Höhlenluft und Bewetterung der Gassel-Tropfsteinhöhle

Christoph Spötl, Karl-Heinz Offenbecher

Einleitung

Betritt man eine Höhle, so empfindet man meist eine markante Änderung gegenüber der Außenluft: Die Höhlenluft fühlt sich feucht und kühl an. Messungen zeigen, dass die Luft im Inneren von Höhlen deutlich mehr Kohlendioxid (CO_2) und Radon (Rn) enthält als die Atmosphäre außerhalb einer Höhle. Des Weiteren ist Höhlenluft, von wenigen Ausnahmen abgesehen, staubärmer und enthält wesentlich weniger Keime. Ein weiterer Unterschied zwischen der Atmosphäre, die wir atmen, und der Luft im Inneren von Bergen liegt in der zeitlichen Dynamik: Während z.B. die Temperatur in Österreich Schwankungen von bis zu etwa 50° C im Tages- bzw. Jahresverlauf aufweist, liegen diese im Inneren von Höhlen meist im Bereich von maximal ein paar Zehntelgraden (Spötl & Pavuza, 2016).

Dennoch stehen Höhlengänge, auch hunderte Meter vom Eingang entfernt, im Austausch mit der Luft der Atmosphäre außerhalb der Höhle und die Gefahr, dass die Luft in einem entlegenen Höhlenabschnitt etwa zu wenig Sauerstoff enthält, ist daher de facto nicht gegeben. Allerdings variiert die Intensität dieses Gasaustausches im Jahresverlauf und abhängig von der Geometrie der Höhle. Höhlen mit zwei oder mehreren Eingängen weisen in der Regel eine gute Bewetterung auf (mit diesem aus der Bergmannssprache übernommenem Wort wird die Belüftung eines Höhlen- bzw. Stollensystems beschrieben). Sind die Eingänge über hunderte Höhenmeter verteilt und herrschen außerhalb der Höhle extreme (sehr kalte oder heiße) Bedingungen, so wird der Luftaustausch mit der Atmosphäre in solchen Höhlensystemen zu starken Höhlenwinden führen; an Engstellen können dann Windgeschwindigkeiten von mehr als 100 km/h erreicht werden.

Anders die Situation bei Höhlen mit nur einem Eingang. Dort ist der Antrieb für Luftbewegungen gering und kann bei vertikal ausgerichteten Höhlen sogar zur Ausbildung von „Kältefallen" bzw. zur saisonalen Stagnation führen.

Die *Gassel-Tropfsteinhöhle* verfügt nach aktuellem Forschungsstand nur über einen einzigen Eingang, jenen, den auch die Besucher des Schauhöhlenteils benutzen. Zudem ist das mehr als 6 km lange System sehr verzweigt und weist eine Reihe von Engstellen auf. Aus diesen Gründen herrscht in dieser Höhle nur eine schwache Bewetterung. Lediglich an Engstellen und während Zeiten großen Lufttemperaturkontrasts zwischen Außen- und Höhlenluft spürt man einen schwachen Höhlenwind.

Messprogramm

In der *Gassel-Tropfsteinhöhle* wurden einige Höhlenluftparameter über mehrere Jahre hindurch teils automatisch, teils manuell gemessen (Abb. 1) (Tab. 1).

Christoph Spötl
Karl-Heinz Offenbecher
Institut für Geologie
Universität Innsbruck
Innrain 52, A-6020 Innsbruck
christoph.spoetl@uibk.ac.at

Höh(l)enluft und Wissensraum
Die Gassel-Tropfsteinhöhle im Salzkammergut zwischen Alltagskultur, Naturkunde und wissenschaftlicher Forschung (hrsg. v. J. Mattes & D. Kuffner), Denisia 40, 2018: 277-282.

Messstelle	Parameter	Messzeitraum
Gasselhütte	Außenlufttemperatur	Juli 2001 bis Juli 2006
Vorhalle am Beginn der Stiege	Höhlenlufttemperatur	Mai 2001 bis April 2009
Säulenhalle	Höhlenlufttemperatur	August 1998 bis Juli 2006
Brückenhalle	Höhlenlufttemperatur	November 1999 bis März 2003
Kleine Tropfsteinhalle	Höhlenlufttemperatur	November 1999 bis März 2003
Pollanschützgang	Höhlenlufttemperatur	November 1999 bis August 2003
Sintervulkanhalle	Höhlenlufttemperatur	Mai 2008 bis Oktober 2014
Kamillushalle	Höhlenlufttemperatur	Mai 2008 bis Juni 2012
Kanzel	Kohlendioxidgehalt	2-Monatsrhythmus zwischen Mai 2001 und August 2003 (außer während der Wintermonate)

Tab. 1: Übersicht über Messstellen, Parameter und Messzeitraum.

Zudem wurden zwischen Mai 2001 und September 2003 an sechs Stellen Wasserproben genommen und hydrochemisch analysiert (Offenbecher, 2004) (Tab. 2):

Höhlenteil	Entnahmestelle
Hofingerhalle	kleiner Höhlenbach sowie Tropfwasser
Wasserhalle	kleiner Wasserfall
Pollanschützgang	kleiner Höhlenbach
Perlenhalle	Tropfwasser am Grund
Kleine Tropfsteinhalle	kleines Wasserbecken im Verbindungsteil

Tab. 2: Übersicht über die Entnahmestellen in der *Gassel-Tropfsteinhöhle*.

Messreihen

Auf den ersten Zehnermetern der *Gassel-Tropfsteinhöhle* lässt sich der Jahresgang der Außentemperatur noch deutlich nachweisen (Abb. 2). In der *Vorhalle* am Beginn der Stiege zeigt das Messgerät einen fast sinusförmigen Temperaturverlauf, der die Jahreszeiten widerspiegelt: Die niedrigsten Temperaturen werden hier allerdings nicht im Hochwinter erreicht, sondern – je nach Witterungsverlauf im betreffenden Jahr – erst zwischen Ende Jänner und Anfang April. Diese Minimalwerte sind recht stabil und betragen je nach Jahr im Mittel +4,6 bis +4,9° C. Daraus könnte man schließen, dass es im vorderen Bereich der Höhle auch im Hochwinter nie friert. Dem ist allerdings nicht so, wie die im Eingangsbereich hinter dem Gitter und in der *Bärenhalle* im Hochwinter anzutreffenden Eissäulen belegen. Ganz offensichtlich fließt zu dieser Zeit nämlich sehr kalte Außenluft bodennah in den Schauhöhlenteil hinein, während die deutlich wärmere und temperaturkonstante Höhlenluft in der Gegenrichtung deckennah herauszieht (dort, wo auch dieses Messgerät installiert war). Dies ist während des Spätwinters bzw. Frühjahrs der dominante Luftstrom (d.h. höhlenauswärts).

Anders die Situation in der warmen Jahreszeit: Ab etwa Anfang Mai steigt die Lufttemperatur in der *Vorhalle* stetig an (Abb. 2). Sie erreicht Ende August bis Anfang September ein Maximum, um dann ebenso stetig wieder abzunehmen. Der ansteigende Temperaturast weist dabei eine markant höhere Amplitude als der absteigende auf. Der Grund dafür liegt in der Richtung der Luftbewegung: Im Zeitraum Mai bis August zieht die warme Außenluft höhleneinwärts und die *Vorhalle* „spürt" somit auch die kurzfristigen Temperaturschwankungen der Großwetterlagen. Im

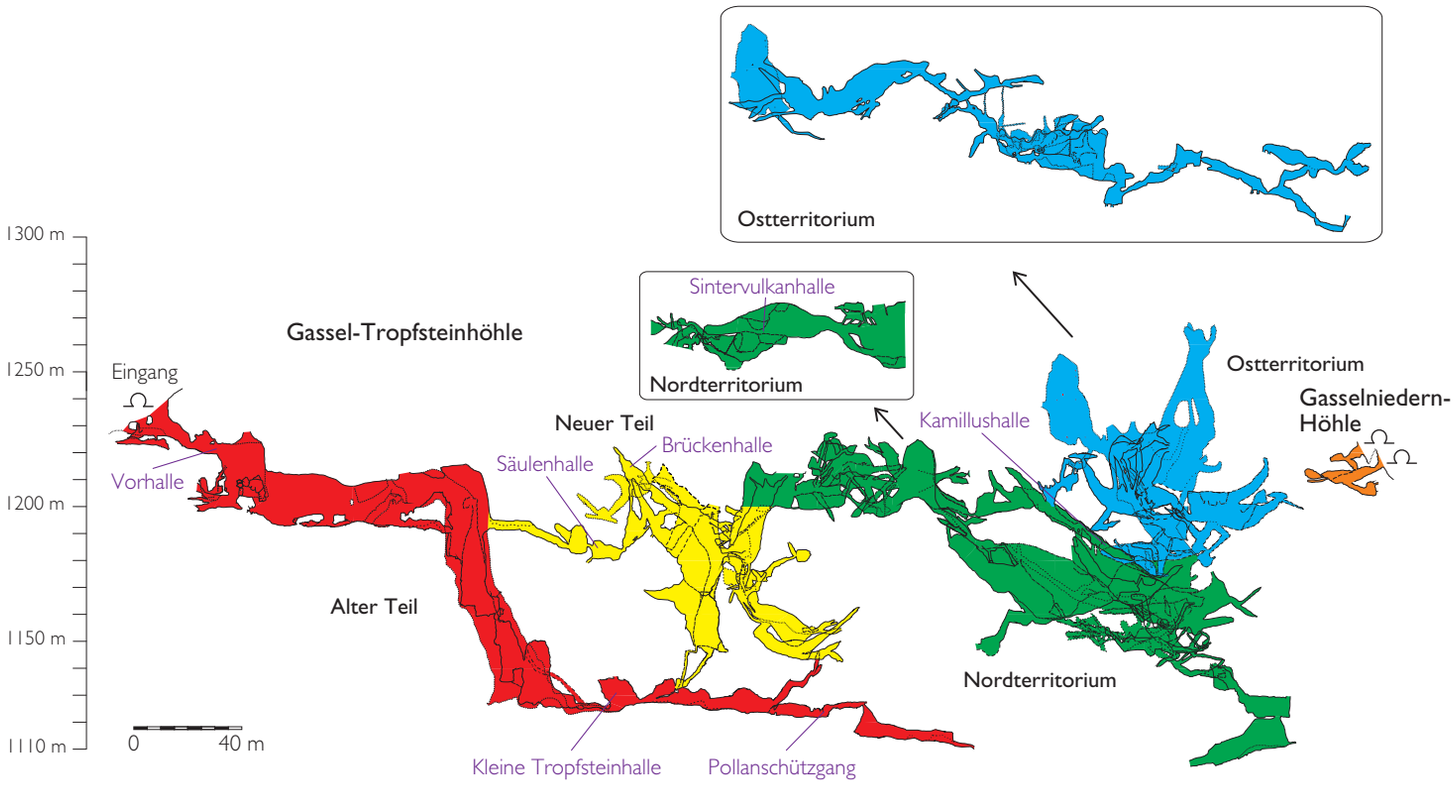

Abb. 1: Vereinfachter Längsschnitt der Höhle mit Lage der Messinstrumente (violett). Farbliche Kennzeichnung der Höhlenteile: *Alter Teil*, *Neuer Teil*, *Nordterritorium*, *Ostterritorium*, *Gasselniedern-Höhle*.

Plan: Johannes Mattes

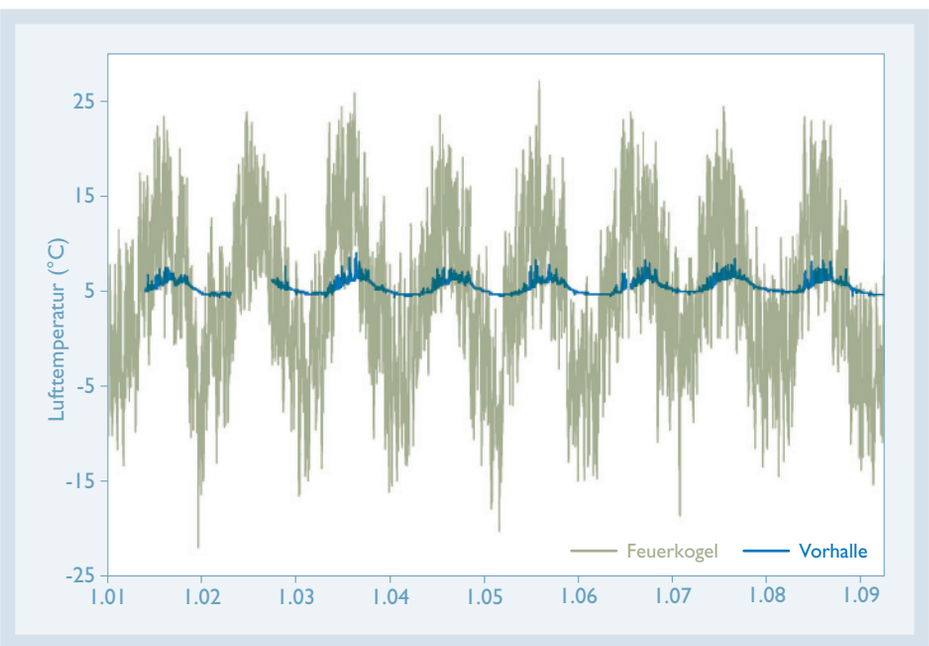

Abb. 2: Temperaturverlauf in der *Vorhalle* im Vergleich zur Temperatur am Feuerkogel (1.618 m) zwischen Jänner 2001 und März 2009. Beachte das stark gedämpfte Temperatursignal bereits wenige Meter hinter dem Höhleneingang. Daten der meteorologischen Station Feuerkogel wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik zur Verfügung gestellt.

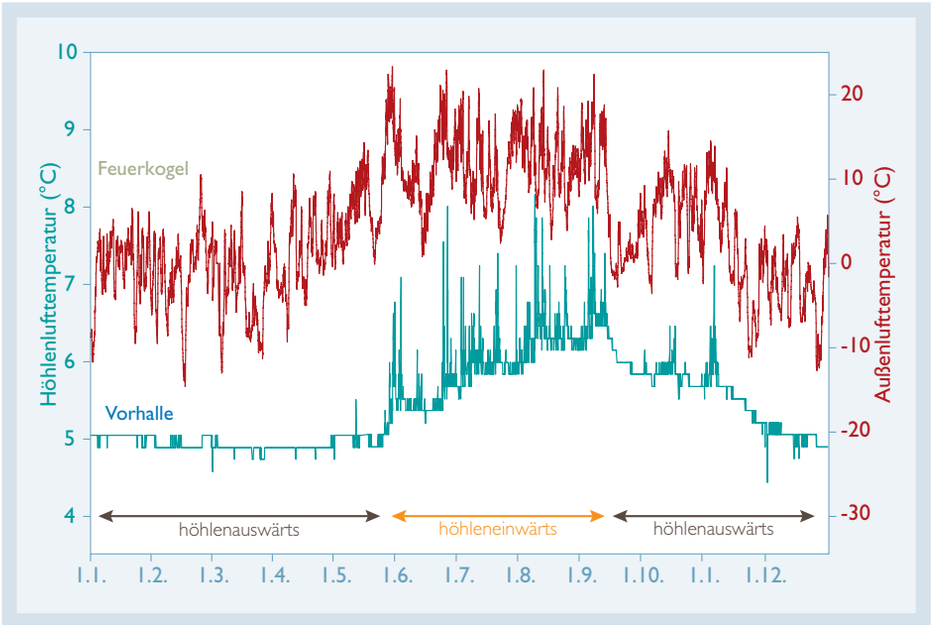

Abb. 3: Ausschnitt aus Abb. 2 für das Jahr 2008, der den engen Zusammenhang zwischen warmen sommerlichen Witterungsphasen und Zeiten zeigt, in denen sich der eingangsnahe Bereich der Höhle sukzessive erwärmte und eine überwiegend höhleneinwärts gerichtete Bewetterung vorherrschte. Ab Mitte September drehte die Luftbewegung auf großteils höhlenauswärts. Allerdings wurde diese unterbrochen durch kurzfristige Intervalle von wieder höhleneinwärts gerichteter, warmer Luft (Mitte Oktober und Anfang November), ausgelöst durch die warme, spätherbstliche Witterung.

Gegensatz dazu ist dieser eingangsnahe Bereich der Höhle etwa ab Ende Oktober von der Außenluft insofern unbeeinflusst, als die Luftbewegung i.W. höhlenauswärts gerichtet ist (Abb. 2).

Die jahreszeitlich sich ändernde Bewetterungsrichtung lässt sich also an der Änderung der Temperaturwerte in der *Vorhalle* ablesen. Das lässt auch vermuten, dass es noch weitere Eingänge in das System der *Gassel-Tropfsteinhöhle* geben dürfte, die tiefer liegen müssen als der derzeit bekannte Eingang. Dieser fungiert als oberer Eingang in das System, durch den im Winter die, gegenüber der Außenluft relativ wärmere und somit weniger dichte Höhlenluft aufsteigt und das System verlässt. Wie groß der oder die unteren Eingänge sind und ob sie für Höhlenforscher passierbar sind kann nicht gesagt werden. Es könnten durchaus auch bewetterte enge Spalten und Röhren sein, die unbefahrbar sind.

Im Bereich der Schauhöhle wurden keine langfristigen Temperaturmessungen durchgeführt; erst von der *Säulenhalle*, die auf kurzem Weg vom *Pergarschacht* aus erreicht werden kann, sowie in der unweit davon und auch etwas höher gelegenen *Brückenhalle* liegen Messreihen vor, die bereits keinen Jahresgang mehr zeigen. In anderen Worten: Die Lufttemperatur in diesem Höhlenbereich schwankt um weniger als 0,1-0,2° C über mehrere Jahre. Die mittlere Temperatur in der *Säulenhalle* beträgt 5,15 ±0,10° C und ist innerhalb der Messgenauigkeit ident mit der in der *Brückenhalle* (5,21 ±0,02° C).

Dieses konstante Temperaturregime setzt sich erwartungsgemäß weiter in die Höhle hinein fort, wobei geringfügige systematische Unterschiede zwischen höher und tiefer gelegenen Bereichen festgestellt wurden. So sind die *Kleine Tropfsteinhalle* (5,36 ±0,10° C) und der anschließende *Pollanschützgang* (5,36 ±0,10° C) minimal kühler als die rund 80 m höher gelegene *Sintervulkanhalle* (5,64 ±0,03° C). Der Wert der *Kamillushalle* – sie liegt etwas tiefer als die *Sintervulkanhalle* – befindet sich dazwischen (5,45 ±0,02° C).

Auch wenn naturgemäß nicht aus allen Bereichen der verzweigten Höhle lang-

fristige Messungen vorliegen, so kann zusammenfassend gesagt werden, dass die Höhlenluft ab dem *Pergarschacht* keinen Jahresgang mehr aufweist und je nach Höhlenabschnitt eine konstante Temperatur zwischen 5,2 und 5,6° C besitzt, möglicherweise mit einem geringen thermischen Vertikalgradienten.

Die Gänge der *Gassel-Tropfsteinhöhle* erstrecken sich von etwa 1.125 m (*Pollanschützgang*) bis etwa 1.260 m Seehöhe (*Ostterritorium*; Abb. 1), d.h. bis knapp über die Höhe des Einganges, der auf 1.229 m liegt. In dieser Höhenlage beträgt die Jahrestemperatur der Außenluft im langjährigen Durchschnitt etwa 5,5 bis 5,7° C (Spötl & Pavuza, 2016). Somit bestätigen die Messreihen aus der *Gassel-Tropfsteinhöhle* lehrbuchmäßig, dass die Höhlenluft in den eingangsfernen Abschnitten alpiner Höhlen die gleiche Temperatur aufweist wie das langfristige Mittel der Außenluft.

Zum CO_2-Gehalt der Höhlenluft liegen nur wenige Daten vor. Mit einem Messgerät wurde zwischen Mai und Oktober auf der *Kanzel* gemessen, immer außerhalb des Führungsbetriebes. Die Messungen ergaben zwischen etwa 370 und 580 ppm. Diese Werte entsprechen dem atmosphärischen Gehalt (von damals knapp unter 400 ppm) bzw. sind nur leicht gegenüber diesem erhöht.

In der *Kamillushalle* wurde der CO_2-Gehalt über einen längeren Zeitraum gemessen. In diesem eingangsfernen Höhlenabschnitt lagen die Winterwerte um 1.000 ppm, während die des Sommers etwa doppelt so hoch waren. Dieser saisonale Unterschied erklärt sich durch den erhöhten Eintrag von Boden-CO_2 in den Karst während der Vegetationsperiode.

Literatur

Offenbecher, K.H. (2004): Stabile Isotope in Stalagmiten als Indikatoren der Klimaentwicklung im Quartär in den österreichischen Alpen. – Unveröff. Dissertation Univ. Innsbruck.

Spötl, C. & Pavuza, R. (2016): Höhlenatmosphäre. – In: Spötl, C., Plan, L., Christian, E. (Hrsg.): Höhlen und Karst in Österreich: 123-138, Linz (Oberösterreichisches Landesmuseum).

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denisia

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: 0040

Autor(en)/Author(s): Spötl Christoph, Offenbecher Karl-Heinz

Artikel/Article: Höhlenluft und Bewetterung der Gassel-Tropfsteinhöhle 277-282