

Standard für Langzeitlufttemperaturmessungen in Höhlen (LLTH)

Höhlenklimagruppe SGH/SISKA
Arbeitsbericht von
Sascha Ullmann, OGH
Marco Filippini, AGSR

Ziele der Gruppe „Standards“

Unser Auftrag war die Formulierung eines Standards zur einheitlichen Messung der langzeitlichen Entwicklung der Höhlenlufttemperatur. Wir setzten uns insbesondere zum Ziel:

- Die Standards sollen die Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Messreihen ermöglichen.
- Unsere Arbeit soll den Höhlenforschern ein vernünftiges und verständliches Hilfsmittel bereitstellen.

Die alleinige Festlegung eines Standards hat sich als problematisch erwiesen. Wir schlagen deshalb zwei alternative Konzeptionen vor:

1. Top-Down: Wir legen relativ willkürlich Regeln fest, mit der Gefahr, dass sie nicht eingehalten werden könne und sich deshalb als unsinnig erweisen.
2. Bottom-Up: Die Erfahrungen aus den einzelnen Projekten sollen zeigen, welche Regeln für alle Sinn machen.

Der Top-Down-Ansatz: Standards

Für die Messung der Aussenlufttemperatur empfehlen wir die Standards der SMA (Schweiz. Meteorologischen Anstalt, Zürich).

Standardlufttemperatur

- Vor der Sonne geschützt
- 2 Meter über dem Boden
- Windgeschwindigkeit maximal 4 m/s
- Messintervall 1 Stunde (SMA: 10 Minuten)

Grasminimumtemperatur

- einige Zentimeter über dem Boden
- ohne Strahlungsschutz, dafür aber in weissem Kunststoff eingegossen/eingepackt.

Aus diesen Standards leiteten wir unseren Standard für die Höhlenlufttemperatur ab. Er versuchen die Störfaktoren bei der Messung der Lufttemperatur in einem Gang möglichst auszuschalten oder wenigsten zu vereinheitlichen.

Standard für Langzeitlufttemperaturmessungen in Höhlen (LLTH)

- **Kein Höhlenwind**
- **Kein fließendes Wasser**
- **Raummitte**
- **Intervall: 1 Stunde**
- **Messgenauigkeit ± 0.1 bis 0.2 °C**

Bei dieser Festlegung gibt es folgende Probleme:

1. Es gibt Messstandorte, bei denen eine oder mehrere Bedingungen nicht eingehalten werden können.
2. Ein Messstandort kann unter dem Einfluss des vorangegangenen Gangabschnittes stehen, der vielleicht massiv Wasser führte.

Unser Lösungsvorschlag ist das Führen eines Messprotokolls, in das nebst den Lageparametern der Messstation allfällige Abweichungen vom Standard dokumentiert werden.

Der geneigte Leser wird hier zu recht merken, dass das einerseits eine mühsame Bürokratie erfordert und andererseits eine standardisierte Messung, die mit Abweichungen relativiert wird, eigentlich keine Standardmessung mehr ist.

Der Bottom-Up-Ansatz: Messziele sind massgebend

In diesem Ansatz steht das Projekt im Zentrum. Der erste Schritt legt fest, welche Fragestellung mit einer Messungen verfolgt werden soll. Danach erfolgt die Auswahl des geeigneten Messverfahren. Wie also die Temperatur gemessen wird, ist abhängig vom Projekt und nicht von einem Standard. Für den weiteren Schritt schlagen wir vor, dass sich die Klimagruppe jährlich einmal trifft, ihre Resultate vorstellt und bespricht. Aus dieser Runde könnten sich dann Messstandards für konkrete Problemstellungen heraus kristallisieren.

Empfohlene Projekte und Beobachtungen

Projekte

- **Temperaturgradient der Luft:** Alle 30 bis 50 Höhenmeter wird eine Messstation eingerichtet. Der Verlauf der durch die Messdaten entstandenen Kurve erlaubt uns eine Aussagen zu machen, in welchen Höhlenabschnitten Luft und in welchen Wasser die Lufttemperatur dominiert, oder ob es Luftzufuhren von noch nicht erschlossenen Höhlenpartien gibt.
- **Temperaturgradient des Wassers:** Alle 30 bis 50 Höhenmeter wird eine Messstation eingerichtet. Der Verlauf der durch die Messdaten entstandenen Kurve kann Aufschluss geben über unbekanntes Zuflüsse.
- **Vergleich Temperaturgradient des Wassers mit jener der Luft:** Vorgehen wie oben, doch je eine Messstation im Wasser und eine an der Luft. Der Gradient des Wassers könnte leicht höher sein.
- **Temperaturprofil eines Gangquerschnittes:** An die Decke eines hohen Ganges wird ein Seil gehängt, an dem alle Meter eine Messstation befestigt ist. Ist der Gang genügend breit, können im Abstand von ebenfalls einem Meter weitere Seile eingerichtet werden.
Jahresmitteltemperatur an einem Messstandort: Gemäss Pierre-Yves Jeannin könnte diese etwa 10 cm tief im Fels gemessen werden (Bohren und Thermostat verlegen).

Wichtige Ergänzungsmessungen

- Windrichtung und Windgeschwindigkeit
- Schüttung des Höhlenbaches
- **Messmethode der Windgeschwindigkeit**
Praktisch in allen Höhlenteile hat es eine Luftzirkulation. Oft ist sie so fein, dass wir sie mit unseren Sinnen nicht wahrnehmen können. Um die Luftbewegung sichtbar zu machen kann man Rauch (notfalls auch Hauch) beobachten (Raucher oder Feuerwerksfanatiker sind gefragt). Gleichzeitig kann man mit einer Uhr die Zeit messen, die der Rauch für das Zurücklegen einer gewissen Distanz benötigt hat. Dadurch bekommt man eine Abschätzung der Windgeschwindigkeit (Beispiel: 4 Meter in 2 Sekunden = 2 m/s). Die Abschätzung sollte mehrmals hintereinander durchgeführt werden, um das Resultat zu bestätigen (Durchschnitt aller Messungen nehmen).
- Abschätzung der Schüttung
Das Schätzen der Schüttung braucht Übung. Hier zwei Hilfsmittel
 - Die Fülldauer [s] eines Litermasses wird mit der Uhr gemessen. Die Litermenge des Gefässes durch die Fülldauer ergibt dann die Schüttung [l/s]. Beispiel: Für 2 Liter braucht es 10 Sekunden: $2\text{ l}/10\text{ s}=0.2\text{ l/s}$. Anstatt eines Litermasses kann auch ein Plastiksack verwendet werden. Er hat den Vorteil, dass er formrichtig an den Fels angepasst werden kann.
 - Zuerst wird die Durchflussfläche [cm²] geschätzt: Bachbreite [cm] mal Bachtiefe [cm] . Zweitens wird geschaut, wie weit ein mitgenommener Schwimmer (Korkstücken o.ä.) in einer Sekunde schwimmt. Zum Messen ist es aber einfacher, wenn man während 3 bis 5 Sekunden misst und die zurückgelegte Strecke durch die Sekunden teilt. Die durchströmte Fläche [cm²] mal der Fliessstrecke [cm] pro Sekunde ergibt dann die Schüttungsmenge (l/s).
Beispiel: Der Höhlenbach ist an der beobachteten Stelle ungefähr 60 cm breit und 20 cm tief. Das gibt eine Durchflussfläche von 1200 cm². Da das Bachbett nicht rechteckig

sonder leicht V-förmig ist, nehmen wir nur 1000 cm². Das Korkstückchen schwimmt in 5 Sekunden 600 Zentimeter weit. Das ist pro Sekunde 120 cm (=Fließgeschwindigkeit = 120 cm/s). Zum Schluss multiplizieren wir die Durchflussfläche mit der zurückgelegten Strecke:

$$1000 \text{ cm}^2 * 120 \text{ cm/s} = 120'000 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Da 1000 cm³ = 1 Liter erhalten wir für unser Beispiel eine Schüttung von ungefähr 120 l/s.

Auch diese Messungen sollen nach Möglichkeit mehrmals durchgeführt werden.

Ergänzende Beobachtungen

- **Kondensation**
Interessant sind jene Stellen an denen sich richtige Tropfen an den Wänden bilden, sowie jene an denen der Fels "trocken" ist.
- **Eis**
Eisvorkommen, ihre Ausdehnung sowie ihre jahreszeitliche Verteilung sollten dokumentiert werden