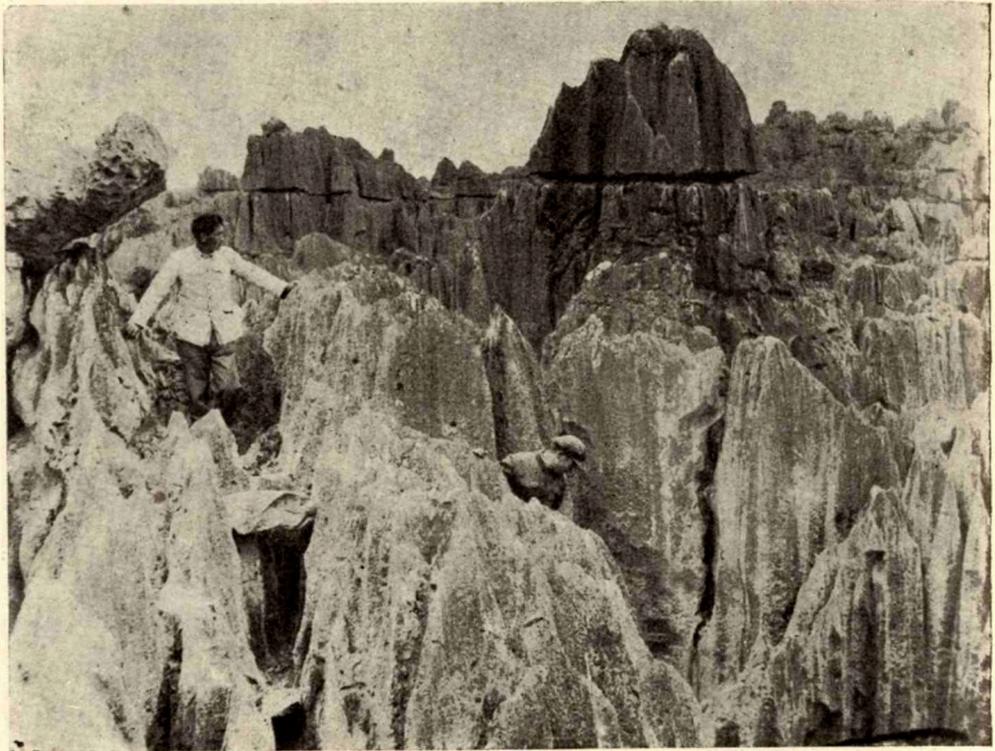


Abb. 12. S. Abb. 11.

### 1. Die Gegebenheiten der Entwicklung von Karsthohlräumen

Es ging aus dem vorangehenden hervor, dass im Südchinesischen Karstgebiet die klimatischen und geologischen Voraussetzungen zur Ausbildung eines hochentwickelten unterirdischen hydrographischen Systems recht günstig sind.

Über die geologischen Verhältnisse möchte ich nicht eingehender berichten, da diese zwar grundlegende, jedoch grösstenteils bloss passive Faktoren der Karsthohlraumbildung sind. Umso wichtiger sind die klimatischen Faktoren, nämlich:

*a) die hohe jährliche Niederschlagsmenge* (1000–1500 mm, örtlich sogar über 2000 mm).

*b) Die Verteilung des Niederschlags auf die Jahreszeiten*, indem im Sommer in 2–3 Monaten so viel Niederschlag fällt als in Ungarn im ganzen Jahr. Diese impulsartige Niederschlagsmenge erfordert weite unterirdische Abfuhrwege, und baut sie mit ihrer zerstörenden, erosiven Tätigkeit auch aus (Abb. 13).

*c) In engem Zusammenhang damit steht die Heftigkeit des Niederschlags*, d. h. die verhältnismässig grosse Menge des in der Zeiteinheit (z. B. in einer Stunde) fallenden Regens. Das Wasser der heftigen tropischen Regen sickert nicht langsam in den Boden und in die Gesteine hinein, sondern verschwindet in den Wasserschlängern, so dass der Niederschlag grösstenteils als Karstwasser auftritt. Auf der Oberfläche löst dieses Wasser wenig Kalk auf, und reisst grosse Mengen von Gesteinsbrocken mit, die die erosive Wirkung erhöhen (Abb. 14).

d) Ein wichtiger indirekter Faktor der Verkarstung ist die üppige tropisch-subtropische Vegetation, die durch die gemeinsame Wirkung der günstigen Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse entsteht. (Wälder sind spärlich, jedoch wird die Karstfläche grösstenteils durch Gestrüpp von 1 bis 3 m Höhe bedeckt.) Die rasche Verwesung der reichlichen Vegetation lässt viel CO<sub>2</sub> entstehen, und steigert dadurch die lösende Kraft des Niederschlagswassers. Zwar würde dieser Effekt bei kälterem Klima noch kräftiger sein, jedoch würde ein kälteres Klima eine derart üppige Vegetation nicht zulassen.

e) Im Laufe der Verwesung der üppigen Vegetation entsteht ein an Humussäuren reicher Boden, aus welchem die Niederschläge die Säuren auslösen, wodurch sich ihr Lösungsvermögen auf das Mehrfache steigert. Diese Wirkung ist noch nicht durch exakte chemische Angaben einwandfrei belegt worden.

f) Infolge der häufigen Blitzschläge ist der Salpetersüregehalt des Niederschlags aus den tropischen Gewittern recht hoch. Die wichtige karstkorrosive Rolle dieses Effektes ist durch H. HARRASOWITZ zur Gelegenheit der Tagung der Internationalen Karstkommission zu Frankfurt am Main in 1953 angedeutet worden, jedoch ist leider diese Hypothese auch noch nicht hinreichend durch chemische Analysen belegt worden (Erdkunde, VIII. Heft 2, 1954, Bonn).

Aus den obigen Faktoren lässt sich die Folgerung ziehen, dass unter den Umständen des südwestchinesischen Monsunklimas die unterirdische Karsterosion verhältnismässig schneller als die oberflächliche Denudation vor sich geht, wenigstens in Vergleich mit den kühleren temperierten (z. B. mitteleuropäischen) Karstgebieten. Mit

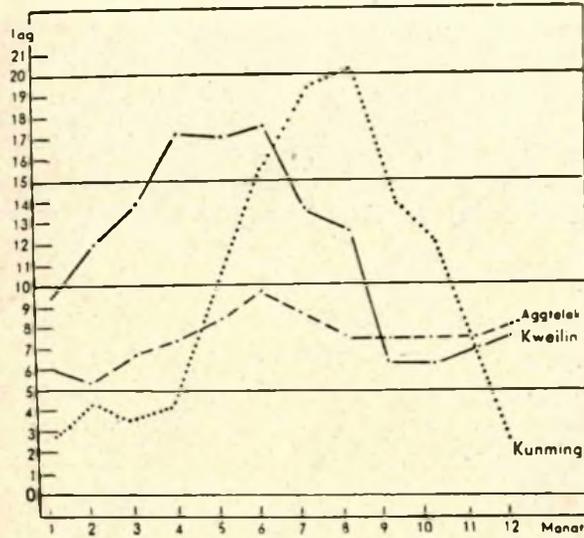


Abb. 13. Zahl der Tage mit Niederschlägen (≥ 1 mm)

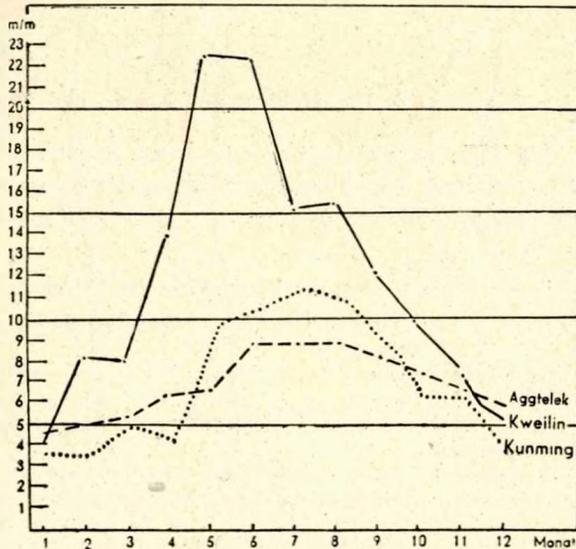


Abb. 14. Diagramm der auf einen Tag mit Niederschlag entfallenden durchschnittlichen Niederschlagsmenge.

anderen Worten sind die klimatologischen Bedingungen der Entstehung von grossen Höhlensystemen im Südchinesischen Karstgebiet günstiger als in der temperierten Zone.

Ich habe Berechnungen über den Anteil der Hohlräume im Kalkstein der nordöstlichen Provinz Kwangsi angestellt. Ich habe kennzeichnende Karstbergtürme ausgewählt, in welchen sowohl das Volum der Türme, als auch dasjenige der durchquerenden Höhlen verhältnismässig genau zu berechnen war. Es seien hier 3 Beispiele angeführt:

Name des Karstbergturmes	Totalvolum	Hohlräume	Prozentsatz der Hohlräume
Parteihaus-Turm, Jangso	64 000 m <sup>3</sup>	524 m <sup>3</sup>	0,82%
Tsisinjen-Berg, Kweilin	19 800 000 m <sup>3</sup>	230 690 m <sup>3</sup>	1,15%
Piliendung, Jangso	1 502 000 m <sup>3</sup>	10 512 m <sup>3</sup>	0,70%
Total	21 366 000 m <sup>3</sup>	241 726 m <sup>3</sup>	1,13%

Nach GRUND (32/1) beträgt der Lehrrauminhalt von 1 m<sup>3</sup> Kalkstein 0,0024 m<sup>3</sup>, d. h. 0,24%. Nach den obigen – jedoch keine Verallgemeinerung gewährenden – Beispielen liegt dieser Wert in der Südchinesischen Kegel- und Turmkarstgegend erheblich höher.

## 2. Die Höhlen des Kegel- und Turmkarstgebietes

Wie früher erwähnt, werden wir das Südchinesische Karstgebiet, von der Landschaftseinteilung der chinesischen Karstmorphologen abweichend, aus den der Speläologie eigenen Gesichtspunkten *in zwei grundlegende Landschaftstypen, dem Kegel- und*

Abb. 15. Geologische Kartenskizze der Umgebung von Kweilin und Jangso.

(Veröffentlicht vom Geological Survey of China, 1948)

- Qp pleistozäne Roterde.
- E eozäne Ablagerungen.
- J verschiedene jurassische kohlenführende Schichtenkomplexe (Anjuan, Schimenkou, Kenkou, Hssiwan usw.)
- Pl oberpermischer Hosar- und Talung-Schichtenkomplexe, kohlenführende Serie von Toulung,
- Py unterpermischer Hssihsia-Kalkstein. Maokou-Kalkstein usw.
- Cl<sub>2</sub> oberer Teil der unterkarbonischen Jentse-Serie und die kohlenführende Serie von Simen.
- Cl<sub>1</sub> unterer Teil der unterkarbonischen Jentse-Serie und die Sitse-Serie.
- D<sub>3y</sub> oberdevonischer Junghsien-Kalkstein,
- D<sub>4k</sub> oberdevonischer Kuhua-Kalkstein,
- D<sub>4t</sub> mitteldevonischer Kangling-Kalkstein und der Siutschiang-Schichtenkomplex,
- D<sub>2w</sub> mitteldevonischer Kalkstein,
- D<sub>2-3</sub> mittel- und oberdevonische Ablagerungen, meistens Kalksteine.
- D<sub>2</sub> mitteldevonischer Tiaomatschien- und Tschizetschiao-Schichtenkomplex: unten Sandstein und Schiefer, oben hauptsächlich Kalkstein.
- D<sub>1</sub> unterdevonischer Sienhuaschan-Schichtenkomplex. Ssipaer Schiefer, Sandstein, Schotter.
- O Shungtschianger Ordovicium-Serie. Aitschaschuner Schiefer. Paotzer Kalkstein usw.,
- L<sub>2</sub> sinisch-silurischer Schichtenkomplex,
- H algonkische Pantschi-, Hssiatschiang- und Nanling-Serien,
- γ genauer nicht bestimmte vulkanische Gesteine der Jienschan-Periode.

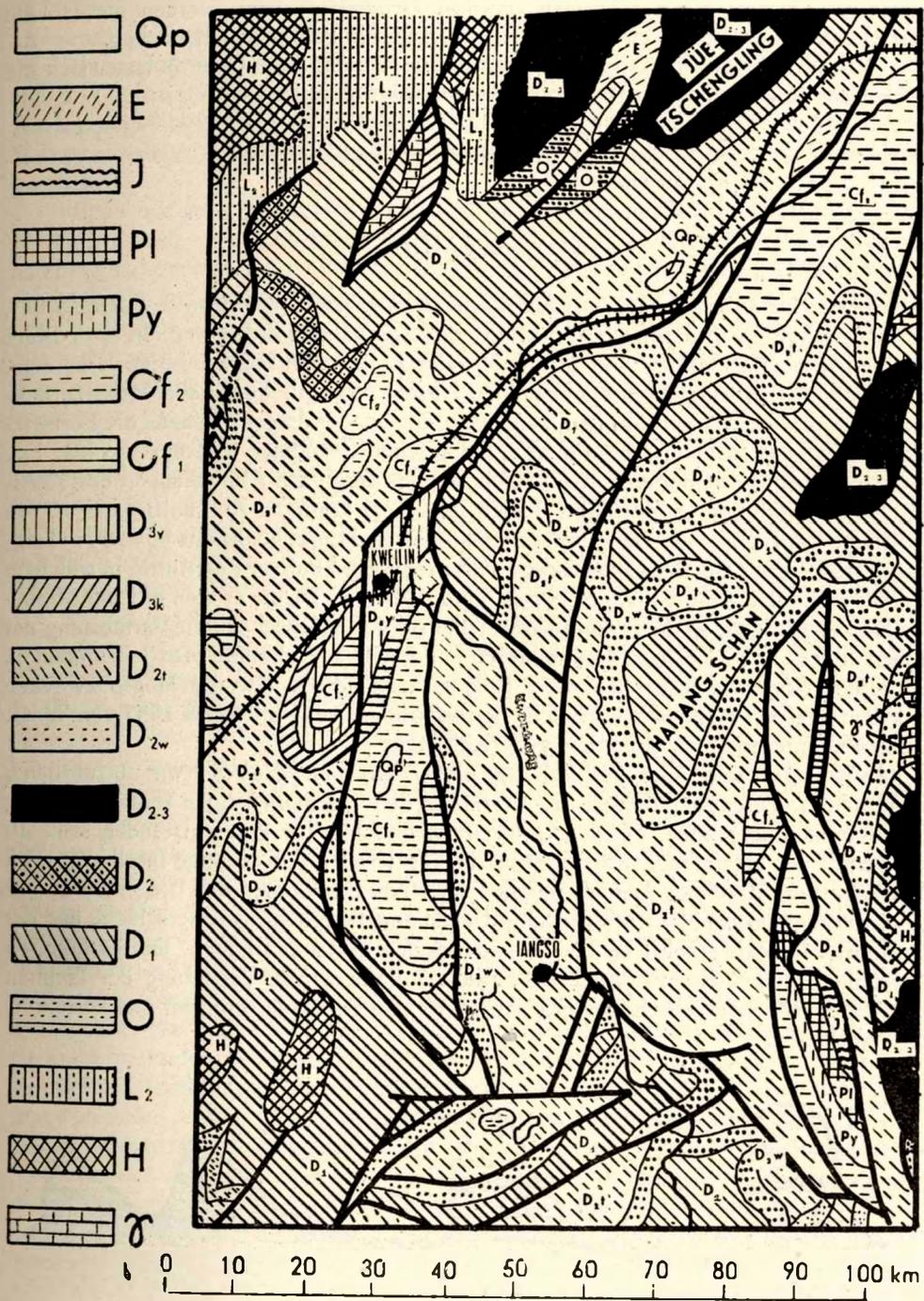


Abb. 15.

Turmkarst und dem Hochflächenkarst einteilen. Dementsprechend werden die Höhlen dieser beiden Einheiten in zwei verschiedenen Kapiteln gesondert besprochen.

Anhand ihrer gegenwärtigen Formen und teils auch ihrer Genetik lassen sich die Höhlen des Kegel- und Turmkarstgebietes wie folgt einteilen:

- a) Senile Resthöhlen,
- b) Höhlen mit aktiven unterirdischen Wasserläufen,
- c) Abrasions-Höhlen.

#### a) Senile Resthöhlen

Sie sind die Reste des unterirdischen Wasserabfuhrsystems des ehemaligen Karstplateaus, die in Abschnitten in den isolierten Inselbergen verwahrt worden sind. In ihrer Blüte mochten diese Bachhöhlen von 5, 10, 20 oder noch mehr km Länge gewesen sein, von welchen die Abtragung in den einzelnen Türmen bloss etliche hundert Meter zurückliess. Wo die Türme verhältnissmässig nahe aneinander liegen, können die Fortsetzungen gewisser Höhlengänge auf morphologischer Grundlage verfolgt werden. Die Längen der heute erkennbaren Resthöhlen werden durch die Abmessungen des Karstkegel- oder Turmberges bestimmt, dementsprechend kommen Abschnitte von 100 m bis etliche km Länge vor. Die meisten Resthöhlen sind kurz, höchstens 50–100 m lang, jedoch stösst ihre Zahl an die tausende. Es gibt sozusagen keinen Karstturm, in welchem es nicht einige Höhlenmündungen geben würde. Manche Türme drohen in jeder Minute zusammenzustürzen, so dicht durchwoben sind sie von Höhlen. Durch Vermessung der Höhen über der Erosionsbase von mehreren hundert Höhlen konnte man 3–5 allgemein verbreitete Horizonte feststellen, die z. B. in der Gegend von Kweilin-Jangso zwischen 0–150 m relativer Höhe liegen. (Solche Beobachtungen sind im Herbst 1957 von W. G. LEBEDEV unternommen worden – 44.) (Abb. 15).

Es ist angebracht, über die Entstehung und Genetik dieser Höhlen etwas ausführlicher zu berichten. Offenbar konnten die Vorfahren dieser gegenwärtigen senilen Höhlen, die zusammenhängenden, aktiven, grossen Bachhöhlen zur Zeit entstanden sein, als der Zerfall des ehemaligen Karstplateaus in kegel- oder turmförmige Inselberge noch im Gange begriffen war. Damals mussten zwischen den Sohlen der Urdolinen an der stufenweise emporgehobenen, zur Rumpffläche abgetragenen Kalksteinfläche und der Erosionsbasis noch erhebliche Niveauunterschiede bestanden haben, und es konnten weite und lange Wasserabfuhrkanäle zustandekommen. Die Vertiefung der Dolinen hat diese inzwischen inaktiv gewordenen Höhlengänge wieder eröffnet und zerschnitten (Abb. 16).

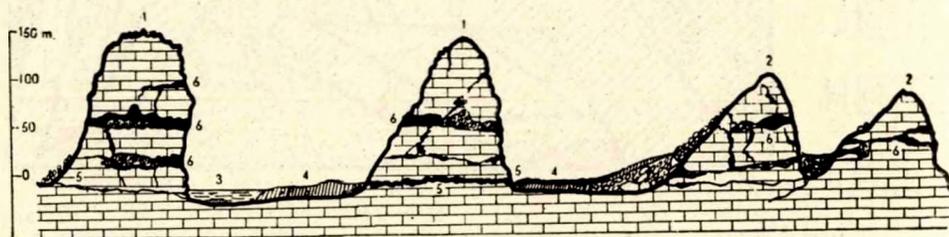


Abb. 16. Profil des Turmkarstes (Typ Jangso). – 1. Vorschriftmässige von der fluviatilen lateralen Erosion auspräparierte Turmberge, 2. typischer Karstkegelberg, 3. Fluss, 4. intermontane Ebene, 5. aktive Flusshöhle, 6. senile Resthöhle.

GWOZDETSKIJ (31., S. 292) behauptet, eine nicht näher angegebene Quelle zitierend, dass „die erosive Gipfflur der Kwangsi-Karstinselberge prätertiär, vermutlich kretazisch sei. Die eigenartigen südchinesischen Kegel- und Turmberge haben sich im Laufe der Karstdenudation aus dieser emporgehobenen Rumpffläche entwickelt. Nach den geologischen und geomorphologischen Angaben ging die Zerstückelung des Kalksteinmassivs in isolierte Inselberge grösstenteils im Tertiär, bis zum Oberpliozän vor sich.“

Wenn wir daher als richtig annehmen, dass die Resthöhlen des heutigen höchsten Niveaus damals entstanden sein mussten, als die Kalkstein-Rumpffläche noch zusammenhing, so können wir mit GWOZDETSKIJ die Zeit der Entstehung der Höhlen vor dem Oberpliozän, ins Miozän, und sogar in die paläogene Zeiten setzen. Selbstredend können die Höhlen in der Nähe der gegenwärtigen Erosionsbasis – da die Entwicklung durch tektonische Ereignisse im allgemeinen nicht gestört worden ist – weit jünger, pliozän und pleistozän sein, sogar geht die Entstehung gewisser sog. aktiver Fushöhlen heute noch vor sich.

Es ist in diesem Zusammenhang nicht ohne Interesse, die Berechnungen von J. CORBEL (17., ungarisch 34.) zu erwähnen. Genannter hat die Dauer der Entwicklung der ähnlichen, jedoch viel kleineren kubanischen Inselberge („Mogotes“) auf 100 Millionen Jahre eingeschätzt, d. h. den Anfang des karstischen Denudationsprozesses auf die Kreide gesetzt. Es folgt daraus, dass – anhand von CORBEL's Tabelle – das Alter der ältesten Höhlen der Inselberge von Kwangsi wenigstens spätesozoisch ist.

Meines Erachtens sind die Feststellungen und Folgerungen von J. CORBEL etwas übertrieben. Nach einer mehrere Jahrzehnte alten Feststellung der Chemie ist es allgemein bekannt, dass kaltes Wasser viel mehr  $\text{CaCO}_3$  von einer Kalksteinfläche weglösen kann als dieselbe Wassermenge bei höherer Temperatur. Obwohl CORBEL zahlreiche Versuche zur Feststellung des Wirkungsgrades der Karstabtragung unter kaltem und warmem Klima anstellte, kann die Aussage, dass die Karstabtragung bei warmem Klima zehnfach langsamer als bei kaltem vor sich geht, doch nicht verallgemeinert werden. Ich bin der Meinung, dass man auf dieser Grundlage die Entstehung des Inselbergkarstes von Kwangsi und seiner Höhlen nicht richtig beurteilen kann.

Es wäre falsch, die Entwicklungsgeschichte eines Karstgebietes anhand von laboratorischen Experimenten oder aus Tabellen über Beobachtungen in anderen Erdteilen entziffern zu wollen. Eine jede Karstlandschaft hat eigenartige petrographische, tektonische, klimatische und andere Gegebenheiten, die den Prozess der karstischen Abtragung, sowie deren Formenschatz und Dauer in einer komplexen Wechselwirkung bestimmen. Das höhere Lösungsvermögen des kalten Wassers in Bezug auf  $\text{CaCO}_3$  ist nicht zu verleugnen, jedoch kann die Rolle dieser Eigenschaft unter subtropischen Verhältnissen durch andere Faktoren im Laufe des tatsächlichen Abtragungsprozesses in den Hintergrund gestellt werden. Umsonst können z. B. die kalten Niederschläge mehr Kohlendioxyd aufnehmen, wenn unter kalten, borealen klimatischen Verhältnissen mit spärlicher Vegetation weniger Kohlendioxyd zur Verfügung steht, als in den tropischen Gegenden, die infolge ihrer üppigen Vegetation um ein Vielfaches mehr kohlendioxydisches Lösemittel ergeben. Auch darüber hinaus beschleunigt die tropische Vegetation direkt (durch Wurzeln usw.) und wermittelt (durch Humussäuren u. s. w.) den Prozess der karstischen Abtragung bedeutend. Auch die absolute Menge des Niederschlags darf nicht vernachlässigt werden, zumal diese die Niederschlagsbeträge der kühleren Klimata mehrfach übertrifft, noch die Erscheinungsformen des Niederschlags (z. B. verheerende Regenstürme), die bereits nicht allein chemisch,

sondern auch mechanisch mit vervielfachten Intensitäten einwirken. Alldas wird durch die um den Karstinselbergen angehäuften beträchtlicher Schuttmassen einleuchtend bewiesen.

Leider stehen einstweilen über die beschleunigende Wirkung dieser Faktoren auf die karstische Abtragung keine zahlenmässigen Angaben zur Verfügung. Es kann aber heute schon als gesichert betrachtet werden, dass die Entstehung der Inselberge von Kwangsi ein verhältnismässig intensiver, rascher Prozess war und dass entsprechend die Alter der alten Bachhöhlen höchstens auf das Miozän zurückgeführt werden kann. Die Ausfüllungen der Höhlen sind bereits an vielen Orten untersucht worden. Es ist mir nicht bekannt, dass man in den Höhlen von Kwangsi vorpliozäne Ablagerungen erschlossen haben würde.

Es ist interessant zu erwähnen, dass die Ablagerungen der südchinesischen Höhlen die *Gigantopithecus* und andere Fossilien hergaben, von den meisten Forschern als mittelpleistozän (200 000–250 000 Jahre alt) angesehen werden. (Dieser Meinung sind KOENIGSWALD, WEIDENREICH, und PEI WEN-CHUNG selber – 37., 38., 56.) Die *Gigantopithecus*-Funde kamen aus einer Höhle des Berges namens Leng-Tschai aus der Umgebung von Liutschou zum Vorschein. Die Höhlenmündung liegt in einer steilen Felswand, 90 m über der gegenwärtigen Fläche der intermontanen Ebene. In der Höhle sind von oben nach unten die folgenden 6 Schichten erschlossen worden: 1. Stalagmit ohne Fossilien (40 cm), 2. Unbestimmte „Zwischenschicht“, fossilieer (80 cm), 3. erneut Stalagmit (30 cm), 4. Kalksteindetritus, Breccie, in den unteren Teilen mit Fossilien (150 cm), 5. „Hauptschicht“, Fundschicht des *Gigantopithecus*-Kiefers; 6. Zunterst: sand und Schluff (30 cm).

Wir hoffen, dass die im Gange begriffenen Ausgrabungen reichlichere Angaben über die Höhlenablagerungen der Inselberge liefern werden und dass man anhand dieser auch der Lösung der genetischen Probleme dieser Höhlen näherkommen wird.

#### b) Aktive Bachhöhlen

Die Zahl der gegenwärtig aktiven Bachhöhlen ist in der Kegel- und Turmkarstgegend aus naheliegenden Gründen wesentlich geringer als die der vorhin besprochenen senilen Höhlenresten. Es finden sich unter den aktiven Höhlen *Schlundhöhlen* und *Quellenhöhlen*, solche, durch welche im ganzen Jahr ein Bach fliesst, und auch solche, in welchen nur zur Zeit des Sommermonsuns strömendes Wasser zu finden ist. In gewissen Fällen – wie z. B. in der Niujen-Höhle von Pulung – kann die Höhle vom Schlund bis zur Quelle begangen werden; diese sind folglich sog. aktive Durchgangshöhlen („durchgehende“ Höhlen gibt es auch unter den senilen Resthöhlen, diese sind jedoch nur in der Hinsicht mit den aktiven Durchgangshöhlen zu vergleichen, dass sie an beiden Enden offen sind).

In den aktiven Bachhöhlen des Kegel- und Turmkarstgebietes finden sich häufig tiefe wassergefüllte *Schlüchte*, unterirdische Seen, sowie unterhalb des gegenwärtigen Bachniveaus mit Schutt verstopfte alte Gänge. Das weist darauf hin, dass ein grosser Teil des Kwangsi-Gebietes zur Zeit in einer langsamen epirogenetisch-sinkenden Bewegung begriffen ist. Die intermontanen Ebenen des sinkenden Gebietes werden durch das Geschiebe der von den Gebirgen herabströmenden Flüsse allmählich aufgefüllt und der Schutt dringt durch die Mündungen auch in die Höhlen ein. Demzufolge werden immer mehr und mehr aktive Höhlen mit einem Syphon abgeschlossen und die unterir-

dischen Gewässer bringen in einem höheren Niveau neue Gänge zustande. Mit der Auffüllung der Höhlen werden häufig die unterirdischen Abschnitte der Bäche ausgeschaltet, die Wasserabführung des betreffenden Gebietes erfolgt mit der Umgehung der Inselberge an der alluvialen Oberfläche der intermontanen Ebenen.

Die Abmessungen der aktiven Bachhöhlen sind im allgemeinen nicht besonders gross. Das ist eine Folge des Umstandes, dass die Länge der Höhlen durch die beschränkten Ausmassen der Karstinselberge bestimmt wird. Die Länge betrug bei den durch mich untersuchten Höhlen etliche hundert Meter bis mehrere Kilometer. Diese Höhlen haben sich im allgemeinen entwickelt, als die Zerstückelung des Karstplateaus in Inselberge bereits ihrem Abschluss entgegenging. Was die inneren Dimensionen betrifft, finden sich weitere (bis 10–30 m hohe) Höhlengänge dort, wo die heutigen Gänge praktisch die vertikal eingemeisselten Abschnitte der auf dem Niveau einer früheren Erosionsbase entwickelten Ganges darstellen.

Wir müssen einen kennzeichnenden Höhlentyp des Kegel- und Turmkarstes auf der Ebene, die sog. „Fusshöhle“ gesondert erwähnen (LEHMANN, 47.). Sie ist eigentlich eine periodisch aktive Höhle, die die überflüssigen Wässer der vollkommen oder teilweise umschlossenen intermontanen Ebenen abführt, hauptsächlich in der Sommermonsunperiode. Die Bezeichnung „Fusshöhle“ wird erklärt dadurch, dass diese im allgemeinen niedrige, enge Höhlen bei der Berührung der flachen intermontanen Ebene und der Karsttürme, an den Füßen der Kalksteinwände münden. Sie sind meistens rezente, junge Formen, jedoch werden häufig – im Falle der Aufschüttung der intermontanen Ebene – auch die tiefergelegenen Resthöhlen reaktiviert und können von neuem als Fushöhlen zu wirken beginnen. Eine solche Fushöhle ist z. B. die untere Höhle des Tsinjin-Berges bei der Stadt Kweilin (911–002) oder z. B. die „Fledermaus“-Höhle bei Lungtan (912–031), bzw. die Quellenhöhle ebenfalls bei Lungtan (912–032).

In der Entwicklung der gegenwärtigen aktiven Bachhöhlen spielte in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten einmal die Korrosion, das andere Mal die Erosion die Hauptrolle. In dieser Beziehung hat Universitätsassistent T. MANDY eine *vollständige petrographische Analyse an Geröllen* aus einer typischen Bachhöhle von Süd-Kwangsi (Niujen-Höhle, Pulung, 991–012 Abb. 17.) vorgenommen und folgendes festgestellt:

Die Schotterproben aus dem gegenwärtigen Bachbett der Höhle lassen sich nach ihren Abmessungen in drei Gruppen einteilen:

- I. Gruppe: 1,5–4 cm
- II. Gruppe: 0,5–1 cm
- III. Gruppe: 0,01–0,1 cm

*Die Gerölle der I. Gruppe*, von 1,5–4 cm Grösse, haben grösstenteils graue oder glänzende braune Überzüge. Diese bestehen aus 0,1–0,2 mm mächtigem Limonit.

Nach der petrographischen Analyse bestehen die Gerölle überwiegend aus Andesit, welcher einen Übergang zum Dazit darstellt. Mit dem unbewaffneten Auge erkennt man in der grauen massiven Grundmasse als porphyrische Gemengteile weisse Feldspäte und schwarze Amphibolleisten im unzersetzten Gestein. Im Dünnschliff kann unter dem Mikroskop festgestellt werden, dass die mikroholokristalline Grundmasse örtlich ganz grobkörnig ist. Hier kann ein Gewebe von Amphibolkristallen gut erkannt werden. Das Gestein verrät eine verhältnismässig rezente, jedoch überaus intensive Verwitterung. Die porphyrische Ausscheidungen sind grösstenteils grosse Feldspäte

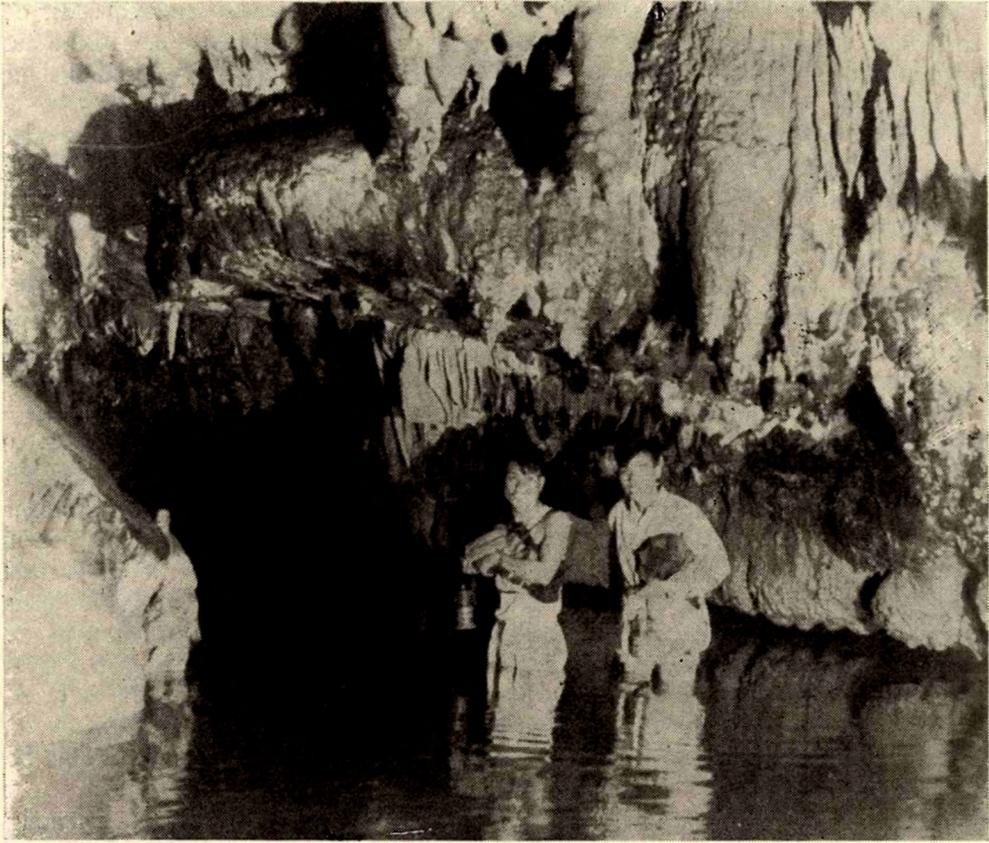


Abb. 17. Eine Expedition in der Niujen-Höhle von Pulung (991-012).

mit automorphen Umrissen, jedoch sind die Kristalle von Rissen durchzogen. Entlang der Risse ist das Mineral zersetzt, in weiteren Rissen sind sogar Einlagerungen von fremden Stoffen zu beobachten. Die meisten Feldspäte sind Karlsbader Zwillinge, die Minderheit besteht aus zwillingslamellierten Plagioklasen. Auch in der Grundmasse sind die winzigen Plagioklasleisten gut erkennbar. Im Schliff ist kein Quarz zu sehen. Die melanokraten Gemengteile sind stark zersetzte Amphibole von wohlerhaltenen Umrissen. Die Kristalle werden meistens von einem Limonitring umgeben. Der Pleochroismus und die Spaltlinien sind auffallend und kennzeichnend. Die Kanten sind örtlich abgerundet. In den Flecken von gröberer Grundmasse sitzen frische Nephelinkristalle von scharfen Umrissen.

Einige Gerölle, besonders die kleineren, sind stark zersetzt. Hier ist die Grundmasse braun, mit weissen zerstäubenden Feldspäten, in welchen selbst mit dem freien Auge Quarzkörner wahrzunehmen sind.

Unter den restlichen Geröllern finden sich solche mit verkieseltem Grundmassengerüst, mit Abdrücken verwitterter Feldspäte. Es kommen einige grosse, frische, gelbe Quarze und endlich auch einige Kalksteingerölle vor.

Die chemische Analyse eines verwitterten Gerölls ergab folgendes Ergebnis: salzsäureunlöslich 80,40% (bestehend aus ziemlich frischem Feldspat, Quarz und Weis-

sem Staub der angegriffenen Silikate). Im ausgelösten Teil gibt es 6,56% Fe, das aus der limonitischen Kruste und aus der Grundmasse her stammt.

T. MANDY hat auch eine Röntgenanalyse am gelben Staub und an den frischen grauen Teilen des verwitterten Gerölls vorgenommen. In beiden Aufnahmen waren bloss die Linien von Quarz und Feldspat zu sehen, nach den Intensitäten in einem Mengenverhältnis 2:1. Tonminerale melden sich nicht.

Die Untersuchung der in die II. Gruppe gehörenden Körner ergab folgendes (Fraktion 0,5–1,0 cm):

In ihrer Zusammensetzung waren diese den vorangehenden ähnlich. Die Körner sind weitgehend abgerollt, mit einem ausgeprägteren glänzend-limonitischen Überzug. Ein Teil der Körner war mit einer weissen Kruste aus Kalziumkarbonat bedeckt.

Es fanden sich in dieser Fraktion nebst der erwähnten Körner auch weiche, abgerollte Körner, aus einem schwach karbonatischen Verwitterungsprodukt bestehend. Interessant sind gewisse ganz runde schwarzbraune Körner von kleinem spezifischen Gewicht und schaliger Struktur. Sie bestehen aus reinem Manganoxid.

Die III. Gruppe (Fraktion 0,01–0,1 cm) ergab folgendes:

Sie bestand überwiegend aus wenig abgerollten, jedoch auch nicht kantigen gelben Quarzkörnern. Die Menge des Andesitdetritus ist gering. Die winzigen runden Mangandioxidknollen sind recht häufig.

### c) Abrasions-Höhlen

Abrasions-Höhlen kommen in den nach Vietnam hinüberziehenden Teilen des chinesischen Kegel- und Turmkarstes vor, wo die marine Transgression die intermontanen Ebenen überschwemmte, die Karsttürme in wahrhaftige Insel umformte; in die Flanken der Karsttürme schneidet das seichte Wattenmeer mit ihrer korrosiven und erosiven Wirkung neue rezente Höhlenräume (Ha Long-Bucht). Es sollen jedoch von diesen in genetischer Hinsicht jene Bachkarsthöhlen unterschieden werden, die infolge der epirogenetischen Senkung des Gebietes und infolge des vordringenden Meeres in die gegenwärtige Meereshöhe und örtlich sogar darunter gelangten. Die abrasive oder fluviale Entstehung der Höhlengänge lässt sich nicht überall leicht unterscheiden, da die beiden Wirkungen sich miteinander verflechten (60).

### 3. Die Höhlen des Hochflächenkarstes

Die Höhlen des verkarsteten Hochflächen von *Jünnan-Kweitschou* unterscheiden sich morphologisch kaum von den Höhlen der temperierten oder mediterranen Karstgebiete von ähnlichem Typus. Die Haupttypen sind:

- a) Aktive Bachhöhlen (Ponor-, Quellen- und durchgehende Höhlen),
- b) Resthöhlen,
- c) Höhlen unterirdischer Flüsse
- d) Schachthöhlen.

### a) Aktive Bachhöhlen

Das Kegel- und Turmkarstgebiet von Kwangsi ist heute durch die weitgehende Entwicklung eines oberflächlichen Wassernetzes gekennzeichnet, und die Höhlen sind überwiegend senile Resthöhlen; dagegen findet sich an den Planinen von Jünnan-Kweitschou ein wohlentwickeltes unterirdisches hydrographisches Netz. Die Niederschläge verschwinden in Dolinen, Uvalen oder Poljen von kleineren oder grösseren Abmessungen und erreichen die in den hohen Tunneln dahintosenden unterirdischen Ströme durch Gänge von langen Kilometern, entlang von unbekanntem unterirdischen Läufen.

Auf der Hochebene hatte ich die Gelegenheit, mehrere *aktive bzw. periodisch aktive Ponorköhlen* zu besuchen. Die Öffnungen dieser Höhlen sind so breit, dass der Mensch ohne Schwierigkeiten eindringen kann, jedoch kann man im Mangel von spezieller Ausrüstung das Wasser nur selten durch längere Entfernung verfolgen. Die offenen Wasserschlinger von grosser Aufnahmekapazität sind offenbar durch die sommerlichen Monsungewitter ausgeformt worden. Ich hatte auch die Möglichkeit, mehrere *aktive und periodische Quellenhöhlen* zu besichtigen. Diese weichen in ihrer Entwicklung nicht viel von den ähnlichen Formen des Dinarischen Karstes ab. Über völlig – vom Wasserschlinger bis zur Quelle – *begehbare Durchgangshöhlen* weiss man weniger, nicht als ob es keine geben würde, sondern weil es bisher noch keine Anwärter zu ihrer Begehung und Aufklärung gab.

### b) Resthöhlen

Die senilen Resthöhlen spielen auf der Hochebene *eine untergeordnete Rolle*, obzwar ihre Zahl auch mehrere Tausende erreichen mag. Die Altersbestimmung der hiesigen Resthöhlen ist eine noch kompliziertere, noch weniger geklärte Frage als die der senilen Höhlen in den Kegel- und Turmbergen.

In verschiedenen Höhen finden sich am Karstplateau in Karstinselbergen (isolierten Kalksteinkegelbergen) oder in entlang von Brüchen emporgehobenen Blöcken Höhlen von sehr wechsellvollen Ausmassen und Formen. Schutt und Verwitterungsprodukte haben mehrere bereits vollkommen verstopft, ihre Mündungen werden durch das dichte subtropische Gestrüpp vor dem menschlichen Auge verdeckt.

### c) Höhlen unterirdischer Flüsse

Wir müssen die Höhlen unterirdischer Flüsse etwas eingehender besprechen, da diese besonders *am Südrande des Kweitschou-Hochlandes* einen kennzeichnenden Höhlentyp darstellen (Abb. 18.). Die meisten Flüsse beginnen im bedeckten Karstgebiet in der Mitte des Hochlandes; sie laufen dann, mehrere Bäche von verschiedener Kapazität aufnehmend, nach dem Süden und stossen in tiefen Kanyons in einem durch Kegelberge bestückten Terrain dem das Plateau entwässernden Hungschuiho zu. Diese karstischen Talschlüchte, Kalksteinkanyons haben bis zu den letzten Zeiten zusammenhängende, 50–100 m hohe Höhlengänge gebildet, deren Einbruch auf Ende Pleistozän bis aufs Holozän fiel. Es sind etwa 15–20 unterirdische Flüsse (chinesisch Fuliuhö) bekannt, deren Wasserförderung je 5–25 m<sup>3</sup>/sec. beträgt. Ihre oberflächlichen

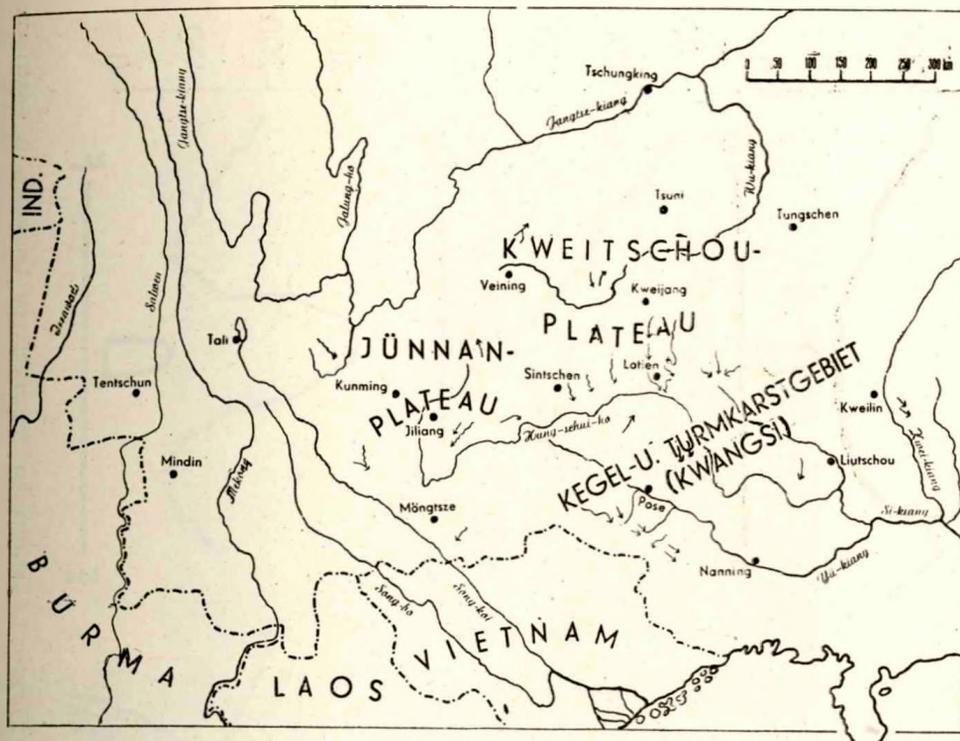


Abb. 18. Wichtigste unterirdische Flüsse („fuhluo“)

Läufe sind 50 bis 150 km lang, wogegen die Längen ihrer unterirdischen Betten, uneingestürzten Höhlengänge unbekannt ist. Örtlich wird der Fluss nur durch eine 10–20 m breite natürliche „Steinbrücke“ überspannt, in Höhen von 80–120 m, anderswo verschwindet der Fluss für lange Kilometer. Es gelang mir im Rahmen einer einwöchigen Expedition drei nahe aneinander liegende unterirdische Abschnitte der Tunnangho südlich von Kweijang aufzufinden. (Abb. 19). Die Begehung dieser Abschnitte würde die Organisation einer sehr wohlüberlegten Expedition erfordern (Abb. 20).

#### d) Schachthöhlen

Obzwar die Meereshöhe des Karstplateaus örtlich die 1500–2000 m überragt, beträgt der lokale Niveauunterschied zwischen der Hochfläche und der lokalen Erosionsbase (Karstfluss) selten mehr als 300–500 m. Folglich kann die Tiefe der Schachthöhlen – deren Zahl mehrere Tausend erreichen kann – die einige Hundert Meter nicht übersteigen. Nichtsdestoweniger würde ihre wissenschaftliche Erforschung von grossem Interesse sein, da es hier möglich wäre, mehrere unerforschte Momente der Schlotbildung aufzuklären. Neben der von mir besuchten Ortschaft Jangtsanpa (NW – Kweitschou) liegen in einer ganz engen Umgebung mehrere Dutzend tiefe Schachthöhlen. Zumeist sind diese tektonische Schluchthöhlen. Sie münden entlang einer

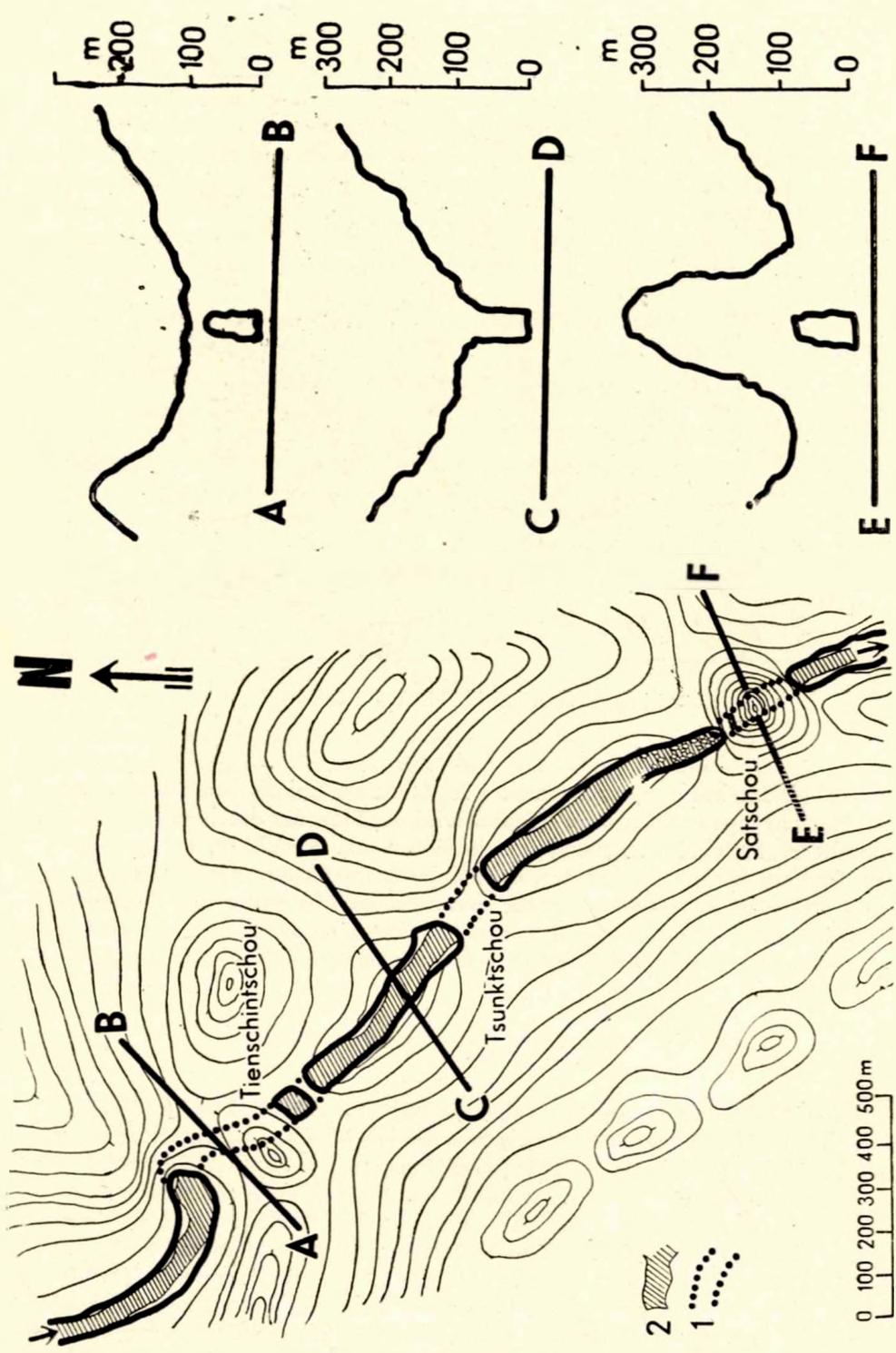


Abb. 19. Die unterirdische Wege von Tunrangho bei Tuensa. - Nivaulinie 25 meter. 1. Unterirdischer Wasserlauf von Tunrangho. 2. aufgerissene Höhlengänge.

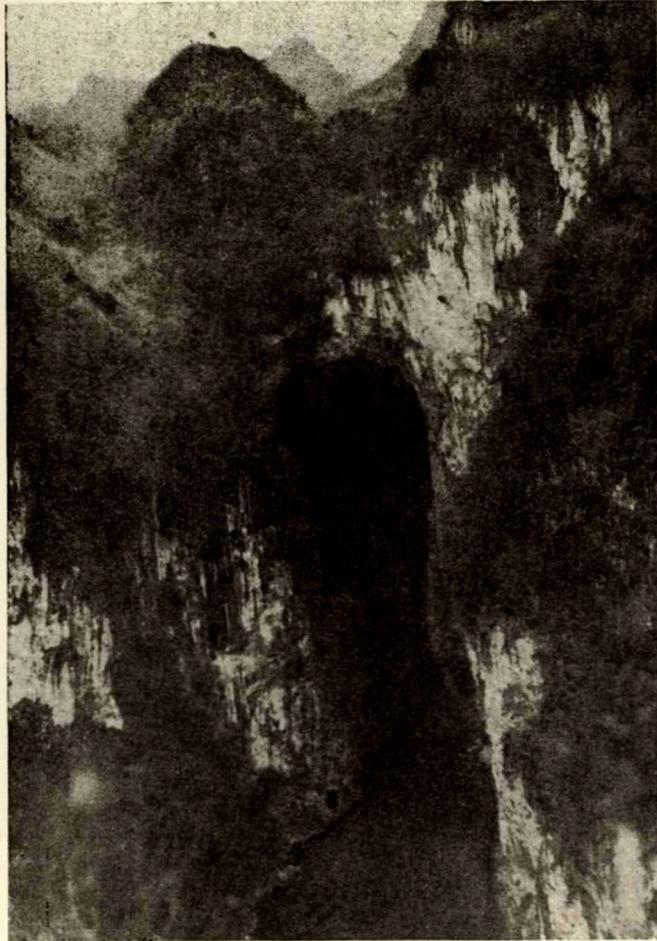


Abb. 20. Schlucht des Tunnangho in der Nähe der Ortschaft Toansa (Tienschintschou, 741-001).

wohlausgeprägten tektonischen Linie, voneinander kaum 4-5 m entfernt, an den Rändern von Dolinen.

#### 4. Die geologischen Bildungen der Höhlen

Unter den inneren Ablagerungsformen der Höhlen seien in erster Reihe die Ablagerungen des kalkübersättigten Wassers, *die verschiedenen Tropfstein- und Kalktuffbildungen* erwähnt.

Die subtropisch-tropischen Höhlen werden im allgemeinen durch beschleunigte Tropfsteinbildung in Abhängigkeit von den lokalen klimatischen Gegebenheiten gekennzeichnet (Abb 21-22). Die Anhäufung von Tropfstein kann örtlich zur vollkommenen Ausfüllung der Höhle, zur Verstopfung ihrer Gänge führen.

Besonders zu hervorheben sind wieder *die Tropfsteinbildungen des Kegel- und Turmkarstes*. Die Entwicklung zu Karstbergtürmen hat in hydrographischer Hinsicht meistens



Abb. 21. Prächtige Tropfsteinbildungen aus dem Sienschentung von Haiji (812-C51).

zur Folge, dass die Niederschläge bereits nicht mehr in die Spalten des Gesteins einsickern (da diese bereits ausgefüllt sind), sondern an den steilen Felswänden herabrinnen. Da an den Abdachungen und Flanken der Berge bereits eine Vegetation Fuß fasste, ist das Niederschlagswasser an Kohlendioxyd und Humussäuren angereichert. Das aggressive Wasser löst am Dach und an den Steiflanken des Turmes scharfe Karrformen aus. Wird das Wasser bereits am Dach gesättigt, so kann ein Teil des  $\text{CaCO}_3$  aus dem Wasser, das an den Steilwänden, Wurzeln, Ästen usw. herabsickert, ausscheiden und es können derart interessante sog. oberflächliche Tuffvorhänge entstehen.

Es geht aus dem gesagten hervor, dass in die Höhlengänge der isolierten Inselberge des Kegel- und Turmkarstes die sickern den Niederschlagswässer heute kaum mehr eindringen. Diese Höhlen sind ausgetrocknet, die Tropfsteinbildung hat aufgehört, bzw. sind die bestehenden Bildungen einer allmählichen Zerstörung verfallen. Die derartigen Tropfsteine sind glanzlos, stark verwittert, abgerundet. Die jüngeren Stalaktite von unter 5–10 cm Durchmesser fehlen schon vollkommen, wurden zerstört. In den Sälen und Gängen in der Nähe der Mündungen werden die Bildungen von einer farbigen Pilzschicht oder von Moos überzogen. In bewohnten Höhlen sind die Wände und Tropfsteine von schwarzem Russ bedeckt.



Abb. 22. S Abb. 21.

In den grossen durchgehenden *Höhlen des Jünkwei-Plateaus* ist die Lage verschieden. Hier geht – sofern das von der aktiven Wasserströmung nicht verhindert wird – heute noch eine lebhaft Tropfsteinbildung vor sich. Die Formen (Stalaktit, Stalagmit, Tropfsteinvorhänge, Tataraten, Erbsensteine usw.) sind denen der Höhlen der temperierten Zone identisch.

##### 5. Die Lebewelt der südhinesischen Höhlen

Das Südhinesische Karstgebiet verfügt über eine *überaus mannigfaltige Höhlenfauna*. Dagegen ist diese Fauna für die speläobiologische Forschung fast völlig unbekannt, da hier bislang keine systematische Sammelarbeit stattfand. Ich habe als eins der wichtigsten Ziele meiner Expedition betrachtet, die direkt einfangbaren Tiere einzusammeln und an unsere Biologen weiterzugeben. Im Rahmen dieser Tätigkeit habe ich in verschiedenen Höhlen der Provinzen Kwangsi, Kweitschou und Szetschuan mehrere hundert Exemplar eingesammelt, deren Ordnung und Bearbeitung zur Zeit im Gange begriffen ist.

Die Lebensbedingungen sind in den aktiven, periodisch aktiven bzw. durch sickernde Wasser durchflossenen inaktiven Höhlen der Südchinesischen Karstlandschaft überaus günstig. Die Höhlen können in Verhältnis zu den ungarischen als warm angesprochen werden (16–22 °C, anstatt von 9–10 °C in Ungarn), und die Fluten der durch die offenen Schlünde einbrechenden Wasser der tropischen Gewitter fördern Unmengen von organischen Nährstoffen in die Höhlengänge. Infolge dieser idealen Gegebenheiten ist die Fauna der bewässerten Höhlen an Zahl der Individuen und vermutlich auch an Arten überaus reich. Örtlich wimmeln an den frischen Guanohaufen die 2–3 cm langen weissen Tausendfüssler wie die Ameisen, und die Schritte des eindringenden Menschen schrecken Dutzende von grossen Heuschrecken auf.

In den inaktiven, senilen Resthöhlen des Inselbergkarstgebietes ist die Lage anders. Die meisten dieser Höhlen sind vollkommen trocken, deshalb ist die Tierwelt der ehemaligen Bachhöhle schon ausgestorben. Dieser Prozess wurde nur noch gefördert durch den Umstand, dass diese Höhlen seit den frühesten Zeiten fast bis zum heutigen Tag vom Menschen in Anspruch genommen worden sind, der heizte, Licht machte und sich einrichtete, was durch die Höhlentiere schwerlich vertragen wurde. Dagegen tritt in den aktiven Höhlen im Niveau der intermontanen Ebenen (z. B. in zu Fusshöhlen umgewandelten Resthöhlen) gleichfalls eine reiche Höhlentierwelt auf, wie in den Höhlen von Ping-Siang und Pulung (an der vietnamesischen Grenze).

Vom Material der biologischen Sammlung sind bisher die *Diplopoden* und *Chilopoden* bearbeitet worden. Im Laufe der systematischen Untersuchung hat I. LOKSA fünf neue *Diplopoden*-Arten und eine neue *Chilopoden*-Art sowie eine noch nicht ganz genau bestimmte *AscospERMOPHORA*-Art nachgewiesen. In der Mehrzahl lassen sich diese unter den wahren Höhlenbewohnern (Trogllobionta) einreihen, bloss *Octoglyphus pulcher* n. sp. ist troglophil (55).

Auch *Fledermäuse* kommen in zahlreichen Höhlen vor. Eine aus der Niujen-Höhle (Ping-Siang, Pulung) an der vietnamesischen Grenze eingesammelte Fledermaus ist durch M. KRETZOI als *Hipposideros armiger* (HODGSON) bestimmt worden. Diese Fledermausart war bisher von Nepal bis Jünnan bekannt.

## 6. Ökonomische Nutzung der Höhlen

Vielleicht sind nirgends in der Welt die Höhlen so weitgehend nutzbar gemacht worden als im Südchinesischen Karstgebiet, besonders was die Höhlen des Kegel- und Turmkarstgebietes betrifft.

Von ausgebauten, für *Fremdenverkehr* eingerichteten, elektrisch belichteten grösseren Höhlen gibt es, soweit ich weiss, nur eine, nämlich die Tsinjien-Höhle neben der Stadt Kweilin. Kleinere (manchmal künstlich errichtete), mit Tischen und Bänken eingerichtete, mit Statuen und Topfpflanzen geschmückte Lusthöhlen gibt es in den Volksparken fast einer jeden grösseren Stadt.

Die älteste Anwendung der Höhlen für menschliche Zwecke ist die Nutzung als *Wohnhöhle*. In dieser Hinsicht sind die Höhlen der Kegel- und Turmberge auch nicht zu verschmähen, da sie grösstenteils vollkommen trocken und daher gesund sind, die in steilen Felswänden mündenden Öffnungen boten auch gegen Raubtiere Schutz. Mit der Abdichtung der Öffnungen konnte in den Höhlen eine ständige Temperatur von 20–22 °C erreicht werden, da die jährliche Durchschnittstemperatur dieser südlichen Gegend um diesen Wert schwankt. Es ist auch nicht zu bewundern, dass der pleistozä-



Abb. 23. Auf einem Löwen reitende buddhistische mythologische Gestalt in der Siennütung bei Tschungking (615-001).

ne *Gigantopithecus* 600 000 Jahre vorher in denselben Höhlen lebte, wo auch der Mensch der historischen Zeiten sich einrichtete. Örtlich werden diese Höhlen selbst heute als Notunterkünfte angewendet. Neben Jangso ist für die Arbeiter eines periodisch tätigen Industriewerkes eine gesunde Höhle im Karstturmberg namens Pilientung, zünftig aufgeräumt und eingerichtet, als zeitweise Arbeiterunterkunft dargeboten worden.

In der Vergangenheit sind mit der Verbreitung des Buddhismus sehr viele Höhlen für *mystisch-religiöse Zwecke* eingerichtet worden. Viele sind Jahrhunderte hindurch von buddhistischen Mönchen bewohnt worden (z. B. 615-001, 625-001, 812-003, 812-051, 911-006, 911-007), in anderen wurden mit buddhistischen Statuen Heiligtümer (Tempel) ausgestaltet worden (Abb. 23). Einige Höhlen dienten bis zu den letzten Zeiten der gläubigen, abergläubischen Einwohnerschaft als Wallfahrtsstätten (625-001, 991-011) (Abb. 24).

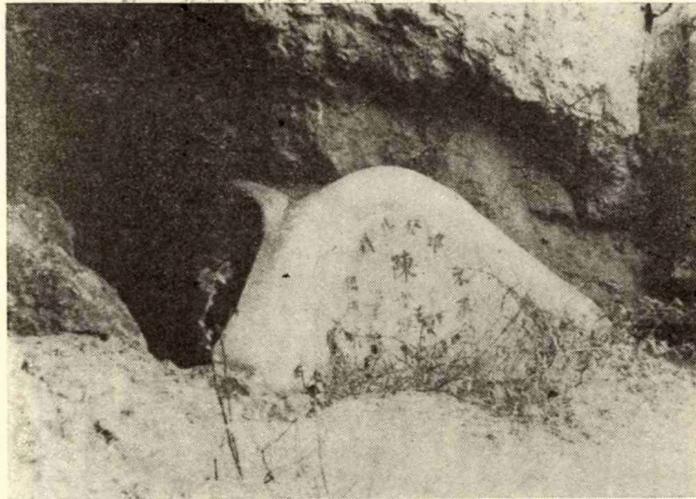


Abb. 24. Begrabungsstätte in einer Höhle am Ufer des Tatuho (West-Szetschuar.).

Heute werden die grossen trockenen Höhlen bereits für industrielle Zwecke genutzt. So ist z. B. neben der Schule von Pitschieh (NW-Teil des Kweitschou-Hochlandes) eine zweistöckige, 80 m lange Werkhalle in eine riesige Höhlenmündung eingebaut worden. Nur die Scheidewände mussten erbaut werden, für Dach und Aussenwände sorgte die Natur. Ich habe in Höhlen auch Viehstallungen ganzer Gemeinden (Abb. 25), Schweinemästeanlagen von mehreren hundert Stück Tier gesehen. Neben Jangso ist in einer Höhle ein riesiges Holzkohlendepot untergebracht; unweit arbeitet ein Korbflechtwerk ebenfalls in einer grossen Höhlenmündung.

Auf den verkarsteten Hochflächen, wo das Wasser – besonders in den niederschlagsarmen Monaten – Sorgen bereitet, wird der Aufschliessung und Nutzbarmachung der unterirdischen Wasserläufe immer mehr Aufmerksamkeit gewidmet. Man hat einfache Wasserhebevorrichtungen konstruiert, die aus Bambus mit eigenen Mitteln zusammengefügt werden können und nur kräftige Füsse zum Heben des Wassers um 20–30 m und noch mehr mittels Drehung der Antriebsräder benötigen.

Chinesische und sowjetische Hidrogeologen befassen sich auch mit den Fragen der Nutzung der Energie der unterirdischen Gewässer. Unlängst ist das erste derartige unterirdische Kraftwerk in der Provinz Jünnan in Betrieb gestellt worden.

Alles in allem bieten die Höhlen und besonders die unterirdischen Gewässer der Südchinesischen Karstgegend fast unbegrenzte Möglichkeiten der Nutzbarmachung.

\* \*

Der Mensch der Gegenwart ist auch im Südchinesischen Karstgebiet Zeuge der revolutionären Tätigkeit, die in ganz China politische, wirtschaftliche und kulturelle Umwandlungen zustandebringt. Diese beeinflusst nicht nur das Leben der hiesigen – grösstenteils aus verschiedenen Nationalitäten zusammensetzen – Bevölkerung, sondern auch das ganze Antlitz der Karstgegend. Es werden in die massige Felsen Strassen und Eisenbahnen gesprengt, die Ausbeutung der unerschöpflichen mineralischen Schätze wird in Hunderten von Bergwerken angegriffen, überall entstehen Hunderte und Tausende von Betrieben, die vielen Millionen Familien Arbeit und Unterhalt bieten.

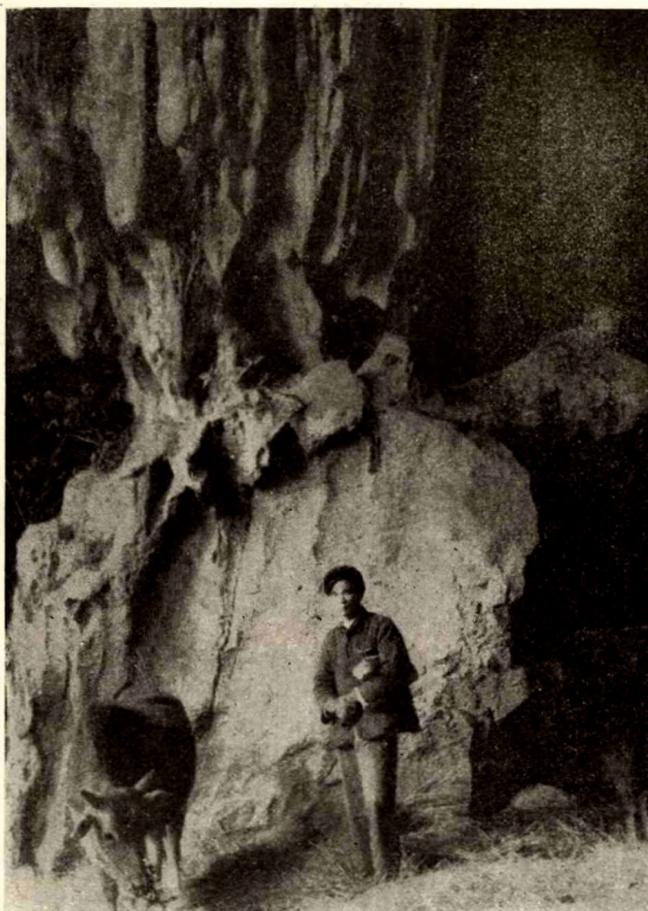


Abb. 25. Senile Tropfsteinbildungen in der als Kuhstall eingerichteten Stallhöhle von Tschuan-jien (912-042).

Die chinesischen Partei- und wirtschaftlichen Organe widmen der volkswirtschaftlichen Nutzung dieses reichen Karstgebietes immer mehr und mehr Aufmerksamkeit. Dabei tritt immer mehr die Frage der Nutzung der Karstgewässer in den Vordergrund und das steht wiederum in enger Verbindung mit dem Einstellen allgemeiner speläologischer Arbeiten und Erkundungen. Die sich in immer höheren Graden entfaltende chinesische Wissenschaft wendet sich diesem verhältnismässig vernachlässigten Gebiet auch mit wachsendem Interesse zu. Die Lehrer und Studenten verschiedener Universitäten, die Mitarbeiter wissenschaftlicher Forschungsinstitute begehen systematisch die Karsgebiete, und haben auch bis jetzt schon gewiss viele wertvolle wissenschaftliche Beobachtungen und Erfahrungen gesammelt. In Kürze werden auch von den geologischen Karten die weissen Flecke der unerforschten Gebiete verschwinden und die systematische und methodische Erforschung und Aufschliessung der Höhlen des Südchinesischen Karstgebietes wird auch sicherlich die Wissenschaft der allgemeinen Speläologie um viele wertvolle Kenntnisse bereichern.

## ANHANG

### BEITRÄGE ZU EINEM HÖHLENKATASTER VON CHINA

Im Laufe meiner chinesischen Studienreise begang ich – besonders in dem Südchinesischen Karstgebiet – mehrere Hunderte von Höhlen. In der untenstehenden Zusammenstellung möchte ich einen kurzen Überblick über die von mir begangenen bekanntesten und wichtigsten Höhlen geben (Abb. 26).

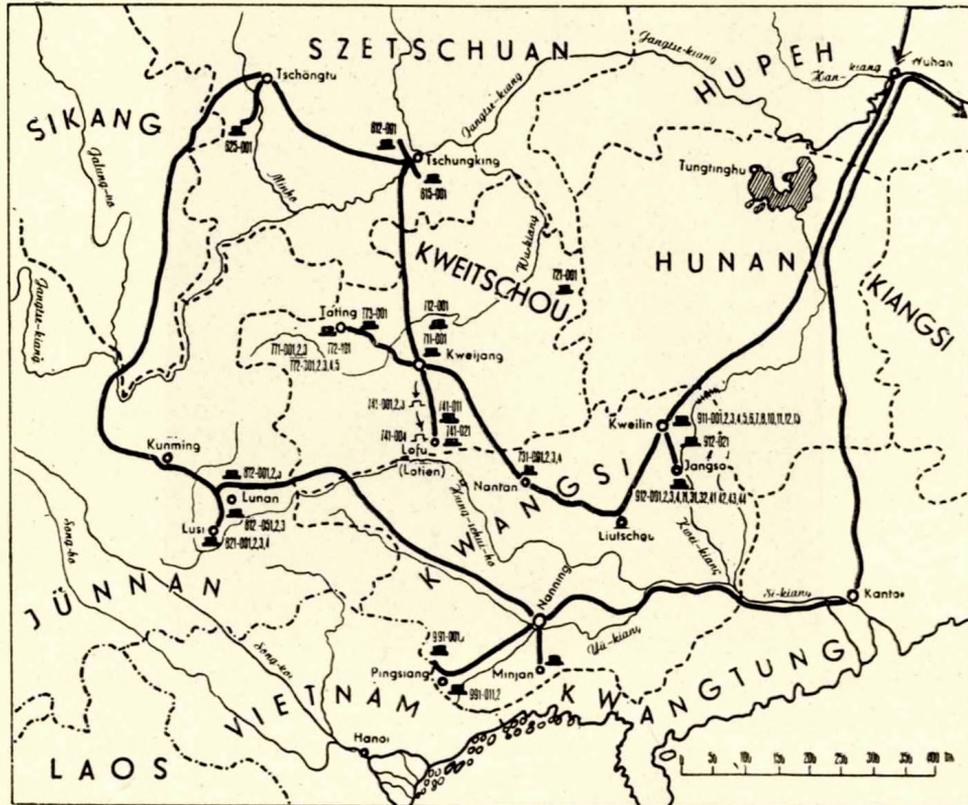


Abb. 26. Lage der wichtigeren im Laufe der Studienreise begangenen Höhlen.

Zwecks leichter Zurechtfindung und einer gewissen Systematik habe ich eine sechsstellige katastrale Numerierung eingeführt. Die ersten drei Ziffern geben die geographische bzw. verwaltungsgeographische Lage der Höhle an, indem die anderen drei die Seriennummer der Höhle im gegebenen Bezirk angeben.

Z.B.

8 JÜNNAN (Name der Provinz)

81 KUNMING UND UMGEBUNG (Sitz der Provinz Jünnan und zentraler Teil der Provinz)

812 Lunan (Stadt im südöstlichen Teil des mittleren Teiles der Provinz Jünnan).

812-003 *Tschijüntung* (Höhle Nr. 3. im oben angegebenen Bezirk, d. h. in der Umgebung des Städtleins Lunan).

Diese Numerierung kann als Grundlage zu einer späteren systematischen Erfassung der bedeutenderen chinesischen Höhlen dienen.

In der vorliegenden Zusammenstellung teile ich Angaben über 70 Höhlen mit.

\* \* \*

## 1 NORD- UND NORDWEST-CHINA

(Autonomes Gebiet Sinkiang-Uigur, Autonomes Gebiet Innere-Mongolei, Kansu)

## 2 NORDOST-CHINA (Heilungkiang, Kirin, Liaoning)

## 3 MITTEL-CHINA

31 PEKING und UMGEBUNG

32 HOPEH

### 321 Tschoukoutien

321-001 *Höhle des Peking Urmenschen*

Diese Höhle, eine der berühmtesten der Welt, liegt 48 km SW von Peking, am SW-Rande des Dorfes Tschoukoutien, ist eine weite Höhlung in ordovizischer Kalkbreccie, am Ostabbruch des Westlichen Gebirges. Seit 1927 finden in der Höhle ständig Ausgrabungen statt, die viele Knochenreste des berühmten Peking Urmenschen, *Sinanthropus pekinensis* lieferten. 1953 ist neben dem Höhleneingang auch ein Museum des Wirbeltier-paläontologischen Laboratoriums der Chinesischen Akademie eröffnet worden, wo die Funde der Ausgrabungen ausgestellt werden.

Die Höhle ist durch die Ausgrabungen durch und durch verändert worden. Man hat zwischen 1927 und 1951 16 700 m<sup>3</sup> Schutt durchsucht und entfernt. Einige Jahre vorher stürzte auch die Decke der Höhle in einem langen Abschnitt ein. Der heute noch als Höhle ansehbare Teil ist etwa 15-20 m lang, 10-15 m hoch und 5-8 m breit.

### 321-002 *Obere Höhle*

Eine über der vorhergehenden Höhle sich öffnende kleinere Höhle, mit spätpleistozäner Ausfüllung. Die Ausgrabungen ergaben neben dem sog. „Menschen der Oberen Höhle“ sehr viel Säugetierknochen.

### 321-003 *Liuschischan-Höhle*

Diese Höhle, in der Südostflanke des „Höhlenberges“ von Tschoukoutien sich öffnend, habe ich nach meinem alten chinesischen Führer benannt. Der Durchmesser der Mündung ist 1 m. Nach einem waagrechten Gang von 2 m folgt ein vertikaler Abschnitt. Die Tiefe ist unbekannt.

Neben den hier genannten Höhlen (321-001-2-3) erwähnen die paläontologischen Abhandlungen noch etwa 15 weitere. Diese habe ich nicht besucht, deshalb lasse

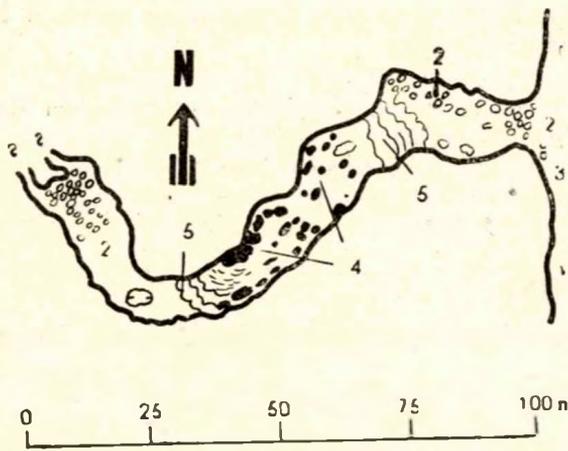


Abb. 27. 321-C04. Grundriss des Schungtung. (Tschoukoutien, Provinz Hopeh)  
 1 - Wand des Steinbruches. 2 - Felsschutt, 3 - Eingang.  
 4 - Tropfsteine. 5 - Sinterbecken.

ich sie aus dieser Zusammenstellung weg. Die soeben genannten Höhlen werden in den paläontologischen Arbeiten in anderer Numerierung angegeben (Choukou-tien Locality No 1 usw.).

321-004 Schungtung\*

Öffnet sich nördlich vom Dorfe Tschoukoutien in einer Wand eines riesigen Steinbruches. Das umgebende Gestein ist grauer ordovizischer Kalk. Im Laufe des Steinbaus ist ein Abschnitt von etwa 30-40 m Länge eingesprengt worden. Auch in den restlichen Abschnitten sind



Abb. 28. Detail der Schungtung von Tschoukoutien (321-C04).

\*In der Chinesischen heisst „Tung“ bzw. „Schan-Tung“ Höhle, weshalb in den Namen das Wort. Höhle deutsch nicht nocheinmal ausgeschrieben worden ist (Schungtung-Höhle würde unrichtig sein)

die Tropfsteine grösstenteils durch die Sprengungen zerstört worden. Trümmer, von dem Dach herabgefallene Felsen gibt es reichlich. Die Mitte des begehbaren Abschnittes wird von einer nach beiden Seiten schräg abfallenden Kalktuffbildung eingenommen. Der gegenwärtige Endpunkt der Höhle liegt bei einem Haufen von Felsblöcken, unter welchen enge Gänge sichtbar sind. Dort können eventuell noch weitere Abschnitte aufgeschlossen werden. Die gegenwärtige Länge beträgt etwa 110 m. Die durchschnittliche Breite ist 10 m, die Höhe 8 m. Bei einer äusseren Temperatur von 25 °C habe ich am 23. April 1959 eine innere Temperatur von 15° gemessen. Ich konnte hier keine Höhlenfauna finden. Die Höhlenmündung ist durch eine Holztür versperrt (Abb. 27-28).

### 321-005 Jünschuitung

Ein aus sechs grösseren Sälen bestehendes Höhlensystem, 60 km SW von Peking im Schantang-Gebirge, mit reichlicher Tropfsteinbildung. Die Säle werden durch enge Gänge verbunden. Aus dem 6. Saal öffnet sich eine tiefe Schlucht. Die begehbare Länge der fast waagrechten Höhle beträgt 860 m. Die Mündung liegt in 560 m Meereshöhe (nach der Beschreibung von G. BOUILLARD).

- 33 SCHANSI
- 34 SCHENSI
- 35 HONAN
- 36 SCHANTUNG

## 4 SÜDWEST-CHINA (Autonomes Gebiet Tibet, Tschianghai, Sikang)

## 5 SÜDOST-CHINA (Hupei, Anhwei, Kiangsu, Tschekiang, Hunan, Kiangsi, Fukian, Kwangtung, Taiwan)

## 6 SZETSCHUAN

### 61 TSCHUNGKING und UMGEBUNG

#### 611 Tschungking

#### 612 Peipeh

#### 612-001 Höhle der Nördlichen Thermalquelle (Peiweentschuan)

Die Höhle liegt im berühmtem Badeort Peipeh 30 km N von Tschungking. Ein Teil der Höhle ist ein eingebrochener Felslabyrinth. Das 30 °C warme Thermalwasser fliesst bachartig aus einem engen Höhlengang hervor. Diese tektonische Spalte ist bis etwa 15-20 m begehbar. Das juvenile Thermalwasser erhält eine Beimischung von einsickerndem kalten Regenwasser. Die Ergiebigkeit ist etwa 100 l/min. Die Höhle weist den kennzeichnenden Formenschatz der Thermalwässer (Halbkugelkolken uws.) nicht auf. Erbsensteine sind häufig. In der unmittelbaren Nähe brechen noch 4 weitere grössere Thermalquellen aus dem Kalkstein hervor. Die gesamte Ergiebigkeit ist um 4100 Liter/Min, bei einer durchschnittlichen Temperatur von 37 °C von geringer Schwankung. Keine Höhlengänge sind bei den letzteren Quellen bekannt. Die Thermalwässer werden in Badeanstalten verwendet.

## 615 Gebiet südlich von Tschungking

### 615-001 *Siennütung*

Etwa 20 km SW von Tschungking liegen die sog. „Südlichen Thermalquellen“ (Nanwentschuan). Ihre Temperatur ist bei einer Ergiebigkeit von 500 l/min 41 °C. Sie kommen aus Kalkstein, jedoch wird dem juvenilen Thermalwasser kaltes Niederschlagswasser beigemischt, weshalb Temperatur und Ergiebigkeit schwanken. Etwa 500 m weiter oben im Tal bricht eine Karstquelle von 18 °C Temperatur und 1000 l/min Ergiebigkeit auf, namens Fünfseenquelle. Etwa 25–30 m oberhalb der Fünfseenquelle liegt die periodische Fliegerquelle. Der Namen rührt davon her, dass das Wasser in einem etwa 15 m hohen Wasserfall abfällt. Diese ist eine kennzeichnende Flutquelle. Sie strömt aus einer offenen Höhlenmündung empor. Das in der Mündung aufgestaute Wasser ist anderthalb Meter tief. Oberhalb des Wassers ist ein Buddhatempel mit Statuen und elektrischer Beleuchtung eingerichtet worden. Am inneren Ende des Schutthaufens kann man mit Seilen zum Niveau des Höhlenbaches absteigen. Hier ist die Höhle etwa 2–3 m breit, 8–10 m hoch. Die Länge wird von den Chinesen auf 2 km eingeschätzt. Die Höhle ist eine charakteristische Bachhöhle, die heute infolge des Absinkens der Erosionsbasis inaktiv wurde und nur zur Zeit von Fluten Wasser führt. Über den sagenhaften Einwohner der Höhle, einer Fee, lebt eine interessante Geschichte am Volksmund. (Auch der Namen Siennütung = Höhle der Fee stammt von dieser Sage her.)

## 62 TSCHÖNGTU UND UMGEBUNG

### 625 **Omeischan**

#### 625-001 *Tschiulaotung*

Das Omeischan-Gebirge ist eins der fünf „schönsten“ Gebirgen Chinas. Es liegt etwa 100 km SW von Tschöngtu. Die Höhlenmündung der Tschiulaotung öffnet sich in einer steilen Felswand in etwa 1770 m Meereshöhe in der Mitte des Gebirges, etwa 500 m vom Lamakloster Schienfuasi entfernt. Man kann die Höhle durch mehrere hundert schmuckhaft ausgebaute Holztreppe erreichen. Deutsch heisst sie die Höhle der Neun Alten, wo jedoch unter Alten hier die Gottheit Buddha zu verstehen ist. Ehemals wohnten hier neun alte Lamas in Höhlengrotten. Die stark beräucherten, mit dickem schwarzem Russ bedeckten Höhlenwände zeugen jedoch davon, dass sie in den vergangenen Jahrtausenden nicht die einzigen Einwohner der Höhle waren.

Die Höhle ist in leicht zerfallendem, leicht verwitterndem, stark gefaltetem mesozoischem Kalk entstanden. Im T-förmigen Gang befinden sich bei der Mündung mehrere Buddha-Statuen. Von hier gelangt man durch einen abfallenden, sich ausbreitenden Tunnel in den durchschnittlich 6–8 m hohen, 5–6 m breiten Hauptgang. Es gibt viel Schutt, jedoch haben die fleissigen Lamas dazwischen bequeme Pilgerwege gebahnt. 130 m von der Mündung entfernt findet man die Schreckgestalten der buddhistischen Mythologie, zähnefletschende, glotzügige, schwarzbärtige und -häutige, faustschüttelnde, wilde Menschengestalten. Der weitere Teil der Höhle ist hier mit einem Holzgitter verschlossen. Nach der Entfernung desselben gelangt man in ein enges Gangsystem, das in einem etwa 20 m langen teilweise eingebrochenen Saal führt. Die volle Länge der Höhle liegt um 215 m, der eingebrochene Saal ist etwa 50 m unterhalb des Einganges. Im ersten, beräucherten, weiten Abschnitt der Höhle mangelt jegliches

Leben, dagegen kommen im engen, zweiten Abschnitt viele *Diplopoden* und *Chilopoden* vor, samt anderer troglobionter Arten. Die innere Temperatur der Höhle betrug am 19. Februar 1959 10,6 °C bei einer äusseren Temperatur von -5 Grad.

Die Höhlengänge sind von einer mächtigen lehmigen, kohlehaltigen Masse ausgefüllt, mit reichlichem Schutt und Detritus. Tropfsteinbildungen sind verhältnismässig selten.

Gegenwärtig ist die Höhle unbewohnt, sie wird nur von wandernden buddhistischen Priestern als Wallfahrtsstätte besucht (Abb. 29).

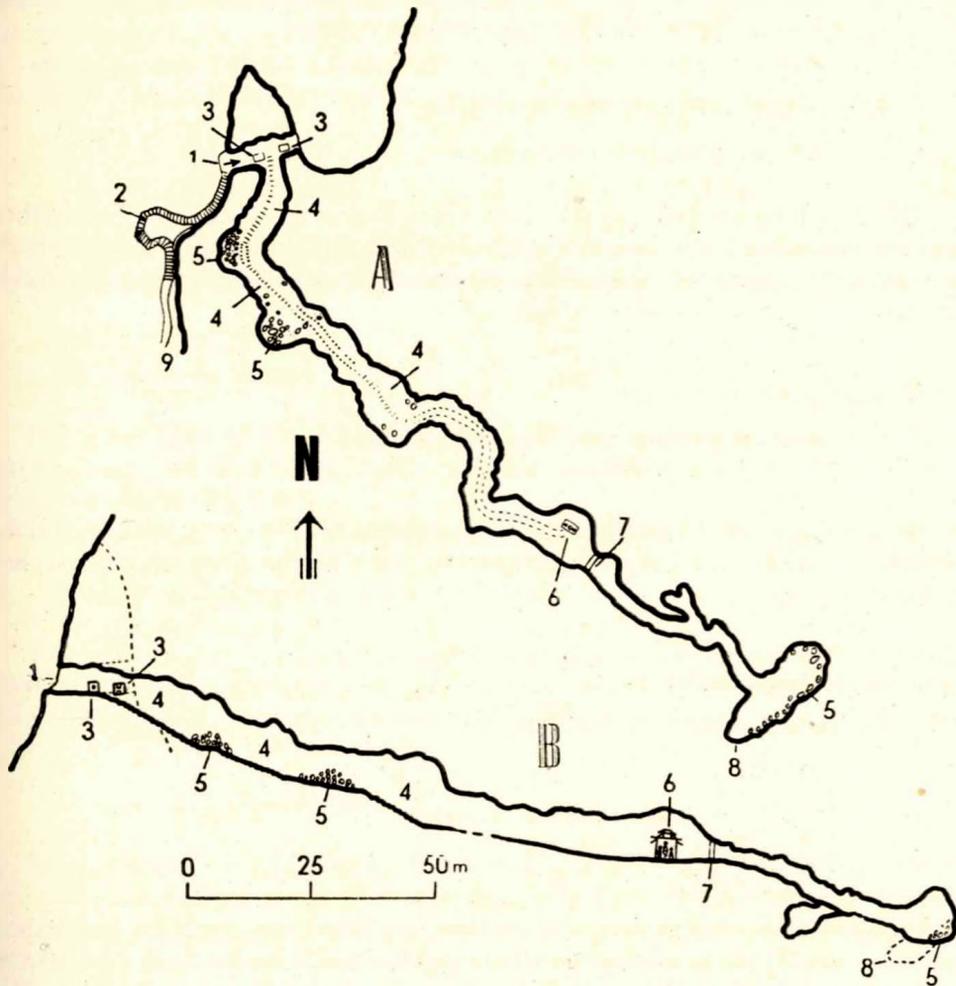


Abb. 29. 625-001. Grundriss (A) und Längsschnitt (B) des Tschulaotung. (Omeischan, Provinz Szetschuan)

1 - Eingang, 2 - Tribüne mit Holzterrasse, 3 - Standbilde von Buddha, 4 - Treppe, 5 - Felsschutt, 6 - Das Heiligtum des bartigen Ungehäuers, 7 - Gitter, 8 - Schwirde, 9 - Weg zum Iama-Kloster Sien-Fun-Sün.

## 7 KWEITSCHOU

### 71 KWEIJANG und UMGEBUNG

#### 711 Kweijang

##### 711-001 *Tiergarten-Höhle*

Etwa 4 km von der Stadtmitte entfernt, am Rande des unlängst errichteten Stadtparks und Zoologischen Gartens. Es ist dies eine kaum 15-18 m lange senile Höhle, mit stark verfallenden Tropfsteinsäulen. Für die Besucher sind bequeme Treppen und Gehsteige gebaut worden, zwischen den Tropfsteinsäulen hat man Bänke und immergrüne Pflanzen ausgesetzt. Die Höhle ist in speläologischer Hinsicht unbedeutend, stellt eher eine der Sehenswürdigkeiten des Stadtparks dar.

#### 712 Gebiet nördlich von Kweijang

##### 712-001 *Quellhöhle von Peimadun*

Öffnet sich 65 km NO von dem Provinzsitz Kweijang, neben dem Quecksilbergwerk Peimadun. Sie ist eine aktive Quellenhöhle, mit einem sehr ergiebigen Bach. (Mitteilung des sowjetischen Geologen SCHIDLOF, der an der Aufschliessung der Quecksilberlagerstätten von Peimadun betätigt war.)

### 72 NORDOST-KWEITSCHOU

#### 721 Die Umgebung von Tuntschen

##### 721-001 *Die Höhle von Tuntschen*

Bei den Ortschaften Tuntschen und Hoadschan hat ein Fluss in 10 km Länge einen kolossalen unterirdischen Labyrinth ausgestaltet (nach Beschreibung des sowjetischen Geologen SCHIDLOF).

### 73 SÜDOST-KWEITSCHOU

#### 731 Umgebung von Nantan

731-001 )

731-002 )

731-003 )

731-004 )

*Ponorhöhlen von Nantan*

Entlang der Eisenbahnlinie Liutschou-Kweijang habe ich in der Nähe des Plateaurandes, an den Flanken von langen Karstbecken in der Nähe der Stadt Nantan vier grössere Ponorhöhlen beobachtet. Die Eingangsquerschnitte betragen etwa 4x1, 8x9, 10x5 bzw. 8x4 m. Sie haben sich in stark gefaltetem Karbonkalk entwickelt. Ihre Wasserfassungsgebiete haben Flächen von je 5-20 km<sup>2</sup>. In Anbetracht der Niederschlagsverhältnisse der betreffenden Gebiete müssen diese Wasserabfuhrkanäle sehr weit, gross und von beträchtlichen Ausmassen sein. Ihre Aufschliessung würde vom Gesichtspunkte des Wasserhaushalts von grossem Interesse sein.

74 MITTEL-SÜD-KWEITSCHOU

741 Umgebung von Tunnangho

741-001 *Tienschintschou*

Hier taucht der Fluss Tunnangho 12 km östlich von der Gemeinde Toansa zum erstenmal unter. Die Stelle kann von der Ortschaft Toansa (entlang der Landstrasse Kweijang-Lotien gelegen) durch Fusspfade zwischen Karstkegelbergen durch die Dörfer Zuschinzen, Peini, Tschoutung und Untang, von Ji-, Puji- und Han- (d.h. chinesischer) Bevölkerung, erreicht werden.

Der Fluss Tunnangho fliesst in einer Länge von etwa 60–80 km in einem stellenweise eingestürzten Höhlengang. Die Decke der Höhle steht noch an mehreren Stellen über dem Flusse an. Der Tienschintschou ist auch ein im Einstürzen begriffener, etwa 300–400 m langer, 60–90 m hoher und 10–20 m breiter aktiver Höhlengang. Der Fluss führt in trockenen Zeiten etwa 10–20 m<sup>3</sup> Wasser pro sec.

741-002 *Tsunkschou*

Die zweite Höhle des Tunnangho etwa 500–600 m S von der Tienschintschou. Sie ist etwas kleiner als die vorangehende, um 200 m lang.

741-003 *Satschou*

Der dritte unterirdische Abschnitt des Tunnangho unter einem karstischen Bergturm in einem verhältnismässig engeren Gang von grossem Gefälle, 600–700 m S von der vorangehenden Höhle.

741-004 *Tunnangho-Höhle bei Pienjang*

Etwa 15–18 km W von der Ortschaft Pienjang an der Landstrasse Kweijang-Lotien taucht der Tunnangho wiederum für eine längere Entfernung unterhalb der Kalksteinberge. Die Stelle ist sehr schwer zugänglich, unerforscht.

741-011 *Tantschiatung*

Mündet etwa 3 km O von der Ortschaft Pienjang in der Nähe von armseligen Puji- und Ji-Siedlungen in der Ostflanke eines niedrigen Kalkplateaus. Der Eingang ist künstlich erweitert worden. Die Höhle ist unlängst noch als Wohnung benutzt worden. Auch die inneren Gänge wurden teilweise erweitert. Die durchschnittliche Breite ist bloss 2 m, mit derselben Höhe. Die Länge ist um 80 m. Die Höhle ist inaktiv. Die Abschnitte in Eingangsnähe sind völlig trocken, die inneren Teile sind feucht, in der Regenzeit entstehen kleinere Teiche, Wasserflüsse. Dort wohnt eine reiche Höhlenfauna. Die Temperatur der Luft beträgt in den inneren Teilen 17 °C. Die Höhle liegt in der Höhe von 800 m ü.d.M. Tropfsteinbildungen sind verhältnismässig selten; die Gänge führen mächtige Füllungen aus Lehm (Abb. 30).

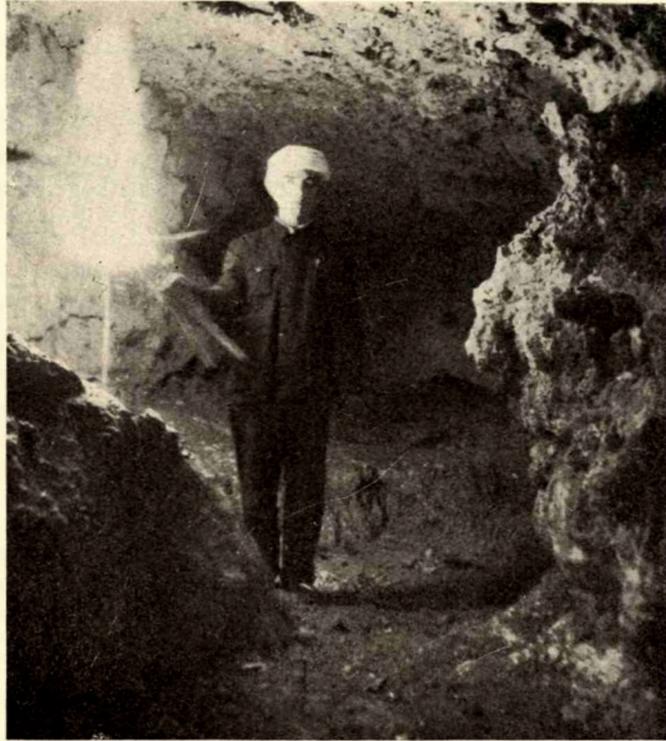


Abb. 30. Mit Bambusfackeln in der Tantschiatung von Pienjang (741-011).

#### 741-021 *Olungkuangtung*

In wörtlicher Übersetzung: Höhle des Liegenden Drachen. 1 km S von der Ortschaft Lotien in Südkweitschou, mündet die Höhle in 500 m Meereshöhe in der Flanke eines mit Gestrüpp bewachsenen engen Tales. Sie ist eine periodisch aktive Fluthöhle. In kleineren Becken von etlichen Quadratmetern befindet sich immer Wasser und in dieser Umgebung lebt eine sehr reiche Höhlenfauna (hauptsächlich *Diplopoden* und *Chilopoden* usw.) Die Länge der Höhle ist 123 m, die durchschnittliche Breite sowie Höhe 3-4 m. Die Temperatur der inneren Gänge ist 20 °C, der mittleren Jahrestemperatur des Gebietes entsprechend (Lotien 19,9 °C). Die Höhle enthält verhältnismässig wenig Tropfsteinbildungen. Etwa 30 m von der Mündung entfernt wird der Gang durch orgelartige Tropfsteinsäulen fast gänzlich verschlossen. Der begehbare Teil endet in einem 3 m hohen, 5-8 m breiten, in Plattenkalk entwickelten Saal, mit geröllführendem Schutt ausgefüllt. Die Sohlen der Gänge sind mit schottrigem Bachgeschiebe sowie örtlich mit lehmigen Ablagerungen und Felsschutt ausgefüllt (Abb. 31.).

77 NORDWEST-KWEITSCHOU

**771 Tating**

**772 Jangzanpa**

772-001 *Wasserschöpfer-Schacht*

Befindet sich im Gehöft der Normalschule von Jangzanpa (Pitschieh). Etwa 20 m tief, 6-8 m breit. In Triaskalk entwickelt. Eine Seite ist eingestürzt. Hier kann man an einem schmalen Pfad zur Sohle gelangen, wo oberhalb des eingeschwemmten Lehms sich ein Teich von etwa 3x4 m Fläche bildete. In die umgebenden Häuser schleppt man von hier das notwendige Wasser, das allerdings untrinkbar ist. Wissenschaftlich ist der Schacht uninteressant.

772-002 *Kuhschacht*

Gleichfalls im Gelände der Schule von Jangzanpa, etwa 100 m vom vorigen entfernt. Der Namen stammt daher, dass in die von dichtem Gestrüpp und Bäumen bewachsene Mündung eine Kuh hineinfiel, die jedoch mittels Seilen befreit werden konnte. Die Einwohner sind tief in den Schacht von 5-8 m Durchmesser eingedrungen, haben jedoch die Sohle nicht erreicht. Abgeworfene Steine zeugen von einer weiten grossen Tiefe. Auch zur Zeit ist der Schacht noch unerforscht.

772-003/100 *Weitere Schachthöhlen*

In der Umgebung der Schule und der Gemeinde von Jangzanpa kommen in Triaskalk noch nahezu hundert weitere kleinere und grössere Schächte vor. Von ihrer nacheinander folgenden Beschreibung wird hier abgesehen. Sie sind im allgemeinen nicht besonders tief, erreichen bloss 20-50 m Tiefe. M.E. kann die Maximaltiefe 300 m nicht überschreiten, da die örtliche Erosionsbasis des Gebietes, der Wuschiho etwa um diese Tiefe unterhalb des Karstplateaus liegt.

772-101 *Ponorhöhle von Jangzanpa*

Liegt im Gelände der Schule von Jangzanpa. Obzwar die Mündung von Felsblöcken z.T. versperrt wird, kann ein Abschnitt von etwa 100 m Länge, sanft einfallend, leicht begangen werden. Hier wird der weitere Weg durch verkeilte Felsblöcke wiederum versperrt, jedoch können diese mit Leichtigkeit entfernt werden. Der begehbare Abschnitt ist ein Gang von 3x4 m Durchmesser. Etwa 50 m von der Mündung entfernt rieselt schon ein kleiner Bach, dessen Wassermenge allmählich zunimmt. In diesem Abschnitt gibt es schon eine reichliche Höhlenfauna, besonders an Heuschrecken reich.

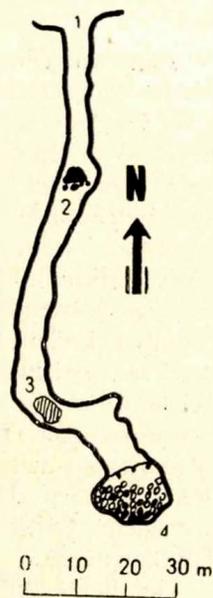


Abb. 31. 741-021. Grundriss des Olungkuantung (Lotien, Provinz Kweitschou).

1 - Eingang, 2 - Tropfsteinorgel, 3 - Teich, 4 - Mit Kiesgeröll aufgefüllter Saal.

772-102 Tschetung

Kann von der Landstrasse nach Tating erreicht werden. Liegt zwischen den Gemeinden Jangzanpa und Tuntsching. Man verlässt die Landstrasse nach N und steigt an der Flanke einer länglichen felsbedeckten Doline (mit terrassierten Reisfeldern an der Sohle) ab. In der 60-70 m tiefen Schlucht fällt bald eine schwarze, moosbewachsene Felswand auf, bei deren Füßen die weite, mit Felsblöcken verstellte Öffnung der Höhle sich befindet. Die Höhle erhielt den Namen (Tschetung = Dunkle Höhle) eben von der schwarzen moosigen Felswand. Am Anfang des Ganges steht in der Mitte ein grosser Stalagmit. Die Höhle ist eine periodische Ponorhöhle. In der Regenzeit führt sie riesige Wassermengen von der weiträumigen Doline in ihren um 15-25° einfallenden, mit Felsschutt besäten Gängen ab. Die Abmessung des fast geradlinigen Hauptganges der gleichfalls in Triaskalk entwickelten Höhle sind imponierend: die Breite erreicht örtlich 25-35 m, die Höhe schwankt auch um den gleichen Betrag. Die grossen Dimensionen der Höhle lassen vermuten, dass sie ehemals einen Teil eines grösseren Höhlensystems darstellte und nur später — als die unterirdischen Gewässer bereits in tieferen Gängen abflossen — aufbrach und sekundär sich in eine Wasserschlingerhöhle umwandelte. Örtlich bildet der Schutt steile Wände, was die Begehung erschwert und gefährlich macht.

Der untere Teil des schrägen Tunnels mündet durch einen engeren, lehmgefüllten Gang in einen Saal, wo ein Bach von etwa 20 000 l/min Ergiebigkeit (in der Trockenperiode) fliesst. Der Bach kommt aus zwei Richtungen, aus W und N, und die zwei Arme

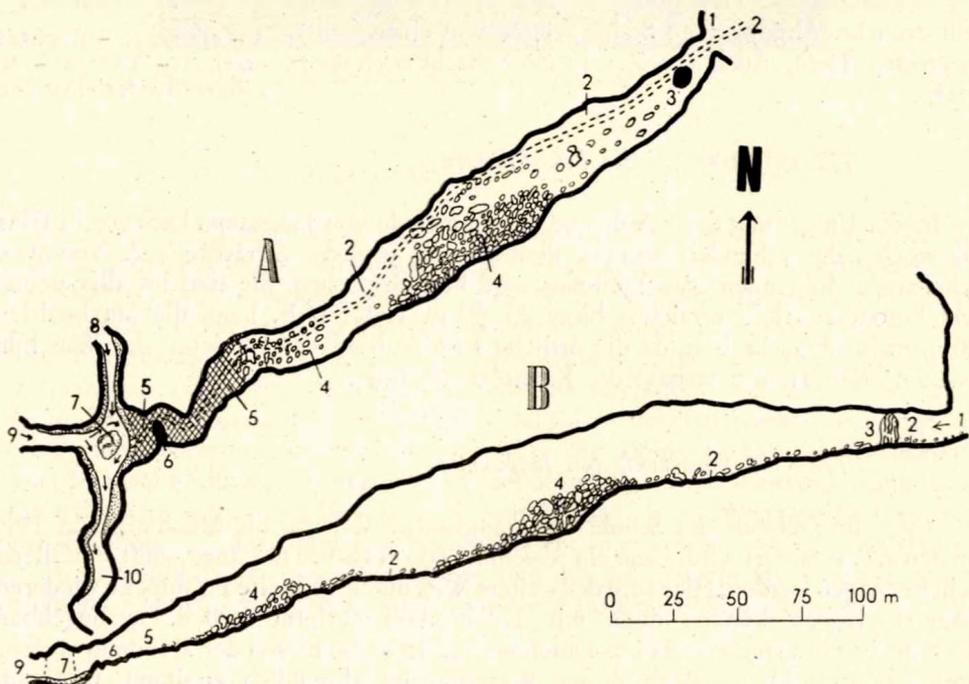


Abb. 32. 772-102. Grundriss (A) und Langsschnitt (B) des Tschetung. (Jangzanpa, Provinz Kweitschou)

1 - Eingang. 2 - Zeitweiliges Bachbett, 3 - Riesige Tropfsteinsäule, 4 - Felsschuttmasse, 5 - Lehmabhang, 6 - Felskante, 7 - Schotterinsel, 8 - Nördlicher Bach, 9 - Westlicher Bach, 10 - Siphon.

vereinigen sich bei der Mündung der soeben beschriebenen Tschetung. In der Mitte liegt eine Schotterinsel von etwa 5x5 m Fläche. Die vereinten Wasserläufe umfliessen diese Insel und fliessen, Wasserfälle und Teiche bildend, nach dem Süden weiter. Diese aktiven Gänge sind jung, ihre Abmessungen bescheiden. Der unterirdische Lauf des Baches ist unbekannt. Es ist zu vermuten, dass die hiesigen Gewässer von dem kaum 4-5 km weiter in einer tiefen Talschlucht fliessenden Wuschiho aufgenommen werden. Es ist auch wahrscheinlich, dass die Wässer der Pejei-Höhle 772-301 (6-7 km entfernt) und der Jangzanpa-Ponorhöhle durch den im unteren Abschnitt der Tschetung vorgefundenen ergiebigen Bach in den Wuschiho abgeführt werden.

Die Temperatur der Höhle beträgt 14 C°, in Übereinstimmung mit der mittleren jährlichen Temperatur der Aussenwelt. Der Abschnitt der Höhle am Bach ist sehr reich an Höhlenfauna (*Diplopoden*, *Chilopoden* und *Heuschrecken* usw.) (Abb. 32.).

### 772-301 Pejei-Höhle

Befindet sich 3 km von Jangzanpa entfernt, entlang der Landstrasse Jangzanpa-Tating. Es ist dies ein grosses aktives Bachhöhlensystem. In der Nähe der Landstrasse brach der 50-60 m tiefe Höhlengang in einer Länge von etwa 150-160 m ein: hier kann man auf die östliche Seite hinüberkletternd zur Gangsohle hinabsteigen. Auch ein anderer Einbruch der Höhle ist bekannt, uzw. im nördlichen Arm, dieser ist jedoch nicht begehbar, da die Decke hier, in einer Höhe von etwa 80 m von der Sohle, in einer Fläche von kaum 5x5 m dachlukenartig aufbrach.

Die Ergiebigkeit des Höhlenbaches wurde von mir in der Trockenzeit zu 500 l/min. bemessen. Der Bach fliesst von N nach S-SO. Er quellt am nördlichen Gangende aus einem engen und sehr tiefen Höhlengang hervor. Am Südende verschwindet der Bach in einem Syphon.

Die bemessene volle Länge der ohne Spezialausrüstung begehbaren Abschnitte beträgt 780 m, davon entfallen auf den Nordarm 690 m, auf den südlichen 90 m. Dem Hauptgang stossen in einer Höhe von 15-20 m mehrere Seitenarme verschiedener Ausmassen zu, die jedoch schwer erreichbar und daher unerforscht sind.

Im nördlichen Arm findet sich ein bis zur Decke emporrager, etwa 40-50 m hoher Schutthaufen. Im Schutt fanden wir Unmengen von Tropfsteindetritus. In den Sälen wird der Schutt von Lehm überdeckt. Im aktiven Arm kommen Quarzkiesel vor. Örtlich wird die Gangbarkeit durch haushohe abgerissene Felsblöcke erschwert.

Eine Fauna ist aus der Höhle unbekannt.

Zwecks wirtschaftlicher Ausnutzung hat man im nördlichen Arm unterhalb der „Dachluke“ einen kleinen chemischen Betrieb eingerichtet, wo die notwendigen Materialien mittels Packesel hintransportiert werden. Die Augen der hier arbeitenden Tiere haben sich bereits an das Zwielicht und an die Dunkelheit der Höhle gewöhnt; sie besteigen sicheren Fusses die felsigen unterirdischen Pfade (Abb. 33-34.).

### 772-302 Kleinloch-Höhle

Durchgängige inaktive Höhle in der Nähe der Schulsiedlung von Jangzanpa, etliche hundert m nördlich von derselben. In den nördlichen Arm hat man eine Landstrasse eingeführt und die ersten 50 m der Höhle sind zwecks industrieller Nutzung

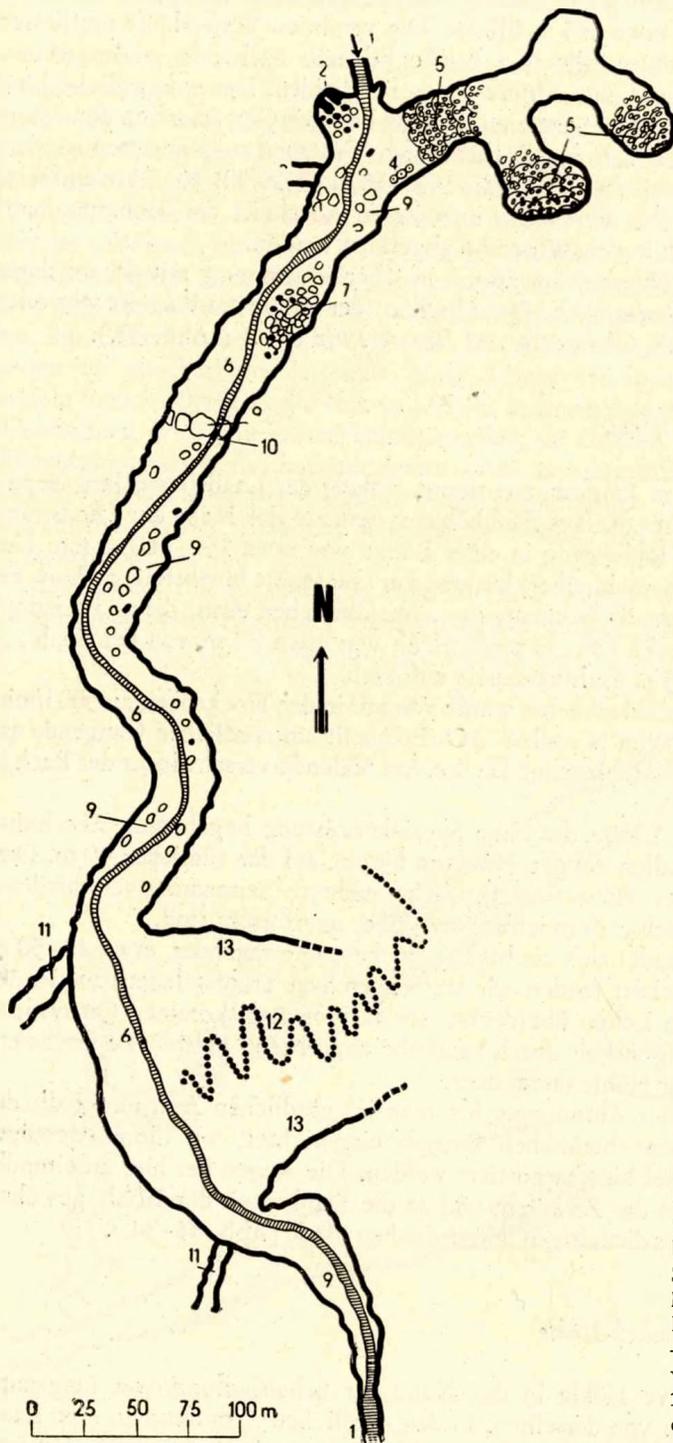


Abb. 33. 772-301 Grundriss der Höhle Pejei (Jangzanpa, Kueitschou)

1 - mit Wasser gefüllter Höhlengang, 2 - zwei Einstürze in der Höhe von etwa 80 m, 3 - Seitenast in der Höhe von 25 m einmündend, 4 - Kochkessel, 5 - Schuttabhäng, 6 - Höhlenbach, 7 - cca 20 m hohe Schutthalde, 8 - künstlicher Durchgang, 9 - abgestürzte Felsblöcke, 10 - Wasserfall, 11 - Seitengänge in der Höhe von cca 15 m einmündend, 12 - Fussweg, 13 - Höhlen-einsturz, steiler Roterde-Abhang.



*Abb. 34. Die riesige Mündung des nördlichen Abschnittes der Pejei-Höhle bei Jargzanpa (772-301).*

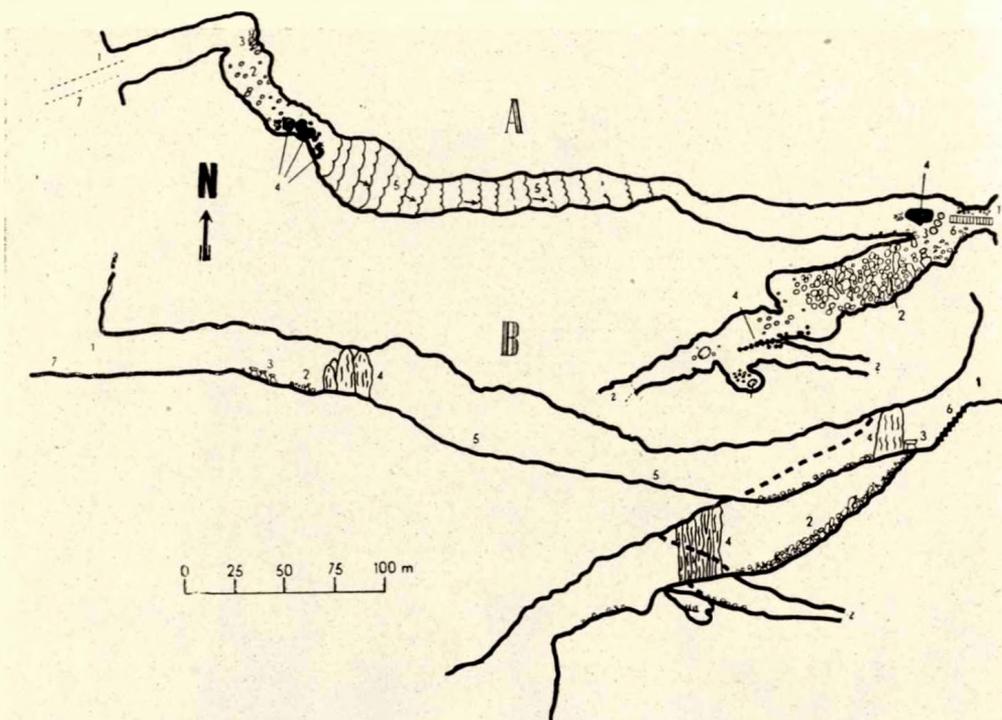


Abb. 35. 772-302. Grundriss (A) und Längsschnitt (B) der Kleinloch-Höhle (Jangzanpa, Provinz Kweitschou).  
 1 - Eingang, 2 - Felsschutt, 3 Kochkessel, 4 - riesige Tropfsteinsäulen, 5 - Abhang mit Sinterbecken,  
 6 - Treppe, 7 - Landstrasse.

eingeebnet worden. Es lassen sich in der Höhle drei Stockwerke erkennen, deren unterste nur mittels Strickleiter erreicht werden kann.

Das oberste Stockwerk der Höhle ist an beiden Enden offen, 15x25 m im Querschnitt und 450 m lang. Die Sohle wird in der Mitte in einer Fläche von etwa 1000 m<sup>2</sup> von einer Tataratenbildung bedeckt. Die Höhle ist an grossen Tropfsteingebilden äusserst reich. Bei dem südlichen Eingang steht in der Mitte des Ganges eine Tropfsteinsäule von 6-8 m Durchmesser.

Das mittlere Stockwerk ist von kleineren Abmessungen; dort jedoch, wo es mit dem oberen zusammenhängt, hat sich ein riesiger Saal gebildet mit 15-20 m hohen, erbsensteinüberzogenen Tropfsteinsäulen. Vom verengten Westende dieses Saales kann man in das zur Zeit noch unbekannt unterste Stockwerk absteigen. Die kartierte Länge des mittleren Stockwerkes beträgt 400 m; die Querschnitte sind sehr verschieden.

In den trockenen oberen Niveaus habe ich keine einsammelbare Höhlenfauna vorzufinden vermocht.

Bei den zwei Mündungen des obersten Stockwerkes sind chemische Betriebe tätig (Abb. 35-36.).

#### 772-303 Kleinmündung-Höhle

Eine Reihe von grossen Höhlensälen. Die enge Mündung liegt an der linken Seite der Landstrasse Jangzanpa-Tating. Völlig inaktiv, mit reichlichen Tropfsteinbildungen.



Abb. 36. Nördliche Mündung der Kleinloch-Höhle von Jangzanpa (772-302).

#### 772-304 Höhle des Industriebetriebes

Höhlensystem von sehr grossen Ausmassen in der Nähe der Schulsiedlung Pit-schieh. Der Mündungssaal ist für die Zwecke einer Werkhalle in Stockwerke ausgebaut worden. Die Abmessung des Saales sind 80x20x15 m. Die weiteren Abschnitte der Höhle sind noch unbekannt.

#### 772-305 Lutz-Tschangli-Höhle

Etwa 300 m O von nördlichen Eingang der Höhle 722-302, 70-80 m oberhalb dessen obersten Stockwerkes gelegen. Der Namen (Lutz-Tschangli = Ochsen-nase) stammt davon, dass die Doppelmündung in einer hohen Felswand den zwei dunklen Nüstern eines Ochsen ähnelt. Die Gänge sowie ihre Abmessungen sind unbekannt.

#### 773 Wuschi

##### 773-001 Quellhöhle der Wuschiho

Etwa 1,5 km N von der Gemeinde Wuschi, an der linken Seite des Wuschiho. An der Sohle eines weiten Höhlensaales fliesst eine Quelle hervor, mit einer Ergiebigkeit von 20-40 000 l/min in der Trockenperiode. Der Wasserlauf kann für einen kurzen Abschnitt (30 m) verfolgt werden, dort wird der Weg durch einen Syphon verschlossen. Der vordere Teil des Höhlensaales besteht aus einem Labyrinth von verfallenden Tropfsteinsäulen.

## 8 JÜNNAN

### 81 KUNMING UND MITTEL-JÜNNAN

#### 811 Kunming und Umgebung

#### 812 Lunan

##### 812-001 *Tienschengtschiao*

Natürliche Felsbrücke (wörtlich: himmelgeborene Brücke). Der letzte Rest eines eingestürzten Höhlenganges etwa 3 km O von der Strassenverzweigung, 9 km N von Lunan. Die natürliche Brücke ist etwa 30 m breit, es wurde darüber eine Landstrasse durchgeführt. Die Mächtigkeit der Gesteinsschicht beträgt im Brückenbogen 10-15 m. Vom Bogen hängen unzählige Tropfsteine herab. Unter der natürlichen „Brücke“ fließt ein ergiebiger Bach (Abb. 37).



Abb. 37. Natürliche Felsbrücke in der Nahe von Lunan (*Tienschengtschiao*, 812-001)

##### 812-002 *Heilungtan*

Die Heilungtan oder Höhle der Quelle des Schwarzen Drachen liegt am Rande eines kleinen Dorfes 1 km N von der natürlichen Brücke 812-001. Die Abmessungen sind unbekannt.

##### 812-003 *Tschijüntung*

15 km NNO vom Städtchen Lunan (4 km N von der natürlichen Brücke 812-001 entfernt). Die frühere Benennung war Schensientung (Höhle der Götter). Der Abschnitt aussenhalb der gegenwärtigen Mündung gehörte in einer Länge von 35-40 m dem Hauptarm zu, der jedoch einstürzte. Dies ist eine waagerechte, im Verfall begriffene einstöckige inaktive Höhle im Permkalk. Der Gang wird durch einen Schutthaufen unterhalb eines bis zum Tage emporsteigenden Schachte versperrt, wodurch das Betreten der weiteren Gangabschnitte unmöglich wird. In der Höhle liegt eine mächtige

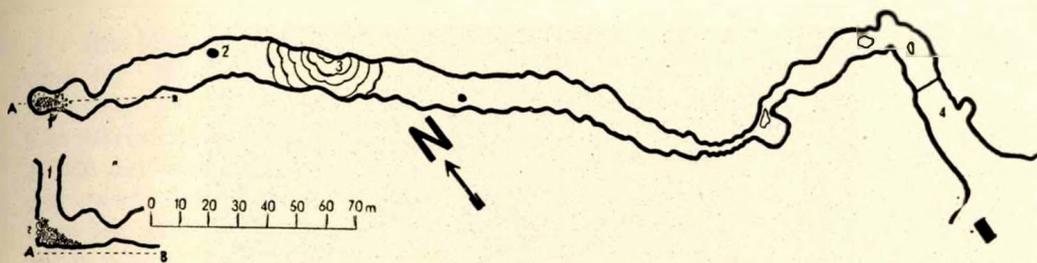


Abb. 38. 812-CC3. Grundriss des Tschijüntung (Lunan, Provinz Jünnan)

1 - Schacht, 2 - Gold-Silber-Berg, 3 - Sinter-Becken, 4 - eingestürzter Höhlengang, 5 - Haus

lehmige Ablagerung mit viel Gesteinsschutt. Es kommen viele senile Tropfsteinbildungen vor, unter welchen der Stalagmit genannt „Gold-und-Silber-Berg“ im inneren Viertel der Höhle noch verhältnismässig jung glänzt. 10 m in der Richtung der Mündung entfernt hat sich ein schöner Tuffhang von etwa 25-30 m Länge entwickelt. Die volle Länge der Höhle ist 339 m, die durchschnittliche Breite beträgt 8 m, die durchschnittliche Höhe 10 m. Die innere Temperatur ist 17 °C. Keine Fauna war vorzufinden. Die Höhle wird von der Bevölkerung häufig besucht, vormals war sie vielleicht auch bewohnt. Überall liegen verlassene Herde, die Wände sind mit einer mächtigen Russchicht überzogen. Man hat bis zur Mündung auch eine Landstrasse gebaut, zwecks Fremdenverkehr. Das Interesse an der Höhle wird aus diesem Gesichtspunkte dadurch bedingt, dass sie in der Nähe der weltberühmten „Schiling“ („Steinwald“) liegt, sonst bietet die russige, zerschlagene Höhle nicht viel Sehenswertes (Abb. 38).

#### 812-051 Sienschentung

„Höhle der Unsterblichen“. Etwa 3 km NO von der Gemeinde Haiji, zwischen Lunan und Lusi, im Permkalk. Die Mündung öffnet sich in einer grossen Einsturzdoline, an deren NW-Flanke die Fortsetzung der Höhle durch Gehängeschutt vollkommen verstopft worden ist. Nach dem SO gelangt man dagegen über dem Schutt in den aus zwei grossen Sälen bestehenden Gang hinein. Das Höhlenniveau liegt etwa 75 m untertags, die Abmessungen der Säle sind: Höhe 30-35 m, Breite 25-40 m, Länge etwa 150 m. Tropfsteinbildungen sind sehr häufig, z.T. noch in Entwicklung begriffene Formen. Auffallend ist die lebhafteste, frische Färbung der Tropfsteine. Leider haben französische Missionäre, die an der Jahrhundertwende hier ansiedelten, die abbrechbaren Tropfsteine durch ihre Gläubigen zutage fördern lassen. Es gelang mir nicht, eine Troglobiontenfauna vorzufinden.

In der Nähe lassen sich infolge Einsturz dieses Höhlensystems entstandene weitere Einsturzdolinen in etwa 1700 m Meereshöhe bemerken, es lässt sich sogar vermuten, dass die lange Schlucht vor der Taschijai-Höhle 812-052 auch mit diesem verfallenden Höhlensystem zusammenhängt (Abb. 39).

#### 812-052 Taschijaitung

Periodisch aktive Ponorhöhle NO von der Sienschentung 812-051, am Fusse einer 80 m hohen vertikalen Kalkfelswand. Auch den Namen hat die Höhle von dieser

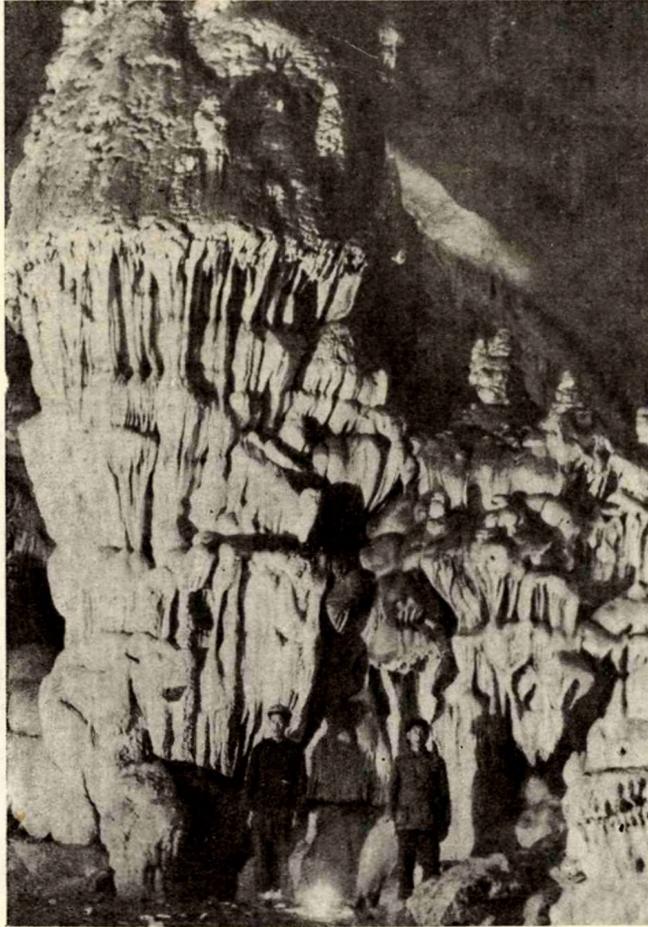


Abb. 39. Riesige Tropsteinbildungen in der Sienschentung von Haiji (812-051)

Wand erhalten (Taschijaitung: Höhle der grossen Felswand). Der erste, weite Bögen beschreibende Abschnitt der Höhle ist noch ziemlich weit (8-10 m hoch, 5-8 m breit, sanft abfallend), weiter wird jedoch der Gang vom eingeschwemmten Lehm fast bis zum Dach ausgefüllt. Ein 6-8 m tiefes erosives Tal führt zur Mündung, die die Niederschläge einer etwa 1 km<sup>2</sup> weiten Doline, an der Sohle mit terrassierten Reisfeldern, abführt. Die weiteren Gänge der Höhle sowie ihre hydrographischen Zusammenhänge sind unbekannt.

#### 812-053 Huangtschuschantung

S vom Dorfe Haiji, entlang der Landstrasse Lunan-Lusi, NO vom Dorfe Nitsche liegt der Huangtschuschanch-Berg. Das Gebirge ist reichlich mit Karstformen bedeckt und führt ein wohlentwickeltes unterirdisches Wassernetz. Merkwürdigerweise liegt das aktive Höhlennetz in einer Tiefe von kaum 10-20 m.

Die Huangtschuschantung ist eine der Wasserschlinger an der Ostflanke des Huangtschu-Berges. Die etliche Meter breite und hohe Höhle mit stark korrodierten Wänden wird durch einem Abstieg zwischen grossen Felsblöcken erreicht. Vom Höhlengang führen enge vertikale Schlüchte zum kaum 10 Meter tiefer tosenden Bach. Der weitere unterirdische Weg des Baches ist unbekannt.

Derartige Wasserschlinger und Ponorhöhlen kommen in der Umgebung in grosser Zahl vor.

In der Nähe wird der Wasserspeicher von Jüanhuschuiku erbaut, wo man das Wasser eines nahen Flusses durch tiefe Kanäle und kilometerlange Tunnel mit riesigem Aufwand unter dem nördlichen Sattel des Huangtschu-Berges nach dem Dorf Nitsche führt. M. E. wäre es viel billiger gewesen, hätte man diese seichten unterirdischen Karstgewässer erkundet und zutage gefördert (Abb. 40).

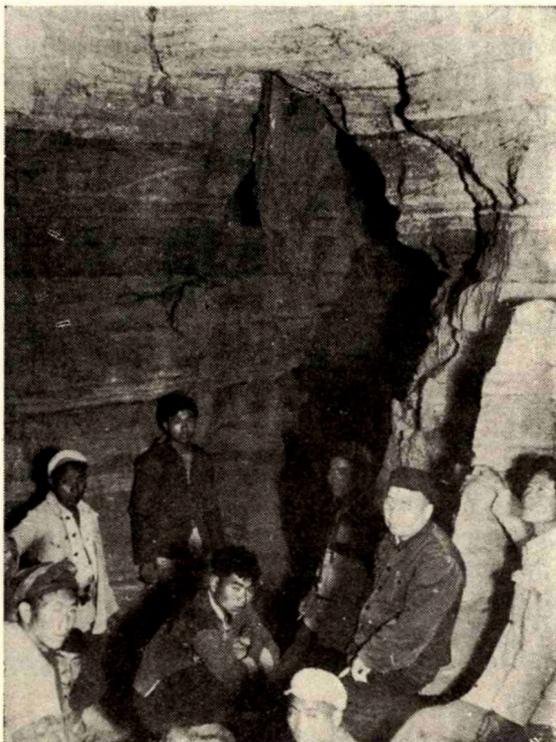


Abb. 40. Huangtschuschantung von Haiji (812-053).

## 82 OST-JÜNNAN

### 821 Umgebung von Luschi

#### 821-001 Lujüantung

NW vom Städtchen Luschi steigen mehrere Dutzend denudierte Triaskalk-Kegelberge aus dem von Quartärlagerungen bedeckten Becken an der Hochebene empor. Eine der grössten Höhlen, die Lujüantung (Höhle der Schwarzen Quelle), durchquert mitsamt ihrer Fortsetzung, der Tattung den breiten Inselberg zwischen den Dörfern Lujüantungzun und Alufazun. Die relative Höhe der Gipfel des Inselbergblocks beträgt 130–150 m, unter ihnen liegen zahlreiche Dolinen und Einbrüche. Der Rand des Inselberges fällt in einem Winkel von 40–45° steil zur umgebenden aufgeschütteten Ebene herab.

Die Lujüantung ist eine Bachhöhle im südlichen Teil des Inselberges, 15–20 m oberhalb der gegenwärtigen Erosionsbasis, bei der Gemeinde Lujüantungzun. Heute ist sie bereits vollkommen inaktiv, im Verfall begriffen. Sie hat zwei verhältnismässig enge Öffnungen, jedoch breitet sie sich unmittelbar nach dem Eingang in einen Saal von 15–20 m Breite und 6–10 m Höhe aus, wo die Dorfkommune eine Schweinemästanlage und Futterspeicher eingerichtet hat. Die Mündung liegt in etwa 1500 m Meereshöhe.

Die Länge der Höhle ist 450 m; sie besteht aus mehreren grossen Sälen und den verbindenden Gängen. Die Gänge werden örtlich von den massenhaften Tropfsteinen dermassen verengt, dass man kaum durchkriechen kann. Die Höhle stürzte an zwei Punkten, wo sie den Rand einer Doline berührt, ein, und kann vom Tage auch durch diese Stellen erreicht werden. Die Höhle endet in einer tiefen wassergefüllten Schlucht, die eigentlich den Schnittpunkt der früheren und gegenwärtigen aktiven Niveaus der Höhle darstellt.

Von der Frühzeit bis zum heutigen Tag wurde die Höhle vom Menschen bewohnt. Seine Zugewandtheit wirkte ungünstig auf die Höhlenfauna, es konnte eine solche auch nicht nachgewiesen werden. Die Höhlentemperatur beträgt  $18,5^{\circ}\text{C}$ , und ist der jährlichen Durchschnittstemperatur am Tage gleich (Abb. 41).

#### 821-002 *Quellhöhle der Lujüantung*

Sie stellt die untere Höhle der unter 821-001 beschriebenen höheren, heute bereits inaktiven Höhle dar. Sie öffnet sich in der Mitte des Abstandes zwischen den beiden Öffnungen der Lujüantung, dicht am Niveau der Erosionsbasis. Durch die zwecks Erfassung des Wassers eröffnete Mündung kann man in der engen Höhle in tiefem Wasser für etwa 15-20 m vordringen, dort wird der Weg durch ein Syphon versperrt. Die Wassertemperatur war am 4. März 1959  $16,8^{\circ}\text{C}$ , die Ergiebigkeit betrug 800 l/min. Im Bachbett kommen Kalkstein- und Quarzgerölle vor.

#### 821-003 *Tatung*

Die Höhle ist eigentlich die N-Fortsetzung der Lujüantung (821-001); sie bildet damit ein zusammenhängendes Höhlensystem. Die zwei Höhlen werden durch eine etwa 10 m tiefe Schlucht getrennt, an deren Sohle das aufgestaute Wasser der unteren Höhle schimmert. Die zwei Höhlen sind in der Vergangenheit durch eine Brücke verbunden worden, die über die Schlucht führte. Die Bewohner der beiden Nachbardörfer Lujüantungzun und Alufazun verkehrten Jahrhunderte hindurch entlang dieser Höhlen- „Landstrasse“. Die Brücke ging im vorigen Jahrzehnt zugrunde, so kann man gegenwärtig von der einen Höhle nicht in die andere vordringen.

Die Tatung (Grosse Höhle) besteht aus einem breiten, waagerechten Gang, der mit einer geringen Abschwängung N-S verläuft. Die Länge beträgt etwa 380 m, die Durchschnittsbreite 10-15 m, die Höhe ebensoviel. An drei Stellen wird dieser Querschnitt durch Wälder von Tropfsteinsäulen so verengt, dass nur ein Gang von 1-2 m Breite übrigblieb. Eine Aufschüttung mit Ton und reichlichem Gesteinsschutt ist in der Höhle häufig. Von einer Höhlenfauna gibt es keine Spur. Die Temperatur ist  $18,5^{\circ}\text{C}$ .

Das zusammenhängende System Lujüantung-Tatung ist 1064 m lang (Abb. 41).

#### 821-004 *Ponorhöhle von Alufazun*

Etwa 1 km NW von der Ortschaft Alufazun, an der rechten Seite der Landstrasse nach Lunan öffnet sich die Höhle am Fusse eines Inselberges. Da die Gänge der Höhle

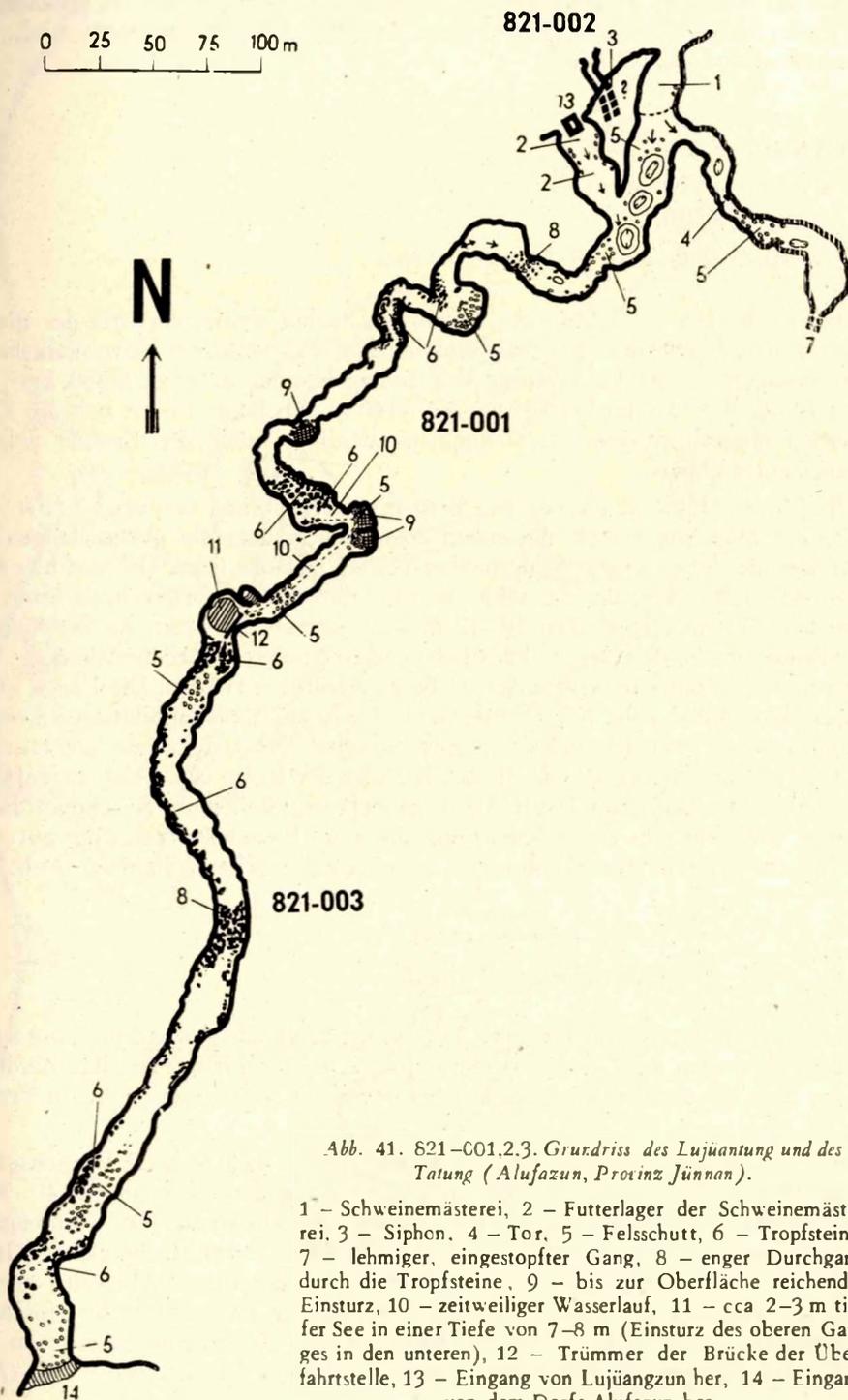


Abb. 41. 821-001.2.3. Grundriss des Lujüantung und des Tatung (Alufazun, Provinz Jünnan).

1 - Schweinemästerei, 2 - Futterlager der Schweinemästerei, 3 - Siphon, 4 - Tor, 5 - Felsschutt, 6 - Tropfsteine, 7 - lehmiger, eingestopfter Gang, 8 - enger Durchgang durch die Tropfsteine, 9 - bis zur Oberfläche reichender Einsturz, 10 - zeitweiliger Wasserlauf, 11 - cca 2-3 m tiefer See in einer Tiefe von 7-8 m (Einsturz des oberen Ganges in den unteren), 12 - Trümmer der Brücke der Überfahrtstelle, 13 - Eingang von Lujüanzun her, 14 - Eingang von dem Dorfe Alufazun her.

unterhalb der heutigen aufgeschütteten Ebene dahinziehen, stehen sie grösstenteils unter Wasser, wodurch die Begehung durch Syphone unmöglich gemacht wird. Die Abmessungen sind unbekannt.

## 9 KWANGSI

### 91 KWEILIN UND UMGEBUNG

#### 911 Kweilin

##### 911-001 *Grosse Höhle von Tsisinjien*

Dies ist die grösste Höhle eines N von der Stadt Kweilin, am Ufer des Flusses Kweikiang sich erhebenden, aus sanft einfallendem dickbankigem Devonkalk bestehenden Inselberges. Die Grundfläche des Tsisinjienberges ist etwa 0,350 km<sup>2</sup>, die relative Höhe ihrer Gipfel beträgt um 120–140 m. Im Berge finden sich die Reste von vielen ehemaligen grossen Bachhöhlen allerdings durch die Erosion geköpft oder längs aufgeschlitzt.

Die Grosse Höhle durchquert den Berg in einer Richtung von etwa NW–SO. Die südliche Mündung besteht aus einem 20 m hohen, ungefähr ebenso langen und breiten Saal, der hinter einem Schutthaufen von 15 m Höhe liegt. Der von hier nach NW vorstossende Gang, der der tektonischen Präformation entsprechend öfters um 90° abbricht, ist im allgemeinen 10–12 m hoch und ebenso breit. An der Südseite hat die Höhle eine höher gelegene künstliche und eine tiefere natürliche Mündung. Die Höhle vertritt das mittlere Niveau der im Berge erhaltenen Höhlen. Die Länge ist um 850 m, der Rauminhalt nahe 200 000 m<sup>3</sup>. Die Höhle ist an Tropfsteinbildungen ziemlich reich, mit einigen besonders grossen Tropfsteinsäulen. (Tropfsteinsäule Schumischan, 10,5 m hoch, Durchmesser 10 m). An den Wänden der Höhle lassen sich augenfällige Terrassenniveaus untersuchen. Die Höhle ist an mehreren Stellen mit der unteren Höhle verbunden und stellt eine der Sehenswürdigkeiten des Fremdenverkehrs dar mit einer auf städtische Art (mit freien Leitungen) erbauten elektrischen Belichtung (Abb. 42).

##### 911-002 *Untere Höhle von Tsisinjien*

Periodisch aktive Durchgangshöhle. Der N–S verlaufende gewundene Gang taucht unter dem Hauptarm der Grossen Höhle durch (s. Kartenskizze), und ihre nördliche Mündung steht mit der nördlichen natürlichen Mündung der Grossen Höhle in Verbindung.

Der Südteil der Höhle wird durch 5–6 m breite, 4–5 m hohe Erosionsgänge gekennzeichnet, der Nordteil ist stark aufgeschüttet, und sogar in einem 40–50 m langen Abschnitt fast bis zur Decke von Wasser überschwemmt. Der Höhlengrund liegt heute bereits 2–3 m unterhalb der aufgeschütteten Rumpffläche um den Inselberg. Die Höhle ist vor der vollen Verstopfung nur durch den Umstand bewahrt worden, dass der die Erosionsbase darstellende Fluss Kweikiang sich noch tiefer einschnitt. Die vermessene (nicht volle) Länge der Höhle beträgt 390 m. Eine Fauna zum Einsammeln fand ich nicht. Die Höhlentemperatur betrug am 8. Januar 1959 +5° C. (Abb. 42).

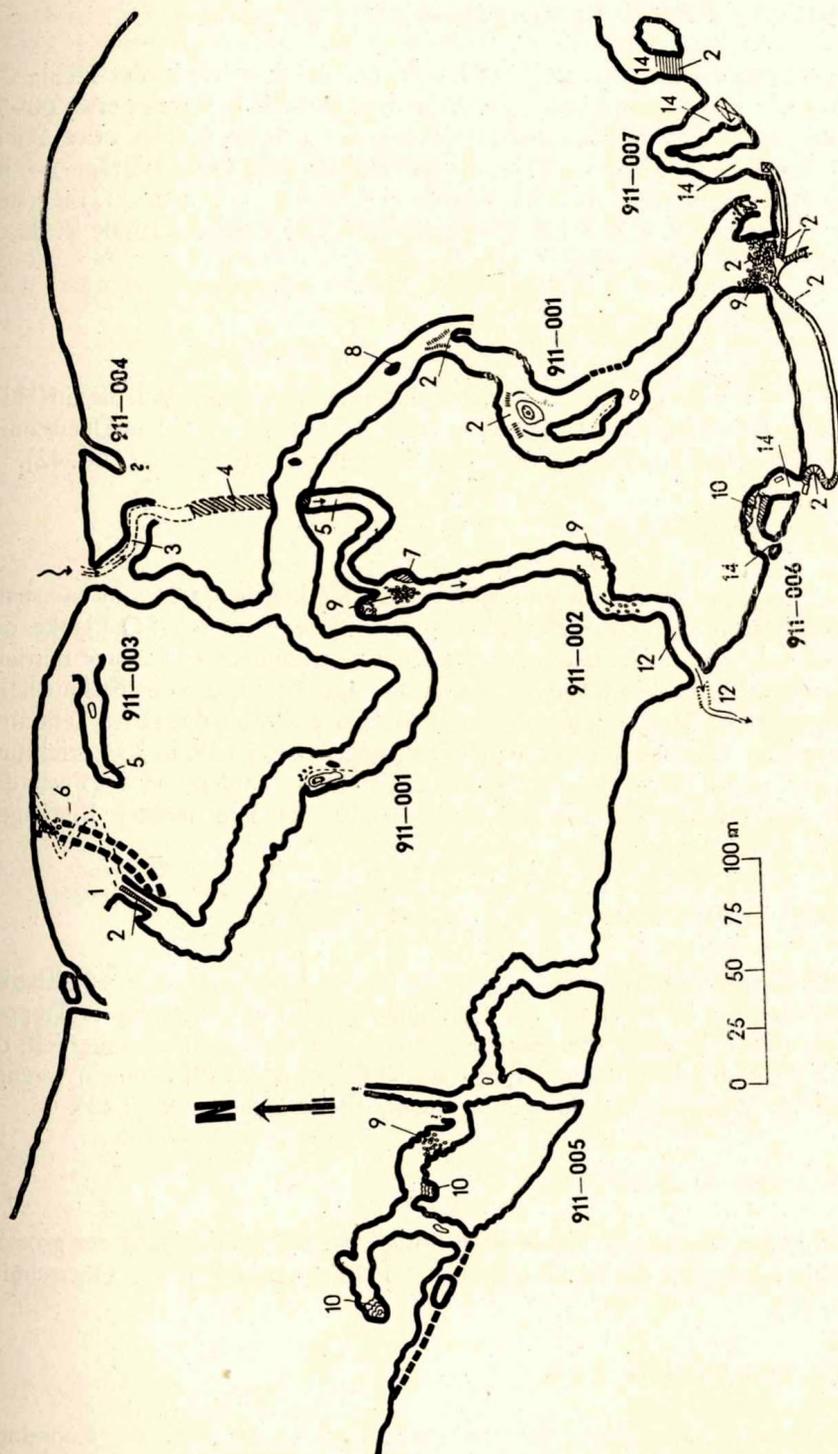


Abb. 42. Die Höhlen des Tsinjien-Berges (Kuettin, Provinz Kuangsi).

1 - künstlicher Eingang, 2 - Treppe, 3 - zeitweilige Schwinde, 4 - mit Wasser gefüllter unterer Gang, 5 - irdische Überreste von Kuomintang-Soldaten, 6 - eingestürzter Höhleneingang und Höhlengang, 7 - bis zur Oberfläche reichender Einsturz, 8 - Tropfsteinsäule „Schoumischuan“, 9 - Felsschutt, 10 - Sinterbecken, 11 - halb geöffnete Höhlengänge, 12 - Bach, 13 - schützende Felswand, 14 - Standbilder von Buddha.

#### 911-003 *Höhle der Kuomingtangisten*

Die Benennung stammt von mir und beruht darauf, dass wir in der Höhle die irdischen Überreste von Kuomingtangisten auffanden. Die Höhle mündet etwa 60–70 m W von der nördlichen Wasserschlingeröffnung der unteren Höhle, etwa 20 m oberhalb der Ebene. Ihre Länge ist 50 m, die durchschnittliche Breite beträgt 5–6 m, die Höhe ungefähr ebensoviel. Die Sohle wird durch Gesteinsschutt bedeckt. Im ersten Abschnitt steht eine grosse verfallende Tropfsteinsäule. Das Ende der Höhle ist durch Gesteinsschutt versperrt (Abb. 42).

#### 911-004 *Heuspeicher-Höhle*

Etwa 60 m O von der genannten Wasserschlingermündung öffnet sich diese Höhle. Sie ist ein künstlich erweiterter etwa 25–30 m langer Hohlraum von einem Querschnitt von 2x3 m. Wegen seiner Trockenheit wird er als Heuspeicher angewendet (Abb. 42).

#### 911-005 *Betriebshöhle*

Eine verzweigende Höhle mit drei Mündungen. Sie liegt etwa 2–3 m unterhalb der Aufschüttungsfläche der den Inselberg umgebenden Ebene, an der SO-Flanke des Tsisinjien-Berges. In den weiten, trockenen Mündungen arbeitet ein kleinerer Betrieb, daher der Namen. Die Gesamtlänge der Gänge beträgt 360 m, die durchschnittliche Breite ist 4 m, die Höhe 7 m. Vom inneren Formenschatz verdienen die vielen Tataraten erwähnt zu werden. Westlich vom westlichen Eingang ist die Höhle in Längsrichtung in einer Länge von 30–40 m von der Erosion aufgeschlitzt worden und am Fusse der Felswand ist diese eröffnete Höhle mit ihren Tropfsteinen und anderen Bildungen sichtbar (Abb. 42).

#### 911-006 *Mönchhöhle*

Beide Mündungen befinden sich in einer vertikalen Felswand an der Südflanke des Tsisinjienberges, in 20 m Höhe. Zur Ostmündung führt eine ausgebaute Treppe. Die Länge der Höhle ist 40 m, die inneren Abmessungen sind recht veränderlich, da der Gang örtlich durch zementierten Schutt (falsche Sohle) und Tuffbildungen verengt wird. Sie dient als Wohnung und Tempel für buddhistische Mönche (Abb. 42).

#### 911-007 *Buddha-Höhle*

Eine V-förmige, ausgebaute Höhle 50 m östlich von der Südmündung der grossen Höhle des Tsisinjien-Berges, mit Buddha-Statuen. Die Länge ist 60 m, der Querschnitt 6x8 m (Abb. 42).

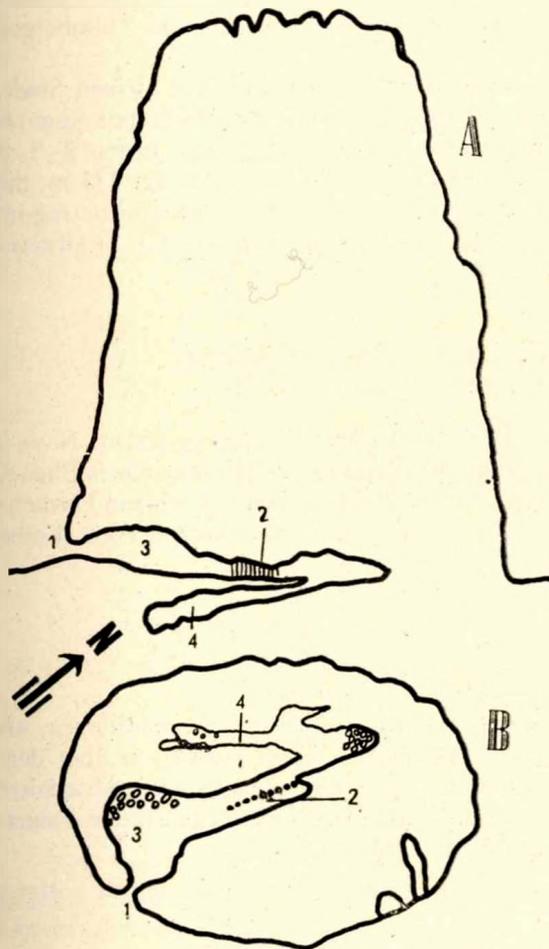
#### 911-008 *Wässerige Höhle*

Sie mündet an der Nordflanke des Tsisinjien-Berges, in der Nähe der Kuomingtangisten-Höhle 911-003, dicht an der Erosionsbasis. Der 20–30 m lange, nach innen

zu einfallende schuttgefüllte Gang mündet in einen Höhlensee von einigen Metern Tiefe, die eine Weile lang noch in der Wand am Ufer klimmend verfolgt werden kann. Der Höhlensee stellt den Karstwasserspiegel des Tsisinjien-Berges dar.

911-010 *Kweikiang-Höhle*

Sie liegt an der dem Flusse zugewandten Flanke eines Inselberges 0 vom Tsisinjien-Berg. Einer der Arme des Kweikiang fliesst hindurch, es wurde jedoch daneben auch ein bequemer Gehsteig erbaut. Die Länge beträgt etwa 40 m, der durchschnittliche Querschnitt 8 m. Es können wohlentwickelte Terrassenhorizonte beobachtet werden.



0 10 20 m

Abb. 43. 912-C01. Längsschnitt (A) und Grundriss (B) der Parteihaus-Höhle (Jangso, Provinz Kwangsi)

1 - Eingang, 2 - Tropfsteine, 3 - Grosser Saal, 4 - enge Spalten.

911-011 *Felsentor des Siangpischan*

Eine aktive, pfortenartige durchgehende Resthöhle von grossem Querschnitt und kaum einigen Metern Länge. Sie ist eine der Sehenswürdigkeiten von Kweilin. Sie sieht aus, als ob ein Elefant seinen Rüssel in das Wasser des Kweikiang stecken würde. Daher der Name: Siangpischan = Elefantenrüssel-Berg. Eigentlich handelt es sich hier um einen Turmberg, dessen verjüngter, dem Flusse zugewandter Sporn durch einen Höhlengang durchschnitten wird. Der Fluss fliesst durch diesen Höhlengang.

911-012 *Tutschufu-Höhle*

Trockene Resthöhle in einem Karstbergturm in der Stadt Kweilin. Sie liegt im Garten einer Schule und wird als Speicher benützt.

### 911-013 *Hupaschan-Höhle*

Resthöhle eines Karstbergturmes ähnlichen Namens, der sich in der Stadt Kweilin erhebt.

## 912 Jangso

### 912-001 *Parteihaus-Höhle*

Die Karstinselberge in der Umgebung von Jangso sind in ihrem Gestein (Mitteldevonkalk) und in ihren äusseren Denudationsformen den Kegel- und Turmbergen um Kweilin ähnlich.

Die obengenannte Höhle von Jangso liegt im Innengelände der kleinen Stadt, an der Südflanke des Karstbergturmes hinter dem Gebäude des Bezirks-Parteikommités in der Höhe des heutigen Aufschüttungsniveaus. Die inneren Gänge liegen 2-5 m unter dem heutigen Niveau der intermontanen Ebene. Die Länge beträgt 131 m, die Querschnitte sind sehr verschieden (von 1x1 m bis 8x2 m). Die Temperatur betrug im Inneren am 10. Januar 1959 18,4° C (Jahresdurchschnitt am Tage 20° C). Tropfsteinbildungen sind häufig. Keine Fauna. (Abb. 43.)

### 912-002 *Lun-Höhle*

Zickzackige Höhlengänge im Karstturmberg namens Pilientung, 500 m N von Jangso, an der Landstrasse, etwa 10 m über dem Niveau der intermontanen Ebene. Trockene, teilweise eingefallene und aufgeschüttete Höhlengänge von senilem Formenschatz. Die Länge beträgt 194 m. Die Querschnitte sind recht veränderlich. Keine Höhlenfauna. (Abb. 44.)

### 912-003 *Durchgangshöhle Nr. 1.*

Höhle durch den Karstturm Pilientung. Sie hat sowohl auf der nördlichen, als auch auf der südlichen Bergflanke je zwei Mündungen. Liegt etwa 15 m über dem Niveau der Ebene. Enge Spalten, schuttgefüllte Säle, tropfsteinversperrte Abschnitte wechseln sich ab. Die Bildungen stellen senile, verfallende Formen dar. Keine Fauna. Die vermessene Länge der Gänge beträgt 189 m. (Abb. 44.)

### 912-004 *Durchgangshöhle Nr. 2.*

Diese Höhle durchquert den Karstturm Pilientung im Nordosten. Sie hat kennzeichnende, 6-8 m hohe, 2-3 m breite Gänge mit wohlentwickelten Terrassen. Liegt etwa 10 m oberhalb der Ebene. Im nördlichen Teil ist ein Kohlendepot, im südlichen Ausgang eine Arbeiterunterkunft. Die Länge beträgt 125 m. (Abb. 44.)

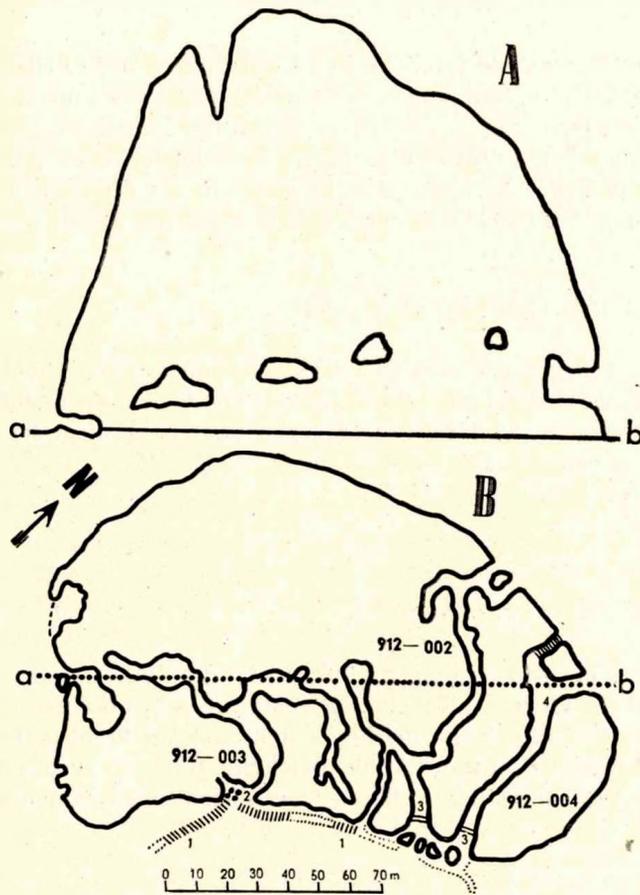


Abb. 44. 912-002, 3, 4, Die Höhlen des Pilientung (Jangso, Provinz Kwangsi).

A - Grundriss, B - Aufriss entlang der Linie a-b. 1 - Treppe, 2 - Eingang der Lun-Höhle, 3 - Wohnplätze in der Höhle, 4 - Holzkohlenlager.

#### 912-011 Unbenannte Höhle

NW von Jangso, an der rechten Seite der Landstrasse nach Kweiling. Wasser-gefüllter Höhlengang unterhalb des Niveaus der aufgeschütteten Ebene am Fusse eines Karstbergturmes. Ungangbar.

#### 912-021 Höhle bei Simpin

Etwa 6 km NO von Jangso, bei dem Dorfe Simpin. Aktive Quellenhöhle, mit einem Bach von etwa 10-15 000 l/min Ergiebigkeit. Die Gänge sind von beträchtlichen Ausmassen (6x8 m).

#### 912-031 *Fledermaushöhle von Lungtan*

Periodische Ponorhöhle (typische sog. Fushöhle) in der Ostflanke einer weiten, grossen Doline 6 km S von Jangso, W von der Ortschaft Lungtan. Sie führt die Niederschläge der Doline unter dem Berge in den bei dem Dorfe Lungtan fliessenden Fluss Kweikiang ab. Bei dem Höhleneingang steht immer tiefes Wasser. Es führt ein tiefes, wohlentwickeltes Bachbett zum Eingang. In der Mündung wohnen Tausende von Fledermäusen. Die Höhle wird durch ihr Kreischen von weitab verraten.

#### 912-032 *Quellhöhle von Lungtan*

Der andere Eingang der unter 912-031 beschriebenen Ponorhöhle bei dem Dorfe Lungtan. Vertikale Spaltenhöhle, ständig aktiv. Die Gänge sowie die inneren Abmessungen sind unbekannt. Von der besprochenen Ponorhöhle liegt sie in der Luftlinie etwa 500-600 m entfernt. Die Schwankung der Ergiebigkeit ist sehr gross. Die minimale Ergiebigkeit liegt um 300 l/min.

#### 912-041 *Tschetschedu-Höhle*

Resthöhle in einem Turmberg am linken Ufer des Flusses Tschetschedu 6 km SW von Jangso, bei der Ortschaft Tungho. Der untere Teil fast des ganzen Berges besteht aus Höhlen; der 30-40 m hohe Felsblock steht wie auf Pfählen. In der Höhle sind Spuren einer kräftigen Korrosion, wohlentwickelte Terrassen zu sehen. Zur Zeit ist im von verschiedenen Seiten her wohlbelichteten Höhlensaal von etwa 6x10 m ein Korbflechtwerk tätig.

#### 912-042 *Stallhöhle von Tschuanjien*

Eine weite Höhle von mehreren Mündungen, die unteren und oberen Gänge ausgenommen wohlbelichtet, in einem Karstbergturm am Ende der Hauptstrasse der Ortschaft Tschuanjien (7 km SW von Jangso). Wird als Kuhstall angewandt, die Kühe werden in den durch Tropfsteinsäulen abgesonderten Höhlenzellen verschiedener Abmessungen gehalten. Die Temperatur schwankt infolge des unmittelbaren Zusammenhanges mit der Aussenwelt stark in Abhängigkeit von den äusseren Temperaturschwankungen. Die Jahresamplitude liegt um 10 °C (+15 - +25 °C).

#### 912-043 *Hohe Höhle von Tschuanjien*

1 km N von Tschuanjien wird ein kennzeichnender Karstbergturm durch zwei Resthöhlen durchquert. Die westliche Höhle, von mir Hohe Höhle benannt, mündet 45 m über der intermontanen Ebene. Sie ist 30 m hoch, 6-8 m breit, 50 m lang. Der Zugang ist recht steil. Auf der Nordflanke führt ein Pfad zur Tunnelhöhle 912-044. Der die Höhlen beinhaltende Karstbergturm ist etwa 150 m hoch.

### 912-044 *Tunnelhöhle von Tschuanjien*

Eine der vorhergehendenparallele durchgehende Resthöhle. Etwa 12 m breit, 15 m hoch und 50 m lang. Von der balkonartig ausgebildeten Südseite hat man eine schöne Aussicht auf die umgebenden karstischen Turm- und Kegelberge, sowie auf die intermontane Ebene voller überschwemmter Reisfelder. Von der Decke der Höhle hängen viele Stalaktite herab, alle stark verfallend. Die Höhle ist vollkommen trocken, ihre Fauna besteht allein aus adventiven Elementen. Die Temperatur hängt von der äusseren Temperatur ab.

## 99 GRENZGEBIET VON VIETNAM

### 991 Pingsiang

#### 991-001 *Grotten von Pingsiang-Neustadt*

Pingsiang ist eine chinesische Stadt an der vietnamesischen Grenze. In der Umgebung der jungen Siedlung und unter den umgebenden Dörfern gibt es durch dichtem Tropenbusch bewachsene Inselberge. Diese enthalten viele Höhlen. Alle sind in den letzten Stufen des Verfalls, mit höchstens 10—20 m langen begehbaren Abschnitten. In einigen wohnen gefährliche Schlangen.

#### 991-002 *Bachhöhle von Pingsiang*

Im nordöstlichen Teil von Pingsiang-Neustadt, in der Nähe der Eisenbahnstation mündend. Eine mehrstöckige Bachhöhle. Das untere Stockwerk ist sehr eng, kaum 0,5—1 m breit. Das mittlere Stockwerk liegt etwa 4—5 m über dem unteren. Sein Querschnitt ist grösser, etwa 3x4 m, jedoch stellenweise auch nur 1x2 m. In diesem Stockwerk gibt es reichlich Schutt und Lehmausfüllung. Ein Abschnitt von etwa 300 m ist gangbar. Die Temperatur des Bachwassers ist 21° C die der Luft 19° C (Angabe 24. März 1959). Die Höhle enthält eine troglobionte Fauna.

#### 991-011 *Kuanjinjen-Höhle*

Mündet etwa 1 km S von Pulung in der Flanke eines weiten karstischen Inselberges. (Pulung ist ein kleines Dorf von vietnamesischer und Tschuang-Einwohnerschaft S von der Pingsiang-Altstadt, S von der Eisenbahnlinie.) Die Höhle ist für die Zwecke von religiösen Riten ausgebaut worden. Sie enthält Statuen von Buddha, Kuanjinschengmu (d.h. der Göttin Kuanjin), und Opfergefässe usw. Auch die Höhle ist von der Göttin Kuanjin benannt worden. (Höhle der Kuanjin-Klippe.) Sie mündet etwa 20 m oberhalb der intermontanen Ebene. Ein Abschnitt von etwa 15 m Länge ist frei gangbar, die restlichen Teile sind verstopft worden. Im mittleren Teil führt ein schluchtartiger Gang in die Tiefe. Die Höhle wurde bis zu den letzten Zeiten von vielen jungen Tschuang- und vietnamesischen Frauen besucht, die die Göttin Kuanjin um Söhne baten.

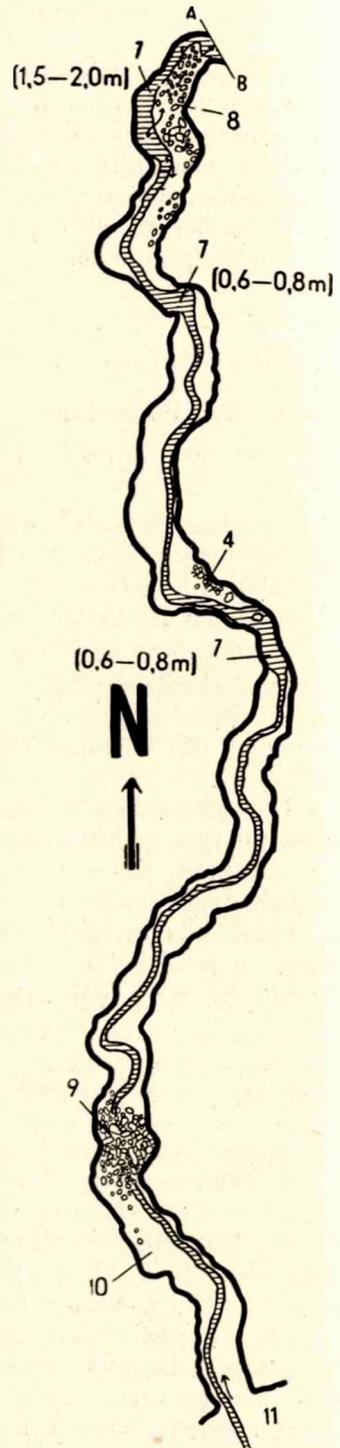
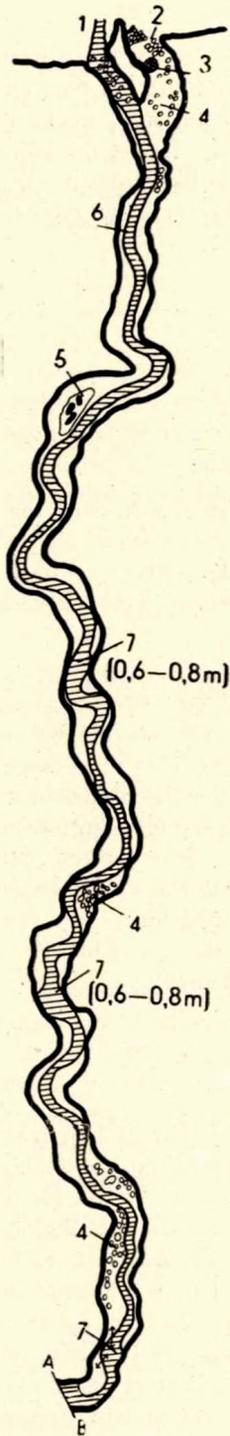


Abb. 45. 991-012. Grundriss der Niujuen-Höhle (Pulung, Provinz Kuangsi).

1 - Quelle, 2 - Eingang von dem Dorfe Pulung, 3 - bis zur Oberfläche reichender Kamin, 4 - Felsschutt, 5 - grosse Tropfsteinsäulen, 6 - Höhlenbach, 7 - das Wasser füllt den Höhlengang in seiner ganzen Breite aus (die Zahlen bedeuten die Tiefe des Wassers in trockenen Jahreszeiten), 8 - siphonumkehrender Versturzlabirint (die I feilen deuten auf die Stelle des Durchdringens), 9 - grosser Versturzlabirint (das Durchdringen ist kompliziert, es ist zweckmässig dem Weg zwischen den mächtigen Felsblöcken zu markieren), 10 Lager der Fledermäuse, 11 - Eingang mit Bach.



### 991-012 Niujen-Höhle

Durchgangshöhle in der Nähe des Dorfes Pulung (übersetzt: Kuhklippen-Höhle) Etwa 1 km S von Pulung fließt ein Bach von 200-300 l/min - in der trockenen Winterperiode - in die Höhle, durch die 10x10 m weite Mündung derselben. Etwa 100 m vom Eingang entfernt liegt ein riesiger Einsturz, wo man nur mit grosser Aufmerksamkeit hindurchkann. Weiter ist der Querschnitt der Höhle im Durchschnitt 8x8 m, jedoch gibt es örtlich auch weitere Säle und engere Teile. Hier wird der Gang völlig von Wasser ausgefüllt. Die grösste Wassertiefe überschritt in der Trockenperiode nicht anderthalb Meter; vermutlich werden in der Regenzeit die Syphons voll. Die freie Bewegung wird an mehreren Stellen durch Einstürze gehindert, sonst kann die Höhle in ihrer vollen Länge (1362 m) begangen werden. Der Ausgang der Höhle an der Quellenseite mündet unmittelbar hinter den ärmlichen Häusern von Pulung. Man kann bei niederem Wasserstand auch neben der Quelle unter Felsblöcken in die Höhle hinein, jedoch gibt es im dichten Tropengebüsch auch eine obere Öffnung um etwa 20 m höher. Unter den Höhlenablagerungen kommen Ton und gemischter Gesteinschutt vor. Die eingehende Untersuchung des Bach-Schotters ist bereits besprochen worden. Trotz der Aktivität der Höhle finden sich in ihrer ganzen Länge viele, grösstenteils noch in der Entwicklung begriffene Tropfsteine.

Einige weitere Angaben über die Abmessungen der Höhle: durchschnittliche Breite 8 m, Höhe 12 m, Temperatur am 26. März 1959 21 °C. (Die jährliche Durchschnittstemperatur ist 23 °C.)

Die Fauna der Höhle ist äusserst reich. Im Arm mit dem Wasserschlinger wohnen etwa 70-80 m von der Mündung entfernt Tausende von Tropenfledermäusen. An den frischen Guanohügeln wimmeln Massen von höhlenbewohnenden *Chilopoden*, *Diplopoden*, Heuschrecken, usw. Einige grössere Dunghaufen sind gleichsam Ameisenhaufen ähnlich. Im Wasser des Baches leben besonders blinde Krebse in grosser Zahl. Der Bach fördert Unmengen von organischen Nährstoffen in die Höhle; alles in allem sind die Bedingungen für das Höhlenleben - in Anbetracht der günstigen Temperatur - sehr vorteilhaft (Abb. 45).

ANGABEN EINIGER  
(nach Messungen)

Katastrale Nummer	Namen	Lokalität	Provinz	Geographische Breite	Geographische Länge
<b>1. Höhlen der Kegel- und Karstberge</b>					
821-001,3	Lujüantung und Tattung	Alufazun	Jünnan	24°32'	103°48'
911-001	Tsisinjien	Kweilin	Kwangsi	25°14'	110°14'
911-002	Untere Höhle	Kweilin	Kwangsi	25°14'	110°14'
911-005	Betriebshöhle	Kweilin	Kwangsi	25°14'	110°14'
912-001	Parteihaushöhle	Jangso	Kwangsi	24°35'	110°27'
912-002-3-4	Pilientung	Jangso	Kwangsi	24°35'	110°27'
991-012	Niujen-Höhle	Pulung	Kwangsi	22°12'	106°48'
<b>2. Höhlen des Hochflächenkarstes</b>					
772-102	Tschetung	Jangzanpa	Kweitschou	27°0'	105°40'
772-301	Pejei-Höhle	Jangzanpa	Kweitschou	27°0'	105°40'
772-302	Kleinloch-Höhle	Jangzanpa	Kweitschou	27°0'	105°40'
741-001-3	Höhlen des Tun-nangho	Toansa	Kweitschou	25°50'	106°40'
741-011	Tantschiatung	Pienjang	Kweitschou	25°40'	106°35'
741-021	Olungkuangtung	Lotien	Kweitschou	25°25'	106°45'
812-003	Tschijüntung	I unan	Jünnan	24°54'	103°23'
812-051	Sienschentung	Haiji	Jünnan	24°38'	103°36'
812-052	Taschijaitung	Haiji	Jünnan	24°38'	103°36'
<b>3. Höhlen anderer Gegenden</b>					
321-004	Schungtung	Tschoukou-tien	Hopeh	39°40'	115°55'
625-001	Tschilaotung	Omei	Szetschuan	29°38'	103°21'

Tabelle III.

CHINESISCHER HÖHLEN  
des Verfassers)

Eingangshöhe in m ü. d. M.	Jährliche Temperatur durchschn. am Tage	Angaben der Höhle						Gesammelte Fauna
		Typ	Länge m	Tiefe m	Durchschnittl		Temperatur °C	
					Breite m	Höhe m		
1500	18,5	Bachhöhle	1064	—	15	10	18,5	—
150	19,5	inaktive Bachhöhle	850	—	15	15	19	—
150	19,5	period. akt. Bachhöhle	390	—	6	4	19	—
150	19,5	inaktive Bachhöhle	360	—	4	7	18	—
130	20	inaktive Gänge	131	—	2	2	18,4	—
130	20	inaktive Gänge	584	—	3	6	19	—
200	23	aktive Bachhöhle	1362	—	8	12	21	Diplopoden, Chilopoden, Heuschrecken, Krebse usw.
1250	14,5	aktive Bachhöhle	400	80	20	25	14	Diplopoden, Chi- lopoden, Heu- schrecken, usw.
1400	14	aktive Bachhöhle	780	—	25	50	15	—
1400	14	inaktive Bachhöhle	838	120	20	40	14	—
900	17	aktive Bachhöhle	2000	—	20	40	17	—
800	17,5	inakt., künstlich erweitert	80	—	2	2	17	Diplopoden, Chilo- poden
500	19,9	Flutquellhöhle	123	—	4	3	20	Diplopoden, Chilo- poden
1800	17	senile Bachhöhle	339	—	8	10	17	—
1700	17,5	senile Bachhöhle	220	75	25	35	17,5	—
1600	18	Ponorhöhle	200	—	8	8	18	—
100	12	senile Bachhöhle	110	20	10	8	15	—
1820	11	senile Bachhöhle	215	50	4	4	10,6	Diplopoden, Chilopoden

ÜBERSICHT DER BESCHRIEBENEN HÖHLEN

- 1 Nord- und Nordwest-China**
- 2 Nordost-China**
- 3 Mittel-China**
- 32 HOPEH
- 321 Tschoukoutien
- 321-001 Höhle des Pekinger Urmenschen
- 321-002 Obere Höhle
- 321-003 Liuschischan-Höhle
- 321-004 Schungtung
- 321-005 Jünschuitung
- 4 Südwest-China**
- 5 Südost-China**
- 6 Szetschuan**
- 61 TSCHUNGKING UND UMGEBUNG
- 612 Pelpch
- 612-001 Höhle der Nördlichen Thermalquelle (Peiwentschuan)
- 615 Gebiet südlich von Tschungking
- 615-001 Siennütung
- 62 TSCHÖNGTU UND UMGEBUNG
- 625 Omelschan
- 625-001 Tschulaotung
- 7 Kweitschou**
- 71 KWEIJANG UND UMGEBUNG
- 711 Kweljang
- 711-001 Tiergarten-Höhle
- 712 Gebiet nördlich von Kweljang
- 712-001 Quellschöpfung von Peimadun
- 72 NORDOST-KWEITSCHOU
- 721 Umgebung von Tunttschen
- 721-001 Höhle von Tunttschen
- 73 SÜDOST-KWEITSCHOU
- 731 Umgebung von Nantan
- 731-001 Ponorhöhle Nantan I
- 731-002 Ponorhöhle Nantan II
- 731-003 Ponorhöhle Nantan III
- 731-004 Ponorhöhle Nantan IV
- 74 MITTEL-SÜD-KWEITSCHOU
- 741 Umgebung von Tunnangho
- 741-001 Tienschintschou
- 741-002 Tsunktschou
- 741-003 Satschou
- 741-004 Tunnangho-Höhle bei Pienjang
- 741-011 Tantschiatung
- 741-021 Olungkuangtung
- 77 NORDWEST-KWEITSCHOU
- 772 Jangzanpa
- 772-001 Wasserschöpfer-Schicht
- 772-002 Kuhschacht
- 772-003 100 Weitere Schachthöhlen
- 772-101 Ponorhöhle von Jangzanpa
- 772-102 Tschetung
- 772-301 Pejei-Höhle
- 772-302 Kleinloch-Höhle
- 772-303 Kleinmündung-Höhle
- 772-304 Höhle des Industriebetriebes
- 772-305 Lutz-Tschangli-Höhle
- 773 Wusehi**
- 773-001 Quellschöpfung der Wuschiho
- 8 Jünnan**
- 81 KUNMING UND MITTEL-JÜNNAN
- 812 Lunan
- 812-001 Tienschengtschiao
- 812-002 Heilungtan
- 812-003 Tschijüntung
- 812-051 Sienschentung
- 812-052 Tschijaitung
- 812-053 Huangtschuschantung
- 82 OST-JÜNNAN
- 821 Umgebung von Lusehi
- 821-001 Lujüntung
- 821-002 Quellschöpfung der Lujüntung
- 821-003 Taitung
- 821-004 Ponorhöhle von Alufazun
- 9 Kwangsi**
- 91 KWEILIN UND UMGEBUNG
- 911 Kweilin
- 911-001 Grosse Höhle von Tsisinjien
- 911-002 Untere Höhle von Tsisinjien
- 911-003 Höhle der Kuomintangisten
- 911-004 Heuspeicher-Höhle
- 911-005 Betriebschöpfung
- 911-006 Mönchschöpfung
- 911-007 Buddha-Höhle
- 911-008 Wässerige Höhle
- 911-010 Kweikiang-Höhle
- 911-011 Felsentor des Siangpischen
- 911-012 Tutschufu-Höhle
- 911-013 Hupaschan-Höhle
- 912 Jangso
- 912-001 Parteihaus-Höhle
- 912-002 Lun-Höhle
- 912-003 Durchgangschöpfung Nr. 1.
- 912-004 Durchgangschöpfung Nr. 2.
- 912-011 Unbenannte Höhle
- 912-021 Höhle bei Simpín
- 912-031 Fledermauschöpfung von Lungtan
- 912-032 Quellschöpfung von Lungtan
- 912-041 Tschetschedu-Höhle
- 912-042 Stallhöhle von Tschuanjien
- 912-043 Hohe Höhle von Tschuanjien
- 912-044 Tunnelhöhle von Tschuanjien
- 99 GRENZGEBIET VON VIETNAM
- 991 Pingsiang
- 991-001 Grotten von Pingsiang-Neustad
- 991-002 Bachschöpfung von Pingsiang
- 991-011 Kuanjinjen-Höhle
- 991-012 Niujen-Höhle

## Literatur

1. BALÁZS D.: A trópusi karszt terminológiai problémái. – Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató Budapest, 1959. nov.
2. BALÁZS D.: A jangsoi Piljendung barlangjai. – Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató. Budapest, 1959. dec.
3. BALÁZS D.: Földalatti folyók Dél-Kujcsou-ban. – Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató. Budapest, 1960. jul.-aug. (pp. 182–186.)
4. BALÁZS D.: A Délkinai-karsztvidék vízrajza. – Hidrológiai Közöny, Budapest, 1960. 6. sz.
5. BALÁZS, D.: Najwiekszy obszar krasowy swiata. – Poznaj Swiat, 1961. N<sup>o</sup> –1. Warszawa.
6. BALÁZS D.: Die Höhlen des Südchinesischen Karstgebietes. – Die Höhle, 1961. N<sup>o</sup>-1. Wien
7. BIEN, M. N. – CHIA, L. P.: Cave and Rock-shelter Deposits in Yunnan. – Bull. Geol. Soc. China, Peking. 1938.
8. BÍROT, P.: Problèmes de morphologie karstique. Climat chaud et humide. – Annales de Géographie. Paris, 1954. mai-juin.
9. BLONDEL, F.: Les phénomènes karstiques en Indochine Française. – Bull. Service Géolog. de l'Indochine. Hanoi, 1929.
10. BOUILLARD, G.: Les grottes de Jun Shui Tung du Shang Tang Shan. – Bull. of the Geol. Soc. of China. Vol. 3. N<sup>o</sup>-2. Peking, 1924. (pp. 147–152)
11. BULLA B.: Általános természeti földrajz. – Egyetemi tankönyv. Budapest, 1954.
12. CHAPMAN, B.: The Climat Regions of China. – Nanking. 1931.
13. CHOLNOKY J.: A Föld és élete. Ázsia. – Budapest, 1936. II. (pp. 52, 505, 514, 580, 581, 582)
14. CO DZSIN-HUI: Die Hydrographie Chinas. – Peking. 1955. (In chinesischer Sprache.)
15. COLBERT. E. H.: Pleistocene Mammals from the Ma Kai Valley of North Yunnan. China. – Am. Mus. Novitates, N<sup>o</sup>-1099. 1940.
16. COLQUHOUN, A. R.: Quer durch Chryse. – London. 1884. (pp. 84, 173, 321, 352.)
17. CORBEL, J.: Érosion en terrain calcaire. – Ann. de Géographie, Paris, 1959. mars-avril.
18. CREDNER, W.: Das Kräfteverhältnis morphogenetischer Faktoren und ihr Ausdruck im Formenbild Südasiens. – Bull. Soc. China, 9. N<sup>o</sup> 1. Peking. 1931.
19. CREDNER, W.: Siam. – Stuttgart. 1935.
20. CRESSEY, G. B.: Land of the 500 Million. A Geography of China. – Washington, 1953. (pp. 223–226)
21. CSEN SU-PEN: Grundzüge des strukturellen Aufbaus von China. – Peking, 1952. (In chinesischer Sprache.)
22. CSEN SU-PEN: Das Südchinesische Karstgebiet (Tili-Tschischi). – 1954. 3. Peking. (pp. 75–76) (In chinesischer Sprache.)
23. CSEN SU-PEN: Geomorphologische Karte der Tsinjien-Höhle in Kweilin. – Quatern. Sinica, 1958, 1. Nf. 1. (pp. 226–228). (In chinesischer Sprache.)
24. CUISINIER, L.: Régions calcaires de l'Indochine. – Ann. de Geogr. 38. 1929. (pp. 266–273)
25. Чу-Шiao-тан: География Нового Китая. Москва, 1953 г. Tschu Schao-tan: Geographie des Neuen Chinas. – Moskau, 1953.
26. DAVIS, W. M.: Origin of limestone Caverns. – Bull. of the Geol. Soc. of Amer., Vol. 41. 1930. (pp. 475–628)
27. DÉPRAT, J.: Étude géologique du Yunnan Oriental. I. Géologie générale. – Mém. Serv. géol. de l'Indochine, Hanoi, 1912.
28. Flood damage and Flood Activities in Asia and the Far East. – Economic Commission for Asia and the Far East. Bangkok, 1950.
29. FROMAGET, J.: Études géologiques sur le Nord de l'Indochine Centrale. – Bull. Serv. Géol. de l'Indochine. 16. 2. Hanoi, 1927.
30. GAUDRY, A.: Sur des ossements d'animaux quaternaires que M. l'able David a recueillis en Chine. – Bull. Soc. Géol. France, Ser. 2, T. XXIX. 1872. (p. 177)
31. Гвоздецкий, Н. А.: Карст. Москва, 1956 г. GWVOZDETSKIJ N. A.: Der Karst. – Moskau, 1956.
- 31 a. GERTIG B.: Kína. In Szabó L. (red.): Földrajz. II. Eurázsia, Budapest, 1957. (pp. 425–461.)
32. GOUROU, P.: Le Tonkin. – Paris, 1931.
- 32 a. GRUND, A.: Der geographische Zyklus im Karst. – 2. Ges. Erdkunde. Berlin, 1914.
33. HANDEL-MAZETTI, H.: Naturbilder aus Südwest-China. – Wien, 1927. (pp. 14, 50, 58, 59, 123, 280, 286, 288, 302, 339.)
34. KÉZ A.: A mészkőtérszín pusztulása. (Rezension des Aufsatzes von Jean Corbel: „Érosion en terrain calcaire.”) – Földrajzi Értesítő, 1959. 4.

35. KÉZ A.: Leirő természeti földrajz. Ázsia. – Egyetemi tankönyv. Budapest, 1960.
36. KÉZ A.: A trópusi karszt (kúparszt). – Földrajzi Értesítő, Budapest, 1960, 3. füzet. (pp.396–398.)
37. KOENIGSWALD, R.: Eine fossile Säugetier-Fauna mit Simia aus S. China. – Proc. Acad. Sc., Amsterdam, 1935. (pp. 872–879.)
38. KOENIGSWALD, R.: The Relationship Between the Fossil Mammalian Faunae of Java and China, with Special Reference to Early Man. – Nat. Hist. Bull. Peking, 1939. (pp. 293–298.)
39. KOKEN, E.: Ueber fossile Säugetiere aus China. – Pal. Abh., vol. III. Fasc. 2. 1885.
40. KOSACK, H. P.: Verbreitung der Karst- und Pseudokarsterscheinungen über die Erde. Ein Beitrag zur Karstforschung u. -hydrographie. – Petermanns Geogr. Mitteil. 96. Jahrgang, 1. Quartalheft. 1952. (pp. 16–21.)
41. KREBS, N.: Inselberge und Ebenheiten im Karst. – Z. d. Gessellschaft für Erdkunde. Berlin, 1930.
42. Лебедев, В. Г. — Хань-Мо-кань: Первая Всекитайская конференция по четвертичной геологии. Изд. АН ССР. Москва, 1957 г. География № 4. LEBEDEV, W. G. und HAN MO-KAN: Allchinesische Konferenz über die Quartär-Geologie. – Verlag der Akademie der Wissenschaften der UdSSR, Moskau, 1957. 4.
43. LEBEDEV, W. G.: Über einige wichtigsten Aufgaben und Probleme der Geomorphologie Chinas. – „Kohssiue Tungbau“ (Wissenschaftlicher Anzeiger). 1958. Nf. 12. (In chinesischer Sprache.)
44. Лебедев, В. Г. Геоморфологические наблюдения в карстовой области провинции Гуанси. Моск. О-во испыт. Природы. Москва, 1959 г. LEBEDEV, W. G.: Geomorphologische Beobachtungen in den Karstgebieten der Provinz Kwangsi. – Moskauer Gesellschaft der Naturforscher. Moskau, 1959.
45. LECLERE, A.: Géographie générale des provinces chinoises voisines du Tonkin. – La Géographie, 1900. 1. (pp. 267–288.)
46. LEHMANN, H.: Karstentwicklung in den Tropen. – Die Umschau in Wissenschaft und Technik. 1953. 18.
47. LEHMANN, H.: Der Tropische Kegelkarst auf den Grossen-Antillen. – Erdkunde, VII/2. Bonn, 1954. (pp. 130–139.)
48. LEHMANN O.: Die Hydrographie des Karstes. – Enzyklopädie der Erdkunde. Leipzig et Vienna, 1932. (p. 212)
49. LEHMANN, O.: Die geographischen Ergebnisse der Reise durch Quitschou. Expedition A. Handel-Mazzettis 1914. bis 1918. – Denkschr. Akad. Wiss. Math.-naturw. Kl. 100. Wien, 1925. (pp.81–97.)
50. LICENT, E.: The Na Ye Li Sanmenian Fossiliferous Deposit. – Bull. Geol. Soc. China. 1930. (pp. 101–104)
51. Ли-Сы-хуан: Геология Китая. Москва, 1959 г. LI SI-CHUAN: Die Geologie Chinas. – Moskau, 1954.
52. LOBECK, A. K.: Geomorphology. – An Introduction to the Study of Landscapes New-York and London, 1939.
53. LÓCZY L.: A Khinai Birodalom természeti viszonyainak és országainak leírása. – Budapest, 1886. (pp. 575, 583.)
54. LÓCZY L.: A Khinai Birodalom története. – Budapest, 1902. (Umschlagstitel: A mennyei birodalom története.)
55. LOKSA I.: Einige neue Diplopoden- und Chilopodenarten aus chinesischen Höhlen. – Acta Zoologica. VI. 1–2. Budapest, 1960.
56. MALÁN M.: Oriáseber vagy majom? Új Gigantopithecus lelet Dél-Ki nában. – Természettudományi Közlöny, 1958. 3. sz.
57. MATSUMOTO, H.: On Some Fossil Mammals from Szechuan, China. – Sc. Rep. Tohoku, Imp. Univ. Sendai, Ser. 2. 1915.
58. MÉSZÁROS I. – MIHOLICS J.: Kina természeti földrajzi vázlata. – Földrajzi Közlemények. 1960. 3. f. Budapest. (pp. 285–301.)
59. PANZER, W.: Zur Geomorphologie Südchinas. – Geol. Rundschau, 26. Bonn, 1935.
60. PATKÓ I. – RÉV M.: Vietnam. – Budapest, 1960.
61. PEI WEN-CHUNG: Fossil Mammals from Kwangsi Caves. – Peking, 1935.
62. PEI WEN-CHUNG: On the Mammalian Remains from Loc. 3. at Choukoutien – Pal. Sin. Ser. C, Vol. VII, Fasc. 5. Peking, 1936.
63. PEI WEN-CHUNG: The Upper Cave Fauna of Chokoutien – Pal Sin. N. S. C. N°-10. Choung-hing, 1940.
64. PEI WEN-CHUNG: The Zoogeographical Divisions of Quaternary Mammalian Faunas in China, – Laboratory of Vertebrate Paleontology, Academia Sinica, Vertebrata Palasiatica, Vol. 1, Peking. 1957.

65. RÁCZ I.: Új-Kína vizgazdálkosásáról. – Vizügyi Közlemények 1958, 2. füzet (pp. 230–259.) 3. füzet (pp. 340–368.) Budapest
66. SCHLOSSER, M.: Die Säugetiere Chinas. – Abh. Bayr. Akad. d. Wiss. II. Cl. Vol. XXII. Fasc. 1. 1903.
67. SCHLOSSER, M.: Fossil Primates from China. – Pal. Sin. Ser. C. Vol. 1. Fasc. 2. 1924.
68. SCHÜTZNE, ROVÁ, V. – HAVELKOVÁ: Kras v severni casti provincie Yünnan v jizni Ciné. – Československy Kras, ročník 12. Praha, 1959. (pp. 204–210.)
69. SCHWARM, R. E.: Caves of Kwangsi. – Bull. of the Nat. Spel. Soc., Nov. 20. New-York, 1958.
70. SEN JÜ-TSCHANG: Oberflächenformen des Gebietes von China und Probleme der geomorphologischen Rayonierung. – Quatern. Sinica 1958. N° -1. (pp. 33–41.) (In chinesischer Sprache.)
71. SZABÓ P. Z.: Karstic Landscape Forms in Hungary in the Light of Climate. – Stud. in Hung. Geogr. Sc. Budapest, 1960.
72. СОКОЛОВ Д. С.: Особенности развития карста в среднем течении р. Янцзы. Бюл. Моск. О-ва испыт. Природы. Отд геол. 1958 г. № 4. 162. SOKOLOV, D. S.: Eigenartigkeit der Entwicklung des Mitteljangze-Karstgebietes. – Moskau, 1958, 4.
73. THORP, J.: Geography of the Soils of China. – Nat. Geol. Survey China. Nanking, 1936.
74. TEILHARD DE CHARDIN, P. – YOUNG, C. C. – PEI, W. C.: On the cenozoic formations of Kwangsi and Kwangtung. – Bull. of the Geol. Soc. of China. Vol. XIV. N°-2. Peking, 1935.
75. THORP, J.: Shilin, Junnans „Forest of Stones“. – The China Journal, 25. 1. Sanghaj, 1936.
76. TROMBE, F.: Quelques aspects des phénomènes chimiques souterrains. – Ann. de Spéléologie. 1951. (pp. 3–21.)
77. WISSMANN, H. V.: Der Karst der humiden heissen und sommerheissen Gebiete Ost-Asiens. – Erkunde, Bonn, 1954. VIII. 2. (pp. 122–130.)
78. YOUNG, C. C.: Note on Fossil Mammals from Kwangsi. – Bull. Geol. Soc. China. 1929. (pp. 125–130.)
79. YOUNG, C. C.: On Some Fossil Mammals from Yunnan. – Bull. Geol. Soc. China. 1931. (pp. 384–393.)
80. ZDANSKY, O.: Die Säugetiere der Quartärfauna von Choukoutien. – Pal. Sin. Ser. C, Vol. V. Fasc. 4. 1928.

*Die im Aufsatz über das Klima angeführten Angaben stammen aus folgenden Veröffentlichungen:*

1. HAJÓSY F.: Magyarország csapadékviszonyai, 1901–1940. – Orsz. Meteorológiai Int. Kiadványa, Budapest, 1952.
2. HANN, J. DR.: Klimatologie. – Stuttgart, 1911.
3. Temperatura, vetar i oblacnost u Jugoslaviji. Resultati osm. zaperiod 1925–1940. – Prilozi poznavonju klime Jugoslavije, Beograd, 1952.
4. The Climates of the Continent. – Fourth Edition W. G. Kendrew. Oxford, 1953.
5. World Weather Records 1931–1940. City of Washington. – Published by the Smithsonian Institution, 1947.
6. Chinesische meteorologische Jahrbücher. (In chinesischer Sprache.)

## THE SPELEOLOGY OF THE KARSTIC REGION OF SOUTH CHINA

By

D. BALÁZS

The area of the provinces Yunnan, Kweichow and Kwangsi in South China, is a large limestone land. The well developed karstic features predominate over an area of about 600 000 km<sup>2</sup>. This is, therefore, the largest coherent karstic region of the Earth.

Within the scope of his speleological study-tour in 1958/59, the author spent several months in this karstic region. He reports in his paper on his experience and the observations made by him during the study-tour.

From the point of view of the karst hydrography, as well as of speleography, the karstic region of South China is divided in two larger landscape units. Nearly

two-thirds of the area are formed by a highly elevated, barren limestone block (the Yunnan-Kweichow plateau), and one-third shows a low-lying karstic landscape covered by island hills, having been or being intensively peneplainized (Kwangsi). The Yunnan-Kweichow plateau (shortened - Yunkwei plateau) rises stepwise from E to W. The eastern part of the area (the Kweichow plateau) has an average height of 800 to 1200 m a.s.l. The residual hills of the Kwangsi province lie at 200 to 500 m above the sea level. The average of the annual precipitation is 1200-1400 mm in Kweichow, 800-1100 mm in Yunnan, and 1500-2000 mm in Kwangsi. The annual temperature averages 14-19 C° in Kweichow, 15-20 C° in Yunnan, and 19-23 C° in Kwangsi.

Owing to the favourable climatic conditions, the degradation of limestone is a very intensive process which has led to the formation of an extensive underground hydrographical network. The plateaus are characterized by large systems of active caves. On the other hand, in the isolated cone and tower hills of the karstic lowland including only island hills, there are merely the dissected remnants of former extensive brook-bearing caves to be found. The active caves of the highland represent young, Quaternary formations, while most of the caves in the cone and karst hills are senile caverns remained from the pre-denudational period (Tertiary) of the karstic plateau. Most of these senile caverns are small, dry ones which had been occupied as living quarters already by the primitive man.

An extremely abundant troglobiont fauna, especially various forms of Crustacea, chilopods, diplopods and grasshoppers (Tettigoniidae) ect., has been found not only in the brook-bearing highland caves, but also in those of the karstic lowland with scattered island hills. The author returned home with a rich collection of these animals, their biological study being still under way.

The fillings of the caves are made up mostly by Quaternary rocks in which the paleontological findings are abundant. Because of the warm climate, the formation of the stalactite is very intensive, but in the caves of the cone and tower hills living stalactites do, at the present time, occur very scarcely since there is no water supply.

Among the caves which are estimated to amount to many ten thousands, the Chinese population makes economic use of those being easy in access and forming spacious dry caverns. In these caves industrial workshops, repositaries, hog-farms etc. have been set up, but before the people's advent to power in China many thousands of families had found in them their miserable homes too. People has actually proceeded to explore the brooks and rivers running through caves in the depth of the plateau, in order to use their extracted waters for the purposes of the developping industry, the agriculture and the population. In Yunnan even a hydroelectric station has already been established on an underground river.

In the „Appendix” at the end of his paper, the author gives a short description of 70 caves, 22 of which are documented also with maps.

## СПЕЛЕОЛОГИЯ КАРСТОВОЙ ОБЛАСТИ ЮЖНОГО КИТАЯ

Д. БАЛАЖ

В Южном Китае, на территории провинций Юньнань, Гуйчжоу и Гуанси расположена обширная известняковая простора. Хорошо развитые карстовые формы преобладают на площади около 600 000 км<sup>2</sup>, следоно, эта территория является наибольшей, сплошной карстовой областью нашей Земли.

В рамках своей пещероведческой научной командировки в 1958—59 гг. автор настоящей статьи побывал несколько месяцев в этой карстовой области. В статье он дает отчет о своем опыте и о наблюдениях, сделанных им во время командировки.

С точки зрения карстовой гидрографии, но вместе с тем и спелеографии, карстовая область Южного Китая делится автором на две большие ландшафтные единицы. Приблизительно две третьих данной территории представляет собой высоко поднятую известняковую глыбу (Юньнаньско-Гуйчжоуское нагорье), причем третья часть является пенепленизированным или сильно пенепленизирующимся, заниженным карстовым ландшафтом (Гуанси), покрытым островными горами. Юньнаньско-Гуйчжоуское нагорье (коротко — Юньгуйское плато) повышается ступенями с востока на запад. Восточная часть (Гуйчжоуское плато) возвышается в среднем на 800—1200 м над поверхностью моря, а средняя высота западной части (Юньнаньское нагорье) — 1800—2000 м. Реликтовые горы провинции Гуанси лежат в 200—500 м над поверхностью моря. Среднее годовое количество атмосферических осадков изменяется в Гуйчжоу от 1200 до 1400 мм, в Юньнани — от 800 до 1100 мм, и в Гуанси — от 1500 до 2000 мм. Средняя годовая температура колеблется в Гуйчжоу в пределах 14—19° С, в Юньнани — 15—20° С и в Гуанси — 19—23° С.

В связи с благоприятными климатическими условиями размыв известняка — очень интенсивный процесс, который привел к образванию огромной подземной гидрографической сети. Плато характеризуются системами активных пещер, однако, в изолированных, конусообразных и башенных горах островно-горной карстовой низины можно найти лишь раздробленные останцы бывших, крупных ручейных пещер. Активные пещеры нагорья являются молодыми, четвертичными образованиями, в то время как большинство пещер в конусообразных и карстовых горах представляет собой старческие полости, оставшиеся из периода, предшествовавшего денудации карстового плато (из третичного периода). Эти последние являются в основном небольшими, сухими пустотами, которые были использованы в качестве жилья еще первобытным человеком.

В ручейных пещерах нагорья, но также и в пещерах островно-горного карста была найдена необычайно богатая фауна троглобионтов, прежде всего разные ракообразные (*Crustacea*), многоножки (*Chilopoda*), диплоподы (*Diplopoda*) и теттигониды (*Tettigoniidae*) и т. п. Автор возвратился из командировки с большой коллекцией этих ископаемых, биологическая разработка которых еще продолжается.

В заполнении пещер принимают участие главным образом четвертичные породы, доставившие богатые палеонтологические находки. Вследствие теплого климата образование сталактитов происходит очень интенсивно, но в пещерах конусообразных и башенных гор в настоящее время активных сталактитов уже очень мало, так как питание водой не осуществляется.

Из насчитывающих, предположительно, много десятков тысяч пещер китайское население экономически утилизирует легко доступные, объемистые, сухие пустоты. В них устроены промышленные заводы, склады, свиннооткормочные пункты и т. п., но еще до установления народной власти в Китае многие тысячи семей нашли в них даже свои скромные жилья. Сегодня уже приступили к поискам ручьев и рек, протекающих через пещеры во глубине плато, чтобы использовать полученные из них воды для целей развивающейся промышленности, сельского хозяйства, а также для снабжения населения. В провинции Юньнань на одной из подземных рек построена уже и гидроэлектростанция.

В «Приложении», приводимом в конце статьи, автором дается краткое описание 70 пещер, причем для 22 из них приводятся и карты.

## A TEKERESVÖLGYI BARLANGOK VESZPRÉM MELLÉLT ÉS AZ ÖRVÖS LEMMING LEGDÉLIBB ELŐFORDULÁSA

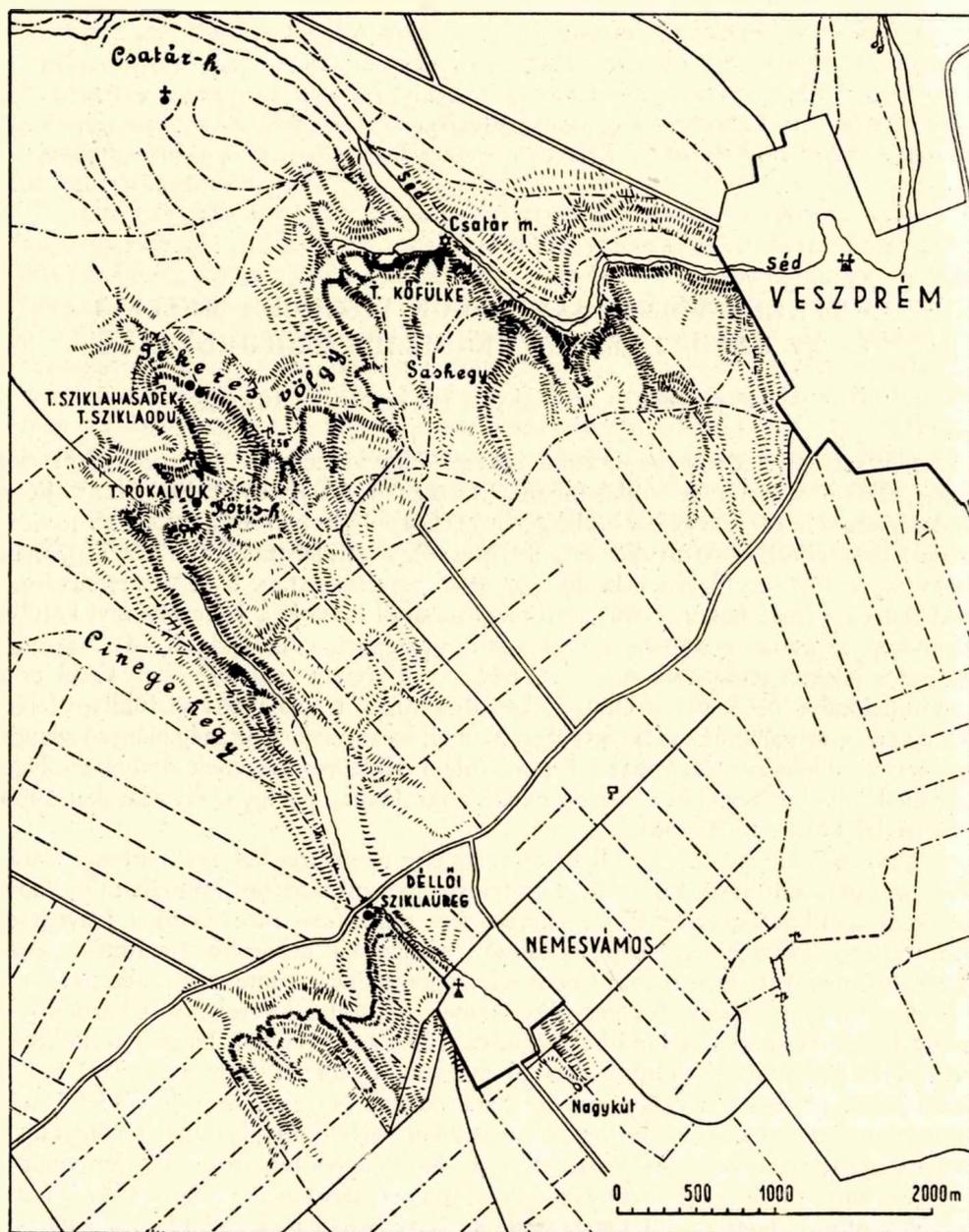
DR. BERTALAN KÁROLY és DR. KRETZOI MIKLÓS

A veszprémi Sédvölgybe torkolló Tekereshölgy kisméretű dolomitüregének elég későn találjuk nyomát az irodalomban. Először 1935-ben említ BERTALAN K. és SZOKOLSZKY I. két „Tekereshölgy barlang”-ot (1:134). 1938-ban BERTALAN K. röviden leírja a Tekereshölgyi rókalyukat és a Tekereshölgyi sziklahasadékot (2:207,6), majd 1943-ban a Tekereshölgyi sziklaodút (3). 1946-ban BERTALAN K. a Veszprémvármegyei Múzeum (ma: Bakonyi Múzeum) megbízásából kiásatja a Tekereshölgyi kőfülke kitöltését, az ásás eredményéről azonban egyidejűleg csak újsághír (4), valamint kéziratot jelentés emlékezik meg (5), melynek kivonata csak 1955-ben kerül be a szakirodalomba (6:55, 60—61). 1957-ben BERTALAN K. a Bakony vízföldtani felvétele kapcsán megállapítja a tekereshölgyi kiemelt karszt vízjáratok még hiányzó adatait, egyszersmind leletmentést végez a Tekereshölgyi sziklaüreg idegenek által megbolygatótt üledékéből és begyűjti az ismertető mikrofaunát. Az így nyert adatokat 1959-ben foglalja össze (7:37—38).

Mivel a Tekereshölgyi kőfülke ásása az első rendszeres bakonyi barlangi ásás, mely az egész kitöltésre kiterjedt, a Tekereshölgyi sziklaodúból kikerült mikrofauna pedig az arktikus fajok legdélibb elterjedésére vonatkozó ismereteinket lényegesen kibővíti, indokolt a jelentéktelennek látszó barlangvidék behatóbb ismertetése, annál is inkább, mivel itt még további gerincespaleontológiai eredmények várhatók.

Az aszóvölgy jellegű Tekereshölgy Nemesvámostól 2 km-rel Ny-ra kezdődik és végig felső-triász kori földolomitba vágódva a Csátárhegy DK-i lábánál torkollik a veszprémi Sédvölgybe. Felső szakaszán magába fogadja a Nemesvámostól DK-re raibli márga összleten, a völgykitöltés határán fakadó Nagykút nevű forrás lefolyását, melynek vize azonban a fővölgyben, mintegy 2 km-nyi felszíni folyás után a völgytalpon elszivárog. Csak a nagyobb esőzések vagy hirtelen hóolvadások vize jut végig a völgyön, amiről 1–2 m mélyre bevágódott, általában száraz meder tanúskodik. A Tekereshölgy utolsó, mintegy fél km hosszú, K–Ny-i irányú torkolati része a karsztvíz szintjéig bevágódott, ennek következtében itt számos bővízű karsztforrás fakad (16:176). A völgy felváltva K–Ny-i és É–D-i, helyenként ÉNy–DK-i irányú szerkezeti vonalakat követ és ennek megfelelően zezugos lefutású, a határoló földolomit-táblák megbillent települése következtében pedig részaránytalan felépítésű: jobboldalát sziklabástyákkal tarkított meredek lejtők határolják, míg baloldala általában lankás és lösz borítja (1. ábra).

A völgy jobboldalán meredező dolomitsziklákban számos kiemelt helyzetű, egy-



1. ábra. A tekeresszőlgyi barlangok helyszínrajza.

A barlangok helyét kövér pont jelzi. T = Tekeresszőlgyi.

Abbildung 1. Situationsplan der Höhlen des Tekeresszőlgy. Die Stellen der Höhlen sind mit fetten Punkten bezeichnet. T = Tekeresszőlgyer, köfűlke = Felsnische, sziklaodu = Abri.

kori karsztvízjárat torkolata figyelhető meg, melyek általában a rétegzettséghez kötöttek, és többségükben járhatatlanul szűkek. Néhányukat azonban a fagyrepszítés és az inszoláció járható méretűre tágitotta. A völgyön felfelé haladva az alábbi üregekről emlékezhetünk meg.

A Tekeresvölgyi kőfülke (4, 5, 6) az említett forrásvidék (16 : 176) közelében mélyül az egyik kiugró dolomit-szirt tövében, alig 2 m magasságban az előtte csörgedező patak szintje felett. Két szűk karsztvízjárat összehajlásánál alakult ki az a – közel ÉÉNy–DDK-i ( $338^{\circ}-158^{\circ}$ ) és NyÉNy–KDK-i ( $297^{\circ}-117^{\circ}$ ) csapású törések által tektonikusan is preformált – mállásos eredetű üreg, melyben 1946. augusztus 19-től augusztus 28-ig, DR. NAGY LASZLÓNAK, az akkori Veszprémmegyei Múzeum igazgatójának kezdeményezésére önkéntes munkavállalók részvételével az ásátás történt (2. ábra).\*

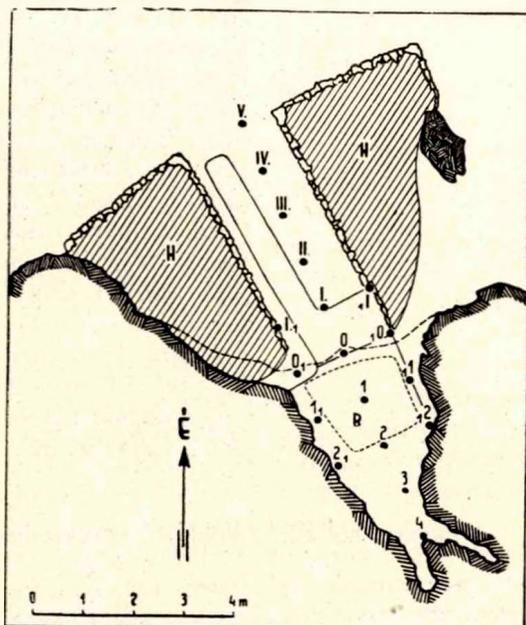
A barlang kitöltése az ásátások megkezdésekor nem volt érintetlen, mivel (valószínűleg a II. világháború idején) kitöltésének felső részét kiásták és előtte sáncszerűen felhalmozták. Ez azonban csak a humuszos kitöltést érintette. Sokkal mélyrehatóbb volt az a régebbi keletű bolygatás, mely szögletes alakban csaknem fenéig lehatolt. Bár több tűzhelynyom is volt benne, pontos korhatározó lelet mégsem került elő belőle. A felső részében talált erősen patinás táblaüveg-darabok és az aljáról előkerült rozsdátté vas-sarkantyú és vas-szíjcsat alapján ásása és betemetődése mindössze néhány száz évre tehető. Valószínűleg kincskeresők munkája volt.

Az átlag kb. 20 cm vastag holocén kitöltés bolygatatlan részéből mindössze néhány atipikus cserépedény-töredék (neolit?) és apró kovaszilánkok kerültek ki, az alábbi fauna társaságában (KRETZOINÉ-VARRÓK S. meghatározása):

*Bufo bufo* (LINNÉ) – 1 db.

*Rana* sp. ind. – 1 db.

\*A munkában részt vettek dr. Bertalan Károly tanár vezetésével Dukai Károly napszámos, Gombos János tanuló, Horváth János egyetemi hallgató, Murgács Lajos tanuló, Révész Tamás egyetemi hallgató, Sebestyén Tibor tanuló és Solyósi József tanuló.



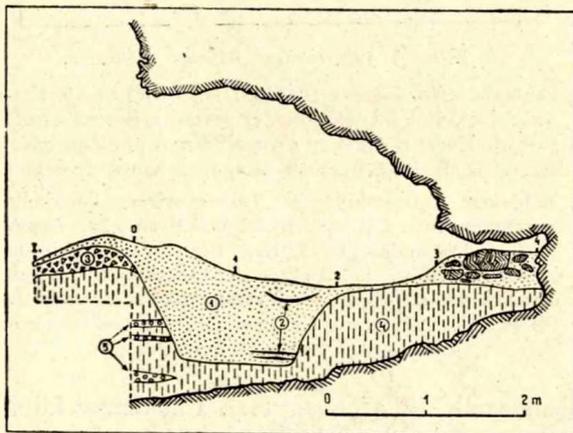
2. ábra. A Tekeresvölgyi kőfülke alaprajza.

Felmérte 1946. augusztus 28-án DR. BERTALAN K. – Az arab számok a kőfülkében az ásátási négyzetek sarokpontjain levett cövekeket, a római számok az előtér cövekeit jelzik. B = Bolygatott rész, H = hányó (gorctér).

Abbildung 2. Grundriß der Tekeresvölgyer Felsnische. Vermessert von DR. K. BERTALAN am 28. August 1946. – Die arabischen Ziffern bezeichnen die in der Felsnische, in den Eckpunkten der Ausgrabungsquadrate eingeschlagenen Pföcke; mit römischen Ziffern sind die Pföcke des Vordergrundes bezeichnet. B = Gestörter Teil. H = Halde (Schutthalde).

*Aves* indet. I–IV. – 7 db.  
*Erinaceus roumanicus* BARRETT-HAMILTON – 3 db.  
*Homo sapiens* LINNÉ – 1 db.  
*Sciurus vulgaris* LINNÉ – 1 db.  
*Glis glis* (LINNÉ) – 3 db.  
*Arvicola scherman* (SHAW) — 1 db.  
*Lepus europaeus* PALLAS – 6 db.  
*Canis familiaris* LINNÉ – 5 db.  
*Vulpes vulpes* (LINNÉ) – 11 db.  
*Meles meles* (LINNÉ) – 11 db.  
*Lutra lutra* (LINNÉ) – 2 db.  
*Felis ferus* SCHREBER – 11 db.  
*Sus scrofa* LINNÉ – 2 db.  
*Cervus elaphus* LINNÉ – 1 db.  
*Ovis* s. *Capra* sp. ind. – 2 db.

A fauna a holocén különböző szakaszaiban került a barlangba; érdekessége az ember és vidra maradványainak felbukkanása, utóbbi barlangi előfordulásokban igen ritka.



3. ábra. A Tekeressvölgyi kőfülke hosszmetése.

Felmérte 1946. augusztus 28-án DR. BERTALAN K. A bekarikázott számok jelentései: 1. holocénkori feltöltés és bolygatás, 2. tűzhelymaradványok, 3. sárga, löszös dolomittörmelék, mely a bejárati sziklafal kifagyásos és inszolációs felaprózódása útján jöhetett létre, 4. sárga, dolomittörmelékös lösz rénszarvas-launával, 5. koptatott dolomittörmelék és kvarckavics alkotó kavicslencsék.

Abbildung 3. Längsschnitt der Tekeressvölgyer Felsnische. Aufgenommen von DR. K. BERTALAN am 28. August 1946. Die eingekreisten Ziffern bedeuten: 1. holozäne Aufsüttung und Störung, 2. Feuerstättenüberreste, 3. gelber, lösshaltiger Dolomitschutt, der infolge einer Zerstückelung der Felswand, wohl durch Ausfrieren und Insolation zustand gekommen ist, 4. gelber, dolomitschutthaltiger Lösslehm mit Reittier-Fauna, 5. Schotterlinsen aus gerolltem Dolomitschutt und Quarzschotter bestehend.

A holocén korú réteg alatt több-kevesebb szegletes dolomittörmelék tartalmazó sárga löszös anyag települt 1,40 m-es maximális vastagsággal. Ősemberi kultúrnyomok – sajnos – nem kerültek elő belőle. Ez a pleisztocénkori kitöltés a kőfülke bejáratához közeledve egyre több dolomittörmelék tartalmazott és egyre kevesebb ősmaradvány volt benne. Azonkívül a bejárat felé vastagodó koptatott kavicsávok (valószínűleg a Tekeress-patak hordaléka) nyúltak bele, ezért az előtér felasatása nem látszott érdemesnek (3. ábra). Így is kb. 8 m<sup>3</sup> anyag került megmozgatásra. Kontroll céljára kb. fél köbméter kitöltés maradt vissza az ÉK-i fal tövében.

A réteg a következő faunamaradványokat szolgáltatta:

*Anser* sp. ind. – scapula-töredék,

*Vulpes vulpes* (LINNÉ) – bal állkapocs-töredék,  
*Equus woldrichi-germanicus*-alakkör –  
zápfogak, bal állkapocs-töredék,  
*Rangifer tarandus* (LINNÉ) – zápfogak, agancsszár darabjai.

A rén- és vadló viszonylagos uralkodó szerepe a kis faunában kétségtelenné teszi ennek az utolsó eljegesedés (nálunk is tundra-tajga-elemeket szolgáltatott) leghidegebb végső szakaszába sorolható korát (ún. „würm III”).

Ősemberi szerszámok és tűzhelynyomok hiányában fel kell tételeznünk, hogy az itt talált makrofauna-maradványokat valamely nagyobb ragadozó (farkas, vagy esetleg az ekkorra már igen ritkává vált barlangi hiéna) itteni tanyázása nyomainak tekinthetjük.

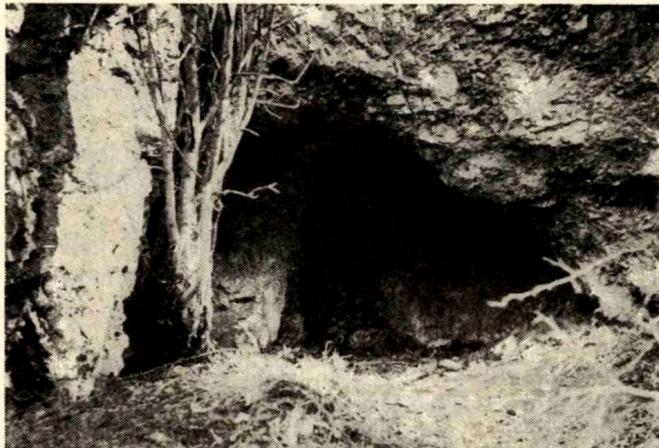
Külön érdekessége a kőfülke jégkorszaki rétegének, hogy a Bakony első jégkorszakvégi barlangi üledékét és ősmaradványait szolgáltatta, miután az eddig felásott többi itteni barlang kitöltése – amennyiben jégkorszaki lerakódása egyáltalában adott korhatározást lehetővé tevő maradványokat – kivétel nélkül az utolsó eljegesedés első szakaszára esett (ún. „würm I”), eltekintve a MOTTL M. kéziratot jelentésében közölt iharkúti faunáról, melyről később részletesen megemlékezünk.

A Tekeressvölgyi kőfülkétől (4. ábra) a völgyön felfelé haladva az eleinte kopár, majd erdővel borított völgyoldal szikláiban jó két kilométer hosszúságban nem találunk jelentősebb üreggel. Mielőtt azonban kilépnénk az erdős szakaszból, a völgy D-i oldalán tornyosuló sziklabástyákban több kisméretű – a számításba vehetőség határán mozgó – sziklaüreget, hasadékat és kőfülkét találunk. A négy legjobban kiugró sziklaszirt közül az elsőben van a Tekeressvölgyi sziklaodú (3 : 235, 7 : 38). A következő sziklabástyában van az ÉÉK-DDNy-i irányú T e k e r e s v ö l g y i s z i k l a - h a s a d é k (7 : 37–38), a harmadikban ugyanilyen irányú járhatatlanul szűk hasadék, míg az utolsóknak mind K-i, mind pedig Ny-i oldalában egy-egy sekély kőfülke található, melyek azonban egyelőre nem érdemelnek külön ismertetést, mivel fentiek közül



4. ábra. A Tekeressvölgyi kőfülke bejárata és előtere ásítás közben. DR. BERTALAN K. felvétele 1946. aug. 26-án.

Abbildung 4. Eingang und Vordergrund der Tekeressvölgyer Felsnische während der Ausgrabung. Aufgenommen von DR. K. BERTALAN am 26. August 1946.



5. ábra. A Tekeresvölgyi sziklaodú bejárata.  
DR BERTALAN K. felvétele 1939. február 9-én.

Abbildung 5. Eingang des Tekeresvölgyer Abtri. Aufgenommen von DR. K. BERTALAN  
am 9. Februar 1939.

csak a Tekeresvölgyi sziklaodú jutott jelentőséghez pleisztocén mikrofaunája révén (5. ábra).

A Tekeresvölgyi sziklaodú (3: 235, 7: 38) a völgytalpon elhelyezett, 256 m-rel jelzett egykori gémeskúttól hozzávetőleg ÉNy-i (pontosabban 308°) irányban, kb. 478 m-re van, a völgy talpa felett mintegy 10 m magasan, kb. 270 m Adria feletti magasságban. A karsztvíz átlagos tengerszint feletti magassága ezen a helyen jelenleg 240 m-en sejthető, a kiemelkedés mértéke tehát az eredeti karsztvízjárat kialakulása óta több, mint 30 m.

A sziklaodú az itt É-nak kiugró legkeletibb sziklafok Ny-i oldalán húzódó lejtős, füves párkányon közelíthető meg és Ny felé néz. Közel 2 m széles és mindössze 1 m magas bejárata alig 2 m<sup>2</sup> alapterületű, 1,5 m magas, kifagyásos eredetű odúszerű tárgyalatba torkollik, melyből 74° irányban korróziós eredetű, belső részében járhatatlanul szűk, csőszerű üreg vezet befelé, közel vízszintesen, 4 m hosszúságban. Utóbbi jellegzetes egykori karsztvízjárat.

A Tekeresvölgyi sziklaodú üledékkitöltését a legújabb időkben ásatásszerűen megbolygatták, minek következtében annak mélyebb része is hozzáférhetővé vált. A bejáratra merőlegesen felvett szelvény felső részében 20–30 cm vastag dolomittörmelék humuszt találunk, melyből a következő állatfajok maradványait sikerült meghatározni:

*Gastropoda* ind. I–III. – 10 db.  
*Bufo bufo* (LINNÉ) – 5 db.  
*Bufo* sp. (*bufo* és *viridis*) – 10 db.  
*Pelobates fuscus* (LAURENTI) – 1 db.  
*Rana* sp. ind. – 1 db.  
*Lacerta viridis* (LAURENTI) – 7 db.  
*Ophidia* indet. – 27 db.  
*Perdix perdix* (LINNÉ) – 3 db.  
*Aves* ind. – 3 db.

*Talpa europaea* LINNÉ – 23 db.  
*Crocidura leucodon-russula* csoport – 2 db.  
*Erinaceus roumanicus* BARRETT-HAMILTON – 2 db.  
*Citellus citellus* (LINNÉ) – 2 db.  
*Sicista subtilis trizona* (PETÉNYI) – 1 db.  
*Cricetus cricetus* (LINNÉ) – 14 db.  
*Arvicola scherman* (SHAW) – 4 db.  
*Clethrionomys glareolus* (PALLAS) – 3 db.  
*Microtus arvalis* (PALLAS) – 75 db.  
*Apodemus sylvaticus* (LINNÉ) – 7 db.  
*Lepus europaeus* PALLAS – 7 db.  
*Vulpes vulpes* (LINNÉ) – 1 db.  
*Meles meles* (LINNÉ) – 3 db.

A jórészt kismélsőktől származó maradványok nagyobb részét a barlangban lakott baglyok köpetei szolgáltathatták, kisebb része pedig az időről időre itt tanyázott kisebb ragadozók ételmaradékaiból való, míg a béka-, gyík- és kígyó-maradványok – legalábbis részben – itt lakott állatoktól eredhetnek.

A kis fauna összetétele – amennyiben a maradványok nagyjából egykorúnak tekinthetők – erdős foltokban sem szűkölködő, uralkodóan azonban nyílt, füves tájra utal az akkumuláció idejében.

A humusz alatt 10–20 cm vastag, dolomitmurvás löszös kitöltés következik. Egyes helyeken – főleg a szelvény É-i részén – fészekszerűen rágcsálók csontmaradványait tartalmazta eza réteg, míg másutt, pl. a szelvény D-i végén, a dolomittörmelék alig tartalmazó lösz-szerű kitöltés szinte teljesen meddő volt. A bolygatás az odú belső részében elérte a mállott, murvásan széteső sziklafeneket. Érintetlen kitöltés ma már csak az odú bejáratában és előterén tételezhető fel. A kétségtelenül pleisztocén korú kitöltésből a következő ősmaradványok kerültek elő:

*Talpa europaea* LINNÉ – 1 db.  
*Cricetulus migratorius* (ERXLEBEN) – 4 db.  
*Arvicola amphibius* (LINNÉ) – 9 db.  
*Microtus arvalis-agrestis*-csoport – 13 db.  
*Microtus gregalis* (PALLAS) – 12 db.  
*Microtus* sp. (meghatározhatatlan maradványok) – 351 db.  
*Dicrostonyx torquatus* (PALLAS) – 20 db.  
*Cchotona* sp. ind. – 3 db.  
*Mustela erminea* LINNÉ – 1 db.

A gyakorlatilag csak 8 fajból álló kis fauna legjellemzőbb alakja az örvös lemming, a sarkvidéki tundra-övezet jellegzetes állata. Viszonylagos gyakorisága mutatja, hogy nem alkalmi leletről van szó, hanem a barlang környékének akkor általánosan elterjedt, közönséges kismélső volt. Ilyen körülmények közt itteni előfordulása semmiképpen sem hanyagolható el; a faj bakonyi biztos fellépése Európa későjégkori éghajlati viszonyainak tisztázásához is jelentős adatot szolgáltat. Az örvös lemming tekeresvölgyi előfordulása ugyanis nemcsak a Kárpátmedencében a faj legdélibb előfordulása, hanem a dordogne-i Mège-kőfülke és a Puy-de Dôme-i Coudes és Neschers (18) mellett ennek legdélibb elterjedési pontja is. Ez egyúttal a tundra-tajga határának a tundrába

átnyúló sávját is jelzi, a jégkorszak legvégén bekövetkezett kontinentális hideg maximumot, mely a szárazföldi jég fokozatos visszahúzódása során erre az időre helyezett, viszonylag erősen visszahúzódtott helyzetével látszólag erősen ellentétben áll.

Az örvös lemming előfordulása a Tekeressvölgyben nem elszigetelt jelenség – mint a közép-franciaországi lelőhelyeken –, hanem a Budai- és Gerecse-hegységből több helyről (mint Pilisszántói kőfülke (13), Remetehegyi kőfülke (12), Szelim-barlang (9), Baits-barlang (8), Bivak-barlang (11) és Jankovich-barlang (14)) szintén előkerült faj dunántúli előfordulási területének egy újabb – legdélibb – pontja.

Nem lesz érdektelen itt megemlíteni, hogy MOTTL MÁRIA egy 1941-ből való előzetes ásatási jelentésében a Bakonybél-től Ny-ra fekvő Iharkútról ismertet igen hasonló faunát, örvös lemming maradványok kíséretében. MOTTL idevágó szövege (15) így hangzik: „Az Iharkút határában 464 m tszf. magasságban fekvő *Vaskapui kőfülke* ugyancsak dolomitba mélyül és kitöltéséből egy nagyon érdekes felső pleisztocén fauna került elő: *Rangifer tarandus*, *Equus cf. woldrichi*, *Coelodonta antiquitatis*, *Ursus spelaeus*, *Lepus cf. timidus*, *Vulpes vulpes*, *Ochotona pusillus*, *Arvicola terrestris* és *Dicrostonyx torquatus* maradványokkal.”

Ugyanezzel a fajjal kapcsolatban még meg kell említenünk, hogy míg az eljegesedések sorozatának végén, az utolsó hideghullám folyamán a Magyar Medencében (9) általánosan elterjedt, közönséges eleme az örvös lemming a tundrás foltokkal tarkított tajgának, addig a gleccservizsgálatokkal és főleg elméleti számításokkal általánosan bizonyítottnak vett korábbi („würm I” és főleg „rissz”) hideg szakaszokból eddig még ilyen tundrai elemeket kimutatni egyáltalában nem sikerült (egyedül a Tátrában fekvő Gánóc szolgáltatott utolsó interglaciális előtti – tehát „rissz” – rétegből *Dicrostonyx*-maradványokat). Ez is mutatja, milyen óvatosan kell kezelnünk az adatokkal alá nem támasztott – bármilyen „szilárd” elméleti alapokon nyugvó – teoretikus megállapításokat.

Ami az örvös lemming kíséretében fellépő fajokat illeti, ezek teljes mértékben beleillenek az eddigiekben felvázolt ösföldrajzi és éghajlati keretbe, amennyiben a *Microtus gregalis* a tundra és északi tajga lakója, a többi faj pedig szintén előfordul ezen a területen is. Egyedül a törpehőrcsög mai elterjedési területe szól az örvös lemminggel és északi pocokkal közös elterjedési terület ellen, itt azonban az egyéb lelőhelyeken (Jankovich-barlang) (14) szerzett tapasztalatok igazolják, hogy ezek együtt is előfordultak az utolsó hideghullám folyamán.

Végül még megemlíthetjük, hogy – akárcsak a Tekeressvölgyi kőfülke és a fentebb említett Vaskapui kőfülke makrofaunája – ez a mikrofauna is a környék barlangi üledéksorának pleisztocén tagját az É-Bakony idősebb („würm I”) korával ellentétben az utolsó hideghullám idejére („würm III”) rögzíti.

A nevezetessé vált Tekeressvölgyi sziklaodút elhagyva, hamarosan kiérünk az erdőből és közel két kilométert haladunk a völgyön felfelé, amikor a második kávas kutat megpillantva, a völgy K-i oldalában szemünkbe tűnik a T e k e r e s v ö l g y i r ó k a - l y u k (2:207, 7 : 37), az egész völgy legnagyobb méretű, karsztos eredetű barlangja, melynek alját jórészt szálszikla alkotja. Bejáratának É-i oldalához kőfülke csatlakozik, melynek kitöltése még ásatásra vár.

Tovább haladva hamarosan ellankásodnak a völgyoldalak és az országút keresztelése után felbukkanó D é l l ő i s z i k l a ü r e g (7 : 37) az eddigi üregeknél is kisebb méretű, kőfejtéssel mesterségesen megnyitott karsztjárat, az egyébként is csekély mértékű karsztos barlangképződés utolsó nyoma, mely közel É-D-i és ÉK-DNy-i csapású törések találkozásánál alakult ki.

A fentebbiekben leírt — sokáig az ismeretlenség homályában rejtőzött — szerény méretű barlangok leletei is igazolják, hogy az ásatásos barlangkutatásnál nem a méretek a döntő jelentőségűek és indokolt minden apró üreg számontartása és szakszerű kutatása.

#### Trodalom

1. BERTALAN K. és SZOKOLSZKY I.: A Bakony barlangjai. — Turisták Lapja, XLVII. évf. 4. sz. Budapest, 1935, pp. 131–134.
2. BERTALAN K.: A Bakony-hegység barlangjai. (Második közlemény.) — Turisták Lapja, 50. évf. 4. sz. Budapest, 1938. pp. 207–208. és ugyanezen cikk különlenyomata, pp. 1–7. (Javított és bővített.)
3. BERTALAN K.: A bakonyi barlangok ... — Turisták Lapja, LV. évf. 12. sz. Budapest, 1943. p. 235.
4. [BERTALAN K.]: Ősállatok csontmaradványai kerültek elő egy veszprémi barlangból. — Veszprémi Népszava, I. évf. 1. sz. Veszprém, 1946. aug. 24. p. 3.
5. BERTALAN K.: Előzetes jelentés a Tekereshölgyi kőfülke ásatásának eredményéről. — Budapest, 1947. jan. 6-án. (Kézirat a Bakonyi Múzeumban.)
6. BERTALAN K.: Kiegészítés a bakonyi barlangok ismeretéhez. — Földrajzi Értesítő, IV. évf. 1. füzet. Budapest, 1955, pp. 55–62.
7. BERTALAN K.: Néhány adat a bakonyi barlangok ismeretéhez. — Karszt- és Barlangkutatási Tájékoztató, Budapest, 1959. szept. pp. 36–39.
8. GAÁL I.: Diluviális emlésmaradványok Bajót eddig ismeretlen barlangjából. — Les restes mammifères diluviennes de la caverne de Bajót jusqu'à présent inconnue. — Ann. Mus. Nat. Hungar. XXVI. kötet, Budapest, 1929. pp. 1–21.
9. GAÁL I.: A bánhidai Szelim-barlang „barlangi lösz”-éről és állatvilágáról. — Term. tud. Közl. Pótf. 76. kötet, 2. szám. Budapest, 1944. pp. 108–112.
10. JÁNOSSY. D.: Fossile Microtinen aus dem Karpatenbecken. I. Lemminge. — Fosszilis Microtinák a Magyar Medencéből. I. Lemmingek. — Magyar Nemzeti Múzeum Természettudományi Múzeum Évkönyve. Annales hist.-nat. Mus. Nat. Hungarici (Series nova). Tom. V. 1954. Budapest. 1954. pp. 39–48.
11. JÁNOSSY. D., KRETZOI-VARRÓK, S., HERRMANN, M. und VÉRTES, L.: Forschungen in der Bivakhöhle, Ungarn. — Eiszeitalter u. Gegenwart, 8. Band, Öhringen, 1957 pp. 18–36.
12. KORMOS T. és LAMBRECHT K.: A Remetehegyi sziklafülke és posztglaciális faunája. — M. kir. Földtani Intézet Évkönyve, XXII. kötet, 6. (záró-)füzet, pp. 347–380, XIV–XV. tábla. Budapest, 1914. Die Felsnische am Remetehegy und ihre postglaziale Fauna. — Mitt. a. d. Jahrb. d. kgl. Ungarischen Geologischen Reichsanstalt, XXII. Band, pp. 371–403. Taf. XIV–XV. — Budapest, 1916.
13. KORMOS T. és LAMBRECHT K.: A Pilisszántói kőfülke. Tanulmányok a posztglaciális kor geológiájára, ősipara és faunája köréből. — M. kir. Földtani Intézet Évkönyve. XXIII. kötet, 6. (záró-)füzet, pp. 305–498, XXII–XXVII. tábla. Budapest, 1915. Die Felsnische Pilisszántó. Beiträge zur Geologie, Archäologie und Fauna der Postglazialzeit. — Mitt. a. d. Jahrb. d. kgl. Ungarischen Geologischen Reichsanstalt. XXIII. Band. pp. 331–523. Taf. XXII–XXVII. — Budapest, 1916.
14. KRETZOI, M.: Wirbeltierfaunistische Angaben zur Quartärchronologie der Jankovich-Höhle. — Folia Archaeologica, IX. pp. 16–21. — Budapest, 1957.
15. MOTTL M.: Előzetes jelentés a bakonyi barlangok térképezéséről és ásatásáról. — Budapest, 1941. aug. 9. (Kézirat a Magyar Állami Földtani Intézet irattárában 2077/1941, csatolva 2515/1941. számon.)
16. TANAY J.: Veszprémi karsztvíz-feltárások. — Hidrológiai Közöny 38. évf. 3. sz. Budapest, 1958. jún. pp. 175–181.
17. VARRÓK S.: Az 1950–53. évi bakonyi barlangi ásatások őslénytani eredményei. — Résultats paléontologiques des excavations dans les cavernes du Bakony en 1950–53. — Magy. Áll. Földt. Int. Évi Jel. az 1953. évről, II. rész, pp. 491–502. — Budapest, 1955.
18. WOLF, B.: Fauna Fossilis Cavernarum. Abt. III. — Fossilium Catal. I: Anim. 92. p. 209–320. — Neutr. dent. urg. 1941.

## DIE HÖHLEN DES TEKERESVÖLGY BEI VESZPRÉM UND DAS SÜDLICHSTE VORKOMMEN DES HALSBANDLEMMINGS\*

Von  
K. BERTALAN und M. KRETZOI

Die kleinen Dolomithöhlen des Tekeresvölgy (Tekeres-Tal) in der SW-Umgebung von Veszprém fanden sehr spät Eingang in die Literatur (1). Seitdem wurden sie in mehreren Aufsätzen von K. BERTALAN erwähnt (2, 3, 4, 5, 6, 7).

Eine dieser Höhlen, die *Tekeresvölgyer Felsnische* wurde von K. BERTALAN im Auftrag des Bakony-Museums ausgegraben, während eine andere, das *Tekeresvölgyer Abri* anlässlich seiner hydrogeologischen Aufnahmsarbeiten aufgeschlossen wurde. Beide Ausgrabungen wurden in der Literatur nur kurz erwähnt (4, 6, 7), was eine eingehendere Bekanntgabe der wichtigsten Resultate gerechtfertigt, umso mehr, als die Tekeresvölgyer Felsnische die erste, im Bakonygebirge systematisch ausgegrabene Höhle darstellt, und das Tekeresvölgyer Abri für das südlichste Vorkommen arktischer Faunenelemente von Belang ist.

Die Tekeresvölgyer Felsnische war von einer bis 1,4 m mächtigen Lösslehmschicht ausgefüllt, die von einer etwa 20 cm dicken Humusschicht überlagert wurde. Aus der Humusschicht bestimmte Frau S. KRETZOI-VARRÓK eine 20 Arten umfassende Fauna die verschiedene Abschnitte des Holozäns vertritt (Faunenliste siehe Seite 85–86 des ungarischen Textes), während die pleistozänen Ablagerungen eine 4 Arten umfassende Rentier-Fauna lieferten, die ihr Alter im Würm III fixiert (Siehe S. 86–87)

Das Tekeresvölgyer Abri lieferte aus der zuoberst liegenden 20–30 cm mächtigen Humusschicht neben einigen Gastropoden eine 21 Arten umfassende Wirbeltier-Fauna, während aus der darunter folgenden, mit Dolomitschutt vermengten, bis 10–20 cm reichenden Lössschicht eine 8 Arten liefernde Mikrofauna zutage gefördert wurde (Faunenlisten siehe Seite 89 des ungarischen Textes). Von besonderem Interesse ist hier das Vorkommen von *Dicrostonyx torquatus* (PALLAS), das als das zurzeit bekannte südlichste europäische Vorkommen dieser Tundraart zu betrachten ist.

## ПЕЩЕРЫ ДОЛИНЫ ТЕКЕРЕШ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ВЕСПРЕМ (ВЕНГРИЯ, ГОРЫ БАКОНЬ) И САМАЯ ЮЖНАЯ В ЕВРОПЕ НАХОДКА КОПЫТНОГО ЛЕММИНГА

К. БЕРТАЛАН и М. КРЕЦОИ

К юго-западу от города Веспрем в верхнетриасовых доломитовых утесах долины Текереш известно 5 небольших пещер (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7).

В одной из них, в каменной нише долины Текереш в 1946 г. под руководством К. Берталана были проведены раскопки (4, 6, 7). Из верхнего 20-сантиметрового гумусового слоя заполняющего нишу материала Ш. Крецои-Варрок определила голоценовую фауну, состоящую из 20 видов (см. стр. 85–86 венгерского текста), а из подстилающих его лессовых глин с желтыми доломитовыми обломками, мощностью до 1,4 м,

\* Anschrift der Verfasser: Budapest, XIV., Vorosilov-út 14. (Ungarische Geologische Anstalt)

была определена фауна оленей, уточнившая возраст заполняющих нишу пород как вюрм III. (см. стр. 86—87).

В скальной нише долины Текереш **К. Берталаном** в 1957 г. была собрана богатая микрофауна (7). Из гумуса мощностью 20—30 см можно было определить фауну позвоночных, состоящую из 21 вида (стр. 88—89 венгерского текста), а из подстилающих этот гумусовый слой лессов с доломитовыми обломками, обладающих мощностью от 10 до 20 см, определена микрофауна, включающая 8 видов (стр. 89 венгерского текста). Особый интерес представляет собой найденный здесь *Dicrostonyx torquatus* (PALLAS), так как, по сей день, это является самым южным европейским местонахождением этого вида, живущего на тундрах.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

## ÜBER DAS UNGARISCHE LABORATORIUM FÜR HÖHLENBIOLOGIE

Von

Prof. DR. ENDRE DUDICH

(Budapest)

Im Norden Ungarns, inmitten des Ungarischen Karstes befindet sich die weltbekannte Tropfsteinhöhle „BARADLA“. Sie stellt die längste Höhle Ungarns dar, welche mit der tschechoslowakischen „DOMICA“-Höhle zusammen ein Höhlensystem bildet, dessen Gesamtlänge etwa 22 km beträgt. Über die Höhle existiert eine reiche Literatur. Unter den neueren Arbeiten sind die Schilderungen von JAKUCS (11) und KESSLER (13) zu nennen. Eine biologische Monographie der Höhle erschien in 1932 (4).

In dem letzten Jahrzehnte wurden in dem Ungarischen Karste mehrere Riesenhöhlen entdeckt (Friedens-H., Freiheits-H., Kossuth Lajos-H., Vass Imre-Höhle). Dieser Umstand gab der ungarischen Höhlenforschung einen neuen Aufschwung. Das Personal meines Institutes (Institut für Tiersystematik der Eötvös Loránd-Universität zu Budapest) begann mit Hilfe der Ungarischen Akademie der Wissenschaften eine intensive Forschungsarbeit in sämtlichen Höhlengebieten Ungarns. Viele, für die Fauna Ungarns neue Tierarten wurden gefunden, mehrere in unseren Höhlen bisher vermissten Höhlentiere (*Troglochaetus*, *Koenenia*, *Soldanellonyx*, *Bathynella*) festgestellt und auch für die Wissenschaft neue Arten entdeckt. Der Gedanke, die Tatsachen und Ergebnisse der Höhlentherapie gewisser Erkrankungen der Atmungsorgane (die Klutert-Höhle in Deutschland) haben das Interesse für die medizinisch-biologische Bedeutung der Höhlen erweckt.

So schien die Zeit gekommen, als eine Möglichkeit der Vertiefung der biologischer Höhlenforschung in ökologisch-ethologisch-physiologisch orientierte kausal-experimentelle Richtung zu hoffen war. So entstand durch Bereitwilligkeit und tatkräftige Hilfe des Ungarischen Unterrichtsministeriums und der Budapester Universität „das Höhlenbiologische Laboratorium der Eötvös Loránd Universität“ in der Baradla-Höhle in 1958/59. Organisatorisch ist das Laboratorium mit dem Institut für Tiersystematik der Universität verbunden und es steht unter meiner Leitung. Nach den unterirdischen Laboratorien zu Postumia (= Postojna, 5) Moulis (1, 12, 14, 16, 17, 18) und Hansur-Lesse (15) ist das ungarische Laboratorium die jüngste unterirdische Forschungsstelle in Europa.

Das Laboratorium befindet sich in dem „Fuchsloch“ oder „Fuchshöhle“ genannten Nebenarm der Baradla. Dieser Arm öffnet sich in einer Entfernung etwa 137 m von dem ursprünglichen Aggteleker Eingang der Höhle und hat eine bisher erforschte Länge von 600 m. Er war recht schwerlich zu begehen und besitzt keine besonderen

Tropfsteingebilde, infolgedessen war er durch das Publikum weniger besucht. Für die Stelle des Laboratoriums wurde die erste grössere Erweiterung des Höhlenarmes gewählt, wo die periodischen Veränderungen des äusseren Makroklimas nicht mehr fühlbar sind, also ein ständiges Höhlen-Mikroklima herrscht, mit einer Temperatur von 10,5 C° und 95–100% relativer Luftfeuchtigkeit. Der Hinweg wurde durch Beton-Trottoir, Treppen und Schranken bequemer gemacht, der letzte, sehr niedrige und schmale Gang durch Sprengungen erweitert und erhöht. Der eigentliche Eingang ist mit einer Gittertür verschlossen, welche jedoch für das Hinein- und Herausfliegen der Flädermäuse kein Hindernis bedeutet. Im Laboratorium-Hohlraum wurde der Boden ausbetoniert und ein Beton-Bunker erbaut. Letzterer bezweckt, um eine, von der allgemeine Beleuchtung des Hohlraumes unabhängige Arbeitsstelle für spezielle Lichtversuche zu schaffen. Um das Eindringen des Lichtes vollständig zu verhindern, ist die Einfahrt zweimal rechtwinkelig gebrochen. Die elektrische Beleuchtung schliesst sich an die Stromquelle der Haupthöhle an. Der Strom ist 220 Volt stark, abtransformierbar und wir haben mehrere Strom-Abnahmestellen eingestellt.

So im Bunker, wie auch auf dem Betonboden des Hohlraumes haben wir mehrere zerlegbare Metall-Tische und Gestelle eingestellt. Da das Tropfen von oben im Laboratoriumsraume verschwindend klein ist, war die Anwendung eines Schutzdaches, laut der bisherigen Erfahrungen, nicht nötig. Die mobile Ausrüstung besteht aus nicht-rostenden und nicht-schimmelnden Gegenständen. Glas-, Porzellan-, Email- und Kunststoff-Materialien wurden in ausgedehntem Masse angewandt. Die unbedingt nötigen Chemikalien, Konservierungs- und Fixierungs-Flüssigkeiten, Fiolen, Eprouvetten, Glasgefässe, Petrischalen, Glas- und Kunststoffschüssel verschiedener Dimensionen, Glasbottiche für Aquariumszwecke, Messuren, Glasplatten für Zudecken, Gläser für das gesammelte Material, usw. wurden hineingebracht. Kleinere Metallgegenstände wurden in Polyetylen-Säckchen eingeschlossen. Für die Kontrolle der Milieufaktoren haben wir Maximum-minimum-, Boden- und Felsenthermometer eingestellt. Feinere und empfindliche Apparate, wie Mikroskope, spezielle Lampen,  $p_H$ -Messer, meteorologische Messapparate usw. können in der Höhle ständig nicht gehalten werden. Sie werden nur ad hoc hineingebracht und nach der Arbeit wieder entfernt. Die Wasserleitung wurde nicht hineingeführt, da sie vorläufig nicht unbedingt nötig ist. Die Wasserversorgung geschieht aus einem Sinterbecken („Königsbrunnen“) der Haupthöhle.

Der Sinn und das Ziel solcher Laboratorien, mindestens was die biologische Seite betrifft, wurden in der Literatur schon mehrmals auseinandergesetzt (1, 5, 6, 12, 14, 15, 16, 17, 18). Neuerdings fasste ich die Probleme der Höhlenbiologie und die daraus folgenden Konsequenzen in ungarischer Sprache zusammen(7).

Die allgemeine Biologie und die Abstammungslehre verlangten von der Höhlenbiologie exakte Angaben und kausal-experimentelle Erklärung über die Eigenschaften und Anpassungserscheinungen der echten Höhlentiere (Troglobionten). Dazu ist die Höhlenbiologie zur Zeit kaum befähigt, weil, von wenigen Ausnahmefällen abgesehen, sehr wenig über Autökologie, Ethologie, Physiologie, Ontogenese und Vererbungsverhältnisse der einzelnen troglobionten Arten bekannt geworden ist. Diese exakte wissenschaftliche Basis zu ermitteln, ist der Zweck und die Aufgabe der unterirdischen Laboratorien, in welchen die untersuchten Höhlentiere unter natürlichen Umweltsverhältnissen gehalten, gezüchtet und beobachtet werden können. Da die stenothermen und stenohygen Höhlentiere recht schwer transportierbar sind, ist es ein besonderer Vorteil, wenn das unterirdische Laboratorium mit einem oberirdischen Institut ergänzt wird, wie dies in Postojna und Moulis geschah. Welche schönen Ergebnisse dadurch

erzielt werden können, zeigen die neuesten Arbeiten von VANDEL & BOUILLON (19) und GINET (10).

Auch unsere Fragestellungen und laufenden Arbeiten bewegen sich unter diesen Rahmen: das Züchten von Troglobionten (*Niphargus*, *Mesoniscus*, etc.) für ethologische Beobachtungen und für physiologische Experimente; Feststellung der Bakterien- und Pilzflora des Bodens und des Wassers, als Nahrung und Vitaminquelle für Tiere; Diapause im Leben bodenbewohnender Höhlentiere; Lebensverhältnisse der Höhlenalgen etc. sind unsere jetzige Themen. Das letzte Thema ergibt sich aus den Feststellungen von G. CLAUS (2), der in der Höhle 69 Algenarten nachwies. Die Energiequelle, Assimilationstätigkeit, Autotrophie oder Mixotrophie dieser pflanzlichen Wesen aufzuklären, erfordert eine mühsame und langwierige physiologisch-biochemische experimentelle Forschung. Diese Untersuchung, bzw. die eventuell zu erzielenden Ergebnisse sind betreffs der Produktionsbiologie der Höhle von eminenter Bedeutung, ebenso, wie einst die Entdeckung der autotrophen, mittels Chemosynthese assimilierenden Eisen- und Schwefelbakterien in der Baradla-Höhle (4).

#### Literatur

1. Centre National de la Recherche Scientifique: Le laboratoire souterrain de Moulis. – Paris, 1954, pp. 23.
2. CLAUS, G.: Algae and their mode of life in the Baradla Cave at Aggtelek. – Acta Botanica, II. Budapest, 1955, p. 1–26.
3. DUDICH, E.: A barlangok biológiai kutatásáról. (Über die biologische Erforschung der Höhlen). – Állatt. Közlem., XXVIII, Budapest, 1931, p. 1–23.
4. DUDICH, E.: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle „Baradla“ in Ungarn. – Speläolog. Monographien, XII. Wien, 1932, pp. XII+246.
5. DUDICH, E.: Die speläobiologische Station zu Postumia und ihre Bedeutung für die Höhlenkunde. – Speläol. Jahrbuch, XIII–XIV. Wien, 1933, p. 51–65.
6. DUDICH, E.: Einleitung (in WOLF: Animalium Cavernarum Catalogus I.) Gravenhage, 1934, p. VII–XXIII.
7. DUDICH, E.: A barlangbiológia és problémái. (Die Höhlenbiologie und ihre Probleme.) – Magy. Tud. Akad. Biol. Csop. Közlem. III. Budapest, 1959, p. 323–357.
8. DUDICH, E.: Du laboratoire hongrois de biologie cavernicole. – Bull. Inform. de l'Equ. Spél. No. 7, Bruxelles, 1960, p. 1–4.
9. DUDICH, E.: Das höhlenbiologische Laboratorium der Eötvös Loránd-Universität. – Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol. III. Budapest, 1960, p. 131–135.
10. GINET, R.: Écologie, éthologie et biologie de „Niphargus.“ – Ann. de Spél. XV. Moulis, 1960, Sep. pp. 254.
11. JAKUCS L.: Aggteleki cseppkőbarlang. – Budapest, 1952, pp. 120.
12. JEANNEL, R.: Le laboratoire souterrain de Moulis. – L'Entomologiste, VI. 2, Paris, 1950, p. 37–39.
13. KESSLER, H.: Das Aggteleker Höhlengebiet (Nordungarn). – Miskolc, 1957, pp. 72.
14. LELEUP, N.: Le laboratoire souterrain de Moulis et considérations sur l'écologie des coléoptères reliques des Pyrénées. – Bull. Inst. R. Sc. Nat. Belg. XXIX. No. 5, 1953, pp. 16.
15. LIÉGEOIS, P. G.: Les activités de la Fédération Spéléologique de Belgique et le laboratoire souterrain de Han-sur-Lesse. – Le Laboratoire souterrain de Han-sur-Lesse, 1959, pp. 17, spec. p. 3–4.
16. MANFREDI, P.: Il Laboratorio Sotterraneo di Moulis. – Natura, Milano, XLVI, 1955, p. 32–34.
17. VANDEL, A.: Le laboratoire souterrain de C. N. R. S. – Bull. Soc. Zool. France, LXXXV, No. 4, 1950, p. 151–158.
18. VANDEL, A.: Nouvelles de Moulis. – Notes Biospéol. IX, 1954, p. 83–87.
19. VANDEL, A. et BOUILLON, M.: Le protée et son intérêt biologique. – Ann. de Spéléol., XIV, 1–2, Moulis, 1959, p. 111–127.

## LABORATOIRE POUR L'ÉTUDE DE LA BIOLOGIE DES GROTTES EN HONGRIE

Par

prof. DR. E. DUDICH

En Hongrie du Nord, au centre du Karst Hongrois se situe la grotte d'Aggtelek, la grotte „Baradla” d'une réputation mondiale, bien connue depuis longtemps. L'Institut de Zoosystématique de l'Université de Budapest a établi en 1958/1959 avec le concours du Ministère des Affaires Culturelles et de l'Université, dans la branche, nommée Rókalyuk, de la grotte Baradla un laboratoire biologique. Le laboratoire est installé dans un évaseement en sorte d'une salle de la branche, situé à 130 m, environ, de la bouche primordiale de la grotte. Sur des socles en béton y sont installés des tables et des supports en métal et y est construit aussi un petit blockhaus pour les expériences plus délicats. Le laboratoire est assorti d'éclairage électrique et muni d'instruments en verre, en porcelaine, en métal et en matière plastique, de produits conservateurs etc., nécessaires pour le travail de recherche. Le control du microclimat se fait à l'aide des instruments météorologiques. A cause de l'état hygrométrique trop élevé les instruments d'une haute sensibilité ne peuvent pas être tenus dans le laboratoire.

Objets de recherche: observations sur le train de vie des espèces troglodytes de la grotte, révélation de la flore bactérienne et cryptogamique, étude de la phase de repos des animaux édaphiques et de la biologie des algues.

## ВЕНГЕРСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО БИОЛОГИИ ПЕЩЕР

д-р Э. ДУДИЧ

В Северной Венгрии, в центре Венгерского Карста находится Аггтелекская сталактитовая пещера, давно и всемирно известная пещера «Барадла». Об этой пещере вышло в свет уже несколько книг, а также одна биологическая монография.

Зоосистематический Институт Будапештского Университета, при содействии Министерства Культурных Дел и Университета, создал в 1958—1959 гг. биологическую лабораторию в разветвлении, названном «Рокайук» (лисыя нора) пещеры. Лаборатория находится в одном залообразном расширении разветвления, на расстоянии около 130 м от древнего входа пещеры. Здесь размещены на бетонном фундаменте металлические столы и штативы, а для более тонких экспериментов построен также и небольшой блокгауз. Лаборатория снабжена электрическим освещением и оборудована стеклянными, фарфоровыми, металлическими и пластмассовыми приборами и приспособлениями, консервирующими вещества, необходимые для исследовательской работы. Для контроля микроклимата установлены метеорологические приборы. Из-за чрезвычайно высокой относительной влажности воздуха хранение внутри лаборатории более чувствительных приборов невозможно.

Исследования, проводимые в данной лаборатории нацелены на изучение образа жизни видов троглодитов и на выяснение флоры бактерий и грибов пещеры, диапаузы живущих в почве животных и биологии водорослей.

„BIOSPEOLOGICA HUNGARICA“\*

1959—1961

- I. ANDRÁSSY, I.: Nematoden aus der Tropfsteinhöhle „Baradla“ bei Aggtelek (Ungarn), nebst einer Übersicht der bisher aus Höhlen bekannten freilebenden Nematoden-Arten. – Acta Zoologica Hung. IV, Budapest, 1959. p. 253–277.
- II. LOKSA, I.: Ein Brachydesmus – (Diplopoda) Fossil aus der Glazialzeit Ungarns. – Acta Zoologica Hung. IV, Budapest, 1959. p. 369–374.
- III. VARGA, L.: Beiträge zur Kenntnis der aquatilen Mikrofauna der Baradla-Höhle bei Aggtelek. – Acta Zoologica Hung. IV, Budapest, 1959. p. 429–441.
- IV. LOKSA, I.: Das Vorkommen einer neuen Höhlencollembola (*Folsomia antricola* n. sp.) und von *Folsomia multisetata* Stach in Ungarn. – Opuscula Zoologica. III, Budapest, 1959. p. 37–42.
- V. ANDRÁSSY, I.: Weitere Nematoden aus der Tropfsteinhöhle „Baradla“. – Acta Zoologica Hung. V, Budapest, 1959. p. 1–6.
- VI. DUDICH, E.: A barlangbiológia és problémái (Die Höhlenbiologie und ihre Probleme). – Magy. Tud. Akad. Biol. Csop. Közlem. III, Budapest, 1959. p. 323–357.
- VII. LOKSA, I.: Ökologische und faunistische Untersuchungen in der Násznép-Höhle des Naszály-Berges. – Opuscula Zoologica. III, Budapest, 1959. p. 63–80.
- VIII. VARGA, L. et TAKÁTS, T.: Mikrobiologische Untersuchungen des Schlammes eines wasserlosen Teiches der Aggteleker Baradla-Höhle. – Acta Zoologica Hung. VI, Budapest, 1960. p. 429–437.
- IX. LOKSA, I.: Über die Landarthropoden der Teichhöhle von Tapolca (Ungarn). – Opuscula Zoologica. IV, Budapest, 1960. p. 39–51.
- X. DUDICH, E.: Das höhlenbiologische Laboratorium der Eötvös Loránd Universität. – Ann. Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Biologica. III, Budapest, 1960. p. 131–135.
- XI. LOKSA, I.: Faunistisch-systematische und ökologische Untersuchungen in der Lóczy-Höhle bei Balatonfüred. – Ann. Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Biologica. III, Budapest, 1960. p. 253–266.

\* „*Biospeologica Hungarica*“ stellt den zusammenfassenden Serientitel der in verschiedenen Zeitschriften unter diesem Untertitel und mit laufender römischer Numerierung veröffentlichten höhlenbiologischen Aufsätze dar. Die vor den einzelnen Artikeln des angeführten Verzeichnisses stehende römische Ziffer gibt die laufende Nummer innerhalb der Serie an. Die Serie wird fortgesetzt.

(Red.)

- XII. PALIK, P.: A new blue-green alga from the cave Baradla near Aggtelek. – Ann. Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Biologica. III, Budapest, 1960. p. 275–285.
- XIII. LOKSA, I. Ökologisch-faunistische Untersuchungen in der Freiheitshöhle bei Égerszög. – Acta Zoologica Hung. VII, Budapest, 1961. p. 219–230.
- XIV. MOLNÁR, M.: Beiträge zur Kenntnis der Mikrobiologie der Aggteleker Tropfstein-Höhle „Baradla“. – Ann. Univ. Sci. Budapestinensis, Sectio Biologica. IV. Budapest, 1961. p. 131–138.

DR. E. DUDICH

## ELEKTROMOS TÁVMÉRŐBERENDEZÉS A VASS IMRE-BARLANG KLIMATOLÓGIAI ÉS HIDROLÓGIAI VISZONYAINAK VIZSGÁLATÁRA

GÁDOROS MIKLÓS

Készült az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének Jósvafői Kutatóállomásán.

Az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének Jósvafői Kutatóállomásán 1959 nyarán távmérőberendezést helyeztünk üzembe. A műszerkomplexum a Kutatóállomástól 300 m távolságban levő Vass Imre-barlangban elhelyezett készülékek segítségével lehetővé teszi azt, hogy a kutatóállomás laboratóriumában bármikor mérni tudjuk a barlang levegőjének hőmérsékletét, páratartalmát (a bejáratától 400 m-re) és két helyen egy-egy cseppkőről lecsepegő víz mennyiségét és elektromos vezetőképességét.

A barlangi készülékek a mérendő mennyiséggel arányos elektromos ellenállást állítanak elő. A laboratóriumból ezt az ellenállást mérjük le, egyszerű Wheatstone-hidban. Ennek megfelelően a hőmérséklet és páratartalom mérése a meteorológiai célokra használt száraz-nedves hőmérőpárhoz hasonlóan egy száraz és egy nedvesített termisztor segítségével történik. (A termisztor félvezető anyagból készült ellenállás, melynek vezetőképessége erősen függ a hőmérséklettől.) A pontossági követelmények ennél a mérésnél a legnagyobbak. Az összekötő vezetékek és a felszíni hőmérséklet zavaró hatásának kiküszöbölésére a hőmérsékletméréshez szükséges normállenállások is a barlangban vannak elhelyezve, és nemcsak a termisztorokkal, hanem a normállenállásokkal is sorbakapcsolódik egy vezeték. Ez az elrendezés 1:1-es hidviszonynál a vezetékek hatásának teljes kiküszöbölését jelenti, s e zavaró hatás az alkalmazott szűk mérési tartományban (8–13 °C-ig) mindenütt elhanyagolható marad. A készülék jelenlegi állapotában  $\pm 0,05$  °C pontossággal tudunk mérni; a pontosság fokozása  $\pm 0,01$  °C-ig nem fog különösebb nehézséget okozni.

A vízhozammérésnél a lecsepegő vizet az eredeti cseppkőhöz műanyagcső segítségével levehetően illesztett cércnacseppkővön, az ún. robotcseppkővön vezetjük keresztül (ez az elrendezés a cseppkövek súlynövekedésének laboratóriumi méréséhez szükséges). A víz a robotcseppkőről a vezetőképességmérő elektródok közé csepeg, majd gyűjtőedénybe kerül. Meghatározott térfogat összegyűlése után a gyűjtőedény kiürítése közben záródik az elektromos tárológység vezérlő áramköre. Ennek hatására egy kapcsológép minden ürítéskor egy lépéssel tovább lép és a logaritmikusan növekvő ellenállásorozat következő tagját kapcsolja a központi áramkörbe. Ezen ellenállásérték lemérésével állapítható meg a tárológép állása, és ebből az utolsó mérés óta történt ürítések száma.

A mérőelektródok között levő víz vezetőképességét a többi méréstől eltérően – természetesen – váltóárammal táplált hidban mérjük.

A kutatóállomás és a barlangban elhelyezett kapcsológép között 4 huzalos összeköttetést építettünk ki. A Wheatstone-hidas mérésekhez 3 huzalos összeköttetés szükséges, a negyedik ér – az egyik mérővezetékkel együtt – a kapcsológép vezérléséhez kell. Az automata telefonokéhoz hasonló szám-tárcsa lehetővé teszi azt, hogy a laboratóriumból bármelyik barlangi mérőállomás egy kézmozdulattal „felhívható”. A barlangban a kapcsolást egy 3 áramkörös 11 állású lépésenként működő kapcsológép végzi. A laboratóriumi központi műszerben ugyanilyen gép van, mely a felhívott állomás számát jelzi, és a vezetőképességméréseknél automatikusan bekapcsolja az oszcillátort és a váltóáramú indikátort. A két gép szinkronizálása külön vezeték felhasználása nélkül, különleges áramköri megoldással történik. Mind a távkapcsoló, mind a vízhozammérő berendezések energiáját 45 V-os (30 F jelű) anótelepekből nyerjük.

A műszer laboratóriumi egyen- és váltóáramú V-, A-, Ohm-mérésekre is alkalmas és kézi polarográfként is használható.

A barlangban elhelyezett műszerek nedvességvédelmére különös gondot fordítottunk. A távkapcsoló polietilén, a vízhozammérők elektromos részei alumíniumdobozban vannak elhelyezve. A lehetőség szerint légmentesen elzárt dobozokban nedvsvívó anyag is van.

A Vass Imre-barlang mikroklímájának rendszeres vizsgálatára 1958-ban egy barográf és egy higro-termográf felhasználásával meteorológiai állomást létesítettünk a barlangban. Azonban rövidesen bebizonyosodott, hogy a felhasznált íróműszerek a kitűzött cél elérésére nem alkalmasak. A barográf – a felszínen elhelyezett hasonló műszerrel szinkron járva – sok szempontból használható adatokat nyújtott, a higro-termográf viszont teljesen érzéketlennek mutatkozott a hőmérséklet és páratartalom kismértékű ingadozásával szemben. Emellett a rendkívül páradús levegő az óraszerkezeteket viszonylag rövid idő alatt tönkretette.

Sajnos a barlangban a közlekedés igen nehéz (külön beöltözést igényel), tehát esetenkénti bemenetellel rendszeres méréseket folytatni nem lehet. Így vetődött fel egy elektromos távmérőberendezés létesítésének gondolata. Először egy termisztorral a hőmérsékletet akartuk mérni, majd száraz-nedves termisztorpárral a hőmérsékletet és a páratartalmat.

A barlangi mérőállomás a kutatóháztól mintegy 700 m távolságban (300 m a felszínen és 400 m a barlangban) van. Később részletezendő okok miatt minden termiszortól 3 vezetéket kell a felszínre kihozni. Négyeres összeköttetés – eredetileg csak telefon céljára – már volt a barlang és a kutatóállomás között, így a viszonylag nagy távolságra való tekintettel új érpár kiépítése helyett olcsóbbnak és egyszerűbbnek találtuk azt a megoldást, mely szerint a termisztorokat távvezérelt kapcsoló kapcsolja a mérővezetékekre. Így több mérőrendszer csatlakoztatása is lehetővé vált. Elhatároztuk tehát, hogy cseppkövizsgálatok céljára hidrológiai jellegű mérőállomásokat is létesítünk, két helyen mérve a csepegő víz hozamát és vezetőképességét.

Ezek alapján 1959 nyarán kivitelezésre került egy olyan mérőberendezés, amely négyhuzalos összeköttetés segítségével tizenegy mérőállomás háromvonalas bekapcsolását, valamint LB telefonkészülék felhasználásával telefonösszeköttetés fenntartását teszi lehetővé. A barlangi mérőállomások az automata telefonoknál megszokott módon tárcsázással hívhatók fel. Jelenleg egy száraz és egy nedvesített hőmérő, két elektromos vezetőképességmérő és két vízhozammérő-készülék van bekapcsolva. Az alábbiakban a berendezés szerkesztésénél és kivitelezésénél felmerült főbb problémák és az alkalmazott megoldások kerülnek ismertetésre.

Legnagyobbrészt önálló utakon kellett elindulnunk, mert az irodalomban nem sikerült hasonló jellegű műszercsoport ismertetésére találnunk. Egyedül termisztoros hőmérőkről jelent meg számottevő publikáció. A távkapcsoló – bár telefontechnikai elemekből készült – jelentősen különbözik az automata központokban használatos megoldásoktól. Fő eltérést a munkaáramú impulzusok alkalmazása jelenti. Újszerű a két gép szinkronizálásának megoldása. A cseppkönövekedés vizsgálatára szolgáló robotcseppkö, és a vízhozammérő berendezés pedig – tudomásunk szerint – egyes alkatrészek kivételével teljesen új ötletnek és konstrukciónak tekinthető.

## A mérések elve

Minden fizikai-kémiai jellemző mérését elektromos ellenállás, ill. ellenállásváltozás mérésére vezetjük vissza. Első lépésként megfelelő érzékelő szerv hajt végre egyértelmű transzformációt, melynek során a mérendő mennyiség egyes értékeihez meghatározott ellenállásnagyságot rendel hozzá (a helyszínen). Második lépésben az így kapott ellenállást Wheatstone-hidban mérjük (távolból).

Mint ismeretes, a hid (1. ábra) voltaképp két feszültségosztóból áll. Ha  $R_1$  és  $R_2$  ugyanolyan arányban osztja a tápfeszültséget, mint  $R_T$  és  $R_N$ , akkor az indikátor két csatlakozópontja között nincs feszültségkülönbség, azaz a hid ki van egyenlítve. Az indikátor árammentes állapotakor tehát fennáll az

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_T}{R_N}$$

egyenlőség. Ennek segítségével három ellenállás ismeretében a mérendő negyedik ellenállás nagysága meghatározható.

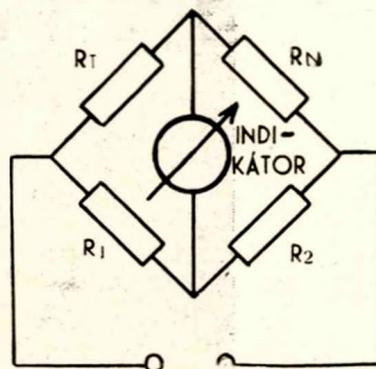
A kiegyenlítés beállítására a hid egyik ellenállását változtathatóvá kell tenni. Szokásos megoldás, hogy  $R_1$  és  $R_2$  egyazon ellenállás két része, melyet egy csúszókar változtathatóan oszt ketté (potenciométer).

A hid-módszer előnyei közismertek. A tápfeszültség ingadozása nem hamisítja meg a mérés eredményét. Az indikátor csak az árammentes állapot jelzésére szolgál, így csak érzékenysége és a nullponti visszaállási hibája befolyásolja a mérés pontosságát. Hátrány viszont, hogy a mérés eredményét közvetve, a hid kiegyenlítése után kapjuk, s így lassúbb, mint a közvetlen módszerek.

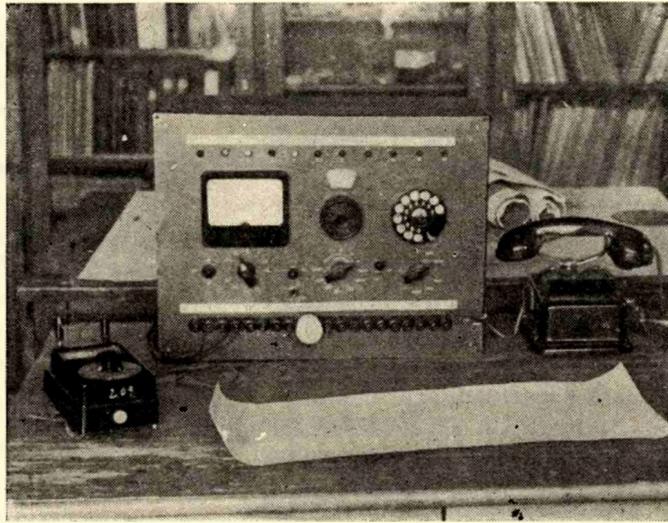
## Központi rész

A központi rész (2. ábra) tartalmazza mindazokat az elemeket, melyek a hid kiegyenlítésének beállításához, indikálásához, a méréshatárok megválasztásához és megváltoztatásához, a távkapcsoló vezérléséhez, valamint helyszíni (laboratóriumi) egyszerű elektromos mérések (feszültség, áramerősség, ellenállás) elvégzéséhez szükségesek.

Egyenáramú indikátorként beépített középállású 2. 25  $\mu$  A végkitérésű (belsőellenállás 2000 ohm, érzékenység 5.10<sup>-7</sup> A/mm) Deprez-műszer szolgál. Ugyanez a műszer beépített előtétel, shunt-ök és 4 db Graetz-hidba kapcsolt OA 1160 germániumdióda segítségével univerzális elektromos mérőműszerként is használható; ez azonban nem tér el a szokásos megoldásoktól, így ismertetésére nem térünk ki. A külső indikátor („GALVANOMETER” feliratú) gomb megnyomásával kapcsolható; a nyomógomb a galvanométer világítását is kapcsolja, ugyanakkor a pillanatnyilag használaton kívül levő (belső vagy külső) indikátort rövidre zárja. Mód van polarografikus mérésekre is,



1. ábra: A Wheatstone-hid elvi kapcsolása.  
Abb. 1.: Schaltschema der Wheatstonesche Brücke.



2. ábra: A távmérő tererkezés lalcratériumtan elhelyezett (központi) része.  
 Abb. 2.: Der im Laboratorium untergetrachte zentrale Teil der Fernmessanlage.

ekkor a beépített műszer feszültségmérő, s a galvanométer árammérőként van kapcsolva. A váltóáramú (váz-vezetőképesség) mérésekhez külön indikátort használunk, melyet majd a vezetőképesség-mérés leírásánál fogok ismertetni. A három sorbakötött indikátor (beépített, külső és váltóáramú) átkapcsolását a már említett GALVANO-MÉTER feliratú nyomógomb és két jelfogó ( $E_j$  és  $V_j$ ) végzi. Ezek feladatai (3. ábra):

$E_j$  elengedett állapotban rövidrezárja az indikátorlánc két végpontját, és megszakítja a 4,5 V-os telep áramkörét (e telep táplálja egyenáramú méréseknél a hidat, szükség esetén a külső galvanométer világítását és váltóáramú méréseknél az indikátor erősítőjét).

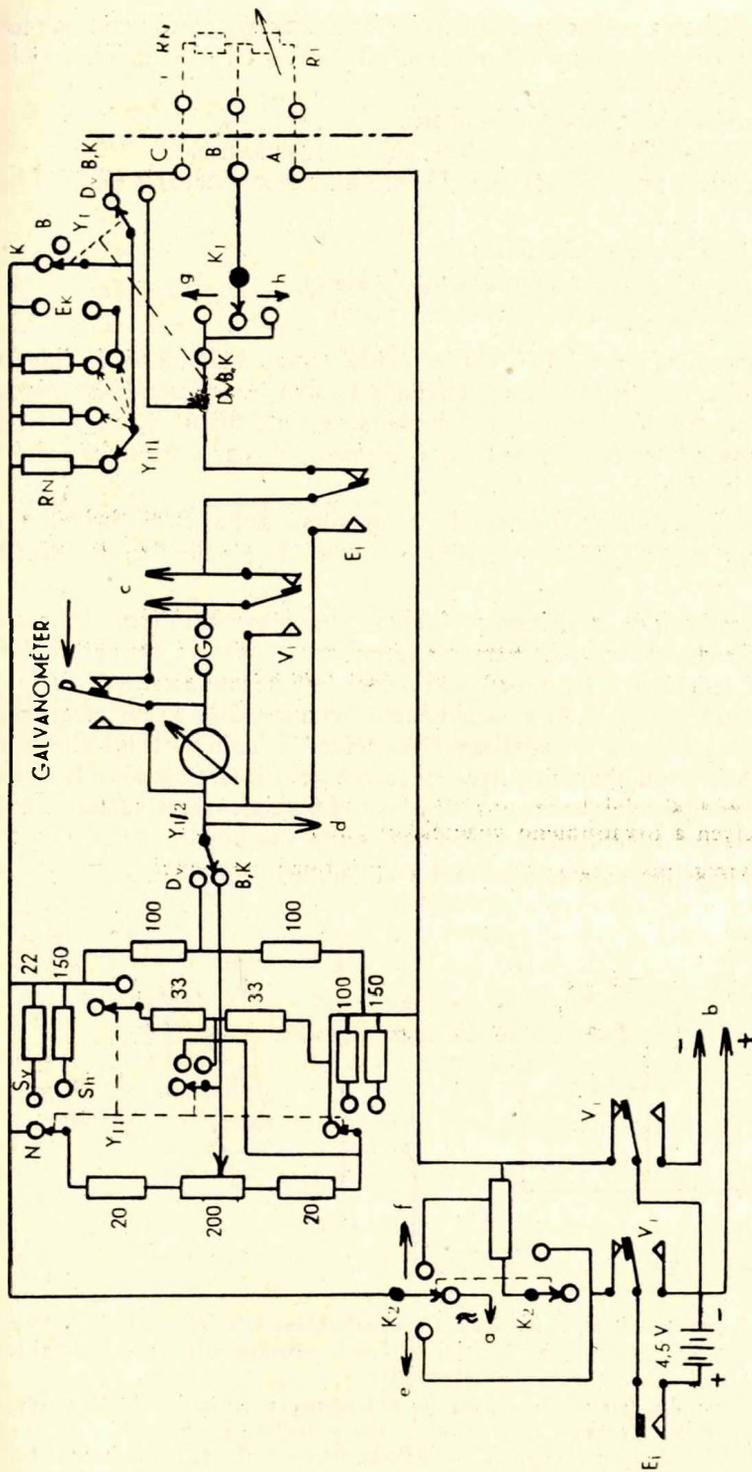
$V_j$  elengedett állapotban ( $E_j$  záróérintkezőjén keresztül) a hidfeszültség-kapcsolóra ( $K_2$ ) adja a 4,5 V-ot. Rövidrezárja az erősítő bemenetét.

$V_j$  meghúzott állapotban ( $E_j$  záróérintkezőjén keresztül) az erősítőre kapcsolja a 4,5 V-ot. Rövidrezárja az egyenáramú indikátorokat.

A meghúzóáramot  $E_j$  a főkapcsolón keresztül a számtárcsa Morse-érintkezőjének nyugalmi kontaktusáról kapja (így az indikátorok nemcsak üzemen kívül, hanem impulzálás, azaz a távkapcsoló működtetése alatt is rövidre vannak zárva), V-t pedig külön kapcsoló (T), illetve barlangi vízellenállásméréseknél a távkapcsoló (La) köti  $E_j$ -vel párhuzamosan.

Az  $Y_1$  kapcsoló állásai:

- K barlangban elhelyezett ellenállás mérése ugyanott lévő (a központi műszeren kívül elhelyezett, tehát „Külső”) etalon segítségével (belső etalonok rövidrezárva).
- B barlangban elhelyezett ellenállás mérése a felszínen beépített („Belső”) etalonnal.
- W felszíni ellenállásmérés  $10 \Omega - 10 M\Omega$ -ig.



3. ábra: A mérőhid kapcsolásának vázlatja. (Csak az egyenáramú távmérésnél működő alkatrészek vannak berajzolva.) A vázlaton E<sub>j</sub> és V<sub>j</sub> elengedett állapotban, Y<sub>11</sub> N állásban, Y<sub>12</sub> pedig K állásban van feltüntetve. *a*: az oszcillátorhoz, *b*: és *c*: az erősítőhöz, *d*: La-hoz (kompenzálás), *e*: NAGY, *f*: KIS, *g*: MER, *h*: INDIT, *i*: a voral.

Abb. 3.: Gesamtschaltenschema der Messbrücke. (Lediglich die bei Fernmessung mit Gleichstrom funktionierenden Bestandteile sind eingezeichnet.) Auf dem Schema sind E<sub>j</sub> und V<sub>j</sub> in Abfallstellung, Y<sub>11</sub> in N-Stellung und Y<sub>12</sub> in K-Stellung dargestellt. *a*: zum Oszillator, *b*: und *c*: zum Verstärker, *d*: zu L<sub>a</sub> (Kompensation), *e*: NAGY (Hochspannung), *f*: KIS (Niederspannung), *g*: MER (Messung), *h*: INDIT (Start), *i*: Leitung.

$D_v$  ill.  $D_b$  állásban a potenciométer helyére fix 1:1 arányú osztó kerül, így lehetőség nyílik dekádszekrény felhasználásával történő ellenállásmérésre (jelenleg nem használjuk).

P polarográf-mérés (a laboratóriumban).

$V$ -,  $V_{\sim}$ ,  $A_{\sim}$ ,  $A$ - állások nem szorulnak külön magyarázatra.

Az  $Y_{II}$  kapcsoló a potenciométerrel elérhető hídviszony-változás ( $R_1/R_2$ ) beállítását végzi:

N  $0,1 < R_1/R_2 < 10$  (normál állás)

$S_v$   $0,4 < R_1/R_2 < 2,5$  (vezetőképesség-mérésekhez)

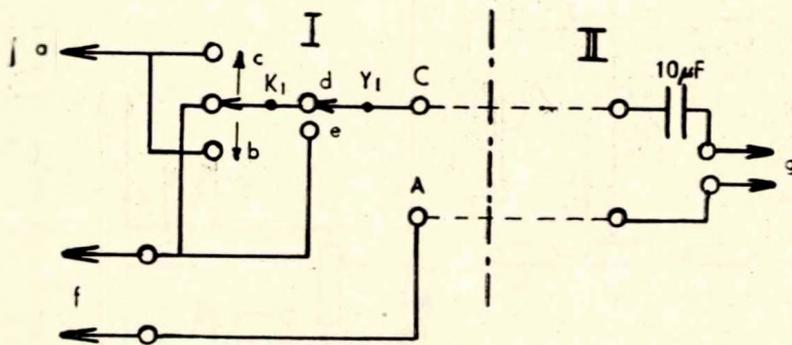
$S_h$   $0,9 < R_1/R_2 < 1,1$  (hőmérséklet-mérésekhez)

Az  $Y_{III}$  kapcsolóval megfelelő etalon (külső, vagy különböző értékű belső) iktatható be a hídba, illetőleg (polarografálásnál) a galvanométer söntölése végezhető el. Az  $Y$  jelű kapcsolók Yaxley rendszerűek, mindegyik 12 állású;  $Y_I$ -en 5,  $Y_{II}$ -ön 3,  $Y_{III}$ -on 2 tárcsa van. (A fentiekben kívül  $Y_{II}$  a voltmérő,  $Y_{III}$  az ampermérő mérésátlárának beállítását is végzi.)

A  $K_2$  (HÍDFESZÜLTSEG) kapcsoló háromállású kulcs. Segítségével a hídra 0,7 V (KIS) vagy 4,5 V (NAGY) feszültség adható. Középállásban az oscillátort csatlakoztatja.

Mint már említettem, a mérővezetékeket telefonösszeköttetésre is használjuk (4. ábra). A barlangi mérések időtartamára természetesen ezt az összeköttetést meg kell szakítani. E feladatot a  $K_1$  főkapcsoló végzi (szerkezete azonos  $K_2$ -vel), mely „MÉR” és „INDÍT” állásokban a vezérlőáram bekapcsolásán kívül megszakítja a hálóban elhelyezett telefonok beszédáramkörét. Mivel  $K_1$  nem-barlangi ellenállásmérések esetén is „MÉR” állásban van, ilyen esetben  $Y_I$  egyik tárcsája söntöli  $K_1$  bontóérintkezőjét. A barlangi telefonokat egy 10  $\mu$ F értékű kondenzátor választja le, mely a csatlakozási helyen a továbbmenő vezetékkel sorba van kötve.

Ezek után vizsgáljuk meg közelebbről a különböző méréseket.



4. ábra: A telefonok csatlakoztatása. I: felszínen, II: a barlangban. a: a hídhoz, b: INDÍT, c: MÉR, d:  $D_v$ , B, K állásban, e: a többi állásban; f: felszíni telefonok sorbakapcsolva, g: a barlangi telefonok sorbakapcsolva.

Abb. 4: Das Anschliessen der Fernsprecher. I: auf der Erdoberfläche, II: in der Höhle. a: zur Brücke; b: INDÍT (Start), c: MÉR (Messung), d: in  $D_v$ -, B- und K-Stellung geschlossen, e: in  $D_v$ - B- und K-Stellung offen, f: hintereinander geschaltete oberirdische Fernsprecher, g: hintereinander geschaltete Fernsprecher in der Höhle.

### Hőmérséklet és páratartalom mérése

A hőérzékelő szerv: termisztor, mely nagy negatív temperaturakoefficienssel rendelkező, tehát erősen hőfokfüggő ellenállás (7). Különböző fénoxidok keverékéből készül. Karakterisztikáját a következő függvényvel lehet leírni:

$$R(T) = R(T_0) \cdot e^{B \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

ahol  $R(T)$  a termisztor ellenállása  $T$  Kelvin fokon (abszolút hőmérsékleten),

$R(T_0)$  a termisztor ellenállása  $T_0$  K<sup>o</sup>-on,

$T$  és  $T_0$  Kelvin fokban helyettesítendőek,

$B$  anyagi állandó (dimenziója K<sup>o</sup>),

$e$  a természetes logaritmus alapszáma ( $e = 2,718 \dots$ ).

Kis hőmérsékletváltozások esetén sorbafejtve és a magasabbrendű tagokat elhagyva

$$R(T) = R(T_0) \cdot [1 + \alpha(T - T_0)];$$

itt  $\alpha = -\frac{B}{T^2}$ , tehát a temperaturakoefficiens negatív és erősen hőfokfüggő. Az

Egyesült Izzó által gyártott termisztoroknál 20 C<sup>o</sup>-on  $\alpha_{min} = -0,032/C^o$ ; ez egy nagyságrenddel nagyobb, mint a fémekre megszokott értékek.

A termisztorok előnye a fém ellenálláshőmérőkkel szemben kettős: nagyobb hőfokfüggőségük egyszerű eszközökkel is érzékeny mérést tesz lehetővé, másrészt nagyobb ellenállásuk miatt (készül 10<sup>5</sup>, 10<sup>6</sup>Ω nagyságú termisztor is!) a hosszú összekötővezetékek hatása kevésbé érzékelhető. Ezzel szemben erős öregedést mutatnak, és nagy hőmérsékletingadozás esetén kellemetlen hiszterezis-jelenség lép fel. Szerencsére a barlangban jelentős hőmérsékletváltozás nem fordul elő, az öregedés hatása pedig időnkénti hitelesítéssel korrigálható.

A berendezésben 1 TH 4 típusú Tungram-termisztorokat használunk. Ezek ellenállása 20 C<sup>o</sup>-on 4000 Ω, a barlangban (10 C<sup>o</sup>) 5000 Ω körül van ( $R_T$ ). Az etalon-(normál-) ellenállások ( $R_N$ ) értéke úgy van megválasztva, hogy a hídviszony 10 C<sup>o</sup>-on legyen egységnyi ( $R_T = R_N$ ).

Ha a híd egyensúlyának beállítására potenciométert használunk, akkor az osztásviszony  $\left( \frac{R_1}{R_2} \right)$  nulla és végtelen között bármely értéket felvehet. Közönséges méréseknél ezt sorbakapcsolt ellenállásokkal 0,1 és 10 határok közé szorítják ( $Y_2$  kapcsoló N állása). Hőmérsékletmérésnél fokozottabbak a követelmények (1<sup>o</sup>/<sub>00</sub>-es változást is le kell olvasni), ezért ekkor soros és párhuzamos ellenállások segítségével az osztásviszony változását 0,9 és 1,1 közé korlátoztuk ( $Y_2$  kapcsoló  $S_h$  állása). Ez körülbelül 5 C<sup>o</sup>-os tartomány átfogását teszi lehetővé, mely több, mint elegendő. A skála majdnem lineáris. Nagyobb pontosság érdekében a potenciométer tengelyén egy szögmérő helyezkedik el, s a szögokban leolvasott értékhez hitelesítési diagramból kapható a mért hőfok. Egy szögfok kb. 0,02 C<sup>o</sup>-nak felel meg, így a célul kitűzött  $\pm 0,05$  C<sup>o</sup> pontosságot erről az oldalról sikerült biztosítani.

Távmérésnél a mérendő ellenállással elkerülhetetlenül sorbakapcsolódik az összekötő vezetékek ellenállása. Ha egyszerűen – két huzallal – csak a termisztort kötnénk be, akkor a bekapcsolódó hurokellenállás kb.  $70\Omega$  lenne. Az ebből származó eltérést a kalibráció során ki lehet küszöbölni. Azonban a  $70\Omega$ -ból  $40\Omega$  a felszínen, tehát erősen ingadozó hőmérsékleti körülmények között van. Szélső esetben  $80\text{ C}^\circ$  ingadozást ( $-30$  és  $+50$ ) feltéve ez kb.  $2R_v = 10\Omega$  változást jelent, mely  $0,07\text{ C}^\circ$  hibát okozna. A hibát csökkenteni lehetne nagyobb ellenállású termisztor felhasználásával, de a hidellenállások növelése az érzékenység csökkenését eredményezi és mindinkább előtérbe lép a barlangban amúgy is nehéz problémát jelentő szigetelési kérdés.

A zavaró ellenállások kiejtésére több módszer ismeretes. A Thomson-híd az ismeretlen zavaró ellenállásokat érzékenységszökkenés árán küszöböli ki és négyhuzalos összeköttetést igényel. A vezeték hatása érzékenységszökkenés nélkül is kikompenzálható, de öthuzalos összeköttetés és háromszori kiegyenlítés árán (3). Az ún. háromhuzalos hidkapcsolásnál a vezetékellenállást két részre osztjuk; egyik vezeték a mérendő, másik az etalon-ellenállással kapcsolódik sorba. Könnyen belátható, hogy ilyen módon 1:1 hidviszony esetén a zavaró hatás teljesen megszűnik. Ezt használják ki a nagy pontosságú dekádszekrényes mérőhidak. Világos, hogy tökéletes kiküszöbölés csak 1:1-es hidviszonynál következhet be. Nézzük meg, mi a helyzet más esetben (természetesen kiegyenlített híd nál).

Az eredeti (zavaróvezeték nélküli) hidviszony:

$$a = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_T}{R_N}$$

Megváltozott esetben

$$a' = \frac{R_T + R_v}{R_N + R_v}$$

Sorbafejtve, rendezve

$$a' = a + \Delta a = a + (1-a) \cdot \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \cdot \left[ \frac{R_v}{R_N} \right]^n$$

Ugyanakkor a mérendő ellenállás ill. hőmérséklet hatására fellépő hasznos hidviszonyváltozás

$$\Delta a_h = \frac{R_T + \Delta R_T}{R_N} - \frac{R_T}{R_N} = \frac{\Delta R_T}{R_N} = \frac{R_T \cdot \alpha \cdot \Delta t}{R_N}$$

$$\text{azaz } \Delta a_h = a \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

Mérés közben a vezetékellenállás megváltozása miatt beállt hidviszonyváltozást a mérendő hőmérséklet megváltozásaként észleljük. Az ebből eredő hőmérséklet-hiba könnyen számítható (a sorfejtés magasabbrendű tagjait elhagyjuk):

$$a \cdot \alpha \cdot \Delta t = (1-a) \cdot \frac{R_v}{R_N}$$

Itt  $\Delta t$  a hőmérsékletmérésben bekövetkezett hiba, mely pozitív vagy negatív lehet

$$\Delta t = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{1-a}{a} \cdot \frac{R_v}{R_N}$$

A mi méréseinknél  $\alpha$  minimálisan  $3,2 \cdot 10^{-2}/\text{C}^\circ$ , a vonallellenállás változó része  $R_v = 5\Omega$ ,  $R_N = 5000\Omega$  és szélső esetekben  $a = 1,1$  illetve  $a = 0,9$  lehet. Ezeket behelyettesítve a legnagyobb hibákra  $-2,9 \cdot 10^{-3}$  illetve  $+3,5 \cdot 10^{-3} \text{C}^\circ$  értéket kapjuk. Mind a pozitív, mind a negatív hiba több mint egy nagyságrenddel kisebb a megkívánt pontosságnál, tehát a vezetékellenállás kiküszöbölése tökéletesnek mondható.

A háromhuzalos összeköttetés nyújtotta lehetőséggel élve a hőmérsékletméréshez szükséges etalonokat a barlangban helyeztük el, ahol azok viszonylag állandó hőmérsékleten vannak. A külszínen lévő potenciométer pontosságát pedig a környezet hőmérséklete nem befolyásolja:

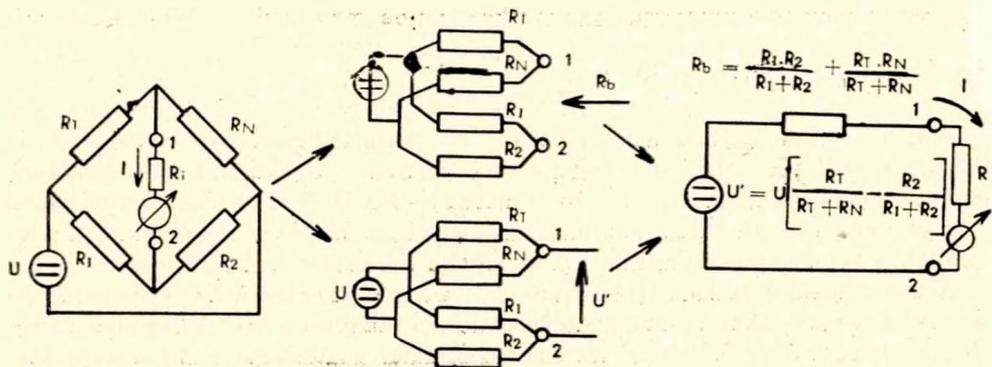
$$\frac{R'_1}{R'_2} = \frac{R_1 \cdot (1 + \alpha_1 \cdot \Delta t_1)}{R_2 \cdot (1 + \alpha_2 \cdot \Delta t_2)}$$

látható, hogy – ha a potenciométer két része ugyanolyan anyagból készült és ugyanolyan hőmérsékletváltozásnak van kitéve (ami gyakorlatilag mindig teljesül) – a hőhatás okozta változásra jellemző  $1 + \alpha \cdot \Delta t$  tényezővel egyszerűsíteni lehet.

A híd tápfeszültségének megválasztásánál ellentétes tényezőket kell figyelembe venni. A mérés érzékenysége (az indikátoron észlelhető legkisebb ellenállásváltozás) a hidra adott feszültséggel arányos. A termisztoron áthaladó áram azonban melegíti azt, és így meghamisítja a mérés eredményét. Ez kérlelhetetlenül megszabja a legnagyobb használható feszültséget, melynek megállapítása legegyszerűbben kísérlet útján történhet. Állítsuk be a hidat úgy, hogy a bekapcsolt termisztor ellenállása valamivel nagyobb legyen, mint a kiegyenlítéshez szükséges volna. Ha a hidra adott tápfeszültséget nullától kezdve lassan növeljük, akkor az indikátor kitérése kezdetben a feszültség növekedésével egyenesen arányos lesz, később azonban üteme meglussul, mindinkább eltér az arányosságtól, majd – annak ellenére, hogy a feszültséget növeljük – a kitérés csökkenni fog, mert a melegedő termisztor ellenállása csökken és ezért a híd a kiegyenlítés állapotához közeledik. Ebből a kísérletből körülbelül látható, hogy mekkora feszültséget használhatunk. Pontosabb vizsgálat: a használni kívánt feszültséget a hidra adjuk, és az egyensúlyt beállítjuk. Ha káros nagyságú túlmelegedés nem történt, akkor a tápfeszültség kismértékű csökkentésekor az indikátor a nullpontról nem fog elmozdulni. Így az adott érzékenységű indikátor esetén használható legnagyobb, tehát az optimális feszültséget egész pontosan kikísérletezhetjük. (Ha a termisztor számottevően változó hőmérsékleti körülmények között dolgozik, akkor a kísérletet a legmagasabb hőfokon kell elvégezni, mert az ellenállás itt a legkisebb, tehát itt lesz az állandó feszültségű telepből a maximális teljesítményfelvétel.) Igaz, hogy a gyárak a termisztorok teljesítményérzékenységét általában közlik (az *Egyesült Izzó* TH termisztoraira ez  $2 \text{C}^\circ/\text{mW}$ ), ez azonban csak közelítő érték, mely nagy mértékben függ a hűtési viszonyoktól. A fenti kísérletek alapján a híd  $0,7 \text{V}$  tápfeszültséget kap; a termisztorra jutó teljesítmény közelítőleg

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{0,35^2}{5} = 0,024 \text{ mW}$$

ami a katalógus adatai szerint  $0,05 \text{C}^\circ$  túlmelegedést okozhat.



5. ábra: Az ekvivalens generátor számítása.  
Abb. 5: Ermittlung des äquivalenten Generators.

Döntő kérdés, hogy milyen érzékenységű indikátor szükséges, illetve adott indikátor esetén mi lesz a mérhető legkisebb hőmérséklet-változás. Tekintsük a hidat generátornak, mely az indikátort – mint fogyasztót – táplálja. A hidat mint generátort egyszerűsíthetjük. A helyettesítő generátor forrásfeszültsége (elektromotoros ereje) megegyezik az eredeti generátor üresjárási feszültségével; belső ellenállása az az ellenállás; melyet a fogyasztó felől „benézve” látunk (a fogyasztó helyére kapcsolt Ohm-mérő mér), ha a generátorban az aktív elemeket (jelen esetben a telet) rövidzárral (az ún. áramgenerátorokat szakadással) helyettesítjük (THEVENIN-tétel). Mivel a telep belsőellenállása elhanyagolható, az eredőt egyszerűen számíthatjuk (lásd az 5. ábrát).

Az indikátoron áthaladó áram a feszültség és a körben levő összes ellenállás hányadosa:

$$I = \frac{U'}{R_b + R_i} = \frac{U \left[ \frac{R_T}{R_T + R_N} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right]}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + \frac{R_T \cdot R_N}{R_T + R_N} + R_i} =$$

$$= U \cdot \frac{R_T R_2 - R_1 R_N}{R_1 R_2 (R_T + R_N) + R_T R_N (R_1 + R_2) + (R_T + R_N) \cdot (R_1 + R_2) R_i}$$

Az áramváltozás  $R_T$  függvényében:

$$\frac{\partial I}{\partial R_T} = U \left[ \frac{R_2}{R_1 R_2 (R_T + R_N) + R_T R_N (R_1 + R_2) + (R_T + R_N) \cdot (R_1 + R_2) R_i} - \frac{(R_T R_2 - R_1 R_N) [R_1 R_2 + R_N (R_1 + R_2) + (R_1 + R_2) R_i]}{[R_1 R_2 (R_T + R_N) + R_T R_N (R_1 + R_2) + (R_T + R_N) \cdot (R_1 + R_2) R_i]^2} \right]$$

A hid kiegyenlített állapotában a zárójelben levő második tört eltűnik, tehát ekkor ( $R_2$ -vel osztva):

$$\frac{\partial I}{\partial R_T} = U \cdot \frac{1}{R_1(R_T + R_N) + R_T R_N \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) + (R_T + R_N) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) R_i}$$

$$\Delta I = \frac{\partial I}{\partial R_T} \Delta R_T; \quad \text{viszont} \quad \Delta R_T = R_T \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

tehát

$$\Delta I = \frac{U \cdot \alpha}{R_1 \left(1 + \frac{R_N}{R_T}\right) + R_N \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) + \left(1 + \frac{R_N}{R_T}\right) \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) R_i} \cdot \Delta t$$

Mint már említettem, jelen mérésnél a hidviszony minden hőmérsékleten közelítőleg egységnyi ( $1 \pm 0,1$ ), ezért írhatjuk:

$$\Delta I \approx \frac{U \cdot \alpha}{2R_1 + 2 \cdot R_N + 4 \cdot R_i} \cdot \Delta t$$

Ha  $R_1 \ll R_T$  (mindig teljesíthető)  
és  $R_i \ll R_N$ , akkor

$$\Delta I \approx \frac{U \cdot \alpha}{2 \cdot R_N} \cdot \Delta t$$

Az elkészített műszernél  $U = 0,7 \text{ V}$ ,  $\alpha_{\min} = 3 \cdot 10^{-2} / \text{C}^\circ$ ,  $R_N = 5 \cdot 10^3 \text{ Ohm}$  és a minket érdeklő legkisebb hőfokváltozás  $\Delta t = 5 \cdot 10^{-2} \text{ C}^\circ$ ; ezeket behelyettesítve kapjuk:

$$\Delta I_{0,05} \approx 1 \cdot 10^{-7} \text{ A}$$

A kereskedelemben kapható *Villamos Mérőműszer KTSz* gyártmányú asztali fénypontos galvanométer, melynek érzékenysége  $10^{-7} \text{ A/mm}$ , belső ellenállása  $200 \Omega$ , a fentieknek teljes mértékben megfelel. Gyakorlatban  $3 \cdot 10^{-2} \text{ C}^\circ/\text{mm}$  érzékenységet kaptunk.

A fentiekhez szeretném még a következőket hozzáfűzni: Valamely galvanométert 3 adat, áramérzékenység ( $\Delta I_{1\text{mm}}$ ), belső ellenállás ( $R_i$ ) és optimális külső ellenállás ( $R_{opt}$ )\* jellemez. A műszer jóságára azonban a  $\Delta P_{1\text{mm}} = \Delta I_{1\text{mm}}^2 \cdot R_i$  teljesítmény-érzékenység és az  $R_{opt}/R_i$  hányados jellemző. Előbbi minél kisebb, utóbbi lehetőleg 1 legyen. Áttekeréssel ugyanis mindhárom katalógusjellemző könnyen megváltoztatható, de  $\Delta P_{1\text{mm}}$  és  $R_{opt}/R_i$  változatlan marad, ha az áttekerés során a forgótekercs súlya és alakja nem változik meg. \*\* Adott híd és adott teljesítmény-érzékenység mellett azzal a galvanométerrel érhető el *legnagyobb érzékenység*, melynek ellenállása illeszkedik a hídéhoz. (Az előbbi jelöléseket felhasználva  $R_b = R_i$  legyen.) A híd ekkor tudja a legnagyobb energiát leadni. *Leggyorsabban* viszont az  $R_b = R_{opt}$  feltétel

\* Optimális külső ellenállás az a legnagyobb ellenállás, mellyel a galvanométert lezárva az még lengés nélkül áll be a rajta áthaladó áramnak megfelelő kitérésre.

\*\* Fele keresztmetszetű huzalból kétszerannyi menet tekeréselhető ugyanakkora helyre, így az új tekercs ellenállása négyszeres, az áramérzékenység kétszeres lesz. Az optimális össz csillapító ellenállás ( $R_{opt}/R_i$ ) a menetszám négyzetével arányos, ugyanúgy, mint  $R_i$ . Így  $R_{opt}/R_i$  állandó marad.

betartásával mérhetünk. Ezért kedvező az  $R_{opt}/R_i = 1$  eset, mert ebben az esetben a két feltétel egyszerre teljesíthető. Az illeszkedő belső ellenállás kb.  $2500 \Omega$  volna. Adott rézsúlyú ill. térkitöltésű tekercs esetén (a kitöltési tényező változását elhanyagolva) a menetszám, tehát a galvanométer érzékenysége az ellenállás négyzetgyökével nő, ha tehát a felhasznált galvanométert áttekercselnénk  $2500 \Omega$ -ra, akkor érzékenysége kerekén 3,5-szeresére növekednék. Viszont az  $0,05 \text{ C}^\circ$ -nak megfelelő áramváltozás  $\Delta I_{0,05} = 0,5 \cdot 10^{-7} \text{ A}$  lenne csak (felére csökkenne), s így végeredményben az érzékenység 75%-kal javulna.

Érdeemes még megvizsgálni, hogy az adott megkötések betartásával ( $R_T = R_N$ , ne legyen túlmelegedés) az elérhető érzékenység hogyan függ a felhasznált termisztor ellenállásától. Ha a termisztor mellett elhanyagolható a potenciométer és az indikátor ellenállása akkor

$$\Delta I = \frac{U \cdot \alpha \cdot \Delta t}{2R_T}$$

A melegedés közelítőleg a termisztorra jutó teljesítménnyel arányos. Ha a felhasznált típus a megkívánt pontosság mellett  $P$  nagyságú teljesítményt képes feldolgozni, akkor a termisztorra  $U = \sqrt{P \cdot R_T}$ , 1:1-es hidviszonynál a hidra  $U = 2\sqrt{P \cdot R_T}$  feszültséget kapcsolhatunk. Behelyettesítve

$$\Delta I = \frac{2\sqrt{P \cdot R_T} \cdot \alpha \Delta t}{2R_T} = \alpha \cdot \Delta t \cdot \sqrt{P} \cdot \frac{1}{\sqrt{R_T}}$$

azaz növekvő ellenállás mellett az érzékenység csökken. Ha viszont módunkban áll – válogatással, átkapcsolással vagy áttekercseléssel – adott típusú, de mindig illeszkedő ellenállású galvanométert használni, akkor – a fent írtaknak megfelelően – a galvanométer érzékenysége  $\sqrt{R_T}$  arányban növekedni fog, s így a mérés érzékenysége ( $\text{C}^\circ/\text{mm}$ ) végeredményben független lesz a termiszortípus ellenállásától. Ezen eredményeket és megállapításokat felhasználva megfelelő galvanométerrel, többfordulatú potenciométerrel és nagyobb ellenállású termisztorral a fent számított pontosságot jóval szélesebb mérés határon is tartani lehetne.

Eddig csupán hőmérsékletmérésről volt szó. Ismeretes azonban, hogy száraz-nedves hőmérőpárral a levegő (abszolút és relatív) páratartalma is mérhető (6). A nedvesített hőmérő hőmérséklete a párolgás okozta lehűlés miatt alacsonyabb, mint a környezet hőfoka. Ez a hőmérséklet-különbség a légáramlástól, hőmérséklettől, páratartalomtól és (elhanyagolható mértékben) a légnyomástól is függ. A légáramlástól való függőség a kísérletek szerint kb. 2 m/s sebességen felül megszűnik. Ha tehát a nedves hőmérő felületén legalább ilyen sebességű áramlást biztosítunk, akkor egészen pontos táblázatok készíthetők, melyek a hőmérséklet (száraz hőmérő) és hőmérsékletkülönbség függvényében a (relatív vagy abszolút) páratartalmat tartalmazzák. A meteorológiai gyakorlatban elterjedt ASSMANN-rendszerű pszichrométer tartalmaz egy száraz és egy nedvesített gömbű hőmérőt, és megfelelő szellőztetőberendezést (aspirátort). Szükség esetén szellőztetés nélküli hőmérőpár is használható (AUGUST-rendszer), természetesen más táblázatokkal és a változó légáramlások erős hatása miatt kisebb pontossággal.

Ezek után kézenfekvő, hogy ne csak a száraz-, hanem a nedves hőmérőt is helyettesítsük termisztorral és így valóban egyszerűen megoldható lesz a légnedvesség távol-

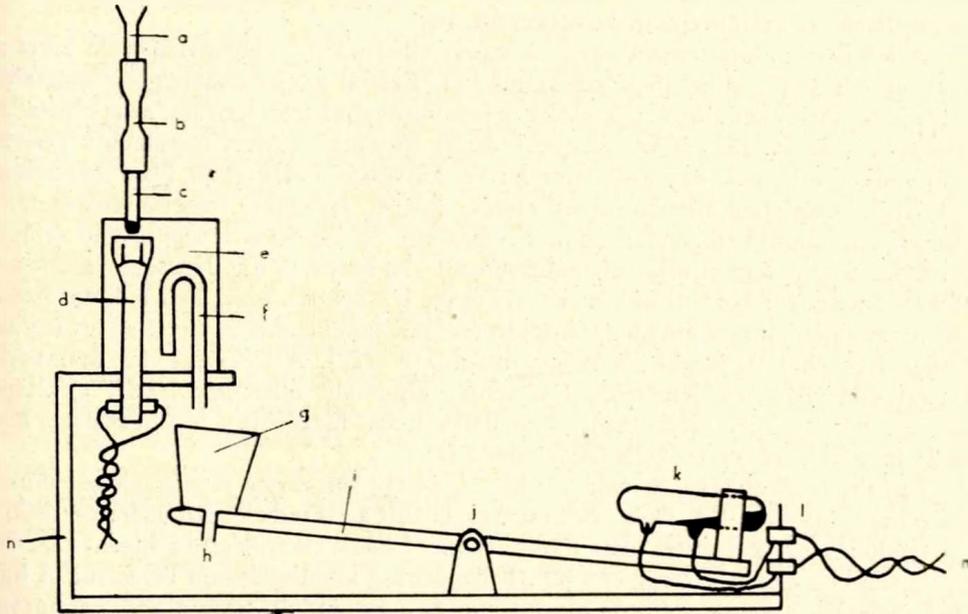
ból való mérése. Egyedüli probléma az aspirátor. Ez eredetileg rugós óraművel működik, és esetenkénti felhúzást igényel, így távmérési célokra nem használható. Viszont az óramű helyére villanymotort építve, a távvezérlés is megoldható. Nálunk a távkapcsoló a száraz és nedves termisztor mérésénél automatikusan bekapcsolja az aspirátor motorját. Sajnos eddig megfelelő motort nem találtunk. A játék-célokra készített ultramikro-motor jó lenne, de rendkívül kicsi az élettartama. Ezért jelenleg – ideiglenesen – szellőztetés nélkül (AUGUST-rendszer szerint) folytatjuk a méréseket.

### Vízhozammérés

A vízhozammérő berendezés egy mechanikus és egy elektromos egységből áll.

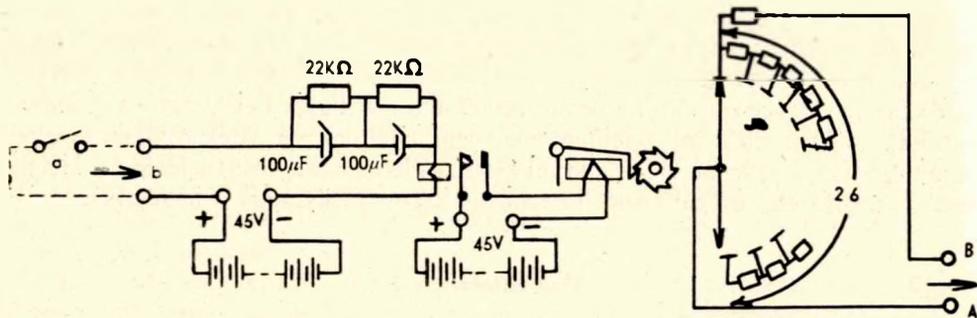
A lecepegő vizet az eredeti cseppkőhöz műanyagcső segítségével levehetően erősített cémacseppkődarabon, az ún. „robotcseppkővön” vezetjük keresztül. Ennek eredményeképpen a kiválások a robotcseppkővön mennek végbe, melynek súlygyarapodása a laboratóriumban analitikai mérlegen nagy pontossággal mérhető.

A lecepegő víz a *mechanikus egységben* (6. ábra) hitelesített térfogatú gyűjtőedénybe jut. Meghatározott térfogat (cca. 100 ml) összegyűlése után az edény tartalmát szivornya továbbítja a billenőedénybe, amely egy kétkarú emelő egyik végén helyezkedik el. A billenőedénynek viszonylag szűk kifolyónyílása van. Ennek következtében a dinamikus (átfolyási) egyensúly csak akkor következhet be, amikor a kifolyónyílás-



6. ábra: A vízhozammérő készülék mechanikus részének vázlata. *a*: stalaktit, *b*: műanyag cső, *c*: robotcseppkő, *d*: vezetőképességmérő, *e*: gyűjtőedény, *f*: szivornya, *g*: billenőedény, *h*: kifolyó nyílás, *i*: kétkarú emelő, *j*: csapágy, *k*: higanykapcsoló, *l*: csatlakozás, *m*: az elektromos egységhez, *n*: alaplemez.

Abb. 6: Schema des mechanischen Teils des Wasserschüttungs-Messgerätes. *a*: Stalaktit, *b*: Kunststoffrohr, *c*: Robotstalaktit, *d*: Leitfähigkeitsmesser, *e*: Sammelgefäß, *f*: Saugheber, *g*: Kippgefäß, *h*: Auslassöffnung, *i*: zweiarmiger Hebel, *j*: Lager, *k*: Quecksilberschalter, *l*: Anschluss, *m*: Leitung zum elektrischen Einheits, *n*: Grundplatte.



7. ábra: A vízhozammérő készülék elektromos részének kapcsolási vázlata. *a*: higanykapcsoló, *b*: impulzus a mechanikus egységből (6. ábra „m”), A–B: a távkapcsolóhoz.

Abb. 7: Schaltschema des elektrischen Teiles des Wasserschüttungs-Messgerätes. *a*: Quecksilberschalter, *b*: Impuls aus dem mechanischen Einheit (Abb. 6. „m”), A–B: zum Fernschalter.

ban megfelelően nagy nyomás lépett fel, azaz, ha a billenőedényben kellő magasságú vízoszlop jött létre. Tehát ürítésnél a billenőedény először meghatározott magasságig megtelik (közben lebillen), majd a szivornya vízszállításának megszűnése (a gyűjtőedény kiürülése) után az átmenetileg tárolt víz is eltávozik belőle.

Az emelőkar és a kifolyónyílás úgy van beállítva, hogy az átmenetileg tárolt víz súlya biztonságosan átbillenést eredményezzen, majd a billenőedény kiürülésekor a visszabillenés is üzembiztosan következék be.

A lebillenés időtartamára egy – a karon elhelyezett – higanykapcsoló zárja az elektromos rész (7. ábra) impulzus-áramkört. Ezáltal a vízmennyiségnek megfelelő elektromos jelzéseket állítottunk elő. E jelzések további feldolgozása, azaz ellenállás-változássá való átalakítása az *elektromos részben* történik. A nyert impulzusok közvetlenül működtethetnek egy számlálórelét (a Pálvölgyi barlangban ilyen berendezés működik), ez azonban állandó összeköttetést igényel. Időszakos összeköttetés esetén a jelzések tárolásáról kell gondoskodni. E célra egy 26 ivpontos lépegető gép szolgál, melynek csúcsaira logaritmikus ellenállássorozat van kötve (a log. lépcsőzést szabványértékek összegével közelítettük meg). Az egyes lépcsőknek azért kell mértani haladvány szerint nőni, mert a híd kiegyenlítésére szolgáló potenciométer tárcsáján így kapunk minden lépcsőhöz ugyanakkora szög-változást ( $8-12^\circ$ ). A leolvasás az áramkörbe iktatott ellenállásérték lemérésével történik. Minimális ellenállás  $100\Omega$ , egy lépés nagysága kb. 15–20%. Ilyen nagy ellenállás-változás biztosítja a tévedésmentes leolvasást még változó vezetékellenállás esetén is.

Egy ürítés alkalmával az áramkör kb.  $\frac{1}{2}$  percre van zárva. A számlálógép működési áramerőssége cca 1 A, ilyen körülmények között a kis terhelésekre méretezett 30 F jelű anódtelep egy-két ürítés alatt tönkremenne. Ennek elkerülésére a higanykapcsoló egy segédrelé áramkört zárja, egy  $50\mu\text{F}$  kapacitású kondenzátoron keresztül. A kapcsoló zárásakor a kondenzátoron nincs töltés és a meginduló áram a relé meghúzását eredményezi. Mivel a továbbiakban az áramerősség exponenciálisan csökken, a jel-fogó kb.  $\frac{1}{5}$  s múlva elenged (8. ábra).

A kapcsolási idő közelítőleg a következő módon számítható. A körben folyó áramot az

$$i \approx \frac{U}{R_R} \cdot e^{-\frac{t}{R_R C}} = i_0 \cdot e^{-\frac{t}{R_R C}}$$

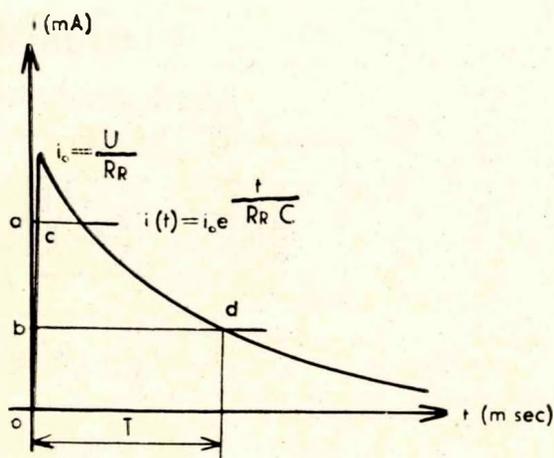
függvény írja le.  $T$  idő múlva az elengedés pillanatában fennáll az  $i = i_{elengedési}$  (a relére jellemző érték). Behelyettesítve

$$i_{el} = i_0 \cdot e^{-\frac{T}{R_R C}}$$

ebből

$$T = R_R C \cdot \ln \frac{i_0}{i_{el}}$$

$$(s, M\Omega, \mu F)$$



8. ábra: A relén áthaladó áram értéke az idő függvényében. *a*: meghúzási áramerősség, *b*: elengedési áramerősség, *c*: meghúz, *d*: elenged.

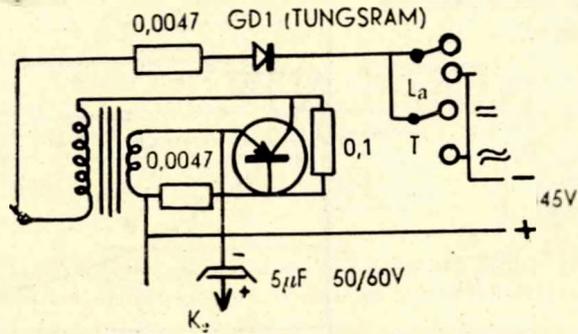
Abb. 8: Der Wert des durch das Relais durchfliessenden Stromes als Funktion der Zeit. *a*: Anspruchstrom, *b*: Abfallstrom, *c*: anspricht, *d*: abfällt.

Pontos számolásnál figyelembe kellene venni egyrészt a bekapcsolásnál fellépő átmeneti jelenségeket, másrészt a relé meghúzási idejét, mely kivonandó, s elengedési idejét, mely hozzáadandó  $T$  értékéhez. De megfelelő kapacitású kondenzátor úgy is csak elektrolitikus kivitelben kapható, s ezek pontatlansága jóval nagyobb, mint a fenti elhanyagolásokkal elkövetett hiba.

Kivitelezésnél csak 35 V üzemszültséggő kondenzátorokat sikerült beszerezni, így a kívánt eredményt 2 db 100  $\mu F$ -os egység sorbakapcsolásával érték el. Mindegyik kondenzátorral párhuzamosan kapcsolódik egy 22 k $\Omega$  értékű ellenállás. Ezek biztosítják a feszültség egyenletes eloszlását, valamint a kapcsoló bontása után a kondenzátorok gyors kisütését. Az ellenállások értéke túl kicsire nem választható, mert akkor megnyújtják a kapcsolási időt, sőt a relé esetleg meghúzva is maradhat; túl nagy ellenállás pedig a kisütés (tehát a készülék reaktíválódási) idejét nyújtja meg, ami hitelesítésnél és ellenőrzésnél volna kellemetlen.

A vízhozammérés pontosságát döntően befolyásolja a szivornya működésének bizonytalansága. Ez a hatás abban nyilvánul meg, hogy a leszívás rendszertelenül ingadozó magasságban indul meg. Az ingadozás mértéke többek között a szivornycső vastagságától, tisztaságától és a beömlés egyenletességétől és gyorsaságától függ. Másrészt a napi hozamok mérésénél jelentősen megnövelheti a hibát a mérés pillanatában a gyűjtőedényben tárolt vízmennyiség, mely szélsőértékben egyszeri ürítési térfogat lehet. Ez utóbbi csökkenthető volna az ürítési térfogat csökkentésével, de ez a szivornya okozta hibát növelné meg, mert az edényátmérő nem csökkenthető kb. 30 mm alá. A használható térfogat nagymértékben függ a maximális hozamtól is, mert napi 26 ürítésnél több nem lehet. Jelenleg 40 mm átmérőjű és kb. 100 mm vízmagasságot befogadó edényeket használunk, melyek ürítési térfogata tehát 120–130ml. Szó van a számláló 52 lépésesre való átalakításáról és ezzel egyidőben 30 mm átmérőjű edények bevezetéséről.

## P 14 (TUNGSRAM)



9. ábra: Az oszcillátor kapcsolása.

Abb. 9: Schaltschema des Oszillators.

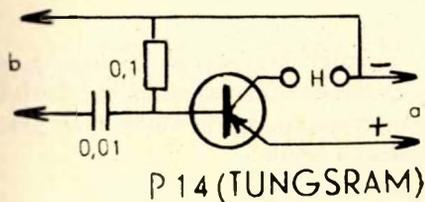
### Vezetőképesség-mérés

A lecspegő víz mennyiségén és hozamingadozásán kívül kívánatos volna össze tételét és ennek változásait is minél részletesebben ismerni. Egyelőre csak az össze keménységre jellemző elektromos vezetőképesség távmérését végezzük.

Mindkét hidrológiai jellegű mérőállomás gyűjtőedényében egy-egy készen vett, kormozott platina elektródpárt tartalmazó vezetőképességmérő harang helyezkedik el. A harang a szokásos használattal ellentétben szárral lefelé van beszerelve (a nyaknál található nyílásokat eltömtük). A lecspepenő víz először a megfordított harangba kerül, s innen túlsordulva jut a gyűjtőedénybe. A harang felső szélé valamivel a gyűjtőedény maximális vízszintjének vonala fölött van. Ezzel sikerült biztosítani azt, hogy a mérőelektródok állandóan friss vízzel vannak borítva. Így mindig a lecspegő víz vezetőképességét mérjük, függetlenül a gyűjtőedényben lévő víz mennyiségétől és az ott végbemenő esetleges kiválásoktól. E mérést természetesen váltóárammal végezzük. A kb. 1 kHz frekvenciájú jelet tranzisztoros oszcillátor (*Tungstam* P 14) állítja elő (9. ábra). A hangfrekvenciás transzformátor tekercsrendszere illeszti az emitter és kollektor kör különböző impedanciáját, megfelelő visszacsatolást biztosít és a szórt kapacitásokkal rezgőkört alkotva meghatározza a keletkező rezgések frekvenciáját. A rezgésszám külön kondenzátor bekapcsolásával csökkenthető, de azt a tranzisztor munkapontja is befolyásolja. A kicsatolás az emitterkörből történik, mert e kör kisebb impedanciája jobban illeszkedik a hídhoz, tehát nagyobb teljesítmény átadása válik lehetővé.

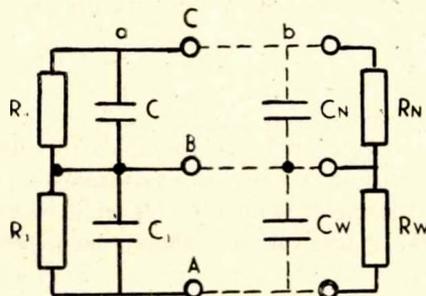
Az oszcillátor 45 V tápfeszültséget kap. Ezt eddig a tranzisztor minden károsodás nélkül elviselte. Ellenben a főkapcsoló INDIT állásban megfordítja a feszültség polaritását. Ha a kollektorra nyitóirányú feszültség kerül ((különösen ilyen nagy), az a tranzisztort – mint ismeretes – azonnal tönkreteszi. Ennek megakadályozására a táplálást egy GD 1 (*Tungstam*) germániumdiódnál vezetjük keresztül, melynek áteresztő irányban jelentéktelen ellenállása van, a helytelen irányú feszültséget azonban leválasztja.

Váltóáramú méréseknél indikátorul egy fejhallgató szolgál. Nagyobb érzékenység elérésére a hídról kapott jelet egy földelt emitteres kapcsolásban működő P 14 tran-



10. ábra: A váltóáramú indikátor (erősítő) kapcsolása. *a*:  $V_j$ -hez (3. ábra „b”), *b*:  $V_j$ -hez (3. ábra „c”).

Abb. 10: Schaltschema des Wechselstromindikator (Verstärkers). *a*: zu  $V_j$  (Abb. 3. „b”), *b*: zu  $V_j$  (Abb. 3. „c”).



11. ábra: A váltóáramú mérőhid kapcsolása, *a*: kompenzálás, *b*: zavaró kapacitások.

Abb. 11: Schaltschema der Wechselstrom-Messbrücke. *a*: Kompensation, *b*: Störkapazitäten.

zisztor erősíti fel (10. ábra). Ha vezetőképességmérő állomást tárcsázunk fel, akkor  $L_a$  tápfeszültséget ad az oszcillátorra és a  $V_j$  jelfogóra.  $V_j$  meghúzott állapotban az egyenáramú indikátorok helyére az erősítő bemenetét kapcsolja és a hídátlálól 4,5 V-os telepet leválasztva a hídról, az erősítő-transzisztorra kapcsolja. (Így az elektródok téves kezeléséből származó polarizálása is meg van gátolva.)

Váltóáramú hidak kiegyenlítéséhez nem elég, hogy az indikátor két végpontján ugyanakkora feszültség van, hanem a feszültségek fázisának is meg kell egyeznie, ellenkező esetben az indikátor nem lesz árammentes. Ezért a váltóáramú hidakon két változtatható elem szokott lenni. Ez alól a helyszíni vezetőképességmérő hid kivétel, mert ott a híd csak ohmos tagokat tartalmaz, és számottevő reaktancia (induktivitás v. kapacitás) nem lép fel, így a fázisegyezés – jó közelítéssel – automatikusan teljesül. Más a helyzet jósvafői távméréseinknél, ahol jelentős vezetékkapacitások kapcsolódnak a mérendő és etalonellenállással párhuzamosan. Ebből a szempontból még nehezebb a helyzet, mint a szokásos impedanciamérő-hidaknál, mert itt az ohmos és reaktív ellenállás abszolút értéke alig különbözik. Ezzel szemben a zavaró vezetékkapacitások értéke jó közelítéssel állandónak tekinthető. Figyelembe véve azt, hogy a méréseket általában nem szakértő (a kutatóállomás gondnoka) végzi, olyan megoldást kellett keresni, melynél a híd kiegyenlítése lehetőleg egy kezelőszerv beállításával elvégezhető.

Ennek érdekében a híd kapcsolása eltér a szokásos impedanciamérő hidakétól (lásd a 11. ábrát). A híd akkor van kiegyenlítve, ha a szembenfekvő impedanciák szorzata egyenlő;

$$\frac{R_1}{1 + j\omega R_1 C_1} \cdot \frac{R_N}{1 + j\omega R_N C_N} = \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C_2} \cdot \frac{R_w}{1 + j\omega R_w C_w}$$

Átrendezve

$$\frac{R_1 R_N}{R_2 R_w} = \frac{1 - \omega^2 R_1 R_N C_1 C_N + j\omega (R_1 C_1 + R_N C_N)}{1 - \omega^2 R_2 R_w C_2 C_w + j\omega (R_2 C_2 + R_w C_w)}$$

Azt akarjuk, hogy a hidegcsúly ott legyen, ahol kapacitások nélkül volna, azaz

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_w}{R_N}; \text{ ebből } \frac{R_1 R_N}{R_2 R_w} = 1$$

Az előbb kapott komplex tört nevezőjét és számlálóját a nevező konjugáltjával megszorozva a nevező valós szám lesz, így a törtet valós és képzetes részre bonthatjuk. Két komplex szám akkor egyenlő, ha valós és képzetes részeik külön-külön megegyeznek. A tört valós részének tehát 1-gyel kell egyenlőnek lennie:

$$\frac{(1 - \omega^2 R_1 C_1 R_N C_N) \cdot (1 - \omega^2 R_2 C_2 R_w C_w) + \omega^2 (R_1 C_1 + R_N C_N) \cdot (R_2 C_2 + R_w C_w)}{(1 - \omega^2 R_2 C_2 R_w C_w)^2 + \omega^2 (R_2 C_2 + R_w C_w)^2} = 1$$

A képzetes rész zérus, tehát a nullától különböző nevezővel átszorozva és a kapott egyenletet átrendezve

$$\omega (R_1 C_1 + R_N C_N) \cdot (1 - \omega^2 R_2 C_2 R_w C_w) = (1 - \omega^2 R_1 C_1 R_N C_N) \cdot \omega (R_2 C_2 + R_w C_w)$$

Egyelőre vizsgáljuk a második egyenletet (egyszerűbb). Az  $R_1 R_N = R_2 R_w$  összefüggést felhasználva és a  $C_1 C_N = C_2 C_w$  egyszerűsítő feltételt bevezetve kapjuk:

$$C_2 = C_N \cdot \frac{R_N}{R_2} \text{ és végül } C_1 = C_w \cdot \frac{R_N}{R_2}$$

Ha tehát  $R_2$  és  $R_N$  nem változik (mint említettem,  $C_w$  és  $C_N$  állandónak tekinthető) akkor a kompenzáló  $C_1$  és  $C_2$  fix értéként beépíthető. Igaz ugyan, hogy a szükséges értékek mérőhelyenként változnak (más hosszúságú vezeték), de a mérőhelyenkénti kapcsolást – a váltófeszültség bekapcsolásához hasonlóan –  $L_a$  (lásd a távkapcsolónál) érintkezőivel végezhetjük.

A kapott összefüggéseket az eredeti egyenletbe behelyettesítve meggyőződhetünk arról, hogy – bár a levezetésnél csak a képzetes részre kapott feltételt vettük figyelembe – az eredmények a kiinduló feltételeknek teljes egészében megfelelnek.

A vezetékellenállás változása e mérésnél is hibát okoz. Ennek számszerű vizsgálatára felhasználhatjuk a hőmérsékletmérésnél levezetett összefüggéseket. Az ott írtak alapján

$$\frac{\Delta R}{R_N} = \left( 1 - \frac{R}{R_N} \right) \cdot \frac{R_v}{R_N}$$

ebből

$$\frac{\Delta R}{R} = \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R_N} \right) \cdot R_v$$

Méréseinknél  $R_N = 700 \Omega$ . Ha a megengedett legnagyobb hiba  $\Delta R/R = \pm 0,01$  akkor szélső esetben

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_N} - \frac{1}{R_v} \cdot \frac{\Delta R}{R}} = \frac{1}{\frac{1}{700} - \frac{1}{10} \cdot (\pm 0,01)} = \begin{cases} 412 \Omega \\ 2320 \Omega \end{cases}$$

lehet, a relatív hibát  $\pm 0,005$  határok között megengedve pedig  $518\Omega$  és  $1125\Omega$  között mérhetünk.

### Távkapcsolás

A távkapcsoló – mint már említettük – telefontechnikai elemek felhasználásával készült. Főbb részei (lásd a 12. ábrát):

Sz	szám tárcsa (átalakítva)
$J_a$	felszíni impulzusjelfogó
$J_b$	barlangi impulzusjelfogó
$L_a$	felszíni kapcsológép
$L_b$	barlangi kapcsológép

$L_a$  és  $L_b$  lépésenként működő 11 állású 3 áramkörös kapcsológép. Az egyes mérőhelyek bekapcsolását  $L_b$  végzi.  $L_a$  segédfeladatok megoldására szolgál (a már említettek kivül a távkapcsoló állását jelző lámpákat is kapcsolja).

A szám tárcsa átalakított állapotában egy munkaáramú impulzus-rugópárt és egy Morse érintkezőhármast tartalmaz. Utóbbinak az impulzuslopáson\* kívül az a feladata, hogy az impulzálás időtartamára a mérőberendezés vezérlőfeszültségét megszakítsa. Így kapcsolás közben az indikátorokat  $E_j$  rövidrezárja és a jelzőlámpák sem égnek.

A szám tárcsa  $L_a$ -t  $J_a$ ,  $L_b$ -t pedig  $J_b$  közbeiktatásával vezérli. Ez a kapcsológépek nagy áramfogyasztása miatt szükséges.

A két gép szinkronizálása 0 állásban történik. Mindkét gépen van egy alapállásban nyitott, máskor zárt érintkezőpár.  $J_a$  áramkörét  $L_a$ ,  $J_b$  áramkörét  $L_b$  érintkezőpárján vezetjük keresztül. Ezeket az érintkezőpárokat egy-egy GD 1 típusú germániumdióda hidalja át. A  $K_1$  főkapcsoló normál (MÉR) állásában az impulzusok a diódák záróirányának megfelelő polaritással érkeznek, így alapállásban levő gép vezérlőreléje nem tud meghúzni. Amelyik gép tehát 0 állásban állt, az nem indul el, amelyik ettől eltérő helyen volt, az – elegendő számú, azaz legalább 10 impulzus esetén – 0 állásba megy és a további impulzusokra érzéketlen marad. A főkapcsolót INDÍT állásba kapcsolva az a telep sarkait felcseréli, ennek következtében a segédérintkezőket a germániumdiódák kisöntölik, s az alapállásból való elindulás lehetővé válik. Ezzel a módszerrel a vezérlés és szinkronizálás végrehajtásához két vezeték is elegendő. A kapcsolókulcs INDÍT állásban csak addig marad, amíg a kezelő azt lenyomva tartja. Így biztos, hogy ezt az állást csak szükség esetén, tehát 0-ról való indításkor használják. Ennek biztosítása azért is szükséges, mert pl. INDÍT állásban – a fordított polaritás miatt – a váltóáramú mérésekhez szükséges oszcillátor üzemképtelen.

A kapcsolásnál a megszokott módszerektől eltérő az, hogy mindig a kapcsoló állása és a kívánt állás közötti különbségnek megfelelő szám tárcsázandó. Ez a működés módjától közvetlenül következik. Vezérlés céljára egyszerű nyomógomb is elegendőnek látszanék, a szám tárcsa azonban egyrészt biztosítja az impulzusok megfelelő hosszát (időtartamát), másrészt szükség esetén kényelmes módot nyújt tetszés szerinti mérőhely egy kézmozdulattal való közvetlen kapcsolására, végül lehetővé teszi az

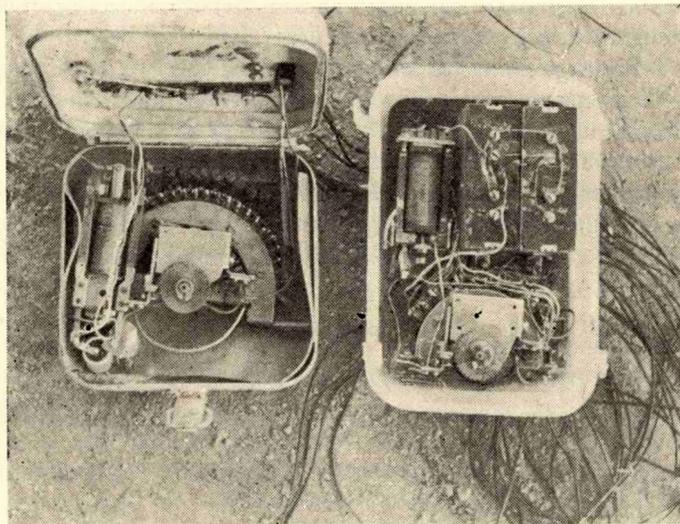
\*Az Ericsson-rendszerű szám tárcsáknál a tárcsálefutás végén szükséges holt út (mely az az impulzussorozatok időbeli szétválasztása érdekében kell) alatt is működik az impulzus-rugópár. Hogy ez ne jelentsen hamis impulzust (pl. 5 tárcsázása esetén ne 6 áramlökés jelentkezék), erre az időre az impulzus-rugókat segédérintkezők segítségével hatástalanítjuk. E művelet az impulzuslopás.



alapállásba való gyors visszatérést. Jelenleg csak 6 mérőhely van bekötve, s a mérések elvégzése után (természetesen MÉR állású kapcsolóval) 0-át (= 10 impulzus) társzva biztosítjuk azt, hogy mindkét kapcsológép alapállásba térjen vissza.

#### Korrózió elleni védekezés

A barlangi berendezések (13. ábra) korrózióvédelme a levegő magas páratartalma miatt nagy gondosságot igényel. Az összes barlangi kapcsológépet ( $L_b$  és a számlálók) lehetőleg légmentesen elzárt dobozban helyeztük el. A dobozba nedvszívó anyagot ( $\text{CaCl}_2$  sicc.) is tettünk, bár ez kétélű fegyver, mert a kalciumklorid (v. bármely más hasonló célra használt vegyület) nedves állapotban fémmre kerülve igen erős korróziót okozhat. Ennek elkerülésére a nedvszívó anyagot finom rézhálóval elzárt kémcsőben tartjuk. Doboz céljára először kis (számlálók), ill. közepes nagyságú (távkapcsoló) alumínium mentődobozt alkalmaztunk. A jó zárást az eredeti gumitömítésen kívül a rések mentén szigetelőszalagra felvitt sztearinréteg biztosítja. A bevezetéseket műanyag szigetelőtárcsákra szerelt műszer-banánhüvelyekkel oldottuk meg; a csavarok belső és külső részét szintén sztearinnal öntöttük körül. Ennyi elővigyázatosság után beázásból származó műszerhiba az elmúlt egy év alatt nem fordult elő. Bebizonyosodott azonban, hogy az alumíniumdoboz és rézcsavarok között a leggondosabb szigetelés esetén is lesz annyi felületi átvezetés (a rácsapódó pára hatására), mely az érzékeny méréseknél (hőmérséklet) észrevehető zavarófeszültséget visz a rendszerbe. E tapasztalatok alapján a távkapcsolót felújított formájában műanyagdobozba építettük, műanyagszigetelésű huzalkivezetéseket alkalmazva. A kivezető huzalok a dobozban egy külön lapon elhelyezett forrcsúcs-sorhoz vannak kikötve, s a doboz tetejét a forrcsúcsokat is elborító sztearinkitöltéssel elzárva, a huzal és szigetelése közötti nedvességbeszívargást is meggátoltuk. A számlálók elhelyezésére az eredeti alumíniumdoboz teljesen megfelel.



13. ábra: A távmérőrendszer barlangi műszeregyeségei. Baloldalt: a vízhozammérő egység részét alkotó elektromos számláló berendezés. Jobboldalt: a távvezérelt barlangi kapcsológépegység.

Abb. 13: Die in der Höhle angesetzten Geräteeinheiten der Fernmessanlage. Links: elektrischer Zähler innerhalb der Wasserschüttungs-Messgeräte. Rechts: das ferngesteuerte Schalterwerk.

Barlangi kábelezésre csak víztaszító műanyagszigetelésű huzalok felelnek meg. Impregnált textilszigetelés a legkiválóbb külső vízzáróburkolat és leggondosabb végelzárás ellenére is menthetetlenül átázik\*. Jelenleg polietilén televíziós szalagkábel-t használunk, mely vízállóbb és viszonylag kis kapacitása van.

Sok baj van a látszólag egészen bizalomgerjesztő gyári készítményekkel. Egy évi üzem alatt három higanykapcsoló ment tönkre (víz szívárog be, ennek következtében a higany merevedik), s egy mérőelektród szárába is beszívargott a víz. Azt hiszem, még nagyobb mértékű meghibásodásról is számot adhatnék, ha a tönkrement alkatrészeket módunkban állt volna azonnal kicserélni.

A működtető energiát egységesen 45 V feszültséget adó 30 F jelzésű (*Akkumulátor és Szárazelemgyár*) anódelepekből nyerjük (kivéve a hidtápláló 4,5 V-ot). Bár e telepek kis terhelésre készültek, a kifogástalan példányok impulzusüzemben a lépegetőgépek 1 A-t meghaladó áramát is huzamos ideig képesek szolgáltatni. Átlagos élettartamuk 1 hónap. Igaz, hogy akkumulátoros üzem egyszerűbb és olcsóbb lenne, de erről csak akkor lehet majd szó, ha a kutatóállomást bekapcsolják a villamoshálózatba, s így az akkumulátorok beépített állapotban való (üzemszünet alatti) töltése megoldható lesz.

\*

*Befejezésül* a továbbfejlesztés néhány lehetőségét szeretném megemlíteni. Elsősorban a csepegő víz hőmérsékletmérését akarjuk bevezetni, mert ez az ellenállásmérés pontosságának fokozásához okvetlenül szükséges. Tervbe vettük huzat- és légnyomástávmérő kidolgozását is.

Meg kell még említenem, hogy a fent ismertetett távmérőberendezés tulajdonképpen kollektív munka eredményeként jött létre. A robotcseppköves mérés és a hozzátartozó mechanikus szerkezet kidolgozását és elkészítését főként MAUCHA LASZLÓ és FEJÉRDY ISTVÁN végezte. CZAJLIK ISTVÁN sok jelentős ötlettel járult a berendezés kidolgozásához, CSER FERENC különösen az üzembehelyezésnél és hitelesítésnél végzett jelentős munkát. A nagyobb létszámot igénylő munkákban (ilyen volt például a Kutatóállomás és barlangbejárat közötti légvezeték építése) a kutatócsoport (az ÉKME Barlangkutató Csoportja) valamennyi tagja részt vett. A műhelymunkák során a fent nevezettekén kívül különösen GÁBOR NÁNDOR, DÉKÁNY CSABA, FODOR DEZSŐ, TURTSÁNYI GYULA, TURTSÁNYI LASZLÓ és DÁNYI LASZLÓ dolgozott sokat. A berendezés létrehozásának lehetőségét az ÉKME jósvafői Kutatóállomásának felépülése teremtette meg. A Kutatóállomáson biztosított helyért és az állandó anyagi támogatásért DR. PAPP FERENC professzor úrnak ezúton is hálás köszönetet mondunk.

#### Irodalom

1. CZELNAI R.: Hőmérőtermisztorok alkalmazása a mikrometeorológiai kutatásban. – Időjárás, 1957. 5. sz.
2. GOLL GY.: Termisztorral működő villamos távhőmérő meteorológiai mérésekre. – Időjárás, 1957. 3. sz.
3. HAEGGBLOM, L. E.: A thermistor thermometer which reads to the nearest 0,01° C in the field. – Mitt. internat. Verein. Limnol. N<sup>o</sup>. 10. Stuttgart, 1959.

\*Az első kábelünk: két ér, külön-külön papír és kétszer pamut, közös papír árnyékoló Al fólia, papír- az egész itatva – és kívül műanyag védőköpeny. Három évi lenntartás után 600 m szigetelési ellenállása 1000 Ω volt, egyenárammal mérve!

4. KESSLER H.: Az országos forrásnyilvántartás. – VITUKI Tanulmányok és kutatási eredmények. 7. sz. Budapest, 1959.
5. KOCZKA L.: Távbeszélő-készülékek és gépelemek. – Közlekedési Kiadó, Budapest. 1953.
6. NEMESHEGYI B.: Légnedvességmérő műszerek. – Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 1959.
7. *Tungsram termisztorok.* (Ismertető.) – Budapest. 1957. dec.

## ELEKTRISCHE FERNMESSANLAGE ZUR UNTERSUCHUNG DER KLIMATOLOGISCHEN UND HYDROLOGISCHEN VERHÄLTNISSE IN DER VASS IMRE-HÖHLE

Von  
M. GÁDOROS

Im Sommer 1959 ist in Jésvafő, an der Forschungsstation der Budapester Technischen Hochschule für Bauindustrie und Verkehr eine Fernmessanlage in Betrieb gesetzt worden. Dieser Gerátkomplex ermöglicht, durch die 700 m weit von der Forschungsstation, in der Vass Imre-Höhle angesetzten Apparate, Messungen über die Temperatur und den Feuchtigkeitsgehalt der Luft der Höhle, sowie über die Menge und die elektrische Leitfähigkeit des in zwei Stellen von je einem Tropfstein abtropfenden Wassers zu jeder beliebigen Zeit im Laboratorium der Forschungsstation durchzuführen.

Das Messen der obigen Eigenschaften ist auf die elektrische Widerstandmessung in Wheatstone-Brücke zurückgeführt. Dementsprechend erfolgen die Temperatur- und Feuchtigkeitsgehalt-Messungen, dem zu meteorologischen Zwecken gebrauchten Psychrometer ähnlich, mittels eines trockenen und eines befeuchteten Thermistors (*Tungsram* 1TH 4). Bei dieser Messung sind die Genauigkeitsanforderungen am grössten. Für die Ausschliessung der Störeffekte der Verbindungsleitungen und der veränderlichen Oberflächentemperatur sind auch die zu Temperaturmessungen erforderlichen Normalwiderstände in der Höhle angesetzt, und nicht allein mit den Thermistoren, sondern auch mit den Normalwiderständen wird eine Leitung in Reihe geschaltet. Diese Anordnung führt bei einem Brückenverhältnis von 1:1 zur völligen Ausschaltung des von den Leitungen herrührenden Effektes, und dieser Störeffekt bleibt in dem gewählten engen Messbereiche (8° C bis 13° C) überall so gering, dass er vernachlässigt werden kann. In ihrem gegenwärtigen Zustande ermöglicht die Apparatur Messungen mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,05^\circ$  C; und es werden uns daran keine besondere Schwierigkeiten verhindern, dass wir diese Genauigkeit bis  $\pm 0,01^\circ$  C erhöhen.

Bei der Wasserschüttungsmessung geriet das abtropfende Wasser – durch einen Strohhalmtropfstein, den sogenannten Robot-Stalaktit, der zum originellen Tropfstein mit einem Kunststoffrohr abnehmbar angepasst ist (solche Einrichtung braucht man für die laboratorische Messung des Tropfsteinwachstums) – zwischen die die Leitfähigkeit messenden Elektroden und dann ins Sammelgefäss. Nachdem sich ein bestimmter Raumgehalt angesammelt hat, schliesst sich, bei der Ausschüttung des Sammelgefässes, der Steuerstromkreis der elektrischen Speichereinheit, und infolgedessen schaltet das Schalterwerk – bei jeder Ausschüttung einen Schritt fortschreitend – das nächste Glied der sich logarithmisch anwachsenden Widerstandserie in den Zentralstromkreis ein. Durch Abmessen dieses Widerstandwertes kann die Stellung der Speichereinrich-

tung und darausfolgend die Zahl der seit der letzten Messung erfolgten Ausschüttungen festgestellt werden.

Von den anderen Messungen abweichend, misst man die Leitfähigkeit des Wassers zwischen den Elektroden in einer mit Wechselstrom beschickten Brücke.

Zwischen der Forschungsstation und dem in der Höhle aufgestellten Schalterwerk wurde eine 4-Draht-Verbindung errichtet. Für die Messungen mit der Wheatstone-Brücke ist eine 3-Draht-Verbindung notwendig, die vierte Ader – samt der einen Messleitung – braucht man für die Steuerung des Schalterwerkes. Eine Wahlscheibe, die jener der Fernsprechautomate ähnlich ist, ermöglicht, aus dem Laboratorium jede Messtation durch eine Handbewegung „anzurufen“. In der Höhle verrichtet die Schaltung ein Schalterwerk, das über 11 Stellungen und 3 Stromkreise verfügt und schrittweise funktioniert. In dem laboratorischen Zentralgerät gibt es eine gleiche Einrichtung, welche die Nummer der angerufenen Station signalisiert und bei den Leitfähigkeitsmessungen den Oszillator und den Wechselstromindikator automatisch einschaltet. Die Synchronisation beider Einrichtungen erfolgt, ohne Benützung einer speziellen Leitung, durch eine besondere Stromkreismanipulation.

Die Energieversorgung sowohl der Fernschaltungseinrichtungen, wie auch der Wasserschüttungs-Messgeräte wird durch Anodenbatterien von 45 V (vom Typ 30 F) sichergestellt.

Die Apparatur ist zu laboratorischen V-, A-, Ohm-Messungen von Gleich- und Wechselstromkreisen geeignet und kann auch als Handpolarograph gebraucht werden.

Für den Feuchtigkeitsschutz der in der Höhle aufgestellten Geräte wurde eine ganz besondere Sorge getragen. Der Fernschalter ist einer Polyäthylenschachtel und die elektrischen Teile der Wasserschüttungs-Messgeräte sind in Aluminiumschächeln untergebracht. In den möglichst hermetisch geschlossenen Schächeln gibt es auch hygroskopisches Material.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДАЛЬНОМЕРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПЕЩЕРЕ ИМ. ВАШШ ИМРЕ

М. ГАДОРОШ

Летом 1959 г. в с. Йошвафё, на Пещероведческой Научно-Исследовательской станции кафедры геологии и минералогии Будапештского Технического Института по строительному делу и сообщению была введена в действие дальномерная установка. Этот комплекс приборов позволяет при помощи аппаратуры, размещенной в пещере им. Вашш Имре в 700 м от научно-исследовательской станции, провести в любое время в лаборатории станции измерения температуры и влажности воздуха пещеры, а также и количества и электропроводности воды, скапывающейся с расположенных в двух местах сталактитов (в каждом месте по 1 сталактиту).

Измерения всех характеристик возведены к измерению электрического сопротивления в мостике Уитстона. Измерение температуры и влажности воздуха производится парой сухого и влажного термисторов.

Для обеспечения большей точности нормальные сопротивления также размещены в пещере. В пределах  $8^{\circ}\text{C} - 13^{\circ}\text{C}$  полученная точность —  $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ .

Скапывающаяся вода поступает через сталактитовый патрубок (оформленный, в целях измерения прироста, в съемном виде) между электродами, измеряющими электропроводность, а затем в сборный сосуд. После скопления определенного количества воды, при опоражнивании сосуда электрическая цепь замыкается; при этом коллекторная установка передвигается на один шаг дальше, подключая в центральную цепь следующий член логарифмической серии сопротивлений.

Применение дистанционного выключателя, управляемого диском набора, аналогичным с диском телефонов-автоматов, позволяет «позвонить» из лаборатории в любой измерительный пост в пещере. Электрическое питание дистанционного выключателя осуществляется из анодных батарей напряжения 45 в.

Для защиты от сырости дистанционный выключатель заключен в полиэтиленовую оболочку, а электрические части измерителей дебита воды размещены в алюминиевых коробках.

Аппарат может быть использован для измерения напряжения, силы и сопротивления как постоянных, так и переменных токов, а также и в качестве ручного полярографа.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

## THE GENESIS OF NON-KARSTIC NATURAL CAVITIES AS ELUCIDATED BY HUNGARIAN EXAMPLES\*

By  
GY. OZORAY

In Hungary, just like elsewhere in the world, the cavities of natural origin and of sizes passable by man are for the most part of karstic genesis. The cavities of non-karstic rocks are of smaller number and, first of all, of much smaller size (mostly between 1 and 5 metres. The greatest non-karstic cave in Hungary, the Csörgőlyuk near Ágasvár Peak in the Mátra Mountains is not longer than 139 metres). However, the importance of their study is given by their manifold genetical and morphological variability. Let us consider, moreover, that for the most part the karstic cavities were pre-formed by much the same factors as the non-karstic ones. The traces of these pre-formed features were later partly or entirely effaced by karst processes (intense dissolution, and subsurface erosion developed later). Consequently, the cavities of non-karstic rocks may be parallelized in a number of cases with the embryonal stages of karst caves. It would be an attractive idea to look into the problem as to how purely tectonical (i. e. non-karstic) cavities are turned into karst caves. However, this would lead us astray from the central topic of our paper, and it would overlap the topics of other papers in preparation or already published. (E.g., part of this set of problems is treated in detail by G. LANG's paper on the cavities of „T” cross section of the upper Triassic limestones in the Gerecse Mountains).

Frequently one and the same process may be active in karsted and non-karstic rocks. However, for the reason mentioned above, we cannot deal here with the cavities of limestone (and their morphological kinship: soluble dolomites, clay marls, rock salt, gypsum, ice and loess.) Therefore, we have to find some practical limit for our topic. Therefore we will consider in the following as the criterion of non-karstic cave formation the inability of the enclosing rock to develop karst forms.

### I. ENCLOSING ROCKS

The enclosing rocks of the cavities, the genesis of which is to be treated below, are as follows:

1. *Magmatic rocks*: Rhyolite, andesite, basalt, as well as the pyroclastites of the same (tuffs and agglomerates).

---

\* It was published in Hungarian in the *Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató*, Budapest, 1960. jan.-febr. p. 4-15.

The manuscript was closed at 13th of June, 1958.

2. *Non-karstic sedimentary rocks*: sandstones, conglomerates, hydroquartzite.
3. *Poorly karsted rocks*. (These will be treated only if containing characteristic non-karstic cavities).

In the present paper we will occupy ourselves with the genetical types occurring within the Hungarian state boundaries.

## II. FACTORS PRE-FORMING THE CAVITIES

1. *The original petrographical properties of the host rock*. These properties determine, as it were, the properties of the cavities to develop.

a) *Rock composition*. In homogeneous rocks the formation of cavities by destructive processes is none too probable, whereas fissure systems of tectonical or other genesis are readily developed. Poly-mixt rocks, consisting of constituents of variable size and nature, are *a priori* more apt to undergo a differential weathering leading to the formation of cavities. The properties to be listed below also favor cave formation only if they are unevenly distributed.

b) *Porosity*. Porous or finely fissured rock is more readily infiltrated by water, thereby the rock is opened up to frost-and-thaw processes, to the inflation of some constituents or to chemical weathering. The weathering of homogeneous rock is more uniform.

c) *Hardness*. As a matter of course, not only weathering will proceed slower in hard rocks, but the erosion of the cavities will also be inhibited (quartzites). On the other hand, most of the cavities will be formed along lines of sudden changes in hardness.

d) *Chemical resistivity*. This is the factor determining (together with the quantity and quality of the residue of dissolution) the possibility of karst cave formation. Chemical weathering, attacking a resistant volcanic rock, frequently in spots, or dissolving the cement of clastic sedimentary rocks, makes way for erosion and deflation. It is to be mentioned here that the dissolution of the cement is already a transition towards karst development (Tortonian conglomerate of calcareous cement in the Bakony Mountains; loess).

Weathering may seriously affect previously developed forms, too, in rocks containing readily weathered constituents (feldspars, mica) or soluble ones (carbonate or calcium), rounded forms are to be expected. In chemically homogeneous rocks the fissures may retain their sharp angular forms.

e) *Thermal expansion*. Rocks of a great heat expansion coefficient (especially those compounded of constituents of different colour and heat expansion) are liable to fall apart due to insolation. To this type belong the various kinds of conglomerates and agglomerates.

f) *Properties of inflation and contraction*. In these instances, too, similarly to the case of insolation, the rock particles are loosened by volume changes. Furthermore, the forces generating the caves may also attack the rock along the contraction fissures.

2. *The depositional and tectonical features of the host rock*. The most important depositional feature is stratification. The physical and chemical differences between the individual layers offer the possibility of differential weathering and simultaneously that of cavity formation by weathering processes.

The dimensions (banking, slaty stratification, foliation), nature and spatial position (strike and dip) of stratification are primary determining factors of the size and orientation of cavities.

The different mobility of the individual layers and the constitution of the stratigraphical sequence also play an important part in the development of tectonical and atectonical fissure caves.

3. *Surfaces of preferred orientation, older than cavity formation*. Most of the non-karstic caves are formed along tectonically preformed, preexisting surfaces. (Let us add: this is true for most of the karst caves, too). Even in the case of the tectonical fissure caves, the tearing apart of the rock along a fracture is mostly preceding the opening of the fissure, which latter is the cave-forming process in the stricter sense.

The pre-forming influence may be of two kinds:

- either, the cavity is formed along the pre-formed surface,
- or, the surface may put a stop to cavity-forming process acting perpendicularly to that surface.

By analyzing the geneses of the individual caves it becomes evident that frequently the influence of both factors is present. Let us recall e.g. the tectonical fissure caves extending from one plane of stratification to another, or the cavities formed along bedding sutures, stopped on both ends by joints.

Preferred surfaces of this kind are:

a) the already mentioned limiting surfaces of rock bodies, such as bedding planes, the limiting surfaces of lava bodies etc.

b) cooling joints in magmatic rocks. E.g., the upper level of the Baglyaskő cave (near the town Salgótarján) was developed along a cylindrical system of cooling joints in the basalt lava.

c) Dehydration, drying and contraction fissures.

d) Tectonical elements, joints.

e) Surfaces of atectonical mass movements.

4. Sometimes cave formation may be preformed by certain processes such as weathering processes acting in spots, hydrothermal or postvolcanic activity, resulting in weathering pulverization, propylitization, silicification etc.

5. The *orographical position* can be determinative too, as in the case of waterfalls, gorges, shore cliffs, steep rocks etc.

### III. PROCESSES OF CAVITY FORMATION AND GENETICAL TYPES OF CAVES CONNECTED THEREWITH

The subdivision to be given below is based on the genetical processes of cave formation. For the sake of simplicity, we treat the processes and their results, the cave types of different genesis, within one and the same system. The individual cavities will be presented only as examples illustrating the processes of cave genesis. In the case of cavities of mixed type, we will only stress the main genetical factor and leave the rest, for the most part, out of consideration.

#### A) Syngenetic cavities (primary cavities)

Here, the cavity-forming process is the process of rock formation itself. The inhomogeneous rock-forming process closes in part of the atmosphere and thereby forms a (mostly closed) cavity.

1. *Gas bubble in lava rock.* The cavity in the basalt neck of upper Pannonian age, breaking through upper Oligocene (Chatian) sandstone on Kiskő Hill near Bárna (Nógrád County), is considered by L. JUGOVICS to be the remnant of a gas bubble, the host rock to be a gas-rich block lava.

2. *Open hot-spring funnels in silicic hot-spring travertine, quartzite or geyserite.* The hot spring or geyser builds a spring cone around itself. After the cessation of spring activity, the channel may become filled up, but in most of the cases it remains open. In the Tihany national park area (Tihany Peninsula, Veszprém County) a number of

hot spring caves of variable size are known. Of these, e.g. the funnel of the widely known Aranyház spring is an open one.

A similar closure of cavities by chemical deposition of sediments took place in the case of the travertine cavities, artificially disclosed, of the Lillafüred waterfall (Bükk Mountains), but we will pass by these cavities as they occur in a rock liable to develop karst caves.

3. *Gas or hot-water funnel in lava rocks* (problematic). The funnel of smoothly rounded curves and oval cross section of the lower level of the Baglyaskő basalt cavity (town of Salgótarján) indicates a post-volcanic gas, vapour or hot-water surge. (Its dimensions are 1x2,7 metres. Below a free section of 2 metres it is filled up by detritus.) The primary nature of the cavity is not fully established.

4. *Cavities in ore veins, left empty by ore deposition*. They can be regarded as primary, as their present size is determined by the arrangement of the enclosing ore formation. On the other hand, the fissure, containing the ore vein itself is secondary (mostly tectonical). Cavities of this nature and of passable size are known in the andesites of the Nagybörzsöny (Börzsöny Mountains) and Gyöngyösoroszi (Mátra Mountains) ore mines.

#### B) Mass movements (fissure caves and pseudocaves)

1. *Tectonical fissure formation*. The Hungarian Mountains are characterized by a compressional fault system of NE-SW strike and by a dilatational one of perpendicular strike. Our tectonically preformed and hydrothermally reworked large limestone caves of mile size also show a regular gridlike pattern dominated by these directions. Among our non-karstic caves, the ones of tectonical origin are likewise frequent. However, these are due to smaller tectonical features parallel to the greater ones.

a) *Primary open tectonical fissure caves*. Being the results of local rather than regional tectonics, their orientation is not so strictly regular as that of the morphological forms depending on more important tectonical features of regional size. An example is the rhyolite fissure of the Csákkő (Mátra Mountains).

b) *Subsequently opened tectonical fissures*. Joints of any strike and dip may be opened up, namely:

- tectonically, by block rotation, dilatation, pressure release, bending etc. (To this type belong repeatedly rejuvenated veins as well as some of the open fissures occurring in characteristically compressed tectonic elements).

- a tectonically, by landslides, detachment or sliding of rock masses. On the tallest ridge of the Börzsöny Mountains there occurs in andesite agglomerate the small Highwayman's Hole. The crest of NE-SW strike is, as a matter of fact, the rim of an asymmetrically dipped block. The tectonical plane situated near its margin and running parallel to the same is favorable to the detachment of rock masses. It was in this way that the Highwayman's Hole was opened. The largest nonkarstic cave of the country, the Csörgőlyuk in the Mátra Mountain, 139 metres long, is of the same type of genesis. According to A. SZÉKELY, the cave was pre-formed by a tectonical direction of NE-SW strike. The joints were opened by a slow continuous sliding by gravity of the rock masses on a basement of weathered and water-saturated plastic rhyolite tuff.

2. *Formation of atectonical fissures by the partial or non-uniform motion of rock masses*. From the rim of the huge basalt mesa resting upon Pannonian sands of the Kovácsi Mountains (Southern Bakony Mountains) basalt masses are detached and slide downwards in an enormous half-circle and in several stages, due to the destruction of the Pannonian base. The fissures occur on the front wall of the uppermost stage which is attached at present. Fissures are quite frequent on the margins or in the interior of other rock masses undergoing a sliding motion. A cavity of this kind is Cobbler's Hole in the stratovolcanic formations of the Dobogókő (Dunazug Mountains).

3. *The formation of pseudo-caves.* The detritus on the hill flanks, in motion or already stabilized, may also enclose cavities. These cavities cannot be regarded as caves in the true sense, but they are of a very similar nature. Such pseudocaves may come to exist:

a) *On the boundary of fresh rock and detritus*, mostly by the leaning of fallendown rock masses against a steep cliff. (Beside the Kiskő in the Mátra Mountains etc.).

b) *Beside big blocks of detritus* which do not touch the fresh rock or touch it with their bases only. Between blocks of rock leaning against each other there occur frequently fissures of sizes capable of hiding a man. There occur fissures of this kind on hill flanks with blockfields (periglacial block facies), between blocks slumped down in the course of landslides (as on the already mentioned Kovácsi Hill), and between residual boulders. The rock window of the Likaskő (Velence Mountains) is situated between residual boulders of quartzite.

c) *Narrow gorges* (independently of their tectonic or erosional mode of origin) may be covered partly (Vasas gorge, Dunazug Mountains) or entirely by a pseudo-roof consisting of detritus, on the analogy of the pseudo-floors well known in caves.

### C) Forces of erosion (eroded cavities)

1. *Cavity formation by abrasion* (fossil abrasional cavities). The Vadlánlik cavity near Diás (Keszthely Mountains), situated in upper Pannonian dolomite, was held by B. BULLA to be the result of cliff abrasion by the Pannonian (lower Pliocene) sea. The Mesozoic mass of the Keszthely Mountains emerged island-like from the Pannonian sea, which left its traces in the form of a shelf of abrasion and of a litoral breccia. Consequently, the Vadlánlik is an inherited Neogene (young Tertiary) formation. Of course, it has been modified since by deflation as well as by exfoliation due to insolation and by other kinds of weathering.

#### 2. *Erosion* (cavities excavated by water),

a) *Cavities excavated by lateral erosion.* Undermined steep shores, rock ledges in steep gorges, rock caves and terraces belong to this group, if being closed to a certain extent. These are no true caves, but excavations open on one side, 1–2 metres tall, about as wide and occasionally up to 100 metres long. In sharp turns or on the convex side of meanders the undercutting may bring about caves which, although smaller, are closed to a greater extent. Such a one is the „Warm nest” or „Caroline's nook”, an alcove in the Caroline branch of the Holdvilág gully in the Dunazug Mountains, frequently used by tourists as a night camping site.

b) *Vortex erosion* (cavities beneath waterfalls). It is well known that the vortices formed beneath a waterfall do not only cut out the bed (kettle formation) but that they also undercut the wall of the waterfall, forming a cavity therein. The collapse of the cavities thus formed behind the waterfall is one of the reasons of the retreat of waterfalls.

In Hungary, the waterfalls are few, none too tall and of small discharge, so that the cavities cut out by them reach only occasionally, and then only hardly, the size of alcoves. The most noted such feature, characteristically representing the named kind of genesis, is that of Lillafüred (Bükk Mountains), which is situated in a rock apt to be karsted (in a soft travertine). The formation and decay of similar cavities of very short life span are frequently witnessed in loess, but this is a problem beyond the limits of our topic.

c) *Non-karstic underground erosion.* One of the reasons why underground watercourses fail to develop in non-karstic cavities is their small size. A thin underground rivulet is known from the already mentioned Csörgölyuk near Ágasvár Peak in the Mátra Mountains. However, as it carries no waste harder than the cavity wall, it has no significant erosive effect.

d) *Pseudo-karstic underground erosion.* On the eastern flank of Berceli Hill (Cserhát Mountains) the Helvetian Schlier is furrowed by gullies which cut themselves rapidly back upslope. At a level of about 350 metres above sea, at the head of one of the gullies, a natural shaft of about 3 metres depth and 0,5 to 1 metre width is encountered, which is connected with the steep gorge's head wall by a horizontal tunnel of about the same length but of smaller width. The genesis the cavity is quite simple:

The resistant topsoil, interwoven with tree roots, has temporarily inhibited the progress of the gully upslope. The torrent floods have formed a waterfall at the steep gorge head. The waterfall has undercut the base of its wall. At the same time, part of the torrent water was able to dive underground along a small fissure formed by a slight slumping or mass contraction. Eroding the loose sandy clay, it contacted the cavity at the base of the waterfall. This short sink and tunnel were formed perhaps by a single rainstorm, but at any rate by very few of them.

Although the cavity thus formed is very similar to the loess wells formed at the heads of gullies in loess, there is a significant genetical difference. To wit, an essential element of the formation of loess cavities is the dissolution of the limy cement, which is considered by some in Hungary to be a karstic process. In the formation was that of erosion, wherefore the cavity is a pseudokarstic one.

3. *Deflation* (cavities excavated by the wind). Deflation mainly acts as a modifying factor. However, it may cut by itself smaller cavities in rocks of uneven hardness on exposed rock walls.

#### D) Weathering

Weathering mostly plays a pre-forming or modifying part only. The cavities formed by weathering independently of the excavating exogenic forces are generally quite small.

1. *Exfoliation and splitting of rock due to insolation, swelling by water intake, freezing, biological action or alteration of mineral constituents.* The cavities in dark andesite agglomerate in a matrix of lighter colour are due to insolation. E.g., the cavity of the Kiskő (Mátra Mountains) is of this kind, with mass removal by deflation. (It is interesting to note that this cavity was preformed by a stratovolcanic layer boundary).

2. *Chemical weathering and corrosion.* It is likewise mainly a modifying factor. The uneven weathering of the Miocene conglomerate near Bakonyjákó (Bakony Mountains) brought about a hole which represents about the lower limit of what can still be regarded as a cavity.

The cavities in the hydroquartzite on the Tihany Peninsula were regarded by A. HOFER to be the results of dissolution by hot waters. For some of them, this is true indeed. On the other hand, the primary cavities were modified, too, by the corrosion of the walls. Dissolution and precipitation are complementary processes in a dynamical equilibrium.

#### E) Karst collapse structures

In areas of hidden karst caves, the karstic weathering processes transgress into the non-karstic cover, too, mainly due to the collapse of the karst cavities. E.g., in the area of the volcanic cones of basalt, near Lake Balaton, some specialists presume the upward continuation, „copying” of dolines. On the plateau of the Naszály Mountain near Vác, the dolines of the Dachstein limestone were copied by the overlying Oligocene („Hárshegy”) sandstone of silicic cement.

It may be assumed of some basalt fissures that they have been brought about by the collapse of cavities in the underlying limestone. Unfortunately, decisive investigations are lacking as yet. However, the mechanism of the process is made clear by a case provoked by human activity. After the exploitation of the lower Miocene coal beds below the basalt cover of the Szilvaskő (village of Zagyvaróna, Nógrád County) the underground workings were made to collapse. The rigid basalt copied the collapse of its bedrock by block faulting. If considering the small subsequent sliding as well as the possibilities of water intake and migration, the type of the fissure cave formed by karst collapse emerges before our eyes. This kind of cave is distinguished from the

already mentioned atectonic fissure caves by the connection to the underlying karst cave system.

By collapse, dome effect, effects of leaching, karst cavities may extend upwards into various kinds of covering rock, in Hungary mainly into semi-karstic marl.

#### F) Non-tectonic manifestations of endogenetic forces

(Appendix to the genetical part)

1. *The cavity-forming effect to volcanic gas eruptions.* In the course of his investigations on the diatremes (necks formed by gas explosions, filled with volcanic detritus) breaking through the basalt tuffs of the Tihany peninsula of Lake Balaton, A. HOFFER has found some open funnels. He considered them to be unfilled diatremes.

2. *In Hungary, earthquakes are rare events.* The influence of the earthquake of 1956 was felt only in the extended tectonical-hydrothermal limestone caves of the Buda Mountains. In these, especially where the tunnel systems are intersected by young unbalanced tectonical lines, there occurred crumblings and collapses.

#### IV. CLASSIFICATION BY SHAPE AND MODE OF OCCURRENCE

Our basic criterion of investigation, the non-karstic nature of the cavity, is a genetical concept. Consequently, we deem it unnecessary to give a system based on shape and mode of occurrence, which would be a non-genetical one. We restrict ourselves to the mentioning of some types of occurrence which may be characterized by their shape and proportions.

1. *Rock fissures.* These are narrower by one order of magnitude than they are tall and long. They are of a plane shape, forming an angle with the bedding. Fissure systems consist of anastomosing or mutually perpendicular fissures. (Products of the above-mentioned fissure-forming genetical processes).

2. *Half-open longitudinal cavities.* They are much longer in the horizontal dimension than in the two other ones. (Formed by lateral erosion, deflation, weathering).

3. *Horizontal fissure caves.* They are low, occurring mainly along bedding planes.

4. *Funnels and channels.* Cavities of irregular circular cross section, elongated along a given direction (generally the vertical). They are closed to a great extent. (Funnels exploded, dissolved or excavated by the surge of waters of gases, as well as primary cavities).

5. *Cavities of irregular or approximately spherical shape.* They have no preferred diameter. (This shape may be due to the widest variety of processes).

6. *Passages, rock gates.* Cavities open in two or more directions. (Mostly pseudo-caves).

It is apparent that the most frequent types could be formed in a number of ways. These forms could have been formed in the same way of genesis or in a different one also in limestone. This is why the sole basis of systematizing must be the genesis of the caves.

## V. FILLING

### 1. Residual fillings

a) *Detritus*. The detritus formed by statical causes (roof collapse) or by physical weathering (freezing, insolation) is present in most of the cavities.

b) *Residues of dissolution and residual products of chemical weathering*. This is a frequent filling substance, eventually mixed with detritus. Unfortunately, the appropriate up-to-date clay mineral studies are lacking. This is the most important problem to be attacked. DTA, X-ray, microscopical and chemical analyses, the latter down to the trace elements, could answer some important problems of surface weathering, because it is in the cavities that the residues of weathering, removed from elsewhere, are preserved.

### 2. Substances formed in situ out of external solutions.

a) *Thermal mineral formations*. According to E. GÖBEL, the mineral association of the Nagy-börzsöny lode cave is as follows; At higher temperatures, ranged according to decreasing temperatures of formation: chalcopyrite, pyrrhotite, arsenopyrite, sphalerite, galenite. At lower temperatures, spheroidal and reniform calcite; secondary pyrite owing to the decomposition of pyrrhotite.

In the Gyöngyösoroszi lode cave there occur phenocrysts of quartz, galenite and sphalerite.

The calcite incrustation described from the Tihany caves by A. HOFFER are presumably likewise hydrothermal although they have not been investigated as yet.

(The hydrothermal mineral formations of our karst caves are especially beautiful and manifold).

b) *Minerals formed out of cold waters*. Just like in artificial caves, there occur precipitations of carbonate of calcium.

### 3. Substances carried in from the outside.

a) *Eolian transport*. The fine dust carried by the wind occurs in the caves generally added to other sorts of substances.

b) *Transport by water*. The caves are generally filled with hardly sorted detritus, ranging from colloid particles to sharp boulders, by the rain waters running downslope.

c) *By gravity*. The detritus creeping downslope enters the cavities which stand open upwards. Below the vertical funnel of the bubble cave of the Kiskő near Bárna there developed a scree cone in the main hall. This scree consists of angular basalt detritus mixed with earth, and it is partly due to transport by rainstorm waters.

## Literature

1. BERTALAN K.: Magyarország barlangkatasztere. Kézirat. (The cave register of Hungary. Manuscript).
2. BULLA B.: A Keszthelyi hegység földrajza. (Geography of the Keszthely Mountains). – Földrajzi Közlemények, LVI. 1–4. Budapest, 1928. p. 1–32.
3. DARNAY (DORNYAI) B.: A Keszthelyi hegység hidrotermális jelenségei. (The hydrothermal phenomena of the Keszthely Mountains). – Földrajzi Értesítő, III. 4. Budapest, 1954. p. 665–672.
4. GÖBEL E.: A börzsönyi Rózsabánya andezitüree. (The andesite cave of the Rózsa Mine of the Börzsöny Mountains). – Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató, Budapest, 1956. márc.–jún. p. 24.
5. GYÖRFFY D.: Geomorfológiai tanulmányok a Káli-medencében. (Geomorphological studies in the Kál Basin). – Földrajzi Értesítő, VI. 3. Budapest, 1957. p. 265–302.
6. HOFFER A.: Diatrémák és explóziós tufatölcsérek a Tihanyi félszigeten. (Diatremes and explosive tuff funnels on the Tihany Peninsula). – Földtani Közöny, LXXIII, Budapest, 1943. p. 151–158, 232–241.
7. HOFFER A.: A Tihanyi félsziget vulkáni képződményei. (The volcanic formations of the Tihany Peninsula). – Földtani Közöny, LXXIII, Budapest, 1943. p. 375–429, 551–564.
8. JASKÓ S.: A pápai Bakony földtani leírása. (Bölcsészeti doktori értekezés). (Geological description of the Bakony Mountains in the environment of Pápa). – Budapest, 1935, p. 6.
9. JUGOVICS L.: Salgótarján és Bárna környékén előforduló bazaltok és bazalttufák. (Basalts and basalt tuffs in the environment of Salgótarján and Bárna). – M. Kir. Földtani Intézet. Évi Jel. 1936–38. II. Budapest, 1942. p. 957–970.
10. LÁNG G.: A gerecsei Nagy-Somlóhegy barlangjai. (The caves of the Nagy Somló Hill in the Gerecse Mountains). – Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató, Budapest, 1957. jan.–jún. p. 45–48.

11. IEÉL – ÖSSY S.: A barlangok osztályozása. (The classification of caves). – Földrajzi Értesítő, Budapest, 1952.
12. MARGITTAY R.: A Balaton vidékének barlangjai. (The caves of the environment of Lake Balaton). – Barlangvilág, XII. 3–4. Budapest, 1942. p. 76–80.
13. OZORAY GY.: A Börzsöny-hegység vízföldtani viszonyai (1956–57). – M. Áll. Földt. Int. Adattára, kézirat, p. 17. (The hydrogeological circumstances of the Börzsöny Mountains). Manuscript.
14. OZORAY GY.: Két mátrai sziklaüreg. (Two rock cavities in the Mátra Mountains). – Karszt- és Barlangkutatói Tájékoztató, Budapest, 1957. jan.–jún. p. 44–45.
15. OZORAY GY.: Nógrádi bazaltüreg. (Basalt caves in Nógrád County). – Karszt- és Barlangkut. Tájé. Budapest, 1957. júl.–dec. p. 37–40.
16. PÁVAI-VAJNA F.: Néhány újabb barlang ismertetése (22. Pokol lyuk). – (The description of some new caves). – Földtani Közöny XLI, Budapest, 1911. p. 787.
17. PÁVAI-VAJNA F.: A forró oldatok és gőzök-gázok szerepe a barlangképződésnél. (The role played by hot solutions, gases and vapours in the formation of caves). – Hidrológiai Közöny, X. Budapest, 1930. p. 115–122.
18. SCHMIDT E. R.: Geomechanika. (Geomechanics). – Akadémiai Kiadó, Budapest, 1957.
19. SZÉKELY A.: Az ágasvári Csörgőlyuk-barlang. (The Csörgőlyuk Cave on Ágasvár Peak). – Földrajzi Értesítő, II. 1. Budapest, 1953. p. 114–124.

The reference list mentions the papers utilized directly in composing the present paper. It has no claim of being complete. A more copious literature may be found in the reference lists of the cited works, in K. BERTALAN's cave register and in the Hungarian speleological bibliographies.

Since the closing of the manuscript, there was published the paper „Non-karstic caves of Hungary” (Magyarország nem-karstos eredetű barlangjai, – Karszt- és Barlangkut. Tájékoztató, Budapest, 1958, p. 13–21) by K. BERTALAN, an abstract of the cave register mentioned as Reference 1., containing the most important bibliographical and other data concerning our topic.

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕКАРСТОВЫХ ПРИРОДНЫХ ПУСТОТ НА ПРИМЕРАХ ИЗ ВЕНГРИИ

ДЬ. ОЗОРАИ

Некарстовые природные пустоты являются, как правило, небольшими и встречаются редко. Однако генетика и морфология их очень разнообразны. Они демонстрируют такие процессы и факторы, обуславливающие и образующие пещеры, которые в большинстве случаев имелись налицо и у карстовых пещер, но которые впоследствии были скрыты карстовыми процессами.

Статья вкратце занимается определением понятия «некарстовый», породами, вмещающими некарстовые полости, группировкой их по образу появления и форме, а также материалами, заполняющими данные полости.

### Факторы, обуславливающие образование пещер

1. Петрографические свойства материнской породы (однородность, пористость, крепкость, химическая стойкость, термическое расширение, набухаемость и усаживание).
2. Залегание, слоистость.
3. Специальные направления и поверхности (напр. границы пород, плоскости отдельности и пр.).

4. Процессы, предшествовавшие образованию полостей (напр. деятельность термальных источников).

5. Орорафическое положение.

Процессы, приводящие к образованию полостей и генетические типы созданных ими полостей

*А) Образование полостей с щелями* (первичные полости, например газовые пузырьки, открытые каналы термальных вод и природных газов, жильные пустоты).

*Б) Движение масс* (трещинные пещеры).

1. Тектоническое образование пещер: трещины, исходно открытые или трещины открытые впоследствии (тектоническим или нетектоническим путем).

2. Нетектоническое образование трещин.

3. Образование ложных пещер среди клатических блоков, на границе обломков и породы в коренном залегании, или путем покрытия оврагов ложной кровлей.

*В) Денудационные процессы* (изъезженные пустоты).

1. Абразия.

2. Эрозия: торцующая или вихревая поверхностная эрозия; подземная эрозия, могущая вызывать путем смывания также и ложнокарстовые формы.

3. Дефляция.

*Г) Выветривание*: инсоляция, вымораживание, биологическое или химическое выветривание.

*Д) Процессы, восходящие из карстовой подошвы до некарстовой кровли.*

*Е) Проявление внутренних сил нетектонического характера*: вулканический выброс газа, землетрясение.

**STUDY ON COLOURED STALACTITES AND COATINGS (II)  
SOME GEOCHEMICAL AND KARST-HYDROLOGICAL ASPECTS  
OF THE FORMATION OF COLOURATIONS IN CAVES**

By  
GY. PÁLYI

A study carried out at the Jósvaló Research Station of the Department of Mineralogy and Geology of the Technical University for Building Industry and Transport.

In the previous papers (17, 18) the author presented the results of the analyses made on coloured dropstones and coatings of some Hungarian caves. It was found that the colour of the black coatings derived partly from soot produced by human activity, and partly from manganese-containing iron oxides. The orange and brown coatings originated similarly in iron and manganese oxides.

In this paper some principal problems of the formation of colourations deriving from iron and manganese oxides are outlined, on the basis of experimental results, as well as some geochemical considerations concerning the structure of karstwater systems are discussed.

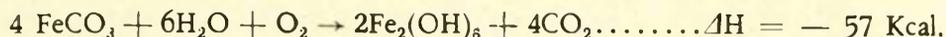
The black colouration occurring in the Baradla cave had drawn the attention of the investigators to itself already on the beginning of the speleological investigations in Hungary. The naive idea of RAISZ (19) that the rocks would have throughout been affected by fire and that the cave and the black colouration covering its walls would have been formed in this way, is succeeded by the interpretation of VASS (22) – which is, in part, adequate even up to date – that the black colour has been brought about by soot of prehistoric man's fire. While studying the microflora of the cave, DUDICH (7) found iron-manganese bacteria (*Leptothrix ochracea* KÜTZ and *Leptothrix crassa* CHOL.), and on this ground, he suggested that the black colouration might be partly a result of the activity by these bacteria. This theory has been accepted also by other workers (11), and it was recently supported by SZTRÓKAY (21) who laid stress on the fact that he had found grains of  $\text{SiO}_2$  associated with ferrous segregations in the Baradla cave, and in attributing these grains to the life-functions of organisms, he considers their presence as an evidence for the biogene origin of the colourations containing Fe and Mn.

However, besides, the above observations, some additional pedological and related electrochemical and colloidal features must also be taken into account. Thus, the formation of Fe-Mn colourations may be attributed to the complex effect of following factors.

### 1. Life-functions of microorganisms

We know a number of genera recovering the energy necessary for their life-functions by oxidation of iron(II)- and manganese(II)-compounds, such as *Siderocapsa* (3-5, 8, 16, 23), *Sideromonas* (3-5, 8, 16, 23), *Cladothrix* (23), *Leptothrix* (3-5, 7, 8, 16, 23), *Crenothrix* (3-5, 8, 16, 23) and certain species of the genera *Gallionella* (2, 23), *Chlonothrix* (23) and *Sphaerotilus* (2). The most frequent among them are *Leptothrix ochracea* and *L. crassa* (7, 16) forming filamentous thalli. Smaller in size are the coccus-shaped species of *Siderocapsa* (0,5 to 1,5 $\mu$ ). Similarly to the species of *Leptothrix*, the species *Chlonothrix ferruginea* and *Crenothrix polyspora* (23) form filamentous thalli.

The species of *Crenothrix*, as pointed out by SCHORLER (20), are rather manganese consumers. According to the analyses, they contain 30 to 60% Mn at 6-9% Fe. The oxidation process of iron bacteria, according to the hypothesis of WINOGRADSKY (26, 27), can be characterized by the equation:



They use up the energy released in this process to recover the energy needed for their life-functions. The oxidation of manganese(II)-ions is likewise utilized by the manganese bacteria. The iron-(III)-oxides-hydroxides being formed and accumulated within the bacteria, as well as the manganese oxide being insoluble in water, are accumulated, taking the place of the bacterial thalli, and calcium carbonate which is gradually precipitated may incorporate these grains.

It is to be noted that, in accordance with MOLISCH's suggestion (23) raised in the course of studying certain features of the species *Leptothrix ochracea*, the oxidation of iron and manganese would only be a secondary process. The extensive studies by LIESKE (13, 14) based particularly upon his experiments on *Spirillum ferruginum* (13) disprove this hypothesis and support the conception of WINOGRADSKY.

The limits of activities by naturally occurring iron bacteria in terms of  $p_H$  and oxidation-reduction potentials, have been discussed more in detail by BAAS BECKING, KAPLAN and MOORE (2).

The author will report on some observations relating to the role of iron bacteria in one of the subsequent issues of this series of papers.

### 2. Reductive zones

The iron and manganese contained in the soil - if the latter one is adequately aerated - are generally present in a higher valence state, commonly as oxides, and occasionally as salts of organic acids occurring in soils. These compounds are, however, not or very little (organic complexes) soluble in water. Nevertheless, reductive zones may develop in the soil, in which the decomposition products of always present organic matter reduce the above-mentioned ions to appropriate bivalent forms. The solubility patterns of bivalent forms are substantially better, if the  $p_H$  values are not too high. These reduction zones develop in the area of  $\alpha$ -karst-water by which they are connected with the processes of karstic caves. Their existence is evidenced by the following facts:

a) It is known that the growth of straw (tube) stalactites may be regarded as the first step in the formation of dropstones. However, no coloured straw stalactites can be observed (10). This fact renders probable the suggestion that iron and manganese commonly present in  $\alpha$ -karst-water, when migrating inside the straw stalactite, reach

in reduced form the point from where they drop down. The time during which the water-drop remains at the end of the straw stalactite, as well as the surface area of the water-drop are not sufficient to provide for oxidation of iron(II) and manganese(II) to respective trivalent and tetravalent ions. The same applies to some crooked hollow stalactite formations; on the other hand, if the water is flowing on the surface of the stalactite or on the wall, the oxidation can take place.

In order to support by experiments the above considerations, chemical analyses of some straw stalactites, crooked hollow stalactites and other stalactites, have been carried out.

For the analyses, the method described in the previous paper of this series was applied (18). After ignition of the sample, calcium oxide was dissolved, the residue was attacked  $\text{KHSO}_4$ . Thereafter, the solution was treated by sulphuric acid, and after neutralization, the iron-(III)-ions were separated by ammonium hydroxide; the precipitate was then assayed for iron, after dissolving in hydrochloric acid, by the method of ZIMMERMANN and REINHARDT (9. Vol. II. p. 122) while the filtrate, after a qualitative test, was determined for manganese by the method of LANG and KURTZ (9. Vol. II. p. 133).

The qualitative analysis for iron, of straw resp. crooked stalactites of similar type, was accomplished through the means of ammonium rhodanide testing, after oxidation by hydrogen peroxide, and the analysis for manganese involved oxidation by potassium persulfate. The results of the analyses are presented in Table I.

Since the sensitivity of ammonium rhodanide testing for the assesment of iron is  $0,25\gamma$  Fe(III), its limit dilution being  $2 \cdot 10^5$  (9. Vol. I. p. 119), the concentration of the solution in which testing has been effected has been found to be about 10% for the sample. Consequently, the negative result of the tests indicates that there may be practically so little iron in the sample which is insignificant as compared with the iron contents of the order of a few per cent in other dropstone samples (18). The sensitivity of the potassium persulfate testing for the assesment of manganese is  $0,5\gamma$  Mn(II) and its limit dilution is  $1 \cdot 10^7$  (9. Vol. I. p. 134), so that the negative result of testing does similarly permit the presence of only insignificant amounts of manganese.

Table I.

Formations	Points	Date	$\text{NH}_4 \text{SCN}$ test	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ test
	of sampling			
Straw stal.	Gombaszög cave (Czechoslovakia)	1959	—	—
Hollow crooked stal.	Chamber of the Vass I. cave, Triangli gallery	1956	—	—
Straw stal.	Vass I. cave Narancs szifon	1959	very weakly x	—
Straw stal.	Vass I. cave Narancs szifon	1959	—	—
Straw stal.	Vass I. cave Sivatag	1955	—	—

\* If diluted to double volume, it is already negative when using the same solution volume as in the former experiment.

The quantitative determinations provided even more conspicuous results than the qualitative analyses. In two stalactites, layers situated at different distances from the centre were determined for iron content. The results are summarized in Tables II. and III. They show that the iron content is nearly constant in the outer layers, whereas in the „nucleus” of the stalactite nearly corresponding to the former straw stalactite, the iron content is of lower order of magnitude, and allowing for the qualitative analyses we have the reason to suppose that this is also due to the fact that we have not been able to separate precisely the part corresponding to the initial straw stalactite from the subsequently precipitated layers.

Table II.

*The iron content of a stalactite sample from the Vass Imre cave (Sivatag) as a function of the distance (R) to the centre*

R (mm)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %
0 - 3	0,12
3 - 5	3,48
5 - 10	3,56
10 - 15	4,02
15 - 18	3,86

Table III.

*The iron content of a stalactite sample from the Vass Imre cave (Narancsszifon) as a function of the distance (R) to the centre*

R (mm)	Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> %
0 - 2	0,08
2 - 5	4,13
5 - 8	4,06
8 - 11	4,01
11 - 13	4,17

The above results suggest that the iron and manganese are introduced in reduced form into the well aerated cave galleries, and since the oxidation of the bivalent forms of both elements in air takes place rapidly, a continuous reductive (for iron and manganese) zone, separated from air, must develop between the aerated portion of the soil and the entering the more spacious hole.

b) The oxygen content of water dropping out at the end of each stalactite may also indicate the oxidation-reduction conditions of the water system from which the water derives. For the determination of oxygen content, measurements were made using the method developed by CZÁJLIK and FEJÉRDY (6). The results of the measurements are summarized in Table IV. The performance of the examinations of oxygen has been kindly undertaken by Chem. Ing. ISTVÁN FEJÉRDY, and the data presented in both Table IV. and Table V. are based upon his results.

The oxygen content determined by the method of WINKLER was found to be of 0,0% at each sampling point, except one in Sivatag where water arrives in the straw stalactite presumably through a smaller hole containing air too. It is worth mentioning

Table IV.

Points of sampling	Temperature (in C°)	Rel. dissolved (%)	Notes
Vass I. cave, opposite to Gyémánt-taviág in Dzsungel	10,2	0,0	-
Vass I. cave, Narancs zuhatag	10,1	0,0	-
Vass I. cave, Sivatang I.	10,1	29,0	Bubbles came together with water
Vass I. cave Sivatang II.	10,1	0,0	Beside the previous point

that the relative dissolved oxygen content of 29,0% may not be considered to be high, either.

Thus, the above studies show that the content of dissolved oxygen in  $\alpha$ -karst-water which originally must have been important and has come from the surface anyway, is lost in passing through the aforementioned reductive zone by the time the water enters the space of the cave.

c) It seemed to be obvious that the organic substances in the soil were responsible for the loss of oxygen, and the upper limit of the reduction zone would thus really lie above the rocks, i. e. still within the soil. In order to support this hypothesis by experiments, the following measurements were made.

Soil samples were taken from the part of the hill-side situated above the Vass Imre cave, and they were then put in a cylindrical glass vessel. The cylindrical settling vessel was 5 cm in diameter and it was wrapped up in a dark paper. The cylindrical vessel could be bled from below. From above, water of known oxygen content was fed on the soil sample, and after the stationary rate of seepage flow had been established water sample was taken and analysed for oxygen content. The sampling was carried out by the method of CZAJLIK and FEJÉRDY (6), and the determination of the oxygen content by that of WINKLER. The studies were undertaken in summer, in autumn, and at the end of winter in order to investigate the meteorological conditions too. The results of the measurements are assembled in Table V.

It is evident from the results summarized in Table V. that crossing the soil may involve a very strong reductive effect even at small depth. Therefore, we must try to find the upper level of the aforementioned reduction zone practically as high as in the area of the surface soil.

d) While studying the contents of dissolved calcium and magnesium in dropping waters of caves, MARKÓ (15) found the dissolved Ca and Mg contents of these waters to be in equilibrium with the partial CO<sub>2</sub> pressure of air containing about 3% CO<sub>2</sub>, whereas the air did contain only one hundredth part of this amount. Because of this fact, the hypothesis appears to be justified that this large amount of carbon dioxide is a result of reductive processes occurring in the soil and that it arises from oxidation of reducing organic substances – the possibility of which had been pointed out by VENKOVITS (24) –, and partly from the fact that some organic compounds, themselves, are reduced (e. g. the decarboxylation of humic acids).

Table V.

Date	Sampling points	t	v	t°	R <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	Notes
30. VIII.	Vass I. cave. Above Dóm. Depth 25 cm.	85	0,5	19,9	78,8	29,5	Dry weather
30.	Vass I. cave. Above Dóm.	100	0,5	20,2	78,8	29,2	Dry weather
22. X.	Vass I. cave. Above the (present) and point. Depth 30 cm.	60	1.0	19,8	87,5	29,2	Precipitation of 2 mm the day before
22. X.	Vass I. cave. Above the (present) and point. Depth 30 cm.	75	0.1	19,8	87,5	1.1	Precipitation of 2 mm the day before
22. X	Vass I. cave. Above the (present) end point. Depth 30 cm.	6075	-*	19,8	87,5	25.4	Precipitation of 2 mm the day before
25. II.	The same as the sample taken on 30. VIII.	60	0.5	19,5	65,3	58,2	After melting the snow

- R<sub>0</sub> — relative content of dissolved oxygen in water being fed (%)  
t — the time, passed from the beginning of feeding water (min.)  
v — rate of discharge (ml/sec.)  
R<sub>1</sub> — relative content of dissolved oxygen in discharging water (%)  
t° — temperature of the soil-water system (C°)

On the basis of the evidence relating to the above-mentioned four groups, we have to conclude that inside the karstic rock mass, nearly in the area which is referred to in the karst-nomenclature proposed by VENKOVITS (25) as a zone of descending karst waters, a reduction zone develops that includes also the ground water and may be regarded as having uniform chemical properties. The upper limit of this environment is indicated by the reductive processes starting in those portions of the soil which are not accessible to the air, while its lower limit is marked by means of oxidative reactions caused by air or by microorganisms, and of precipitation of iron and manganese being concomitant of the former reactions. The existence of the reductive zone lays claim to suppose the presence of an aquiferous environment where the water accumulated in the rock forms a continuous system and is inaccessible to air, in other words, it fills completely the fissures and cavities in the rock. Its consistency is proved by the fact that it plays a uniform role in the geochemical processes taking place in the karstic rock mass. This aquiferous system, for which we propose the name of *reducing karst water zone*, is actually situated in a well defined environment, but its surface, because of the changes in the meteorological conditions, will vary in shape as a function of time. The reducing karst water zone does not occupy the whole space of the upper portion of the karstic rock mass, and this permits the communication of air within the well aerated cracks of the karstic rock (cave draught).

The study of the reduction zone outlined in the foregoing discussion provides, at the same time, information on the conditions of the oxidation-reduction potentials of geochemical processes taking place in the karstic rocks. Our conclusions are in agreement with the results obtained in a different way in the studies by KRUMBEIN and GARRELS (12) seeking for a classification of sedimentary rocks in terms of p<sub>H</sub> and oxidation-reduction potentials. Similar reduction zones have been pointed out by ALEXANDER (1) in a study of the migration of Al, Si, and Fe during weathering of rocks of eruptive origin under tropical climate.

### 3. Migration of iron (III) and manganese (IV) in colloids

The oxide-hydroxides of iron(III) and manganese(IV)-ions are not or scarcely soluble in water, but their migration in colloidal form is possible. Prerequisite of transferring these compounds into colloids, is the presence of certain protective colloids. Such protective colloids may be the reduction products of some humic acids. Coagulation of colloids may be caused either by the presence of a colloid of silica (silicic acid), or by oxidation of the protective colloid. The role of reduced humic substances as protective colloids might well be interpreted because these substances, in getting exposed to the air of the cave, may oxidize so that their protective influence is lost. A remarkable relationship appears to exist between the precipitates of silica associated with the concretions of iron and manganese oxides found by SZTRÓKAY (21), and the effect of silica causing coagulation of the aforementioned colloids.

#### Summary

While searching for the origin of the colourations of Fe- and Mn-bearing lime deposits in caves, the author came to the conclusion that Fe and Mn present in the soil migrated downwards within a reduction zone inside the rock. The migration can take place either in form of iron(II) and manganese(II) when the deposits indicating the lower limit of the reductive zone form as a result of oxidation by microorganisms, or in colloidal form when the reduction products of humic acids acts as protective colloids of oxide-hydroxides of iron(III) and manganese(IV) and the oxidation or silicic colloidal effect of these products is responsible for the coagulation, the formation of colloids of silica being connected with the life-functions of microorganisms. The author has strived to support by experimental evidence the existence of a reductive zone controlling the migration of ions. If one wants to reveal the presence of this reduction zone, he has to suppose the formation of an „upper” aquiferous environment within the karstic rock mass. In this environment the geochemical processes follow uniform laws. The term of *reducing karst water zone* has been proposed for this aquiferous environment including the ground water and a part of the zone of descending-cavern water. The author has made efforts to outline some characteristics of this reducing cavern water zone.

He feels himself bound to acknowledge DR. PROF. J. DI GLÉRIA for the valuable discussions and Chem. Ing. ISTVÁN FEJÉRDY, who had kindly made the oxygen measurements described in the paper, and has contributes with valuable remarks to its theoretical part.

#### Literature

1. ALEXANDER, F. E. S.: Observations on Tropical Weathering: a Study of the Movement of Iron, Aluminium and Silicon in Weathering Rocks at Singapore. - *Quart. J. Geol. Soc.* 115. London, 1959. p. 123.
2. BAAS BECKING, L. G. M. - KAPLAN, I. R. - MCCOY, D.: Limits of the Natural Environment in Terms of pH and Oxidation-Reduction Potentials. - *Journal of Geology*, 68. Chicago, 1960. p. 243.
3. BLANCK, E.: *Handbuch der Bodenlehre*. - Verlag J. Springer, Ed. VII. Berlin, 1932. pp. 331-333.

4. CHOLODNY, N.: New Observations on Ironbacteria. – Acad. Sci. Ukraine Arb. Biol. 5. Dnyeperstat, 1930. p. 329.
5. CHOLODNY, N.: Die Eisenbakterien. – Verlag Fischer, Jena, 1926.
6. CZÁJLIK I. – FEJÉRDY I.: Cseppkövekről csepegő vizek vizsgálata a Vass Imre-barlangban. – Karszt- és Barlangkutatás 1. 1959. Budapest, 1960. pp. 67–77.
7. DUDICH, E.: Biologie der Aggteleker Tropfsteinhöhle Baradla. – Verlag Speläologischen Institut. Wien, 1932. p. 120.
8. ELLIS, E.: Iron Bacteria – Methuenen & Co. London, 1919.
9. ERDEY L.: Bevezetés a kémiai analízisbe. I–II. – Tankönyvkiadó, Budapest, 1958.
10. GÁNTI, T.: Some Physico-Chemical Aspects of the Origin of Some Formations Occuring in Karstic Caves. – Manuscript. Budapest, 1957.
11. JAKÚCS L.: Az Aggteleki Cseppkőbarlang fekete szineződéséről. – Idegforgalmi Tájékoztató 5, No. 4. Budapest, 1954. p. 18.
12. KRUMBEIN, W. C. – GARRELS, R. M.: Origin and Classification of Chemical Sediments in Terms of pH and Oxidation-Reduction Potential. – Journal of Geology. 60. Chicago, 1952. p.1.
13. LIESKE, R.: Beitrag zur Kenntnis der Physiologie von Spirillum ferrugineum usw. – Jahrbuch Wiss. Bot. 49. 1911. p. 91.
14. LIESKE, R.: Zur Ernährungsphysiologie der Eisenbakterien. – Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten, Ser. II. 49. Jena, 1919, p. 413.
15. MARKÓ L.: A barlangi légáramlás szerepe a karsztbarlangok képződésénél. – (Kézirat. 1961.)
16. PÁKH, E.: Die Eisenbakterien Ungarns. – Folia Criptomagica, 1. Szeged, 1926. p. 201.
17. PÁLYI GY.: A cseppkövek szineződéséről. – Magyar Hidrológiai Társaság Karszt- és Barlangkutató Ankétja, Miskolc, 1955 (Prelecture.)
18. PÁLYI GY.: Cseppkövek és bevonatok színének tanulmányozása. (I.) (Study on Coloured Stalactites and Coatings (I.). With English Summary) – Karszt- és Barlangkutatás. 1. 1959. Budapest, 1960. pp. 109–112.
19. RAISZ, K.: Topographische Beschreibung der im Gömörer Comitae bey dem Dorfe Aktelek befindlichen Höhle Baradla. (It may be found in Bredetzky: Neue Beiträge zur Topographie und Statistik des Königreiches Ungarns) – Wien, 1807. p. 290.
20. SCHORLER, B.: Beitrag zur Kenntnis der Eisenbakterien. – Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Ser. II. 12. Jena, 1904. p. 681.
21. SZTRÓKAY K. I.: Ásványtani megfigyelések az Aggteleki cseppkőbarlangból. – Földtani Közlöny 89. Budapest, 1959. p. 280.
22. VASS I.: Az Aggteleki barlang leírása. – Landerer és Heckenast, Pest, 1831.
23. VÁGI I. – FEHÉR D.: A talajtan elemei. – Magyar Királyi Bányá- és Erdőmérnöki Főiskola, Sopron, 1931.
24. VENKOVITS I.: Dorogi vizvizsgálatok. – Hidrológiai Közlöny, 30. Budapest, 1950. p. 184.
25. VENKOVITS I.: Karsztvezéktani vita. – Karszt- és Barlangkutatás, 1. 1959. Budapest, 1960. pp. 67–77.
26. WINOGRADSKY, S.: Über Eisenbakterien. – Botanische Zeitung, 46. Leipzig, 1888. p. 262.
27. WINOGRADSKY, S.: Eisenbakterien als Anorgoxidanten. – Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten. Ser. II. 57. Jena. 1922, p. 1.

## ИЗУЧЕНИЕ ОКРАШИВАНИЯ СТАЛАКТИТОВ И НАТЕКОВ. II. НЕКОТОРЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И КАРСТОВО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОКРАШИВАНИЙ В ПЕЩЕРАХ

ДЪ. ПАЛЫИ

Изыскивая происхождение окрашиваний, содержащих Fe и Mn в пещерах мы пришли к выводу, что находящиеся в почве Fe и Mn мигрируют в пределах редутивной зоны вниз в внутреннюю часть породы. Миграция может осуществляться в форме железа (II) и марганца (II); в этом случае выделения, которые обозначают нижнюю границу редукции-

онной зоны, возникают либо под окислительным действием воздуха, либо микроорганизмов, либо в коллоидной форме, когда в качестве защитных коллоидов окисей — гидроокисей железа (III) и марганца (IV) фигурируют продукты восстановления гумусовых веществ или действием коллоида кремневой кислоты, возникновение которой связано с жизнедеятельностью микроорганизмов. Мы попытались подтвердить при помощи экспериментальных данных существование редуktивной зоны, контролирующей миграцию ионов. Выявление этой редуktивной зоны требует предположения существования «верхнего» водоудержательного пространства, образующегося в карстовых породах. В этом пространстве геохимические процессы протекают по единым закономерностям. Для этого водоудержательного пространства мы предложили термин «зона редуktивной карстовой воды». Эта зона охватывает грунтовую воду и часть пояса нисходящей карстовой воды. В статье сделана попытка набрасывать некоторые характерные свойства этой зоны редуktивной карстовой воды.

Faint, illegible text at the top of the page, possibly bleed-through from the reverse side.

## TARTALOM

### INHALT - TABLE DES MATIÈRES - CONTENTS

BALÁZS, DÉNES: Beiträge zur Speleologie des südchinesischen Karstgebietes .....	3
-    -    The Speleology of the karstic region of South China ( <i>Summary</i> ) .....	80
BERTALAN KÁROLY és KRETZOI MIKLÓS: A tekeresvölgyi Earlangok Veszprém mellett és az örvös lemming legdélibb előfordulása .....	83
-    -    Die Höhlen des Tekeressvölgy bei Veszprém und das südlichste Vorkommen des Halsbardlemmings ( <i>Zusammenfassung</i> ) .....	92
DUDICH ENDRE: Über das ungarische Laboratorium für Höhlenbiologie .....	95
-    -    Laboratoire pour l'étude de la biologie des grottes en Hongrie ( <i>Résumé</i> ) .....	98
DUDICH ENDRE: Biospeologica hungarica 1959-1961 .....	99
GÁDOROS MIKLÓS: Elektromos távmérőberendezés a Vass Imre-barlang klimatológiai és hidrológiai viszonyairak vizsgálatára .....	101
-    -    Elektrische Fernmessanlage zur Untersuchung der klimatologischen und hydrologischen Verhältnisse in der Vass Imre-Höhle ( <i>Zusammenfassung</i> ) .....	123
OZORAY, GYÖRGY: The genesis of non-karstic natural cavities as elucidated by Hungarian examples .....	127
FÁLYI, GYULA: Study on coloured stalactites and coatings (II) Some geochemical and karst-hydrological aspects of the formation of colourations in caves .....	137

### СОДЕРЖАНИЕ

БАЛАЖ, Д.: Спелеология карстовой области Южного Китая .....	81
БЕРТАЛАН, К. и КРЕЦОЙ, М.: Пещер долины Текереш в окрестностях г. Веспрем (Венгрия, горы Баконь) и самая южная в Европе находка копытного лемминга .....	92
ДУДИЧ, Э.: Венгерская лаборатория по биологии пещер .....	98
ПАЛЫИ, ДЬ: Изучение окрашивания сталактитов и натечков (II): Некоторые геохимические и карстово-гидрологические аспекты образования окрашиваний в пещерах .....	114
ГАДОРОШ, М.: Электрическая дальномерная установка для измерения климатологических и гидрологических условий в пещере им. Вашш Имре .....	124
ОЗОРАИ, ДЬ: Генетические проблемы некарстовых природных пустот на примерах из Венгрии .....	135

## MUNKATÁRSAINKHOZ

Évkönyvünk jobb, szebb és takarékosabb kivitele érdekében kérjük az alábbiak szem előtt tartását.

A dolgozat témáját a szerzők a kézirat végleges elkészítése előtt beszéljék meg a szerkesztőséggel, megállapodva a terjedelemben is. A kidolgozásnál a fogalmazás világos, tömör és magyaros legyen. Mellőzzük a szükségtelen leíró részeket és az ismétléseket. Kerüljük a közbevetett mondatokat, amelyek a szöveget nehézkessé tennék. Törekedjünk íráskészségünk fejlesztésére. Az elkészített dolgozatot tartalmilag és stílusban is csiszoljuk többszöri átolvasással.

A kézirat gépirással készítenőd 2 példányban, a papírnak csak egyik oldalára írva. Használjunk ritka (2-es) sorközt és szabvány méretet: egy lapra 25 sor, egy sorba 50 leütés (betű és szóköz) kerüljön. Baloldalt hagyjunk széles margót. Minél kevesebb utólagos javítást alkalmazzunk. Ezeket a szöveg megfelelő helyére tintával, jól olvashatóan írjuk be. A helyesírásra vonatkozólag az MTA szabályai irányadók. Az írógépen nem szereplő ékezeteket (í, ú, ü stb.) és az idegen ékezeteket pontosan és minden esetben jelöljük.

A felhasznált irodalmat a dolgozat végén szerzői betűrendben soroljuk fel a „Bibliográfiai hivatkozás” (MNOSZ 3497. sz. szabvány) részletes hivatkozási szabályai szerint. A felsorolt irodalmat sorszámozzuk, és a dolgozat megfelelő helyén zárójelben utalunk a sorszáma és esetleg az oldalszáma,

Illusztrációs anyagot is mellékelünk a dolgozathoz, de csak a szükséges mértékben. A rajzok vagy fehér rajzpapíron, vagy pauszon készüljenek fekete tussal, a szükséges kicsinyítést figyelembe vévő vonalvastagsággal és betűnagysággal. A fényképekről éles nagyításokat készítettünk fényes, fehér papíron 9×12 cm-es, vagy ennél nagyobb méretben. Nyomdai sokszorosításra csak kontrasztos képek alkalmasak. Az ábrákat folytatólagosan sorszámozzuk (függetlenül attól, hogy rajzok-e, vagy fényképek) és magyarázatukat külön lapra gépeljük. Elhelyezésüket a kéziratban is jelöljük meg a margón.

Idegen nyelvű kivonatot is mellékelünk a dolgozathoz (orosz, francia, olasz, német vagy angol nyelven). Ennek hiányában fordítás céljára megfelelő magyar nyelvű kivonatot készítsünk, mely lehetőleg ne legyen terjedelmesebb a tanulmány 10–15%-ánál, de annak minden lényeges megállapítását tartalmazza.

Nem megfelelő módon elkészített kéziratokat a szerkesztőség nem fogadhat el.

A korrektúrát a megadott határidőre gondosan készítsük el a „Nyomdai korrektúrajelek” c. szabvány (MNOSZ 3491–51) előírásainak megfelelően. A kéziratból eltérő javításokat pirossal kell jelölni, de lehetőleg kerüljük, mert ezek tetemes költséget, munkatöbbletet és idővesztést okoznak.

*Szerkesztőség*

