

Höhlen als idealer Standort für die Messung von Klimaerwärmungen?

Von Marco Filipponi, 2003

Auszug aus:

Filipponi M. (2003) - Das Klima der Schrattenhöhle : Auswertung einer 10-jährigen Messreihe. Semesterarbeit, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Institut für Atmosphäre und Klima. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/cgi-bin/show.pl?type=semarb&nr=45>

Die Höhlenklimagruppe der Schweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung hat einen Vorschlag für einen Standard für Langzeittemperaturmessungen in Höhlen erarbeitet. Die Autoren sind davon überzeugt, dass Höhlen geeignete Standorte für die Messung der Klimaerwärmung sein können. Die HGT versuchte bereits 1995 zu zeigen, dass ihre Daten einen Trend der Klimaerwärmung wiedergeben [Trüssel M., 1995a].

In diesem Kapitel möchte ich die verschiedenen Aspekte des Messstandortes Höhle für die Messung der Klimaerwärmung aufzeigen und diesbezüglich die Messdaten der Schrattenhöhle und die Messanordnung diskutieren.

Auswahl einer Messhöhle

Die Auswahl eines Messstandortes und einer Messanordnung hängt vom Erkenntnisinteresse des Projektes ab. Bei der Messung von Klimaerwärmungen möchte man am liebsten Daten, die wenig korrigiert werden müssen und die an Orten gemessen werden, wo weitgehend nur die Temperatur sich ändert.

Höhlen können verschiedene Bedingungen erfüllen:

- Keine direkte Sonneneinstrahlung
- Mehr oder weniger konstante Luftfeuchtigkeit
- Windbedingungen, die gut zu kontrollieren sind
- Meist keinen Tagesgang der Lufttemperatur

Jedoch ist nicht jeder Hohlraum im Gestein gleich geeignet. Eine Liste der Bedingungen aufzustellen, die eine ideale "Messhöhle" erfüllen sollte, kann sicherlich ins Absurde getrieben werden, bis kein Höhlensystem zu finden wäre, das all den Bedingungen gerecht werden würde. Daher scheint es mir wichtiger, einige Aspekte bei der Auswahl der Höhle zu beachten und die restlichen "Störfaktoren" beim Auswerten der Daten zu berücksichtigen.

Die wichtigsten Aspekte sind:

- Mässiges Energieniveau
- Konstanter Energieinhalt
- Keine hydrothermalen Energiequellen
- Höhlenklima, das von Tages- bis Wochenmittel der Lufttemperatur an der Oberfläche abhängt
- Wenig Höhlenbesucher

Mässiges Energieniveau

Heaton (1986) hat, um den Einfluss von Höhlenbesuchern auf die Höhle abzuschätzen, das Konzept der Energieniveaus eingeführt. Das Energieniveau ist einer der ersten zu betrachtenden Parameter für die Auswahl einer Messhöhle, denn er sagt uns, ob wir ein solch hohes Energieniveau haben, dass die erwartete Energieänderung gar nicht zu tragen kommt, oder ob das Energieniveau gar so tief ist, dass es von allerlei anderem ebenfalls gestört wird. Die Höhlen können grob in drei Klassen eingeteilt werden: hohes, mässiges und tiefes Energieniveau.

Energieniveaus von Höhlen

	hohes Energieniveau	mässiges Energieniveau	tiefes Energieniveau
Beschreibung	Diese Höhlen werden permanent von grossen Energien durchflossen (z.B. Höhlenbach) oder ihr Klima wird durch hydrothermale Phänomene bestimmt.	Diese Höhle sind bewettert und fossil ($F_{\text{Luft}} > 4 \cdot F_{\text{Wasser}}$), wobei keine hydrothermale Phänomene vorkommen.	Keine nennenswerte Bewetterung und Energieflüsse
Höhlentyp	aktive Höhle, hydrothermale Höhlen	fossile Höhle	Keller

Das Energieniveau hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem:

- vom Energiefluss durch Wasser und Höhlenwind
- vom Volumen des Höhlensystems
- vom Vorkommen von anderen Energiespeichern (zum Beispiel Höhleneis)

Zu beachten ist, dass ein hoher Energiegehalt nicht zwangsläufig mit hohen Lufttemperaturen verbunden ist. (Zum Beispiel die Schmelzenergie von Eis oder die kinetische Energie der Hochwässer)

Demnach wäre eine fossile Höhle mit Luftzirkulation der ideale Höhlentyp für Langzeittemperaturmessungen.

Konstanter Energieinhalt

Der Energieinhalt einer Höhle kann im Tages- oder Jahresverlauf sehr stark schwanken. Diese Variationen werden vorwiegend durch Hochwässer und dem Höhlenwetter bestimmt. Je grösser die täglichen oder jahreszeitlichen Schwankungen sind, desto schwieriger ist, es einen Trend zu erkennen. Vor allem, wenn sich mehrere Effekte überlagern (vergleiche Kapitel 4 - Die Zyklen des Höhlenklimas).

Für das Beobachten von Langzeittrends wäre eine Höhle geeignet, deren Klimabedingungen mehr oder weniger gleich bleiben oder nur kurzfristig gestört würden.

Keine hydrothermalen Energiequellen

In einigen Karstsystemen wird das Wasser durch hydrothermale Prozesse erwärmt. Abgesehen davon, dass diese Wässer das Energieniveau der Höhle erhöhen, ergeben sie sehr schwierig zu korrigierende Werte, da sie von vielen, schwierig zu quantifizierenden Faktoren abhängen.

Höhlenklima, das vom Tages- bis Wochenmittel der Lufttemperatur an der Oberfläche abhängt

Möchte ein Trend der Klimaerwärmung gemessen werden, sollte die Atmosphäre in der Höhle am Wetterverlauf der freien Atmosphäre teilhaben. Idealerweise sollte eine Korrelation in der Ordnung von Tages- bis Wochenmittel gefunden werden.

Hängen die Meteobedingungen in der Höhle nicht vom Wettergeschehen der freien Atmosphäre ab, wird das Höhlenklima von einem ein anderer, externer Höhlenklimafaktor bestimmen.

Wenig Höhlenbesucher

Jeder Höhlenbesucher strahlt Wärme ab, zum Beispiel ein spazierender Erwachsener $\sim 280 \text{ J/s}$ [Andrieux A. 1988]. In den meisten Fällen wird ein Höhlenbesucher nur einen nicht korrelierbaren Ausschlag in den Messdaten verursachen. Doch gibt es Fälle, in denen eine zu grosse Besucherdichte das Energieniveau der Höhle veränderte. Abgesehen davon können Höhlenbesucher mit Absicht oder aus Unvorsichtigkeit die Messstationen beschädigen oder zerstören, was zum Verlust von Daten führt.

Daher wäre es wünschenswert, dass in einer "Messhöhle" der Besucherstrom minimiert oder wenigstens kontrolliert werden kann.

Bemerkung zur Interpretation von Trends

Wird in den Messdaten einer Messhöhle, die nach den oben skizzierten Kriterien ausgewählt wurde, ein Temperaturtrend erkannt, darf dieser nicht ohne weiteres gleichgesetzt werden mit der regionalen Klimaerwärmung an der Oberfläche. Erst wenn ausgeschlossen werden kann, dass dieser Trend nicht durch einen anderen Effekt verursacht wurde (zum Beispiel: abschmelzen von Höhleneis, Veränderung der Luftzirkulation durch erweiteren einer Engstelle, Aufforstung des Waldes um die Höhleneingänge, ...), darf der Trend mit jenem einer Messstation an der Oberfläche verglichen werden. Dies heisst, dass das Klimasystem der entsprechenden Höhle gut verstanden sein muss!

Andrieux C. (1988) - **Influence de l'homme sur l'environnement climatique souterrain**. Actes des Journées Félix Trombe, Mémoire Spéléo-Club de Paris 14/I, Paris.

Heaton T. (1986) - Caves. **A tremendous Range in Energy Environments on Earth**. National Speleological Society News, August: 301-304.

Trüssel M. (1995) - **Langzeit-Temperaturmessungen in der Schrattenhöhle (Melchsee-Frutt, OW, CH)**. Akten des 10. Nat. Kongresses für Höhlenforschung der Schweizerischen Gesellschaft für Höhlenforschung, S.402ff, Breitenbach.