

# Anwendung der Kalktablettenmethode in Meghalaya (Indien)

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der Meghalaya-Expedition 2012 wurde versucht, durch die Anwendung der Kalktablettenmethode Vergleichsdaten über die klimatisch bedingte Intensität der Verkarstung zu gewinnen sowie Höhlenbäche bezüglich ihres Kalkabscheidungs- beziehungsweise Kalklösungsmilieus zu untersuchen. Geologisch ist das Expeditionsgebiet geprägt durch einen von Sandstein überlagerten Kalk. In den Niederungen der Täler tritt der Kalk an die Oberfläche, die Hügeln und Kuppen bestehen aus Sandstein und weisen Karst- beziehungsweise Pseudokarsthohlformen auf. Im Höhlenwasser überwog ein Kalkabscheidungsmilieu. An die Proben aus dem Höhlenbach der Krem Labit Kseh hat sich eine durchschnittlich  $7,1 (\pm 15\%) \mu\text{m}$  dicke Kalkschicht abgelagert. In ihrer Zusammensetzung bezüglich der anorganischen, gelösten Stoffe waren die untersuchten Höhlenbäche sehr ähnlich den Karstquellwässern im Nationalpark-Kalkalpen.

Mit den Oberflächenproben war ein direkter „Korrosionsklima“-Vergleich des regenreichen Meghalayas mit den Hochgebirgsstandorten in den Alpen möglich: Die Oberflächenproben haben mit  $6 \mu\text{m/a} (\pm 11\%)$  in Meghalaya und  $6,4 \mu\text{m/a} (\pm 20\%)$  im Toten Gebirge innerhalb des Streumaßes MAD die gleiche Lösungsrate. Die Lösungsrate im Boden, in 20 cm Tiefe, ergab in Meghalaya einen Wert von  $42 \mu\text{m/a}$  (ca.  $\pm 5\%$ ) und in den Alpen  $40 \mu\text{m/a}$ . Trotz klimatischer Unterschiede sind die Lösungsraten der Oberflächen- und der Bodenproben in Meghalaya jeweils ebenso groß wie die in den nördlichen Kalkalpen.

## EINLEITUNG

Im Rahmen der Meghalaya-Expedition 2012 wurde versucht in der Region Pala Range, die sich im Südosten des Distrikts Jaintia Hills befindet, durch die

## ABSTRACT

### Application of weight loss measurement using limestone tablets in Meghalaya (India)

As part of Meghalaya expedition in 2012 was tried by the application of limestone tablet method to win comparative data on the climatic conditional intensity of karstification, and to investigate cave streams in terms of their limestone sedimentation environment or respectively dissolving environment. Geologically, the expedition area is characterized by limestone superimposed by sandstone. In the lowland valleys the limestone comes to the surface, the hills and knolls consist of sandstone and exhibit karstic or pseudo-karstic hollow shapes. In the cave water a limestone sedimentation environment dominated. In the cave stream of Krem Labit Kseh an average of  $7.1 (\pm 15\%) \mu\text{m}$  layer of limestone has been deposited to the surface of samples. In their inorganic chemical composition the cave streams were very similar to the karst spring waters in the Limestone Alps (Nationalpark Kalkalpen). With the surface samples a direct „Corrosion climate“ comparison of the rainy Meghalaya with the high mountain locations in the Alps was possible: The surface samples have  $6 \mu\text{m/a} (\pm 11\%)$  in Meghalaya and  $6.4 \mu\text{m/a} (\pm 20\%)$  in the Totes Gebirge (Alps) degree of scatter within the same solution rate error. The dissolution rate in soil depth of 20 cm, resulted in Meghalaya has a value of  $42 \mu\text{m/a}$  (about  $\pm 5\%$ ) and in the Alps  $40 \mu\text{m/a}$ . Despite climatic differences, the dissolution rates of the surface and the soil samples in Meghalaya are each as large as those in the Northern Limestone Alps.

## Rudolf Weißmair

Kaplanstraße 12  
4523 Neuzeug  
[r.weissmair@htl-leonding.ac.at](mailto:r.weissmair@htl-leonding.ac.at)

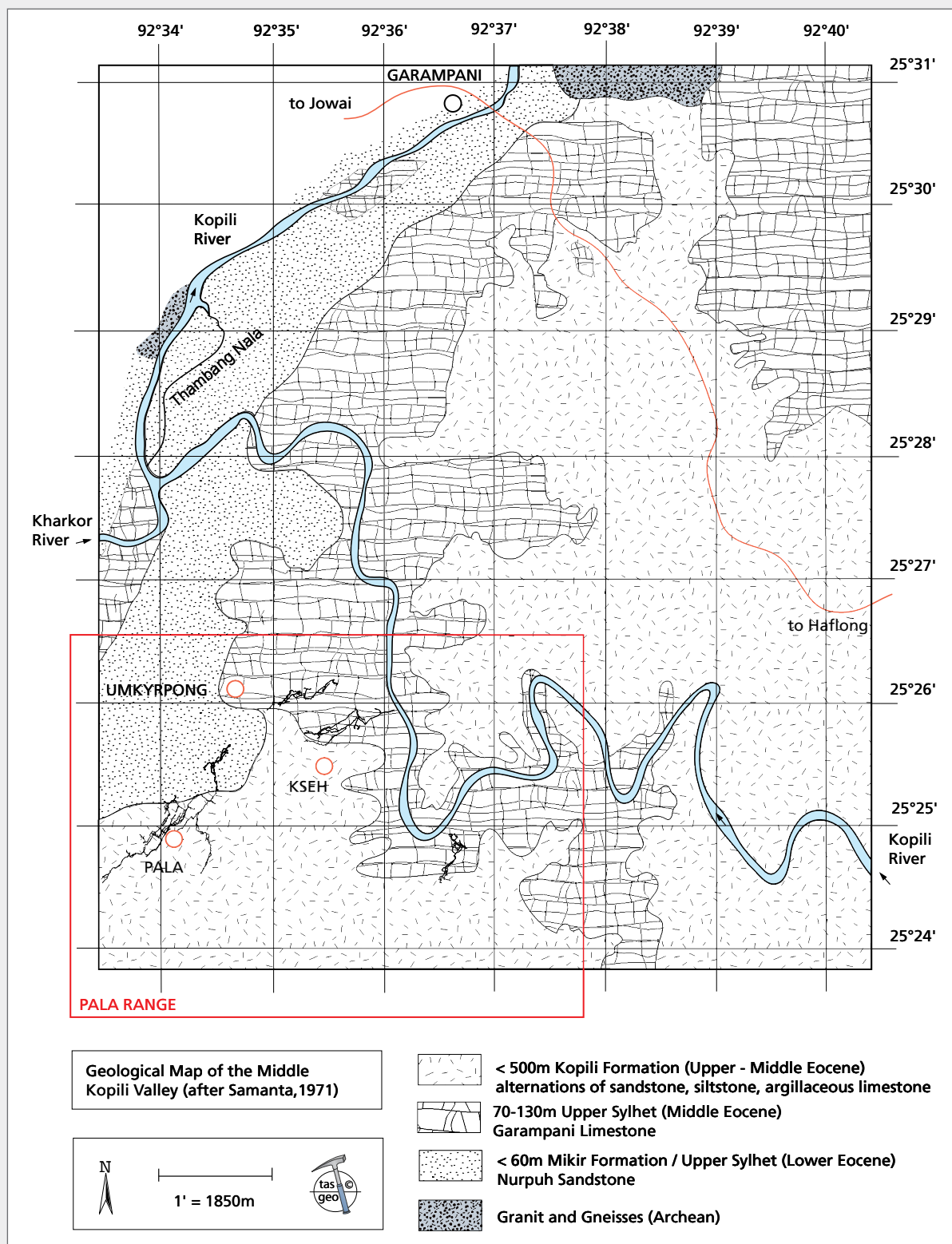


Abb. 1: Geologische Karte des Kopilitales nach Ramesh et al (2009), Dutta (2009) und Samanta (1971).

Die eingezeichnete Höhlen im Gebiet Pala Range sind von Westen nach Osten, die Liat Prah bei Pala, die Krem Labit Kseh nördlich von Kseh und weiter in Norden die Krem Man Krem. Im Süden ist noch die Krem Shalong zu sehen. Das Expeditionscamp 2012 lag etwa 3,5 km südlich der Ortschaft Kseh.

Fig. 1: Geological Map of Kopili Valley following Ramesh et al (2009), Dutta (2009) and Samanta (1971)

The caves of Pala Range are from west to east, Liat Prah at Pala, Krem Labit Kseh north of Kseh and further north, Krem Man Krem. In the south it is still to see Krem Shalong. The expedition camp 2012 was located about 3.5 km south of Kseh.

Karte: Thomas Arbenz

Artikel „Expedition zu den großen Wasserhöhlen Meghalayas (Indien)“, Die Höhle 2013/S. 134). Weiters wurde versucht, Höhlenbäche im Portalbereich bezüglich ihres Kalkabscheidungs- beziehungsweise Kalklösungsmilieus zu untersuchen.

Interessant erscheinen solche Daten wegen des außergewöhnlich hohen Jahresniederschlags in Meghalaya. Die großen Regenmengen kombiniert mit den großen Raumdimensionen vieler Höhlen legen die Vermutung einer besonders intensiven, rezenten Höhlenentwicklung und Verkarstung nahe.

## KLIMA

Von April bis November trifft der Südwestmonsun auf seinem Weg vom Golf von Bengalen in den Himalaja zuerst auf die Mittelgebirgsketten der Garo- und Kashi-Hills im Süden Meghalayas. Er bringt durch intensiven Steigungsregen der Umgebung von Cherrapunji (Sohra) Maxima von bis zu 24000 mm Jahresniederschlag. Die Orte Mawsynram und Cherrapunji in den East Khasi Hills zählen mit durch-

schnittlich 12000 mm/Jahr zu den niederschlagsreichsten Orten der Welt.

Weiter östlich im Distrikt Jaintia Hills, dem Auslagegebiet für die Kalktabletten, liegt der Jahresniederschlag im Mittel nur mehr bei etwa 6000 mm (Tab. 1). Allerdings fielen im Kalenderjahr 2012 nur 3400 mm Regen und damit etwa 56% weniger als im langjährigen Durchschnitt.

Tab. 1: Niederschlag 2012 und %-Abweichungen vom langjährigen Durchschnitt im Bezirk Jaintia Hills. Jahressumme 2012: 3404 mm; langjähriger Durchschnitt: 6042 mm/a\*.

Tab. 1: Rainfall 2012 in mm in district Jaintia Hills, Summary 2012: 3404 mm; long period average: 6042 mm/a\*.

JAN 2012	FEB 2012	MÄR 2012	APR 2012	MAI 2012	JUN 2012
15,0 mm (-56 %)	0,0 mm (-100 %)	6,0 mm (-95 %)	84,0 mm (-70 %)	87,5 mm (-85 %)	885,9 mm (-33 %)
JUL 2012	AUG 2012	SEP 2012	OKT 2012	NOV 2012	DEZ 2012
978,3 mm (-39 %)	362,0 mm (-61 %)	617,1 mm (-25 %)	352,2 mm (-32 %)	15,5 mm (-86 %)	0,0 mm (-100 %)

Anm.: (1) Die Distrikt-Regenmengen oben sind die arithmetischen Mittelwerte der Stationsniederschläge im Bezirk (in mm).  
 (2) Die %-Abweichung bezieht sich auf die Abweichung vom langjährigen Durchschnitt der Niederschläge im Bezirk.  
 (3) Leere Felder bedeuten fehlende Daten.

Note : (1) The District Rainfall (mm) shown above are the arithmetic averages of Rainfall of Stations under the District.  
 (2) % Dep. are the Departures of rainfall from the long period averages of rainfall for the District.  
 (3) Blank spaces show non-availability of data.

\*Veröffentlichung/Published: HYDROMET Division, India Meteorological Department, District Rainfall

## GEOLOGIE UND GEOMORPHOLOGIE

Die fossilreiche Upper-Sylhet-Formation aus Garampani Kalk nimmt eine große Fläche entlang des Kopili Tales ein und hat eine Länge von etwa 40 km und eine Breite von 2 km bis 4 km (Abb. 1). Im Wesentlichen ist der Pala-Range-Höhlenpark, dessen südlicher Teil das Zielgebiet der Expedition 2012 war, geprägt durch einen von Sandstein überlagerten Kalk. In den Niederungen der Täler tritt der Kalk an die Oberfläche, die Hügeln und Kuppen bestehen aus Sandstein. Die in Abb. 1 eingezeichneten Höhlen sind von Westen nach Osten die Liat Prah bei Pala, die Krem Labit Kseh nördlich von Kseh und weiter in Norden die Krem Man Krem. Im Süden ist noch die Krem Shalong zu sehen.

### Sandstein

Auf den Sandsteinkuppen der Hügel westlich der Ortschaft Khannar findet man – oft gut sichtbar durch

die in der Trockenzeit kurzhaalmigen Viehweiden – Sandsteinblöcke mit deutlich ausgebildeten Hohlformen. In Abb. 2 sind Kamenitsa oder kamenitsaähnliche Formen und in Abb. 3 Karren oder Pseudokarren zu erkennen. Bögli (1978) setzt einen reversiblen Lösungsprozess bei der Definition von „Karst“ voraus, sodass in diesem Fall von Pseudokarst zu sprechen ist. Ford & Williams (2007) sehen im Sandstein eine Übergangsform im Kontinuum zwischen Karstformen und „gewöhnlichen“ Fließformen. Bei den kamenitsaähnlichen Formen in Abb. 2 mit ihren überhängenden Seitenwänden scheint aber zumindest eine große Ähnlichkeit zu lösungsdominierten Karsthohlformen zu bestehen.

Nach Breitenbach (Breitenbach et al 2010) ist im Süden Meghalayas „Sandsteinverkarstung“ verbreitet zu finden. Das gilt aber auch für die Region Pala Range, wie man an den oben erwähnten Formen erkennen





Abb. 2: Kamenitsa oder Pseudokamenitsa im Sandstein nahe Khahnar.

Fig. 2: Kamenitsa or Pseudokamenitsa in Sandstone closed to Khahnar.

kann. Breitenbach meint, dass unter anderem wegen ihrer geringen Größe bisher erst wenige Sandsteinhöhlen in Meghalaya beschrieben wurden.

## DIE KALKTABLETTENMETHODE

Die Kalktablettenmethode ist eine auf Gams (1981) zurückgehende Methode. Sie kann zum Vergleich von Karstgebieten bezüglich ihrer durch Niederschläge bedingten Karstdenudationsrate verwendet werden. Als Vergleichsmaß für das „Lösungsklima“ eines Karstgebietes dient dabei der Masseverlust der Kalktabletten pro Oberflächeneinheit, also die lokale, rezente Oberflächenlösungsrate der verwendeten Kalkplättchen. Sie wird hier vereinfacht als „Lösungsrate“ bezeichnet. Der Begriff „Lösungsrate“ oder „Lösungsdenudationsrate“ (solution denudation rate, Ford & Williams 2007) ist aber nicht ganz zutreffend, denn bei der Anwendung einer (modifizierten) Kalktablettenmethode in den Alpen war eindeutig auch ein Erosionsanteil in Form sandiger Ablagerungen festzustellen (Beobachtung des Autors).

Voraussetzung für einen Vergleich ist, dass die Proben aus demselben Gesteinsblock stammen und gleich lange in den Untersuchungsgebieten ausliegen.

Die hier verwendeten Kalktabletten bestehen aus Marmor, wurden 2012 getrocknet, gewogen und nach



Abb. 3: Karren oder Pseudokarren im Sandstein nahe Khahnar.

Fig. 3: Karren or Pseudokarren in Sandstone closed to Khahnar.

Fotos: R.Weißmair

## Kalk

Neben Dolinen und Trockentälern waren in der Nähe des Portals der Krem Shalong auch Rundkarren zu beobachten, die durch einen Bach freigelegt wurden. In den Niederungen, entlang der Täler, findet man nackte Kalkfelsen, die aus der dichten Vegetation herausragen (Abb. 4). Die Kalkfelsen in Abb. 4 sind vermutlich Lösungsrelikte und wären dann als Karstvollformen zu deuten.

einem Jahr, also im Februar 2013, wieder eingesammelt, erneut getrocknet und gewogen. Der Masseverlust konnte dann durch Vermessung der Oberfläche auf eine Lösungsrate des Einzelplättchens in Mikrometer pro Jahr ( $\mu\text{m}/\text{a}$ ) umgerechnet werden. Da immer 4 bis 6 Plättchen pro Standort deponiert wurden, ergab sich daraus eine mittlere Lösungsrate (Median). Es wurden verschieden große – von 5 g bis 42 g – quaderförmige Marmorplättchen mit einer Dicke von etwa 10 mm und einer lackversiegelten Unterseite verwendet. Zur Fehlerabschätzung diente das Streumaß MAD des Medians (Median Absolute Deviation). Die Wägegenauigkeit betrug  $\pm 100 \mu\text{g}$ , die Probenoberfläche – vermessen mit einem Messschieber – konnte bei Wiederholungsmessungen auf etwa  $\pm 5 \%$  genau reproduziert werden.

Die Marmorplättchen wurden vergraben (20 cm tief), in Höhlenbächen deponiert und auf Felsoberflächen direkt dem Regen ausgesetzt: Zwei Standorte lagen in den Höhlenbächen der Krem Labit Kseh und der Krem Shalong, zwei an der Oberfläche, einer davon beim Ort





Abb. 4: Karstvollformen (?) beim Portal der Krem Khung.  
Fig. 4: Residual rocks (?) closed to Krem Khung.

Foto: Fraser Simpson

Khahnar und einer beim Eingang der Krem Khung. An beiden wurden zusätzlich auch mehrere Kalkplättchen in 20 cm Tiefe vergraben. In den Höhlenbächen waren die Plättchen zwischen zwei Gittern aus verzinktem Draht eingeklemmt und mit einer Reepschnur an

einem Bohrhaken an der Uferfelsenwand befestigt. Die Oberflächenproben lagerten in Kunststoffschalen mit durchlöcherter Boden, befestigt auf einem ebenen Felsen. Am Fuß des Felsens wurden weitere Kalkplättchen in 20 cm Tiefe vergraben.

## ERGEBNISSE DER KALKTABLETTENMETHODE

Von den 31 Marmorplättchen konnten 2013 nur mehr 18 ausgewertet werden. 13 gingen insgesamt verloren, das entspricht 42 % aller Proben. Durch menschlichen Einfluss fiel einer von zwei Ober-

flächen- und einer von zwei Höhlenbachstandorten gänzlich aus. Die hohe Besiedlungsdichte könnte das begünstigt haben, weil es dadurch schwierig ist, einen zweckmäßigen und gleichzeitig abgelegenen Standort

Tab. 2: Lösungsdaten 2012 in der Region Pala Range  
Tab. 2: Solution rate 2012 in Pala Range area

Standort	n	Lösungsrate	MAD	Korrelation Massendiff.-Oberfläche
<b>Vergrabene Kalkplättchen</b>				
KHV	4	43,1 $\mu\text{m/a}$	$\pm 5,2\%$	$r = 0,983$
KAV	4	41,2 $\mu\text{m/a}$	$\pm 3,8\%$	$r = 0,986$
<b>Oberflächenstandort</b>				
KHS	4	6,3 $\mu\text{m/a}$	$\pm 10,8\%$	$r = 0,929$
(5 Plättchen von Unbekannten bei Khahnar entfernt)				
<b>Standort im Höhlenbach</b>				
KLK	6	-7,1 $\mu\text{m/a}^1$	$\pm 15,0\%$	$r = 0,855$
(6 Plättchen von Unbekannten in der Krem Shalong entfernt)				

Lösungsrate: Masseverlust der Kalktabletten pro Oberflächeinheit, also die lokale, rezente Oberflächenlösungsrate der verwendeten Kalkplättchen  
KHV, KHS: 30 m südlich des Portals der Krem Khung  
KAV : nahe des Dorfes Khahnar  
KLK : 30 m bergwärts der Trauflinie, im Höhlenbach der Krem Labit Kseh  
n: Anzahl der Kalktabletten an einem Standort  
MAD: Mediandeviation (Median Absolute Deviation)  
Lösungsrate: Median aus den n Einzelergebnissen  
Korrelation: Korrelationskoeffizient nach Pearson zwischen den Oberflächen der Kalkplättchen und ihrer Auslagemasse 2012.

<sup>1</sup> negative Lösungsrate bedeutet, dass Kalk abgelagert wurde (hier eine etwa 7  $\mu\text{m}$  dicke, kristalline Kalkschicht)

zu finden. Nicht verhindert werden konnte – trotz eines Gespräches des Vorsitzenden des indischen Klubs MAA, Brian Kharpran Daly, mit dem Bürgermeister von Khahnar – dass an einem Probenstandort direkt bei Khahnar sogar der massive M8-Bohrhaken stark deformiert wurde. Die Einzelergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Die Marmorproben aus dem Höhlenbach der Krem Labit Kseh haben 2012 keine Masse verloren, sondern es hat sich stattdessen Kalk abgelagert:

Durchschnittlich lagerte sich in diesem Jahr eine 7,1 µm dicke, kristalline Kalkschicht mit braunen Beimengungen auf der Probenoberfläche ab. 7,1 µm ist der Median aus sechs Einzelproben. Dabei lagerte sich Kalk mit Ausnahme zweier Proben auch auf den mit Lack versiegelten Flächen ab. Auf anderen

Oberflächen wie zum Beispiel Metall (verzinktem Draht) oder Kunststoff, lagerte sich kein Kalk ab. Die Fehler (MAD) betrug ±15,0 %. Der Korrelationskoeffizient  $r$  (Pearson) zwischen Oberfläche und Massendifferenz betrug 0,855. Je größer  $r$  ist, desto unwahrscheinlicher ist ein Masseverlust, der nicht durch Lösungsprozesse verursacht wird – zum Beispiel durch spannungsinduzierte Absplittung kleinster Teile durch Temperaturunterschiede. Weiters deutet ein großer Wert für  $r$  auf geringe Fehler bei der Oberflächenvermessung hin.

Die zweite Messstation im Höhlenbach der Krem Shalong wurde von Unbekannten demontiert und war daher nicht auswertbar.

Im Höhlenwasser überwog also von Februar 2012 bis Februar 2013 ein Kalkabscheidungsmilieu.

## ERGEBNISSE AUS DEN WASSERANALYSEN

In ihrer Zusammensetzung bezüglich der anorganischen, gelösten Stoffe waren beide Höhlenbäche, zum Zeitpunkt der Entnahme während der Trockenzeit (Februar 2012 und Februar 2013), sehr ähnlich den Karstquellwässern im Nationalpark-Kalkalpen (persönliche Mitteilung Elmar Pröll). Die Analyseergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tab. 3: Ergebnisse der Wasseranalyse.

Tab. 3: Results of water analysis.

Elmar Pröll, Nationalpark Kalkalpen

	Labit Kseh		Shalong		Kopili (Vorfluter)
	2012	2013	2012	2013	2013
pH	7,00	7,16	7,75	7,35	6,92
LF [µS/cm]	298	302	299	313	166
Na [mg/l]	1,66	0,81	0,65	1,20	3,13
K [mg/l]	0,37	0,30	0,44	0,75	0,59
Mg [mg/l]	3,32	3,10	4,05	4,00	2,90
Ca [mg/l]	61,61	57,60	60,29	60,80	14,90
Cl [mg/l]	1,15		0,37		
NO <sub>3</sub> [mg/l]	2,26		1,90		
SO <sub>4</sub> [mg/l]	12,97		5,00		
HCO <sub>3</sub> [mg/l]	207,75	179,27	218,45	201,54	60,53
NH <sub>4</sub> [mg/l]		n.n.	0,057	n.n.	
Trübe [NTU]	0,24	0,29			
SAK-254 [1/m]	0,46	0,72	2,16		
SAK-436 [1/m]	0,00	0,02	0,10		
Säurekapazität [mmol/l]	3,41		3,58		

Die Gelb- oder Braunfärbung des Wassers ist mit einem spektralen Absorptionskoeffizienten (SAK) bei 436 nm von 0,02 m<sup>-1</sup> auch in der Krem Shalong gering (niedriger Huminsäuregehalt) – trotz subtropisch dichter Vegetation; vermutlich bedingt durch die eher alkalischen, denn sauren Kalk- und Sandsteinböden. Größere Unterschiede zwischen den beiden Höhlenbächen bestehen nur beim Kaliumgehalt und dem spektralen Absorptionskoeffizienten im UV-Bereich (SAK-254), zusammengefasst in Tabelle 4.

Aus dem SAK-254 lässt sich schließen, dass der Höhlenbach in der Krem Shalong mehr organische Substanzen (Lignine und Humine) enthält als der in der Krem Labit Kseh.

Tab. 4: Unterschiede zwischen den beiden Höhlenbächen.

Tab. 4: Physico-chemical differences of cave streams.

Elmar Pröll, Nationalpark Kalkalpen

	Krem Labit Kseh	Krem Shalong
Kalium	0,33 mg/l	0,60 mg/l
SAK-254	0,46 m <sup>-1</sup>	0,72 m <sup>-1</sup>

Tab. 5: Mittelwerte (Mediane) im Vergleich zu den Alpen.

Tab. 5: Median comparison with values from the Alps.

	Position der Kalkplättchen		
	Oberfläche	vergraben	Niederschlags-summe/Jahr
Pala Range	6 µm/a	42 µm/a	3400 mm (2012) <sup>3</sup>
Alpen (T.G.)	6,4 µm/a <sup>1</sup>	40 µm/a <sup>2</sup>	~3000 mm (2007–2012) <sup>4</sup>
Alpen (HS.)	11 µm/a <sup>2</sup>		

<sup>1</sup> R. Weißmair, Totes Gebirge (Mittelwerte), mit Marmor derselben Herkunft.

<sup>2</sup> Ergebnisse von L. Plan (2005), Hochschwab (Stmk.).

<sup>3</sup> Siehe Tabelle 6.

<sup>4</sup> Schätzwert aus Daten des hydrografischen Dienstes OÖ.

## VERGLEICH DER ERGEBNISSE IN MEGHALAYA MIT JENEN AUS DEN ALPEN

Verglichen wurden die Ergebnisse aus Meghalaya mit Auslageorten in den steirischen Kalkalpen (Plan 2005). Im Toten Gebirge wurden Marmorplättchen aus demselben Gesteinsblock wie die Meghalayaproben verwendet. Mit den Oberflächenproben war dann ein direkter „Korrosionsklima“-Vergleich bezüglich der rezenten Oberflächenlösungsrate der beiden Gebiete möglich (Tabelle 5). Von vergrabenen Proben ist bekannt, dass sie am selben Ort wie die Oberflächenproben höhere Lösungsraten aufweisen als die Oberflächenproben (Ford & Williams, 2007).

Verglichen werden kann nur der klimatische Einfluss in seiner Gesamtheit. Die Unterschiede in der Lösungsrate, bedingt durch unterschiedliche Niederschlagsmengen, wären nur bei gleichen Bedingungen interpretierbar. Zwischen der subtropischen Region Meghalaya und den hochalpinen Standorten in den Alpen sind die Differenzen zum Beispiel bei der Temperatur, der Verdunstungsrate, der Niederschlagsintensität und dem CO<sub>2</sub> Partialdruck zu groß, um aus Unterschieden bei den Jahresniederschlagssummen auf Unterschiede bei den Lösungsraten schließen zu können. Außerdem stellte sich heraus, dass die Niederschläge 2012 im Bezirk Jaintia Hills mit

3400 mm unterdurchschnittlich niedrig waren. Der langjährige Durchschnitt liegt bei 6042 mm/a (Tabelle 1).

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse aus Meghalaya und aus den Alpen einander gegenübergestellt.

Die Oberflächenproben (aus demselben Gesteinsblock) haben mit 6,0 µm/a (±10,8 %) in Meghalaya und 6,4 µm/a (±20 %) im Toten Gebirge innerhalb des Streumaßes MAD die gleiche Lösungsrate. Die mittlere Jahresniederschlagssumme am Messstandort in Meghalaya liegt mit 3400 mm (Tabelle 1) etwa in der Größenordnung des mittleren Jahresniederschlags an den Standorten im Toten Gebirge mit 2000 mm bis 4000 mm (hydrografischer Dienst OÖ).

Zu bemerken ist hier noch, dass im Toten Gebirge die Lösungsrate nicht mit der Jahresniederschlagssumme korrelierte ( $r < 0,5$ ).

Eine Lösungsrate von 42 µm/a bei den vergrabenen Proben in Meghalaya entspricht ziemlich gut den alpinen Werten (Plan 2005). In den Alpen war der Boden ein flachgründiger Humuskarbonatboden, in Meghalaya handelte es sich um sandig-lehmige Böden, mit einem hohen Anteil an organischen Kohlenstoffverbindungen.

Tab. 6: Lösungsraten von Marmorplättchen im Toten Gebirge, in µm/a (Median aus allen Einzelwerten: 6,4 µm/a ±20 % MAD).  
Tab. 6: Dissolution rates of marble tablets from Totes Gebirge (median of all single values: 6,4 m/a ±20 % MAD).

Massen	2007/2008	2008/2009	2009/2010	2008/2010	2010/2011	2011/2012
17,1 g	3,0 µm/a BRG				3,3 µm/a SWT	
43,0 g			6,4 µm/a NEK	3,8 µm/a BRG		
17,0 g		6,0 µm/a KRA	6,5 µm/a NEK			8,6 µm/a NEK
39,6 g		8,4 µm/a NEK				
43,0 g		5,5 µm/a KRA				
16,7 g		5,1 µm/a SWT	5,1 µm/a SWT			7,5 µm/a SWT
19,4 g		7,0 µm/a SWT	7,0 µm/a SWT			9,6 µm/a SWT

Auslageorte im Toten Gebirge / Locations in the Totes Gebirge:

BRG: Gr. Brieglersberg, 2100 m; SWT: Wassertal, 2000 m; NEK: Neunerkogel, 1700 m; KRA: Krappfenscharte, 1800 m

## DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Vergleich zu den nördlichen Kalkalpen wurden in Meghalaya keine höheren Lösungsraten, weder im Boden (vergrabene Proben) noch an der Oberfläche, festgestellt. Die Lösungsrate der Bodenproben stimmt auch mit den Ergebnissen von Plan (2005) überein – gemessen ebenfalls in den nördlichen Kalkalpen. Die Lösungsrate der Oberflächenproben sind bei Plan mit 11 µm/a etwa doppelt so groß (Tabelle 4).

Trotz klimatischer Unterschiede sind also die Lösungsrate der Oberflächen- und der Bodenproben jeweils

ebenso groß wie die in den nördlichen Kalkalpen. Da die unerwartet geringen Lösungsrate in Meghalaya im Widerspruch zur wahrscheinlich intensiven und noch anhaltenden Höhlenbildung stehen – der kalkgesättigte Höhlenbach der Krem Labit Kseh verstärkt diesen Eindruck – muss man wahrscheinlich davon ausgehen, dass die gemessenen Lösungsrate der Marmorplättchen die Intensität der rezenten Verkarstungsprozesse nicht widerspiegeln. Denkbare Ursachen wären:



- a) Es existiert ein bedeutender Erosionsanteil (schnell fließende Höhlenbäche?), der dann methodisch so nicht erfassbar wäre.
- b) Der Einfluss von biogenem CO<sub>2</sub> aus den subtropischen Böden wurde mit einer Auslagetiefe von 20 cm nur unzureichend oder gar nicht erfasst.
- c) Diese Ergebnisse („solution tablet data“) haben nur eine beschränkte Aussagekraft. Allerdings be-

zieht sich diese Feststellung von Ford & Williams (2007) auf die Quantität des Gesamtabtrags und nicht auf die Proportionalität zum Gesamtabtrag. Nach Ford & Williams (2007) sollte – ein internationales Resultat - die Lösungsrate eine deutliche Klimaabhängigkeit aufweisen, mit generell höheren Werten in den humiden Tropen. Das wurde hier eindeutig nicht beobachtet.

## DANKSAGUNG

Mein Dank geht die Teilnehmer und Organisatoren der Meghalayaexpedition 2012 und 2013 für ihre Unterstützung. Stellvertretend seien hier die Namen Thomas Arbenz und Peter Ludwig genannt. Weiters sei Elmar Pröll vom Nationalpark-Kalkalpen für die Durchführung der Wasseranalysen und Rudi Pavuza (NHM-Wien) für die Marmorplättchen gedankt.

Dasselbe gilt für Barbara Sponholz (Universität Würzburg) für die interessante Konversation über Karst und Sandsteinkarst.

Besonderer Dank geht an Thomas Arbenz für die Unterstützung mit seinem umfangreichen Wissen über Meghalaya und die Bereitstellung seiner Daten in Form von Karten, Plänen und Tabellen.

## LITERATUR

- Bögli, A. (1978), Karsthydrographie und physische Speläologie. – Springer, Berlin Heidelberg.
- Breitenbach, S., Donges, J., Daly, B.K., Kohn, T., Kohn, T. (2010), „Two sandstone caves on the southern edge of the Meghalaya Plateau, India“. – Cave and Karst Science, Vol.37, No.2, Transactions of the British Cave Research Association.
- Dutta, N. K. (2009), Geological Survey of India. – GSI Misc. Pub. 30 Pt. 4 Vol. 2(i) Kolkata.
- Ford, D. and Williams, P. (2007), Karst Hydrogeology and Geomorphology. –Wiley & Sons, Chichester, England.
- Gams, I. (1981), Comparative research of limestone solution by means standard tablets. Proceedings of the 8th International Congress of Speleology. – Bowling Green, Kentucky, Vol. 1, pp. 273-5.
- Plan, L. (2005) Factors controlling dissolution rates quantified in a field test in the Austrian Alps. – Geomorphology, 68, 201–212.
- Ramesh K. Saxena and Gyanendra K. Trivedi (2009), Palynological investigation of the Kopili Formation (Late Eocene) in North Cachar Hills. – Assam, India, Birbal Sahni Institute of Palaeobotany.
- Samanta, B.K. (1971), Early Tertiary stratigraphy of the area around Garampani. – Mikir-North Cachar Hills, Assam. J. Geol. Soc. India.
- Website of India Meteorological Department, Mausam Bhawan, Lodhi Road, New Delhi–110003.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 2013

Band/Volume: [064](#)

Autor(en)/Author(s): Weißmair Rudolf

Artikel/Article: [Anwendung der Kalktablettenmethode in Meghalaya \(Indien\) 145-152](#)