

Die Gobholo-Höhle in Swasiland – Expedition in eine der längsten Granithöhlen der Welt

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gobholo-Höhle im westlichen Swasiland (südliches Afrika) wird zwar zum Teil schon seit einigen Jahren touristisch für Abenteuerführungen genutzt, wurde jedoch bisher weder vermessen noch wissenschaftlich untersucht. Ein internationales Team von Höhlenforschern hat Anfang 2014 begonnen, die Höhle systematisch zu erforschen, zu vermessen und zu dokumentieren. Mit einer bisher vermessenen Ganglänge von über 1 km und weiteren noch unerforschten Fortsetzungen zählt sie zu den längsten Granithöhlen der Welt. Die oberen Teile der Höhle liegen im Blockwerk eines den Gobholo-Fluss überlagernden Felssturzes, während die unteren Teile von In-situ-Tiefenverwitterung des anstehenden archaischen Alkalifeldspatgranits gekennzeichnet sind. Dabei ist der Fluss, der bei Hochwasserereignissen die Höhle flutet, für den Abtransport der Verwitterungsprodukte verantwortlich. Vielfältige und zahlreiche Sinterablagerungen (bestehend aus Opal-A und Pigotit) sind vermutlich von mikrobiellen Prozessen geprägt. Weiters bietet die Höhle Lebensraum für zahlreiche Tierarten, darunter Fledermäuse, Spinnen und Höhlenschrecken. Möglicherweise aus der lokalen Stein- bis Eisenzeit stammende archäologische Fundstücke könnten auf eine historisch-kulturelle Nutzung der Höhle hindeuten. Es wurde ein thermales Gerinne angetroffen, und Temperatur-, CO₂- und Radonmessungen lieferten Daten zum Höhlenklima, die auf eine größtenteils gute Durchlüftung hinweisen. Über das Alter der Höhle kann derzeit lediglich spekuliert werden, wobei die zurzeit nur grob datierten archäologischen Fundstücke zumindest auf ein Alter von 40.000 Jahren hinweisen.

ABSTRACT

The Gobholo Cave in Swaziland – Expedition to one of the world's largest granite caves

A small part of the Gobholo cave in western Swaziland (southern Africa) has been used for touristic adventure tours for a few years, but the cave has never been surveyed nor investigated scientifically. An international team of speleologists started exploring, surveying and documenting the cave in early 2014. So far, more than 1 km has been surveyed, making Gobholo cave one of the world's longest granite caves and several continuations are still unexplored. The upper parts of the cave are located in a rockfall deposit overlying the Gobholo river, whereas the lower parts originated from in-situ weathering of the archaic alkali feldspar granite. The river floods large parts of the cave during heavy rainfalls and is responsible for the partial removal of the weathering material out of the cave. Manifold and numerous flowstones (composed of opal-A and pigotite) probably formed via microbial processes. The cave is also a habitat for various animal species, including bats, spiders and cave crickets. Archaeologic artefacts probably dating back to the local Stone Age and Iron Age bear evidence of a former cultural use of the cave. A thermal spring was found and temperature, CO₂ and radon measurements provide data about the cave climate which is characterised by fairly good ventilation. The age of the cave is uncertain but the only approximately dated archaeological artefacts suggest a minimum age of 40,000 years.

Harald Bauer, Thomas Exel

Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich
Obere Donaustraße 97/1/61, 1020 Wien
harald.bauer@email.com
thomas.exel@aon.at

Pauline Oberender

Naturhistorisches Museum
Karst und Höhlenkundliche Arbeitsgemeinschaft
Museumsplatz 1/10, 1070 Wien
pauline.oberender@nhm-wien.ac.at

Rabbe Sjöberg

P&G Group Bodviksvägen 14
91342 Obbola, Schweden
rabbeksjoberg@gmail.com

Johannes Lundberg

Department of Botany
Swedish Museum of Natural History
Box 50007
104 05 Stockholm, Schweden
johannes.lundberg@nrm.se

Manuela Scheuerer

Duvbovägen 96B, lgh 1302
16343 Spånga, Schweden
manuela.scheuerer@gmail.com

Eingereicht: 16.2.2015

Angenommen: 4.5.2015

EINLEITUNG

Die Gobholo-Höhle liegt entlang des 1,7 km langen, unterirdischen Abschnittes des Gobholo-Flusses im gleichnamigen Tal im Nordwesten Swasilands (Abb. 1) im südlichen Afrika und ist eine der längsten Granithöhlen der Welt. Ein kleiner Teil der Höhle wird schon seit einigen Jahren von der Firma Swazi Trails um Darron Raw touristisch für Abenteuerführungen genutzt. Im Jahr 2012 wurde unter der Leitung von Johannes Lundberg und Manuela Scheuerer eine Vor-Expedition durchgeführt, und die Ergebnisse wurden im folgenden Jahr beim ICS-Kongress in Brunn präsentiert (Scheuerer et al., 2013).

Um die Jahreswende 2013/2014 fand eine internationale Expedition mit zwölf Höhlenforschern aus fünf Ländern statt; neben den Autoren waren das Peter Blomqvist (Schweden) und Ljuba Sromova (Tschechien), sowie Edward Netherlands, Daneel du Prez, Sharron Reynolds und Leon de Kock (alle Südafrika).

Ziel der Expedition war die Erforschung und Vermessung der Höhle sowie die Dokumentation der Fauna. Außerdem wurden Temperatur, Radon- und CO₂-Gehalt der Höhlenluft sowie die Gammastrahlung ge-

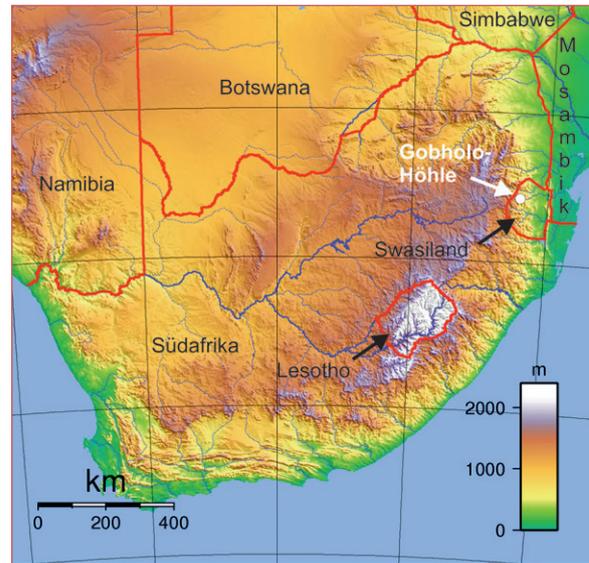


Abb. 1: Lage der Gobholo-Höhle im südlichen Afrika.
Fig. 1: Location of Gobholo cave in southern Africa.

messen. Für die genauere Untersuchung im Labor wurden Gesteins-, Sediment-, Wasser- und Sinterproben genommen.

UNTERSUCHUNGSGEBIET

Lage

Das rund 17.000 km² große Königreich Swasiland liegt im südöstlichen Afrika und ist größtenteils von der Republik Südafrika umschlossen. Nur im Nordosten besteht eine Grenze zu Mosambik. Geographisch wird das Land von West nach Ost in drei klimatisch sehr unterschiedliche Zonen geteilt: Highveld (mit 1200 m durchschnittlicher Seehöhe), Middleveld (700 m Sh) und Lowveld (250 m Sh) sowie das an der Ostgrenze liegende Lebombo-Gebirge (auch Lubombo genannt, 600 m Sh). Die klimatischen Bedingungen in den Regionen variieren: Die durchschnittlichen Niederschläge nehmen von Westen nach Osten ab, während die durchschnittlichen Jahrestemperaturen von Westen nach Osten zunehmen. Der Jahresdurchschnittsniederschlag der Mbabane-Region beträgt 792 mm für den Zeitraum 1900-2009 (Weltbankgruppe, 2015). Die Gobholo-Höhle liegt im NO-SW verlaufenden Tal des gleichnamigen Flusses ungefähr 4 km südöstlich der Hauptstadt Mbabane im Westen des Landes am Übergang vom Highveld in das Middleveld. Der nächstgelegene Ort ist Ezulwini 3 km südlich des Eingangs der Höhle.

Umgebung der Höhle

Ausgehend vom Kapolo Estate, einem Grundstück der Firma Swazi Trails, erfolgt der Zustieg zur Höhle in nördlicher Richtung zunächst durch einen künstlich angelegten Eukalyptus-Wald, bevor man in das Tal des Gobholo-Flusses eintretend eine naturbelassene Landschaft vorfindet. Das etwa 200 m breite Tal ist nur teilweise bewaldet. Granitblöcke mit einem Durchmesser von bis zu 20 m prägen das Landschaftsbild. Im Gebiet der Höhle stößt man immer wieder auf trichterförmige Vertiefungen, die meisten davon sind jedoch verlegt.

Die direkte Entfernung zwischen der Flussschwinde und der Wiederaustrittsstelle beträgt ca. 1,7 km (Abb. 2).

Zurzeit sind vier Höhleneingänge bekannt (*Tourist Entrance*, *Austrian Entrance*, *Jungle Entrance* und *Whale Entrance*), wobei die Entfernung zwischen den beiden am weitesten voneinander entfernten Eingängen lediglich 60 m beträgt. Abbildung 3 zeigt den Bereich um den auf ca. 940 m Seehöhe liegenden *Tourist Entrance*, Abbildung 4 die dahinter liegende Eingangshalle.

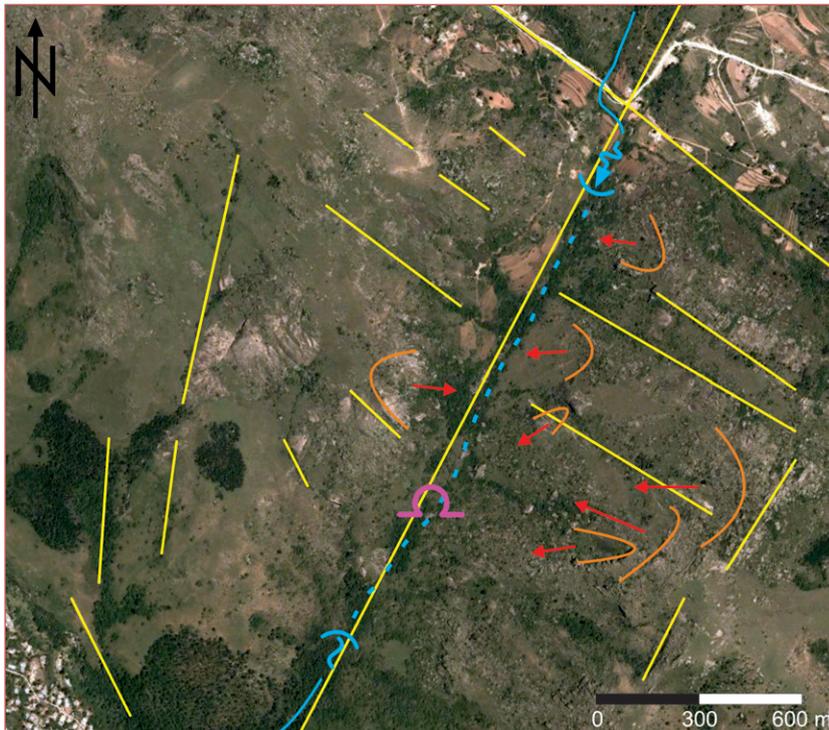


Abb. 2: Geomorphologie des NNE–SSW verlaufenden Gobholo-Tales. Der unterirdische Verlauf des Gobholo-Flusses (blau strichlierte Linie) von der Schwinde im Norden bis zum Wiederaustritt des Flusses im Süden beträgt 1,7 km. Der Eingangsbereich der Gobholo-Höhle (violette Symbol) liegt in der südlichen Hälfte des unterirdischen Flusses. Die orangen Linien zeigen Abbruchgebiete, rote Pfeile die Richtung der Felsstürze. Gelbe Linien zeigen geologische Lineamente.

Fig. 2: Geomorphology of the NNE-SSW trending Gobholo valley. The underground section of the Gobholo river (blue line) from the ponor in the North to the resurgence in the South is 1.7 km long. The cave entrance (purple symbol) lies in the southern half of the underground river. Orange lines frame the source areas of rockslides, red arrows show their direction. Yellow lines show geologic lineaments.

Hintergrund: Google Earth

Geologie

Swasiland ist mit Ausnahme des Lebombo-Gebirges im Osten (permo-triassisch und jünger) fast gänzlich Teil des im Archaikum (4 bis 2,5 Ga = Milliarden Jahre) entstandenen Kaapvaal-Kratons im Süden Afrikas. Dieser entstand zwischen 3,7 und 2,7 Ga und wurde nach seiner Stabilisierung nicht mehr gebirgsbildend überprägt (de Wit et al., 1992). Er bildet somit eines der ältesten existierenden Krustenfragmente der Erde. Das Gebiet der Gobholo-Höhle liegt im Mbabane-Pluton, dessen grobkörnige porphyrische Granite vor 2,5-2,7 Ga (die Datierung beruht auf der Rb-Sr-Methode) in die umliegenden älteren Gesteine des Ancient-Gneiss-Komplexes intrudiert sind (Layer et al., 1989). Meyer et al. (1994) beschreiben den Pluton als Kalzium-reichen, hochdifferenzierten Alkaligranit. Zeh et al. (2011) datieren den K-reichen Mbabane-Granit auf 2,72 Ga (Lu-Hf-Alter). Spärlich vorhandene Dolerit-Gänge sind vermutlich proterozoischen Alters (2,5-0,54 Ga) (Wilson, 1979).

METHODIK

Oberfläche

Im Talabschnitt um die Höhle wurden potenzielle Höhleneingänge aufgenommen und erforscht sowie

Die Landschaften in Südafrika und Swasiland sind mehrere Millionen Jahre alt. Die letzte größere Hebung des südlichen Afrika fand vor ca. 2,5 Ma (= Millionen Jahre) statt und betrug in etwa 900 m (King, 1955; Patridge & Maud, 1987). Dies sind die jüngsten bekannten tektonischen Bewegungen in dieser Region. Doch bis heute führt die Oberflächenerosion zu einer isostatischen Ausgleichsbewegung und somit zu einer Hebung um rund 4 m/Ma (Scharf et al., 2013; Decker et al., 2013). Chadwick et al. (2001) gehen sogar davon aus, dass sich, abgesehen von der erosionsbedingten isostatischen Hebung, die Landschaft in den letzten 70 Ma kaum verändert hat. Generell handelt es sich um eine alte, stabile Landschaft, die nur sehr langsam erodiert wird.

In Ezulwini sind drei Thermalquellen bekannt, die auch für die Versorgung von Thermalbädern genutzt werden. Die Temperaturen reichen von 37 bis 40 °C und die größte Quelle hat eine Schüttung von 4 l/s. Eine dieser Quellen liegt in der Nähe eines Doleritganges (Robins, 1979, 2013).

Quellen und Schwinden erfasst. Um Hinweise zur Genese der Gobholo-Höhle zu erlangen, wurde die Umgebung der Höhle grob geomorphologisch kartiert, wobei besonderes Augenmerk auf die Störungsflächen



Abb. 3: Große Granitblöcke in der Umgebung des Tourist Entrance.
Fig. 3: Large granite boulders surrounding the Tourist Entrance.

Foto: Thomas Exel

an den Bergflanken und die Blockablagerungen am Talboden gelegt wurde. Frei verfügbare Satellitenbilder (Google Earth) wurden unterstützend herangezogen.

Erforschung und Vermessung

Erforscht und vermessen wurde in drei Teams, wobei aufgrund der labyrinthischen Anlage und der zahlreichen Fortsetzungen der Höhle gezielt in Richtung der anderen Vermessungsteams gearbeitet wurde, um den Zusammenschluss der drei Teilvermessungen in der vorhandenen Zeit zu ermöglichen. Da es sich bei der Höhle um eine überwiegend chaotische Ansammlung von Blöcken handelt, wurde es nicht als zielführend erachtet, um jeden Block heruzumessen, sondern entlang einer naheliegend erscheinenden bzw. am besten befahrbaren Route gezielt in bestimmte Richtungen, z.B. talauf- bzw. talabwärts oder in Richtung eines anderen Einganges, vorzustoßen.

Vermessen wurde sowohl analog mit Visur und Laser-Entfernungsmesser als auch mit elektronischen Hilfsmitteln (DistoX und PDA; Heeb, 2008). Ausgegangen wurde von zwei Stellen im bereits bekannten, touri-

stisch genutzten Teil, sowie von einem bislang unerforschten Eingang der Höhle (*Austrian Entrance*). Der Komplexität der aus kleinen (1 m Durchmesser) bis riesigen Blöcken (>10 m Durchmesser) aufgebauten Höhle wurde mit einer speziellen Vermessungsmethode begegnet, wobei die zukünftige Nutzung des Plans als brauchbare Orientierungshilfe im Vordergrund stand. Große Blöcke wurden generell als Raumbegrenzung gezeichnet, und die Gangbreite wurde als auf den Befahrer subjektiv wirkende Breite meist in Brusthöhe angenommen, auch wenn die tatsächliche Maximalbreite des Ganges aufgrund der Rundung der Blöcke in Boden- bzw. Deckenhöhe größer ist. Zur Erstellung eines 3D-Modells wurde an zahlreichen Vermessungspunkten der Gangquerschnitt aufgenommen.

Probenahme und Auswertung

Es wurden Gesteinsproben zur Gesamtmineralanalyse und zur Herstellung von Dünnschliffen vom granitischen Hauptgestein genommen. Außerdem wurden ein Stück dunklen Ganggesteins sowie Proben zur (ton-)mineralogischen Untersuchung von unterschiedlich stark verwitterten Graniten und oberflä-

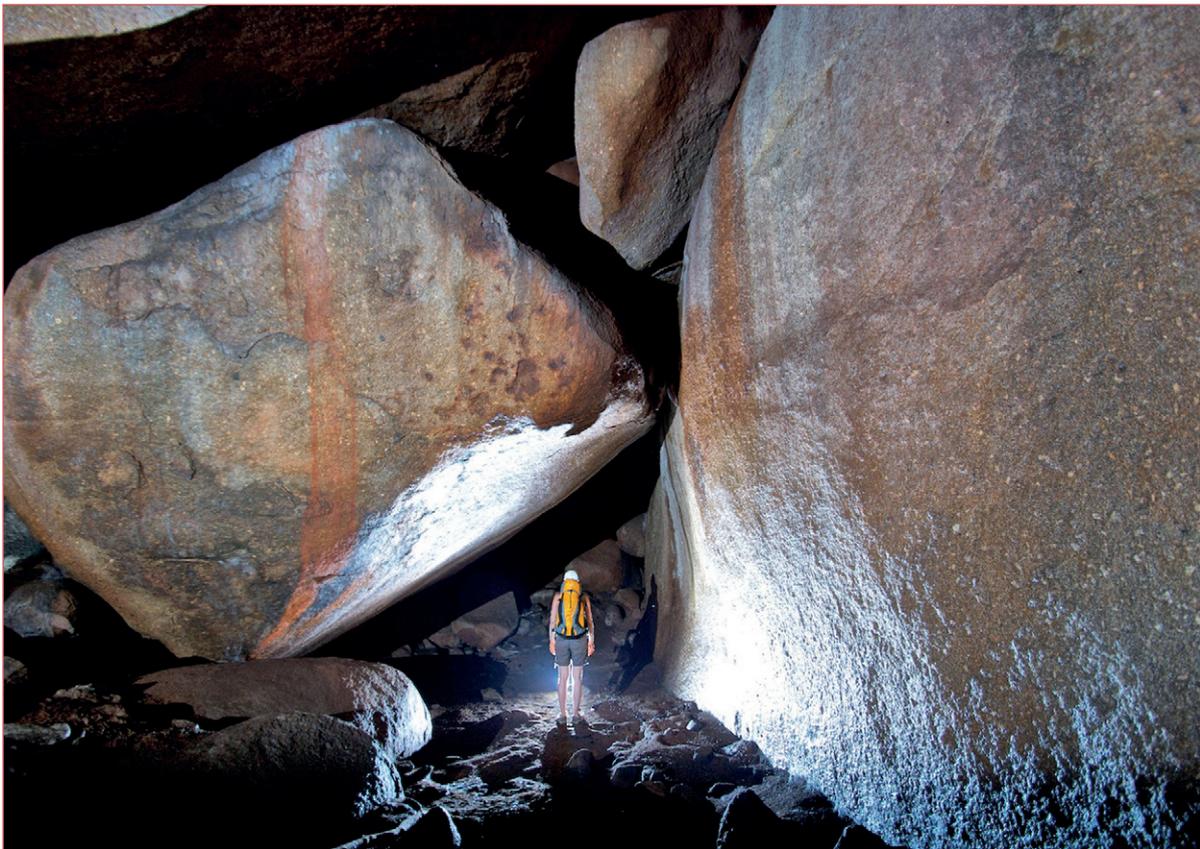


Abb. 4: Großräumige Halle des Tourist Entrance.
Fig. 4: Spacious hall of the Tourist Entrance.

Foto: Thomas Exel

chennahen, möglicherweise allochthonen Feinsedimenten genommen. Sinterablagerungen aus unterschiedlichen Niveaus der Höhle wurden für mineralogische und mikrobiologische Untersuchungen gesammelt, ebenso wurden Wasserproben aus thermalen Gerinnen genommen. Die Gesteins-, Sediment- und Sinteruntersuchungen wurden mittels Röntgendiffraktometrie („X’Pert Pro“ der Firma PANalytical) und Dünnschliffanalyse (nur Gesteine) durchgeführt.

Untersuchung des Höhlenklimas

Zur Messung des Radongehaltes in der Gobholo-Höhle für vergleichende Studien mit den Werten aus anderen Granithöhlen sowie für Hinweise zur Bewetterung wurden drei Radon-Dosimeter des Typs Kodalpha der Firma GT-Analytic (Lambesc, Frankreich) verwendet. Die Dosimeter enthalten den Festkörper-Kernspurdetektor LR-115, eine Folie aus Polyester, die mit einer 12 µm dünnen Nitrocelluloseschicht versehen ist. Diese Beschichtung wird von den auftretenden α-Teilchen, die beim Radonzerfall entstehen, beschädigt. Die entstandenen Löcher können im Labor nach einer chemischen Behandlung der Folie unter dem Mikro-

skop ausgewertet werden. Neben Radon werden auch die Tochternuklide ^{218}Po und ^{214}Po detektiert sowie ^{220}Rn (Thoron) und dessen Tochternuklide. Gegenüber β- und γ-Strahlung ist die Beschichtung jedoch unempfindlich.

Die Messung von Temperatur und CO_2 -Gehalt erfolgte mit dem Messgerät „Air CO_2 control 3000“ von Dostmann Electronic. Es weist einen Messbereich von 0–3000 ppm auf und wird anhand eines Messgases auf 1000 ppm kalibriert. Die Auflösung des Gerätes beträgt 0,1 °C und 1 ppm. Laut Hersteller weist es eine Messgenauigkeit von 5 % auf. Für die Messung der Gammastrahlung wurde das Gerät „γ-Monitor“ von Conrad Electronic verwendet. Der Messbereich liegt zwischen 10 und 10.000 nSv/h (Nanosievert pro Stunde; Sievert ist die Einheit der radioaktiven Strahlendosis und dient deren Quantifizierung in Bezug auf gesundheitliche Risiken).

Höhlenfauna und Archäologie

Die vielfältige Höhlenfauna und archäologische Fundstücke wurden zur späteren Konsultation von Experten lediglich fotografisch dokumentiert.

ERGEBNISSE UND INTERPRETATION

Vermessung

An insgesamt sechs Tagen wurde von drei Teams 1099 m Ganglänge vermessen. Somit ist die Gobholo-Höhle die derzeit weltweit neunt längste Höhle der Kategorie Talus/Boulder/Granite cave (Gulden, 2015). Der Höhenunterschied in der Höhle beträgt 62 m und die Horizontalerstreckung der vermessenen Teile 175 m. Weiters wurden zwei neue Eingänge mit dem bereits bekannten touristisch befahrenen Höhlenteil verbunden, wobei der am weitesten entfernte Eingang (*Austrian Entrance*) nur rund 60 m Luftlinie oberhalb des bereits länger bekannten *Tourist Entrance* liegt. Die Höhle hat somit folgende Eingänge: die bereits länger bekannten Eingänge *Tourist* und *Whale Entrance*, sowie die neu entdeckten *Austrian* und *Jungle Entrance*. Für die Darstellung der Vermessungsergebnisse wurden aufgrund der komplexen Raumverhältnisse Teilpläne im Maßstab 1:200 erstellt, um eine Orientierung in der Höhle zu ermöglichen. Kleinere Maßstäbe sind aufgrund der labyrinthischen Anlage nicht zielführend. Der erstellte Plan dient der Orientierung und nicht als Grundlage für morphologische Beschreibungen der Höhle. Für Letzteres ist ein 3D-Modell (Abb. 5) erstellt worden. Dieses setzt sich aus den Messzügen sowie bei zahlreichen Messpunkten aufgenommenen Raumquerschnitten zusammen.

Geomorphologie des Tales und Genese der Höhle

Das von Nordwesten nach Südosten verlaufende Tal des Gobholo-Flusses ist an einer tektonischen Störung angelegt. Das Landschaftsbild wird von stark gerundeten, im Boden eingebetteten Granitblöcken geprägt.

Die gute Abrundung der Granitblöcke wird der Woll-sackverwitterung zugeschrieben, die besonders in alten Granitlandschaften unter tropischem Klima auftritt. De Villiers & Wit (2007) beschreiben die Böden in der Middleveld-Region als tropische, ferralitische, also tiefgründig verwitterte, an Eisen und Aluminium angereicherte, intensiv gelb, orange oder rot gefärbte Böden, die eine Mächtigkeit von bis zu 20 m aufweisen.

Das Tal weist in jenen Abschnitten, in denen der Fluss oberirdisch verläuft, eine V-Form auf, was typisch für Täler ist, die vorwiegend durch Flusserosion geprägt sind. Mit dem Eintritt des Flusses in den Untergrund ändert sich jedoch die Morphologie des Tales. Die westliche Talseite ist nun weniger steil, die östliche Talseite hingegen ist durch eine steil abfallende Felswand geprägt. Darunter befinden sich am Talboden Blöcke unterschiedlicher Größe, die keine Sortierung aufweisen und als Felssturzmasse angesprochen werden können. Unter dieser Blockakkumulation setzt sich der Gobholo-Fluss unterirdisch fort (Abb. 2).

Der Talboden unmittelbar vor dem Felssturzkörper weist nur wenige, dafür sehr große, gerundete Granitblöcke und einen geringen Gradienten auf. Die Blöcke der Sturzmasse hingegen sind weniger stark gerundet. Am Wiederaustritt des Gobholo-Flusses weist die Sturzmasse eine steile Front auf. Diese morphologischen Merkmale lassen den Schluss zu, dass der Felssturz einen bereits vorhandenen Flusslauf verstürzt hat.

Da es sich um eine tektonisch stabile Landschaft handelt, stellt sich die Frage, was den Felssturz ausgelöst haben könnte. Zyklone können Auslöser für Massenbewegungen sein (A. Goudie, pers. Mitt. 2014). So hatte der Zyklon Domoina 1983 zahlreiche Felsstürze

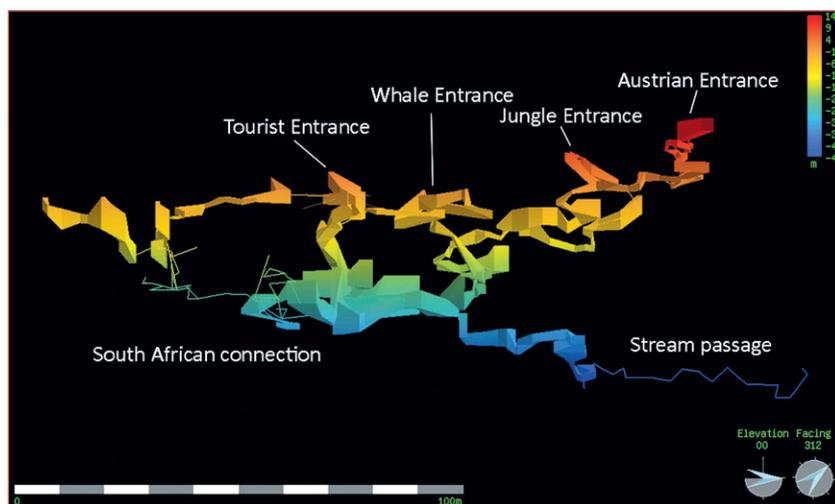


Abb. 5: 3D-Modell der vermessenen Höhlenteile basierend auf den Raumquerschnitten an zahlreichen Messpunkten der Höhlenvermessung.

Fig. 5: 3D model of the surveyed parts of the cave based on the corridor profiles at numerous survey points.

und Murenabgänge im Mkhondvo-Tal zur Folge. Lee-Thorp et al. (2001) haben bei der Untersuchung eines Stalagmiten aus der Cold Air Cave im Nordosten Südafrikas einen Beleg dafür gefunden, dass das Klima im mittleren Holozän bis vor 5200 Jahren feucht und warm war. Unter diesen Bedingungen kann es auch zu einem vermehrten Auftreten von Zyklonen gekommen sein. Eine deutliche Änderung trat vor etwa 3200 Jahren auf, in deren Folge das Klima trockener und kälter wurde und um 1750 n. Chr. seinen Tiefpunkt erreichte.

Morphologie der Höhle

Die oberflächennahen Teile der sehr labyrinthischen Höhle sind im Felssturzblockwerk angelegt und ähneln einer (Block-)Überdeckungshöhle. Die unsortierten Blöcke liegen übereinander, in den Hohlräumen dazwischen befinden sich rote, tonreiche, lateritische Sedimente (Vidal Romani, 2014; Abb. 6). Diese Sedimente können entweder durch gravitative Prozesse in die Höhle gelangt sein oder sind Verwitterungsprodukte der Granitblöcke selbst. Exfoliation (kugelschalige Ablösung) ist ein mehrmals beobachtetes Verwitterungsphänomen (Abb. 7).

In den tieferen Teilen der Höhle verändert sich die Morphologie dahingehend, dass sich die Blöcke sichtbar aus dem anstehenden Fels lösen. Diese Wollsackverwitterung erfolgt entlang von Klüften und führt typischerweise zur Herausbildung gerundeter Blöcke. Dazwischen liegt der stark verwitterte Granit (Abb. 8). Noch tiefer, in den flussnahen Teilen der Höhle, scheinen jedoch wieder lose Blöcke zu dominieren, was aber vermutlich auf die häufige, durch Kiesablagerungen belegte Überflutung dieser Bereiche und



Abb. 6: Autochthoner Verwitterungsrückstand des Granits.
Fig. 6: *Autochthonous weathering residue of the granite.*

Foto: Thomas Exel

den damit verbunden Abtransport der Verwitterungsprodukte aus den Blockzwischenräumen zurückzuführen ist.

Hydrologie der Höhle

Das hydrologische System innerhalb der Höhle ist schwer erfassbar. Bisher ist nur eine Stelle in der Höhle bekannt, wo man zwischen kompakt gelagerten Blöcken auf den Fluss hinunter sieht. Der Fluss hat eine zu hohe Fließgeschwindigkeit, als dass eine Befahrung der wasserdurchflossenen Hohlräume ohne hohes Risiko möglich wäre. In den darüberliegenden Höhlenteilen wurden Spuren temporärer Wasserführung anhand von eingeschwemmten Lockersedimenten (Sande und Kiese), jedoch keine Fließfacetten oder

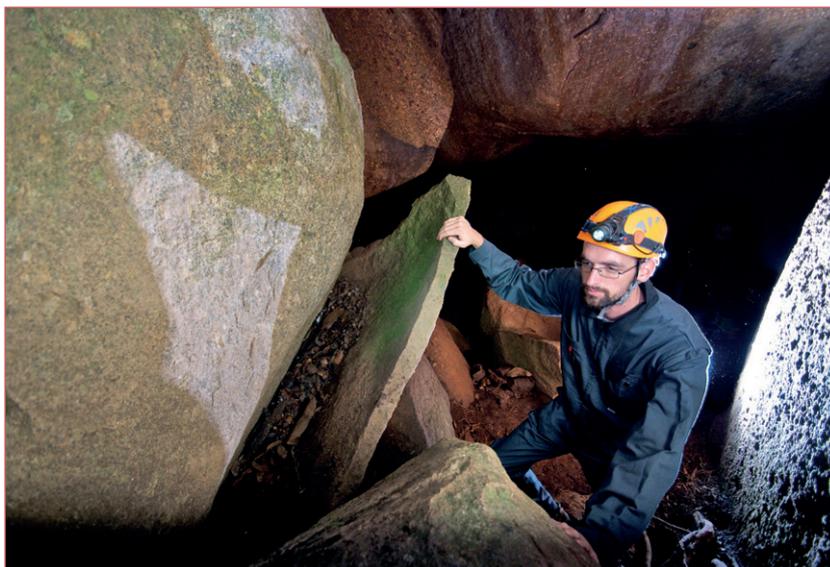


Abb. 7: Exfoliation im Bereich des Tourist Entrance.

Fig. 7: *Exfoliation at the Tourist Entrance.*

Foto: Thomas Exel

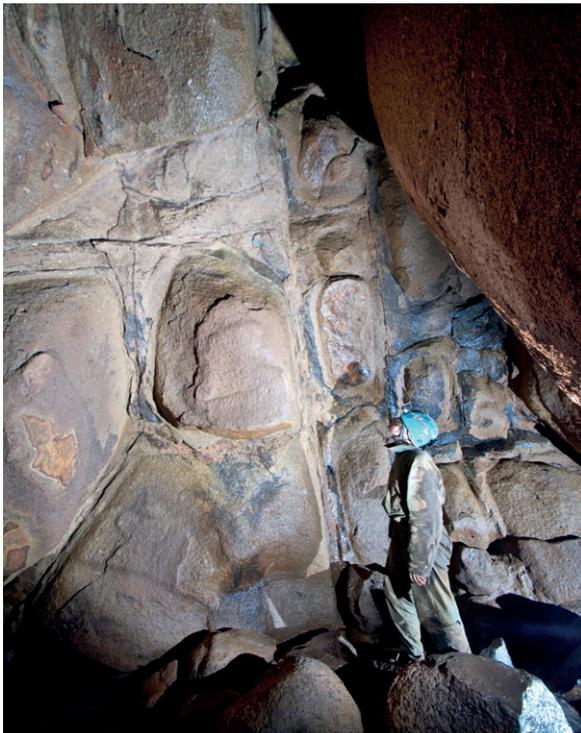


Abb. 8: Wollsackverwitterung in den tieferen Teilen der Höhle. Die Verwitterung erfolgt entlang senkrecht aufeinander stehender Klüfte und führt zur Herauslösung gerundeter Blöcke.

Fig. 8: Spheroidal weathering in deeper parts of the cave. Weathering occurs along perpendicular joints and leads to the formation of rounded boulders. Foto: Thomas Exel

Strudeltöpfe angetroffen. Ob Letztere in den vom Fluss gefluteten Höhlenteilen vorhanden sind, ist nicht bekannt (vgl. Vaqueiro Rodríguez et al., 2015).

Unweit der bekannten Eingänge weist die Höhle zumindest einen bekannten Überlauf auf. Seine Aktivierung hängt wahrscheinlich mit Hochwässern nach Starkregenereignissen zusammen. Dies konnte jedoch nicht direkt beobachtet werden. In der Höhle wurde darüber hinaus ein thermales Gerinne angetroffen.

Gestein

Unterhalb des *Jungle Entrance* bei Vermessungspunkt U53 wurde vom granitischen Hauptgestein sowie vom Ganggestein eine Probe genommen und untersucht. Beim *Austrian Entrance* wurden dunkle Xenolithe mit einem Durchmesser von bis zu 10 cm im Granit vorgefunden.

Die Granitprobe weist eine Zusammensetzung von etwa 70 % Quarz, 25 % Alkalifeldspäten (Albit und Mikroklin) und 5 % Biotit auf und stellt einen Alkalifeldspatgranit dar. Einzelne Alkalifeldspäte können eine Größe von bis zu 4 cm aufweisen (Abb. 9). Undulöse Auslöschung und Niedrigtemperatur-Korngrenzen-

wanderung im Quarz deuten auf eine metamorphe Überprägung mit dynamischer Rekristallisation der Quarzkörner bei etwa 300 °C hin. Bei der Abkühlung kam es zur retrograden Serizitisierung der Feldspäte (Abb. 10).

Das Gestein des etwa 10 cm breiten, dunklen Ganges besteht neben dem dominierenden Biotit aus Aktinolith (Ca-Amphibol), Plagioklas und geringen Mengen Quarz und Mikroklin. Sowohl der Plagioklas als auch der Amphibol sind teilweise zoniert. Das kaliumreiche Ganggestein wurde als Lamprophyr klassifiziert und ist vermutlich ein Restprodukt des Magmas, aus dem der umgebende Alkalifeldspatgranit kristallisiert ist.

Sedimente

Die Sedimente bestehen hauptsächlich aus den mechanisch verwitterten Hauptbestandteilen von Granit, wie Quarz, Glimmer und Feldspat. Der Hauptbestandteil der Tonfraktion der untersuchten Sedimente ist Kaolinit, ein Verwitterungsprodukt feldspatreicher Gesteine in feuchtwarmen Regionen. In den meisten Sedimenten ist weiters Gibbsit, $\text{Al}(\text{OH})_3$, vorhanden, welcher ein äußerst stabiles Produkt der allitischen Verwitterung ist und auf eine lange Verwitterungszeit schließen lässt. Als allitisch werden Verwitterungsvorgänge in (sub-)tropischen Gebieten bezeichnet, bei denen Kieselsäure unter basischen Bedingungen ausgewaschen wird und es zur Bildung von Aluminiumhydroxid und zur Anreicherung von Eisenoxiden kommt. Dies führt schließlich zur roten Färbung der sogenannten lateritischen Böden.

Speläotheme

Granithöhlen sind in den meisten Klimabereichen nicht selten überraschend reich an Speläothemen (Vidal Romaní et al., 2010b), und die Gobholo-Höhle ist dabei keine Ausnahme. Drei verschiedene Typen treten auf. Perlsinterartige Speläotheme (*coralloids*; Vidal Romaní & Vaqueiro Rodríguez, 2007) sind in den tagnahen Teilen der Höhle, speziell an den unteren Bereichen von Blöcken, verbreitet. In tieferen Höhlenteilen findet man mehrere bis zu einige Quadratmeter große, gelblich-braune Sinterbildungen (Abb. 11), zum Teil auch in der Form von kleinen Vorhängen sowie Stalaktiten. Der dritte Typ tritt nur in Flussnähe in den tiefsten Bereichen der Höhle auf und bildet geschichtete schwarze, bis 1 cm dicke Überzüge.

Die Untersuchung der Speläotheme dauert noch an, jedoch wird davon ausgegangen, dass sie hauptsächlich aus Opal-A (amorpher Opal) und Pigotit (ein organisches, aluminiumhaltiges, amorphes Verwit-



Abb. 9: Aus dem Granit herausgewitterter Kalifeldspatkristall.
 Fig. 9: K-feldspar crystal protruding from weathered granite.

Foto: Thomas Exel

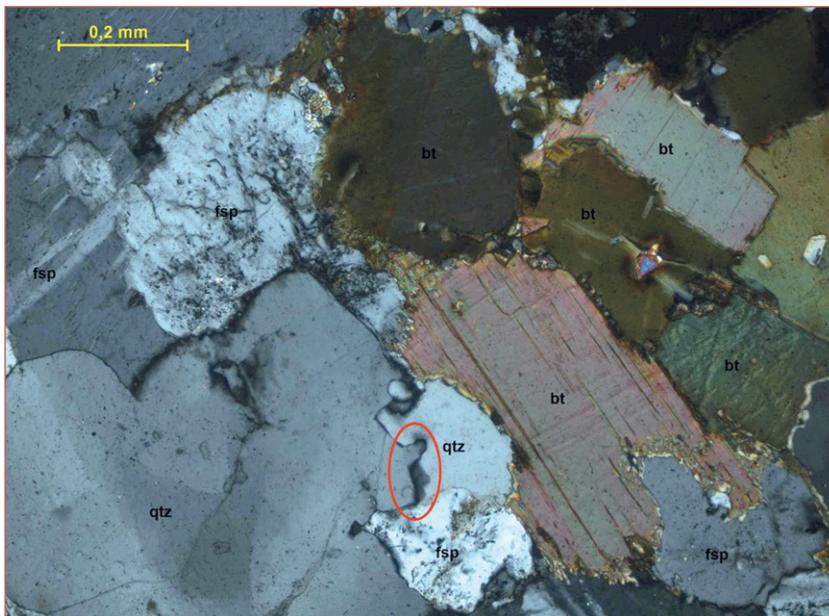


Abb. 10: Dünnschliffbild des Mbabane-Plutongranites, ein porphyrischer Alkalifeldspatgranit, unter gekreuzten Polarisatoren. Feldspat (fsp) zeigt retrograde Sericitisierung, Quarz (qtz) zeigt Niedrigtemperatur-Korngrenzwanderung (rote Ellipse), außerdem viel Biotit (bt).
 Fig. 10: Thin section of the Mbabane plutonic granite, a porphyric alkalifeldspar granite (crossed nicols): feldspar (fsp) showing retrograde sericitization, biotite (bt), quartz (qtz) showing low-temperature bulging (red ellipse).

terungsprodukt von Granit) bestehen (Vidal Romani et al., 2010b). Die Entwicklung der Speläotheme in Granithöhlen wird auf die Aktivität von Mikroorganismen zurückgeführt (z.B. Vidal Romani et al., 2010a), daher werden sie als Biospeläotheme bezeichnet (Forti, 2001). González López et al. (2013) untersuchten Proben aus der Gobholo-Höhle auf das Vorkommen von Schalenamöben (Thecamoeben). Diese Einzeller kommen unter anderem in karbonatischen und granitischen Höhlen vor. In letzteren scheiden sie amorphe Silikatplättchen ab und beeinflussen so die Sinterbildung. In den Proben aus der Gobholo-Höhle konnten zwei Spezies (*Euglypha rotunda*, *Trinema complanatum*) nachgewiesen werden. Es wird angenommen, dass auch hier die Bildung der Speläotheme stark von

der Aktivität von Mikroorganismen beeinflusst ist, so wie es auch in anderen dahin gehend untersuchten Höhlen der Fall ist (Vidal Romani et al. 2014). Die Zusammensetzung der Sinter und der in den teilweise überfluteten Bereichen gefundenen schwarzen Überzüge konnte bei Untersuchungen an der Universität für Bodenkultur nicht eindeutig bestimmt werden. Es handelt sich hierbei um amorphe Ablagerungen, welche Teile der Verwitterungsprodukte (Gibbsit, Kaolinit) des anstehenden Granits beinhalten. Diese sind durch diverse Transportvorgänge in die Überzüge gekommen. Ebenfalls als amorphe Substanz konnte eine knöpfchensinterähnliche Probe identifiziert werden. In zwei Proben sind – noch nicht gänzlich gesicherte – Hinweise auf Brucit, $Mg(OH)_2$, zu finden.



Abb. 11: Bedeutendste Sinterbildung der Gobholo-Höhle aus Opal-A.

Fig. 11: Most impressive opal-A speleothem inside Gobholo cave.

Foto: Thomas Exel

Höhlenklima

Zwischen 4. und 6.1.2014 wurden in der Höhle drei Radon-Dosimeter ausgelegt und am 10.1. wieder aus der Höhle entfernt. Die exakte Messdauer und die Messwerte sind Tabelle 1 zu entnehmen. Messgerät Gobholo I wurde im ersten etwas größeren Raum nach dem Einstieg durch den *Austrian Entrance* installiert. Hier ist die Höhle kleinräumig und eng. Messgerät Gobholo II wurde in der nächst tieferen Etage installiert. Als Messpunkt wurde eine Nische in einer Halle mit einer Länge von circa 10 m gewählt. Messgerät Gobholo III wurde in unmittelbarer Nähe zum thermalen Gerinne in den tieferen Teilen der Höhle installiert.

Es zeigen sich zum Teil deutliche Unterschiede der Radonaktivität der Luft (Tab. 1). In den oberflächennahen Teilen, die vom *Austrian Entrance* aus befahren werden, liegen die Werte um 600 Bq/m^3 (Becquerel pro Kubikmeter, 1 Bq entspricht einem radioaktiven Zerfall pro Sekunde und Kubikmeter Luft), während in

den tieferen Teilen nahe dem thermalen Gerinne die Konzentration auf über 4700 Bq/m^3 ansteigt. Die gemessenen Unterschiede in der Radioaktivität können zum einen darauf hindeuten, dass die Höhle in den oberen Teilen besser durchlüftet ist und dass sich das entstehende Radon nur begrenzt anreichern kann. Zum anderen könnte der vermehrte Auftritt des Radons auch im Zusammenhang mit dem Austritt der thermalen Wässer stehen. Eine Messung der Radonaktivität des Thermalwassers steht jedoch noch aus. Im Vergleich zu alpinen Karsthöhlen liegen die Werte in den höhergelegenen Abschnitten der Gobholo-Höhle im Bereich vieler gut bewetterter Höhlensysteme, zum Beispiel der Dachstein-Rieseneishöhle (Oberösterreich). Relativ hohe Werte, wie jener im Bereich des thermalen Gerinnes, finden sich hingegen nur in wenigen, nahezu unbewetterten Höhlen, zum Beispiel der ebenfalls thermalen Eisensteinhöhle am Westrand des Wiener Beckens in Niederösterreich (pers. Mitt. R. Pavuza, 2015).

Messgerät	Beginn der Messung	Ende der Messung	Messdauer [h]	Mittelwert der Radonkonzentration [Bq/m ³]	Messunsicherheit [2 σ] ± Bq/m ³ %
Gobholo I	5.1.2014, 17:00	10.1.2014, 9:00	112	610	165 27
Gobholo II	6.1.2014, 14:00	10.1.2014, 9:00	96	604	181 30
Gobholo III	4.1.2014, 16:00	10.1.2014, 14:00	142	4754	844 18

Tabelle 1: Auswertung der Radonmessungen. Die Auswertung der Dosimeter erfolgte durch das Labor der Firma DOSIRAD SARL in Frankreich.

Table 1: Results of the radon measurements. Dosimeters were processed by DOSIRAD SARL, France.

Messpunkt	Datum	CO ₂ [ppm]	Temperatur [°C]	Gammastrahlung [nSv/h]				
Austrian Entrance (Außenluft)	6.1.14	9.1.14	580	380	22,7	21,1	570	540
MP 3	6.1.14	9.1.14	474	375	22,2	20,4	490	530
zw. MP 9 + MP 10	6.1.14	9.1.14	462	471	20,1	20,1	450	410
MP 18	6.1.14	9.1.14	439	389	19,5	19,6	460	620
nahe MP 26	6.1.14	9.1.14	438	400	19,0	17,9	460	450
nahe MP 31	6.1.14	9.1.14		397		17,0		550

Tab. 2: Ergebnisse der händischen Messungen von Temperatur, CO₂-Gehalt und Gammastrahlung (MP = Messpunkt).

ab. 2: Results of the manual measurements of temperature, CO₂ and gamma radiation (MP = survey point).

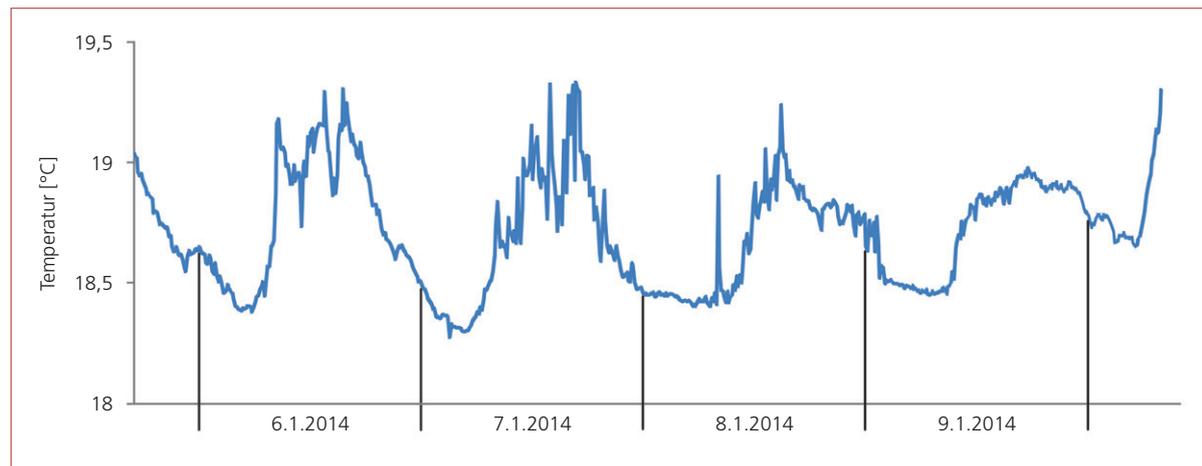


Abb. 12: Temperaturverlauf im Bereich des Austrian Entrance (Logger I, 5.-10.1.2014).

Fig. 12: Temperature variation close to the Austrian Entrance (Logger I, January 5th-10th, 2014).

Zwei der drei Temperaturlogger, die gemeinsam mit den Dosimetern ausgelegt wurden, wiesen eine Fehlfunktion auf. Einzig der eingangsnah deponierte Temperaturlogger I konnte ausgewertet werden. Der Temperaturverlauf zeigt eine geringe Amplitude von lediglich ca. 1 °C zwischen 18,3 und 19,3 °C (Abb. 12). Die Minima treten stets in den Morgenstunden auf und der darauf folgende Temperaturanstieg verläuft abrupt, während die Temperaturabfälle im Laufe der Nacht flacher verlaufen. Die höherfrequenten Temperaturschwankungen untertage weisen auf eine gute Durchlüftung der Höhle in diesem Abschnitt hin. Diese Schwankungen können durch die wechselnden Winkel der Sonneneinstrahlung oder durch Wind bedingt sein. Für eine genauere Beurteilung des meteorologischen Regimes wären jedoch simultane Messun-

gen in anderen Bereichen der Höhle notwendig. Bei den händisch vorgenommenen Temperaturmessungen (Tab. 2) konnten auch tiefere Werte bis zu 17 °C beobachtet werden. Diese wurden jedoch im Vergleich zum Temperaturlogger in größerer Tiefe gemessen. Neben den Messungen mittels Temperatur- und Radonatenlogger wurden manuelle Einzelmessungen vorgenommen, wobei die Temperatur, die Gammastrahlung und die CO₂-Konzentration erfasst wurden. CO₂-Messungen wurden ausgehend vom *Austrian Entrance* entlang des Gangverlaufs durchgeführt. Die Messgeräte wurden eingeschaltet und zur Anpassung etwa eine Minute liegen gelassen. Um die Messungen so wenig wie möglich zu beeinflussen, wurden sie in einigem Abstand abgewartet. Die Messungen wurden in einem Abstand von drei Tagen wiederholt.

Die Ergebnisse der CO₂-Messungen sind abhängig von der Lufttemperatur, daher wurden diese Parameter zeitgleich erfasst. Betrachtet man die Ergebnisse (Tab. 2) so fällt auf, dass die Messungen am 6.1.2014 geringere Schwankungen aufweisen als am 9.1. Dies kann mit dem Messaufbau in Zusammenhang stehen. Wesentlich ist jedoch bei beiden Messungen, dass die CO₂-Konzentration in der Höhle ähnlich der im Freien gemessenen Konzentration ist. Dies lässt auf eine sehr gute Durchlüftung der Höhle schließen. Eigentlich wäre zu erwarten, dass sich CO₂ im Inneren der Höhle bis zu einem gewissen Grad akkumuliert, vor allem durch den zusätzlichen Eintrag durch die sich in der Bodenbedeckung befindenden aktiven Organismen. Die Temperatur sinkt im Inneren der Höhle, je weiter man sich von der Oberfläche entfernt, jedoch fällt sie nicht unter 17 °C. Leider ist das Tagesmittel der Außentemperatur im Bereich der Höhle nicht bekannt, in der 4 km entfernten Hauptstadt Mbabane beträgt der Jahresmittelwert 16,9 °C (www.swaziland.climateps.com).

Die Gammastrahlung steht in ursächlichem Zusammenhang mit dem Zerfall des sich im Granitgestein befindenden radioaktiven Uran, Radium, Thorium und Kalium und damit indirekt bis zu einem gewissen Grad auch mit den gemessenen Radonkonzentrationen. Die gemessenen Werte (Tab. 2) liegen zwischen 400 und 600 nSv/h, wobei die Messwerte am 6.1. weniger stark schwankten als während der zweiten Messung am 9.1. Diese Schwankungen können mit der jeweiligen lokalen Positionierung des Gerätes, aber auch mit der kürzeren Messdauer pro Einzelmessung zusammenhängen. Auffällig ist, dass die Werte bereits im Eingangsbereich bzw. außerhalb der Höhle über 500 nSv/h liegen, was dreimal so hoch ist wie die in Österreich gemessene Gammastrahlung, beispielsweise rund 110 nSv/h im Granitgebiet bei Gmünd, Niederösterreich (teletext.orf.at/600/623_0002.htm). Dies lässt darauf schließen, dass die Gehalte an radioaktiven Elementen im Granit der Gobholo-Höhle größer sind als in den Granitgesteinen Österreichs. Weiters kann aus den Messwerten gefolgert werden, dass die höhere Radonaktivität in den tieferen Bereichen der Höhle eher durch eine reduzierte Bewetterung als einen Eintrag durch die Thermalquellen bedingt sein dürfte.

Eine Tropfwasserprobe wurde nahe dem Messpunkt 18 sowie eine weitere aus der thermalen Quelle entnommen. Die Tropfwasserproben konnten aufgrund der geringen Menge nur ansatzweise untersucht werden. Die Probe aus dem thermalen Gerinne weist überraschenderweise im Vergleich zum Tropfwasser nur einen geringen Mineralisationsgrad auf (Tabelle 3),

Parameter	Thermales Gerinne	Tropfwasserprobe
pH	6,9	
Elektr. Leitfähigkeit [μ S/cm]	28,0	86,0
Ca [mg/l]	\leq 1,0	
Mg [mg/l]	5,0	
Na [mg/l]	1,6	
HCO ₃ [mg/l]	42,0	
SO ₄ [mg/l]	\leq 5,0	
Cl [mg/l]	\leq 1,0	
NO ₃ [mg/l]	1,0	\leq 1
SiO ₂ [mg/l]	5,3	5,5

Tab. 3: Auswertung der Wasseranalysen (Analytiker: R. Pavuza, NHM Wien).

Tab. 3: Results of the water analysis (analyst: R. Pavuza, NHM Vienna).

welcher durchaus mit dem bei Lösungsversuchen im Labor gemessenen Mineralisationsgrad von destilliertem Wasser, dem Granitproben aus österreichischen Granithöhlen ausgesetzt wurden, vergleichbar ist. Die Analysewerte mit merklichem Gehalt an Kieselsäure deuten insgesamt auf die Zersetzung silikatischer, Mg-reicher Minerale des Granits hin. Die höheren Werte der Tropfwässer könnten durch einen höheren Gehalt an biogenem CO₂ aus den überlagernden Bodenschichten bedingt sein.

Resümee zum Höhlenklima

Aufgrund der gemessenen Parameter ist davon auszugehen, dass es sich um eine zumindest größtenteils gut belüftete Höhle handelt. Aufgrund der wesentlich höheren Gammastrahlung ist davon auszugehen, dass der Urangehalt des Granits in Swasiland höher ist als der in Graniten in Österreich. Um detaillierte Aussagen vor allem auch über die Lösungsfähigkeit des Wassers innerhalb der Höhle und den Zusammenhang mit den beobachteten Sinterbildungen treffen zu können, sollten weitere Messungen vorgenommen und das Messnetz erweitert werden.

Fauna

Die biologische Diversität der Höhle ist hoch, wenn auch bisher nur grob untersucht. Die Gobholo-Höhle ist ein wichtiges Winterquartier für mindestens drei identifizierte Fledermausarten, die während der Vorexpedition im Südwinter im Juli/August 2012 in großen Zahlen vorgefunden werden konnten. Die zwei häufigsten Arten sind die zu den Langflügel-Fledermäusen zählende Art *Miniopterus natalensis* (engl. *natal long-fingered bat*) und die Mausohren-Art *Myotis tricolor* (engl. *cape hairy bat*, Abb. 13). Beide bilden



Abb. 13: Individuum der Mausohren-Art *Myotis tricolor*.
 Fig. 13: Cape hairy bat. Foto: Johannes Lundberg

große Kolonien, oftmals mit Individuen der Hufeisennasen-Art *Rhinolophus clivosus* (engl. *geoffroy's horseshoe bat*). Die Fledermäuse verlassen großteils die Höhle während der Sommermonate. Nur einzelne fliegende Exemplare wurden im Jänner 2014 in der Höhle gesichtet.

Die meist beobachtete Arthropodenart (Gliederfüßer) ist eine bis dato nicht identifizierte Art der Weta (Anostomatidae), eine Familie der Langfühlerschrecken. Gemeinsam mit den Fledermäusen spielen die Weta wahrscheinlich eine wichtige Rolle in der Versorgung der permanent in der Höhle lebenden Organismen mit Nährstoffen, da anzunehmen ist, dass zumindest die in den äußeren Bereichen der Höhle lebenden Populationen diese für die Nahrungsaufnahme regelmäßig verlassen.

Überwinternde Schmetterlinge wurden ebenso angetroffen wie mehrere Arten von Spinnen und Weberknechte. Darunter waren auch leicht-pigmentierte Weberknechte in tieferen Teilen der Höhle. Eine gänzlich unpigmentierte Spinne gehört möglicherweise einer endemischen Art an. Tausendfüßer (Myriapoda) konnten in fluvial transportierten Sedimenten beobachtet werden, wurden aber ebenso wie unpigmentierte Springschwänze noch nicht auf ihre Artzugehörigkeit hin bestimmt. In einem kleinen Gerinne wurde eine lebende, wahrscheinlich während eines Hochwasserereignisses eingeschwemmte Süßwasserkrabbe beobachtet. Aufgefundene Säugetierknochen – ein Rinderwirbel und ein Nagetierknochen – wurden ebenso wahrscheinlich eingeschwemmt.

Archäologie und historische Bedeutung

Das Tal des Gobholo-Flusses ist ein Nebental des für die Swasi historisch und kulturell bedeutenden Ezul-

wini-Tales und liegt in den Kopolo-Bergen. Die dort und in den südöstlich angrenzenden Mdimba-Bergen liegenden Höhlen waren als Rückzugsorte in Kriegszeit von strategischer Bedeutung:

The Zulu once attacked the Swazi in their Mdimba hiding-place, but as each Zulu brave tried to come in through the narrow opening he was stabbed. In despair the Zulu tried to smoke their enemy out by lighting large fires at the entrances. But in the large and labyrinthine corridors of stone, with an occasional small outlet to the open air, some of the smoke escaped. (Beemer, 1937)

Die heiligen Höhlen der Mdimba-Berge dienten als Grabstätten für Könige (Doveton, 1937), und ein lokaler Mythos erzählt von einer in einer Höhle verschollenen Leiche einer ermordeten Königinmutter. Bei dieser könnte es sich um Lamgangani, die Königinmutter und stellvertretendes Staatsoberhaupt während der Herrschaft ihres Adoptivsohnes König Mbandzeni im späten 19. Jahrhundert, handeln. Sie wurde als Folge von Spannungen in den Kopolo-Bergen von königlichen Soldaten getötet (Beemer, 1937). Archäologische Artefakte wurden an zwei Stellen in der Gobholo-Höhle gefunden. Eine schon bei der Vor-exkursion 2012 gefundene Ansammlung von Tonscherben unweit des *Whale Entrance* wurde nach Angaben der lokalen Bevölkerung in den 1960er Jahren dort platziert. Da es sich hierbei hauptsächlich um Überreste eines einzigen Gefäßes handelt, wird angenommen, dass dieses in der Höhle zu Bruch kam. Weitere Tonscherben sowie ein Schlagstein und ein weiteres Steinwerkzeug (Faustkeil?) wurden im Zuge der Vermessung der Höhle etwa 40 m vom *Tourist entrance* entfernt am Boden verteilt gefunden (Abb. 14). Die Scherben sind angerundet und daher möglicherweise in die Höhle eingeschwemmt worden. Etwas unterhalb des Haupteinganges der Höhle findet man mehrere „Haufen“ geschichteter Steine. Zur Interpretation der Fundstücke wurden drei Archäologen kontaktiert, die sich mit der vorliegenden Thematik beschäftigen: Larry Barham (University of Liverpool, UK), Karim Sadr (University of the Witwatersrand, SA) und Alex Schoeman (University of the Witwatersrand, SA). Die untenstehenden Zitate verweisen auf persönliche Mitteilungen.

Tonscherben

Beim Ausgangsmaterial für die dickwandige Keramik dürfte es sich um groben, unreinen, siltigen Ton handeln. Manche Scherben weisen mehrere parallele Linien auf, wobei es sich um ein weitverbreitetes Motiv auf eisenzeitlicher Keramik handelt (L. Barham). Hergestellt wurden die Tonwaren wahrscheinlich von



Abb. 14: Tonscherben in der Nähe des Tourist Entrance. Neben Scherben von dünn- und dickwandigen Gefäßen wurden hier auch ein Schlagstein und ein Faustkeil (?) gefunden.
Fig. 14: Pottery near the Tourist Entrance. Apart from sherds of thin- and thick-walled pots also a hammer stone and a hand axe (?) were found.
Foto: Harald Bauer



Abb. 15: Steinwerkzeug (Faustkeil ?), Altersschätzungen reichen von 40.000 bis 1,5 Millionen Jahre.
Fig. 15: Stone tool (hand axe ?), estimates of its age range from 40,000 to 1.5 million years.
Foto: Harald Bauer

Bantu-sprechenden Bauern oder Hirten (K. Sadr). Einige wenige, vermutlich ältere Scherben stammen von dünnwandigen Gefäßen und wurden aus feinerem und reinerem Ton hergestellt. Sadr & Sampson (2006) zufolge kam die Keramikherstellung kurz vor oder mit der eisenzeitlichen Bantu-Migration vor ca. 2000 Jahren ins südlichste Afrika, wobei die ersten Erzeugnisse dünnwandige, glatte Gefäße waren. 200 bis 400 Jahre später wurden diese durch gröbere, dickwandige Gefäße ersetzt.

Schlagstein

Hierbei handelt es sich um ein nahezu perfekt gerundetes, mittelkörniges, grünliches Gestein von 80–85 mm Durchmesser. Laut K. Sadr kommen Schlagsteine häufig an Fundorten vor, die ins *Later Stone Age* (da die afrikanische urgeschichtliche Gliederung von der europäischen abweicht, wird hier der englische Begriff verwendet) und die Eisenzeit datieren, also bis zu ~20.000 Jahre alt sind. Schlagsteine können aber auch bis zu einer Million Jahre alt sein.

Steinwerkzeug (Faustkeil ?)

Das grob gehauene, ca. 80 mm lange und 50 mm breite Werkzeug wurde aus einem feinkörnigen, grünlichen Gestein gefertigt, vermutlich Dolerit (Abb. 15). Laut K. Sadr könnte es sich um einen Faustkeil aus dem *Acheuléen* (jüngeres *Early Stone Age*) handeln. Das Werkzeug wäre somit zwischen 1,5 und 0,5 Millionen Jahre alt und von *Homo erectus* (in Afrika heute: *Homo ergaster*). L. Barham datiert das Fundstück aufgrund seiner kleinen Größe jedoch ins *Middle Stone Age* und verweist auf einen bekannten Lagerplatz aus

jener Zeit in einer Höhle nahe Mbabane und eine mindestens 40.000 Jahre alte Hämatit-Abbaustelle bei Lion Cavern, nahe Ngwena. Das Steinwerkzeug wäre somit jünger als 300.000 Jahre (Beginn des *Middle Stone Age*) und mit einiger Wahrscheinlichkeit älter als 40.000 Jahre.

„Steinbauten“

Diese Anlagen aus geschichteten Steinen sind an der Oberseite zumeist flach und feiner gebaut als an der Basis. Sie erinnern an Steinhäufen von Flurbereinigungen andernorts in Südafrika (Schoeman). K. Sadr verweist auf andere im Land vorkommende Anlagen, die vermutlich in die späte Eisenzeit datieren (~1500 Jahre).

Resümee zur Archäologie

Die Interpretationen zu den Funden divergieren teilweise signifikant, und es bedarf daher umfassenderer Untersuchungen, um zu einem besseren Verständnis der archäologischen Bedeutung der Gobholo-Höhle zu kommen. Zum aktuellen Stand kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die Keramiken um die 2000 Jahre alt sind, d.h. aus der lokalen Eisenzeit stammen, und wahrscheinlich von Bantu-sprechenden Bauern/Hirten hergestellt wurden. Vielleicht wurde die Höhle im Zusammenhang mit Ahnenverehrung und Initiationsriten aufgesucht, wobei auch das Zerbrechen von Tongefäßen eine Rolle spielte (L. Barham). In diesem Kontext könnte auch der Schlagstein stehen. Und falls die in der Nähe der Höhle liegenden Steinanlagen ein ähnliches Alter aufweisen sollten, könnten sie ebenfalls in einem kulturellen Zusam-

menhang mit der Nutzung der Höhle vor 2000 Jahren stehen.

Der Faustkeil ist jedoch um einiges älter, auch wenn sich die Experten bei der Schätzung des Alters nicht einig sind (1-0,5 Millionen Jahre, jünger als

300.000 Jahre, um die 40.000 Jahre). Könnte man ausschließen, dass der Faustkeil durch den Fluss an seinen Fundort gelangt ist, würde sein tatsächliches Alter einen Hinweis auf das Mindestalter der Höhle geben.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

Die Ergebnisse dieser Expedition lassen den Schluss zu, dass es sich bei der Gobholo-Höhle um ein polygenetisch gebildetes System handelt, an dessen Bildung ein Felssturz, Wollsackverwitterungsprozesse und Flusserosion beteiligt waren bzw. sind. Lösungsprozesse, wie sie für die Ausbildung von Karsthöhlen erforderlich sind, spielen hier keine Rolle.

Die genaue Grenze zwischen Felssturzmateriale und in situ verwitterndem, anstehendem Gestein ist noch zu kartieren. Es ist wahrscheinlich, dass der unterirdisch verlaufende Gobholo-Fluss durch den Felssturz verschüttet wurde. Während Hochwasser kommt es zur Flutung von höher gelegenen Höhlenteilen und zur Erosion des durch Wollsackverwitterung gebildeten Sediments. Vor allem in den öfter durchfluteten tieferen Bereichen der Höhle sind vermutlich organisch gebildete schwarze Sinterüberzüge häufig. In den durch den Felssturz gebildeten Teilen sind ebenfalls reichlich Sedimente zu finden, jedoch ist hier kaum In-situ-Wollsackverwitterung zu beobachten, und die Sedimente scheinen durch Verwitterung der einzelnen Blöcke und gravitative Prozesse eingewaschen worden zu sein. Über das Alter der Höhle kann derzeit nur spekuliert werden, wobei die nur sehr grob datierten archäologischen Fundstücke noch die besten Hinweise auf ein Mindestalter der Höhle liefern. Genauere Untersuchungen dazu stehen aber noch aus. Die zurzeit bekannten Höhlenteile beschränken sich auf einen relativ kurzen Abschnitt der Felssturzmateriale (Horizontalerstreckung 175 m bei 1,7 km unterirdischen Flussverlauf), und es sind noch zahlreiche Fortsetzungen der Höhle unerforscht, d.h. weitere bedeutende Zuwächse an Ganglänge sind zu erwarten. Für eine weitere Vermessung dieser sowie jeder anderen Blockhöhle wird eine international anerkannte Vereinheitlichung der Regeln zum Planzeichnen von Blockhöhlen als Grundlage für eine einheitliche Plan-

darstellung durch mehrere Vermesser vorgeschlagen. Die weiteren durchgeführten Untersuchungen und dokumentierten Beobachtungen bieten einen ersten naturwissenschaftlichen und archäologischen Einblick in das System der Gobholo-Höhle. Die Ergebnisse der Messreihen sind jedoch aufgrund der kurzen Messdauer und einiger technischer Probleme nur von begrenzter Aussagekraft. Umfassendere Untersuchungen erscheinen notwendig und aussichtsreich. Die weitere Erforschung der Gobholo-Höhle wird daher für Ende 2015 / Anfang 2016 angestrebt. Neben der weiteren Vermessung der Höhle sind folgende Frage- und Aufgabestellungen von vordringlichem Interesse:

- Kann die Grenze zwischen Felssturzmateriale und Festgestein innerhalb der Höhle identifiziert und dadurch die Felssturzhypothese belegt werden? Ergänzend sollte eine Kartierung der Oberfläche stattfinden, um das Abrissgebiet des Felssturzes bzw. die zugehörige Störung eindeutig einzugrenzen.
- (Mindest-)Alter der Höhle durch Datierung von Speläothemen, archäologischen Fundstücken oder des Felssturzes selbst.
- Aufbau eines Temperaturloggernetzes in der Höhle und vergleichende Messungen von Temperatur und Luftdruck außerhalb der Höhle, um genauere Kenntnisse über das Höhlenklima und dessen Dynamik zu erhalten.
- Erneute Beprobung der Thermalquelle – auch in Hinblick auf Radon – und eine umfassendere Probenahme verschiedener Tropfwässer, um lokale Unterschiede der Lösungsinhalte festzustellen und ein besseres Verständnis des hydrologischen und hydrogeochemischen Systems der Höhle zu gewinnen.
- Beprobung der schwarzen Überzüge und der Sinterbildungen in den tieferen Teilen der Höhle sowie Durchführung mikrobiologischer Untersuchungen.

DANK

Wir möchten uns hiermit herzlich für die Unterstützung der Expedition und die Auswertung der Ergebnisse bedanken beim Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich, den Freunden des Na-

turhistorischen Museums Wien, Speleo Concepts, Rudolf Pavuza (NHM Wien), Franz Ottner und Karin Wriessnig (Universität für Bodenkultur) sowie Bernhard Grasemann und Theo Ntaflos (Universität Wien).

LITERATUR

- Barham, L. (1989): A preliminary report on the Later Stone Age artefacts from Siphiso shelter in Swaziland. – *S. Afr. Archaeol. Bull.*, 44: 33–43.
- Beaumont, P.B. & Vogel, J.C. (1972): On a new radiocarbon chronology for Africa south of the Equator. – *African Studies*, 31(2): 65–90.
- Beemer, H. (1937): The development of the military organization in Swaziland. – *J. of the Internat. Afr. Inst.*, 10: 55–74.
- Chadwick, O.A., Roering, J.J., Heimsath, A.M., Levick, S.R., Asner, G.P. & Khomo, L. (2013): Shaping post-orogenic landscapes by climate and chemical weathering. – *Geology*, 41: 1171–1174.
- Decker, J.E., Niedermann, S. & de Wit, M.J. (2013): Climatically influenced denudation rates of the southern African plateau: Clues to solving a geomorphic paradox. – *Geomorph.*, 190: 48–60.
- Doveton, D.M. (1937): The human geography of Swaziland. – *Transactions (Inst. of Brit. Geogr.)*, 7-8: xi–xvi, 1–110.
- Forti, P. (2001): Biogenic speleothems: an overview. – *Internat. J. of Speleology*, 30: 39–56.
- González López, L., Vidal Romaní, J.R., López Galindo, M.J., Vaqueiro Rodríguez, M. & Sanjurjo Sánchez, J. (2013): First data on testate amoebae in speleothems of caves in igneous rocks. – *Caldernos Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña*, 37: 37–56.
- Gulden, B. (2015): The NSS Geo2 Long & Deep Caves Web Site. – www.caverbob.com/other.htm, abgerufen am 3.2.2015.
- Heeb, B. (2008): Paperless Caving – An Electronic Cave Surveying System – paperless.bheeb.ch, abgerufen am 17.2.2015.
- Hunter, D.R. (1966): Geological Map of Swaziland 1:250,000. – Mbabane (Geol. Surv. and Mines Dep., Gov. of Swaziland).
- King, L.C. (1955): Pediplanation and isostasy: An example from South Africa. – *Geol. Soc. of London Quarterly J.*, 11: 353–359.
- Layer, P.W., Kröner, A., McWilliams, M. & York, D. (1989): Elements of the Archean thermal history and apparent polar wander of the eastern Kaapvaal Craton, Swaziland, from single grain data and paleomagnetism. – *Earth and Planetary Science Letters*, 93: 23–34.
- Lee-Thorp, J.A., Holmgren, K., Lauritzen, S.-E., Linge, H., Moberg, A., Patridge, T.C., Stevenson, C. & Tyson, P.D. (2001): Rapid climate shifts in the southern Africa interior throughout the mid to late Holocene. – *Geophys. Res. Letters*, 28(23): 4507–4510.
- Meyer, F.M., Robb, L.J., Reimold, W.U. & de Bruin, H. (1994): Contrasting low and high Ca granites in the Archaean Barberton Mountain Land, Southern Africa. – *Lithos.*, 3: 63–76.
- Oberender, P., Bauer, H., Exel, T., Lundberg, J.E.K., Scheuerer, M. & Sjöberg, R. (2014): Gobholo Cave – A granite cave in Swaziland. – Newsletter of the Pseudokarst Commission of the UIS, 24: 29–34.
- Partridge, T.C. & Maud, R.R. (1987): Geomorphic evolution of Southern Africa since the Mesozoic. – *S. Afr. J. of Geol.*, 90: 179–208.
- Robins, N. S. & Bath, A. H. (1979): Assessment of the thermal springs of Swaziland. Institute of Geological Sciences, Technical report WD/OS/79/16. – Resources.bgs.ac.uk/sadcreports/swaziland1979robinspringswd_os_79_16.pdf, abgerufen am 18.2.2015
- Robins, N. S. (2013): The thermal springs of Swaziland – A review. Groundwater a new paradigm: Geological Society of South Africa Biennial Conference, 17-19 September 2013, Transactions CD.
- Sadr, K. & Sampson, C.G. (2006): Through thick and thin; Early pottery in southern Africa. – *J. of Afr. Archaeol.*, 4(2): 237–256.
- Scharf, T.E., Codilean, A.T., de Wit, M., Jansen, J.D. & Kubik, P.W. (2013): Strong rocks sustain ancient postorogenic topography in southern Africa. – *Geol.*, 41 (3): 331–334.
- Scheuerer, M., Lundberg J. & Sjöberg R. (2013): Gobholo cave: a long granite cave in Swaziland (Southern Africa). – *Proc. 16th Int. Congr. Speleology, Brno 3*: 305–307.
- Vaqueiro Rodríguez, M., Costas Suárez, R. & Vidal Romaní, J.R. (2015): Geomorphological mapping of the sismotectonic cave system of A Trapa, Ribadelouro, Tui (Galicia, Spain). – *Newsletter of the Pseudokarst Commission of the UIS*, 25: 34–41.
- Vidal Romaní, J.R. & Vaqueiro Rodríguez, M. (2007): Types of granite cavities and associated speleothems: genesis and evolution. – *Nature Conservation*, 63: 41–46.
- Vidal Romaní, J.R., Sanjurjo Sánchez, J., Vaqueiro Rodríguez, M. & Fernández Mosquera, D. (2010a): Speleothem development and biological activity in granite cavities. – *Géomorphologie: relief, processus, environnement 4*: 337–346.
- Vidal Romaní, J.R., Sanjurjo Sánchez, J., Vaqueiro Rodríguez, M. & Fernández Mosquera, D. (2010b): Speleothems of granite caves. – *Comunicações Geológicas*, 97: 71–80.
- Vidal Romaní, J.R., González López, L., Vaqueiro Rodríguez, M. & Sanjurjo Sánchez, J. (2014): Bioweathering related to groundwater circulation in cavities of magmatic rock massifs. – *Environ. Earth Sciences*, 2014: 1–14.
- de Villiers, S & de Wit, M.J. (2007): Sources of river water radiogenic strontium: examples from the Archaean granite dominated catchments of Swaziland. – *S. Afr. J. of Geol.*, 110: 349–366.
- Weltbankgruppe (2015): Climate Change Knowledge Portal – sdwebx.worldbank.org/climateportal, abgerufen am 3.2.2015.
- Williams, D.P., Watson, A & Goudie A.S. (1982): Quaternary colluvial stratigraphy, archaeological sequences and palaeoenvironment in Swaziland, Southern Africa. – *The Geogr. J.*, 148(1): 50–67.
- Wilson A.C. (1979): Explanatory notes to accompany the 1:50,000 geological series map sheet 2631AC (11). – Mbabane (Geological Survey and Mines Department, Government of Swaziland).
- de Wit, M.J., Roering, C., Hart, R.J., Armstrong, R.A., de Ronde, C.E.J., Green, R.W.E., Tredoux, M., Peberdy, E. & Hart, R.A. (1992): Formation of an Archaean continent. – *Nature*, 357: 553–562.
- Zeh A., Gerdes A. & Millonig L. (2011): Hafnium isotope record of the Ancient Gneiss Complex, Swaziland, southern Africa: evidence for Archaean crust-mantle formation and crust reworking between 3.66 and 2.73 Ga. – *J. of Geol. Soc. London* 168 (4): 953–963.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: [66](#)

Autor(en)/Author(s): Bauer Harald, Exel Thomas, Oberender Pauline

Artikel/Article: [Die Gobholo-Höhle in Swasiland – Expedition in eine der längsten Granithöhlen der Welt 27-42](#)