

Hydrogeologische Messungen im Lamprechtsofen bei Lofer – Kann man die alpine Erderwärmung in den Quelltemperaturen erkennen?

Wolfgang Gadermayr

Ingenieurbüro geo² Ziviltechniker Ges. m. b. H. ; Hallein

Der Lamprechtsofen stellt mit einem Gesamthöhenunterschied von 1650 m eine der tiefsten Höhlen der Welt dar und ist die tiefste Durchgangshöhle der Welt. Durch die ausgezeichnete Erforschung dieser Karsthöhle bietet sich diese als Forschungsobjekt für karsthydrogeologische Untersuchungen zum Verständnis der unterirdischen Abflusswege. Die über 50 jährige, expeditionsartige Erforschung dieser Höhle bildet die Grundlage für die Messungen des im höhleninneren verlaufenden Höhlenbachs.

Markierungsversuche der Abteilung für Wasserhaushalt für Karstgebiet (MR Dr. VÖLKL G. 1975/76) sowie zahlreiche Quellmessungen wurden durchgeführt und seit 2007 werden die beiden Quellbäche in der Höhle mit einer dauerregistrierenden Quellmessstation erfasst. Die Masterarbeit an der Universität Innsbruck von Fr. Katharina Gröbner MSc. bildet die Grundlage für das Verständnis des Karstsystems der Leoganger Steinberge.

Die Projektidee dieser Messungen entstand in Zusammenarbeit mit des Hydrographischen Dienstes in Abstimmung mit dem Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg, wobei sich die im Höhleninneren befindlichen Messstellen durch eine vollständige Abschirmung der Oberfläche auszeichnen (liegen 1,5 km im Inneren des Berges bei einer Überlagerung von etwa 500 m). Fokus dieser Messungen sollte die Dynamik von Karstsystemen mit einem „channel flow“ dominierten Abfluss und einem „Diffuse flow“ dominierten Abflusssystem sein.

Die seit 2007 vorliegenden Daten liefern nun einen guten Überblick über periodische und tendenzielle Entwicklungen der Quellparameter. Das Einzugsgebiet dieser Karstquellen wird nur forstwirtschaftlich genutzt und ist zum größten Teil als alpines Ödland von einer anthropogenen Nutzung ausgeschlossen. Daher fehlen hier störende Einflussgrößen bei der Auswertung von langfristigen Trends.

Geologischer Überblick

Der Eingang des Lamprechtsofen befindet sich an der Nordseite der Leoganger Steinberge und führt entlang einer markanten geologischen Störungszone von einer Seehöhe von 660 m ü.A. (Eingang) in die Kar-Plateaubereiche der Leoganger Steinberge, welche Gipfelhöhen von 2.634 m ü.A. (Birnhorn) erreichen und somit einen Höhenunterschied von knapp 2.000 m darstellen.

Die Leoganger Steinberge bilden als isolierteres Karplateau mit einer Fläche von ca. 33 km² neben den Loferer Steinbergen den Übergang zwischen den Plateaugebirgen des Dachstein- Tennen- und

Hagengebirges, des Hochkönig und des Steinernen Meeres zu den Kalkgebieten des Karwendels und der Tiroler Nordkette.

Die Leoganger Steinberge werden aus dem Sockel aus Hauptdolomit aufgebaut, welche den permoskythischen Gesteinen des Tiroler Buntsandstein (Werfener Schichten) überlagern. Mit einem scharfen Übergang erfolgt der Wechsel zu dem Dachsteinkalk, welcher an der Oberfläche die Karbereiche und Gipfel bildet.

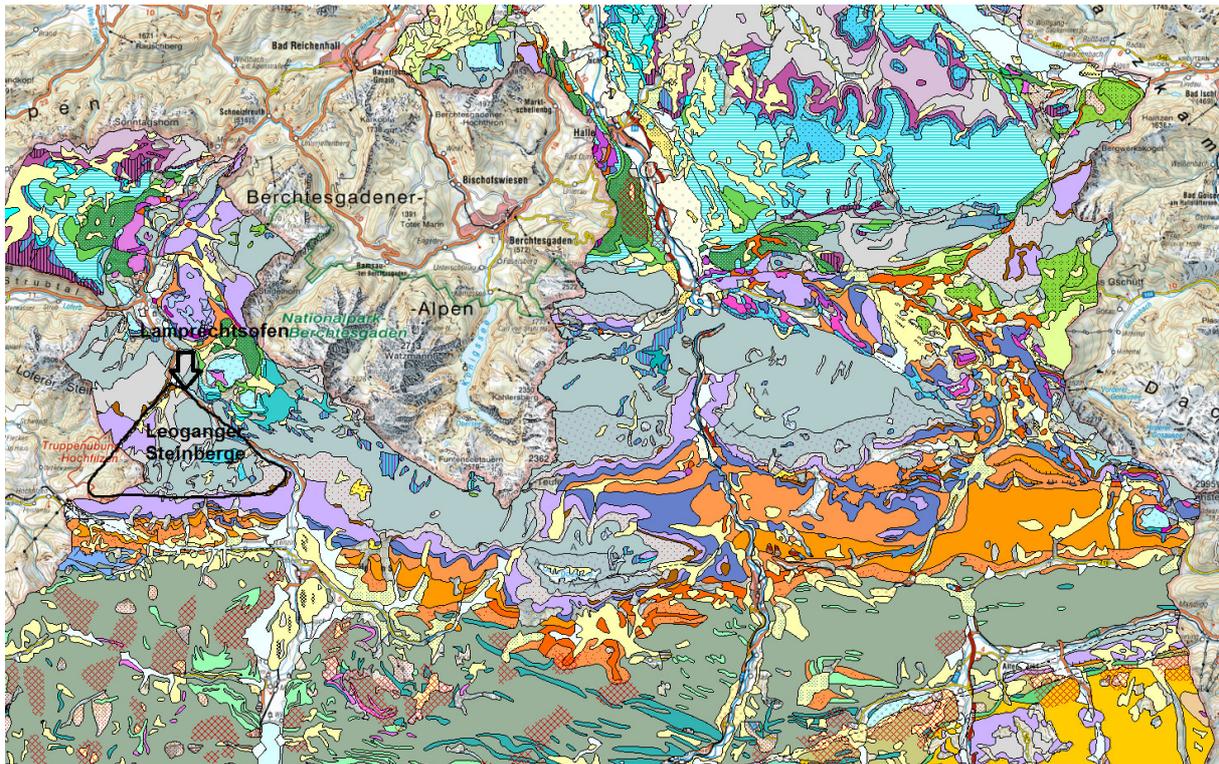


Abb. 1: Geologischer Überblick, aus der geologischen Karte (SAGIS, BRAUNSTINGL, R. 2005).

Die Entwässerung dieses etwa 33 km² großen Karbereiches erfolgt unterirdisch, wobei sich die größten Quellen an der Nordseite (Lamprechtsofenquelle) und an der Südseite (Birnlochquelle) befinden, weitere Karstquellen umrahmen des Karstgebiet.

Die neben dem Lamprechtsofen entspringende bildet die Hauptquelle des Systems, welche in die Vorflut Saalach entwässert.

Der unterirdische Wasserlauf des Lamprechtsofens ist in der gleichnamigen Karsthöhle (Kat. Nr. 1323/1 des Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg) über weite Strecken verfolgbar. Dabei handelt es sich um einen „Höhlenbach“, welcher teilweise in Canyons und Kaskaden oder in Höhlenseen mit Siphonen (Höhlenseen, deren Wasserspiegel bis zur Decke reicht) verläuft und somit für unterirdische Messungen zugänglich ist.

Der Höhlenverlauf ist zum größten Teil an tektonische Lineamente gebunden, welche auch die Schichtgrenze zwischen dem Hauptdolomit und dem Dachsteinkalk bildet. Zahlreiche Harnischflächen zeugen von der aktiven Tektonik, welche zeitgleich oder später als die Höhlengenesse ablaufen.



Foto 1: Harnischflächen im Canyon der Kneippklamm als Zeuge der jungen Tektonik des Höhlensystems bzw. des Alters der Höhlengenesse

Entwässerungssysteme des Lamprechtsofens

Der Lamprechtsofen stellt die Hauptentwässerung der Leoganer Steinberge dar, wobei dieser in N-S Richtung unter das Gebirgsmassiv verläuft und dabei der Höhlenbach auf von einer Seehöhe von 660 m ü.A. bis zu den Karhochflächen verfolgbar ist.

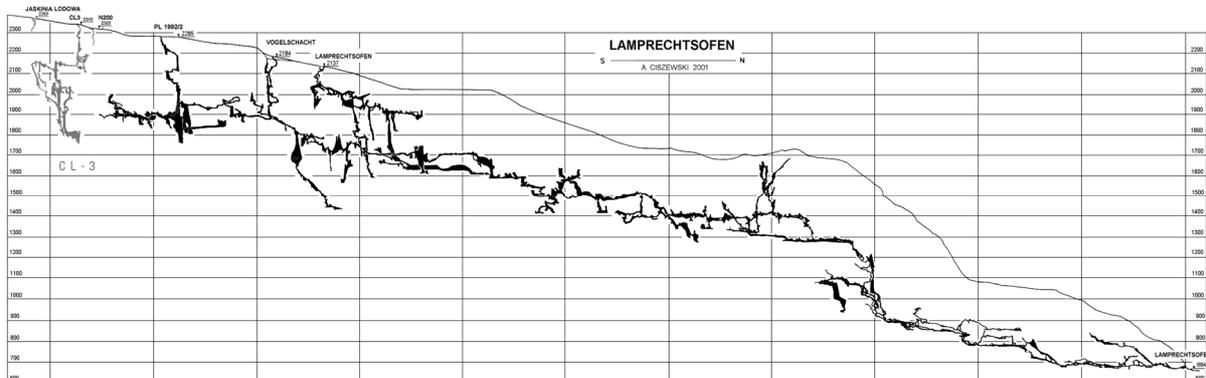


Abb. 2: Längenschnitt des Höhlensystems (Quelle Ciszewski A. 2003)

Während in den unteren Abschnitten der Höhlenbach über die Kaskaden und Höhlenseen gut verfolgbar ist, teilt sich dieser etwa 1,6 km im Berg in zwei Entwässerungssysteme auf. Der orographisch linke (westliche) Abschnitt des „**Kneippbachs**“ ist über die erforschten Höhlenteile bis zur Oberfläche verfolgbar, wobei das Wasser weitgehend entlang von Spalten und Canyons abfließt. Damit ist dieser „Höhlenbach“ über eine

Seehöhe von 660 m ü.A. bis 2.145 m ü.A., also über einen Höhenunterschied von 1485 m ü.A. verfolgt werden kann.

Der orographisch rechte (östliche) Höhlenbach des „Grüntopfs“ verläuft über mehrere Höhlenseen und Siphonzonen und bildet die Entwässerung des oberen Karbereiches. Im Gegensatz zu dem Höhlenbach der „Kneippklamm“ ist dieser nur punktuell an den Höhlenseen aufgeschlossen.

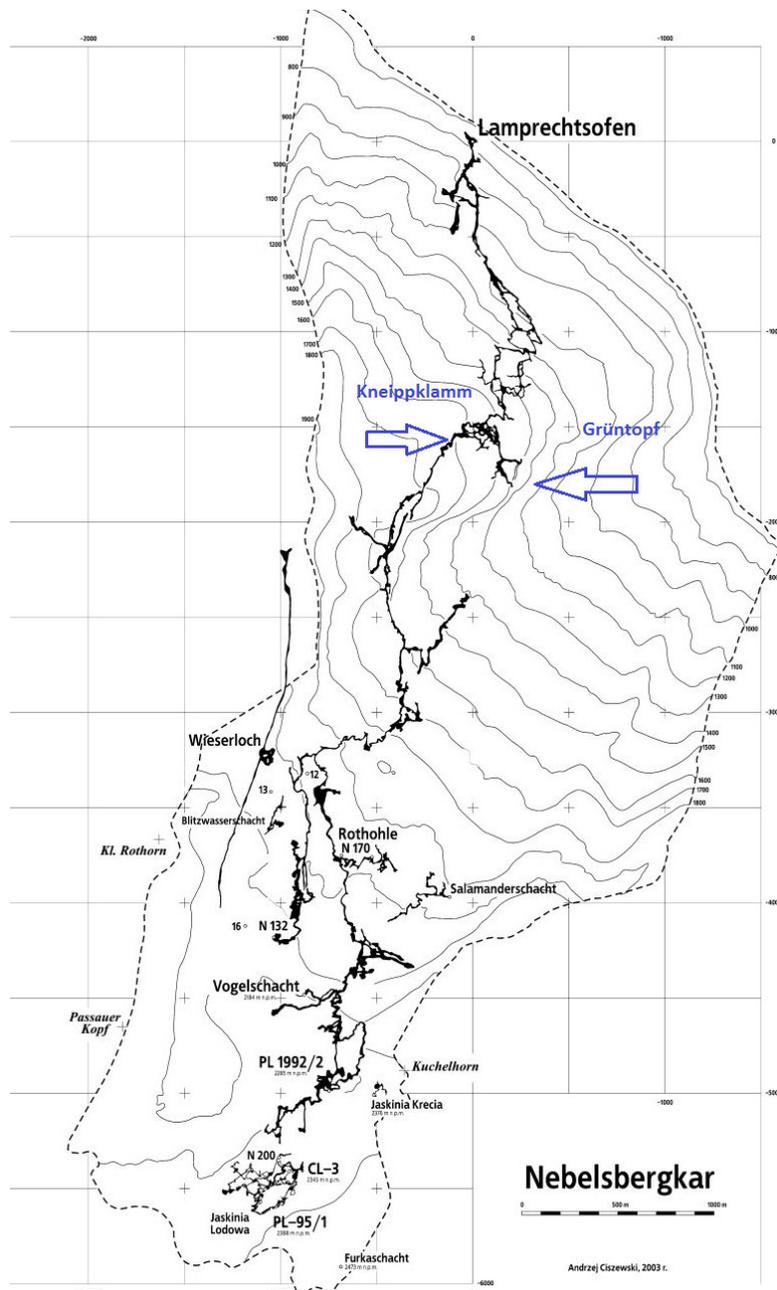


Abb. 3: Höhlenverlauf des Lamprechtsofens und der Zubringersysteme, (Quelle Ciszewski A. 2003)

Messstationen

Zur Erfassung der Abflussdynamik wurden an den beiden „Höhlenbächen“ der Kneippklamm und des Abflusses des Grüntopfsystems zwei Messsonden mit dauerregistrierender Aufzeichnung der Parameter Wasserspiegel (zur Erfassung des Abflusses), Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit eingebaut.

Bei den Messsystemen handelt es sich um YSI 600 Messsonden, welche sich durch eine hohe Messgenauigkeit auszeichnen. Die Parameter werden mit einer möglichst hohen Auflösung aufgezeichnet und jährlich ausgelesen.

- **Kneippklamm**

- Höhlenbach mit vorwiegendem Abfluss in Spalten und Canyons, bis zur Geländeoberkante auf 2.145 m ü.A. verfolgbar. Größere Speicher (Höhlenseen und Siphonzonen) fehlen. Die Entwässerung entspricht am ehesten dem „channel flow“. Einzugshöhe von ca. 1.100 bis 2.200 m ü.A.

- **Grüntopf**

- Entwässerung vorwiegend über Siphonzonen, welche mit Kaskaden verbunden sind. Damit resultieren große Abflussspeicher, welche in den Kaskaden überlaufen, jedoch vergleichbar große Speicher bilden.
Einzugshöhe von ca. 1.300 bis 2.650 m ü.A.

Wassertemperatur 2019

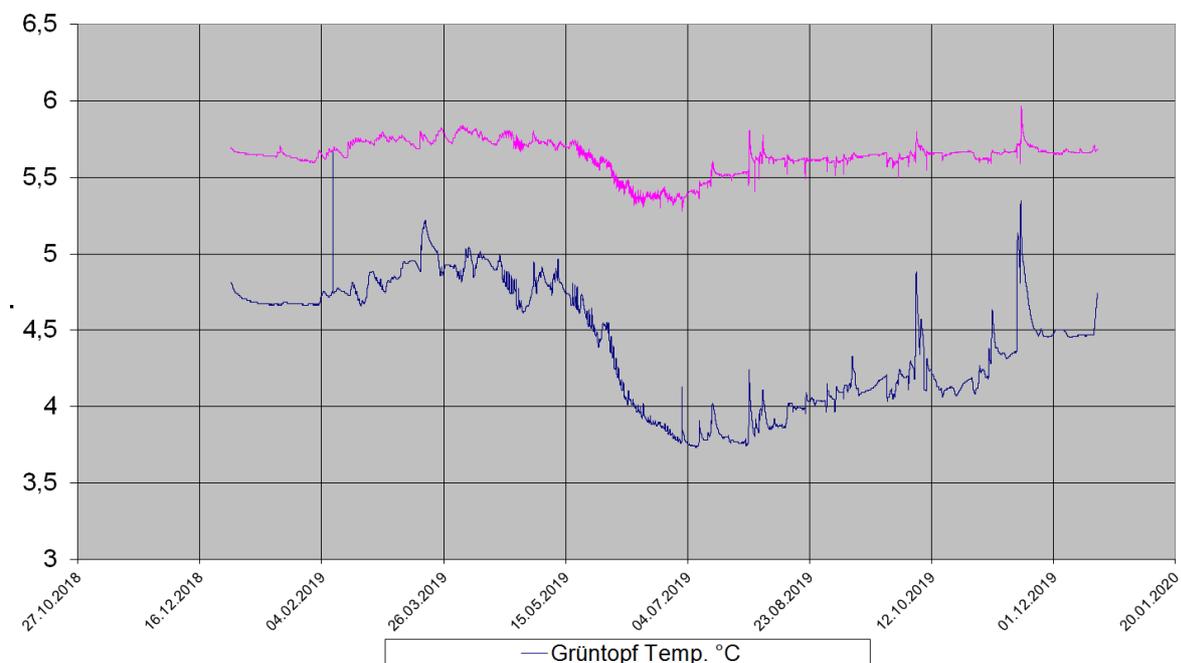


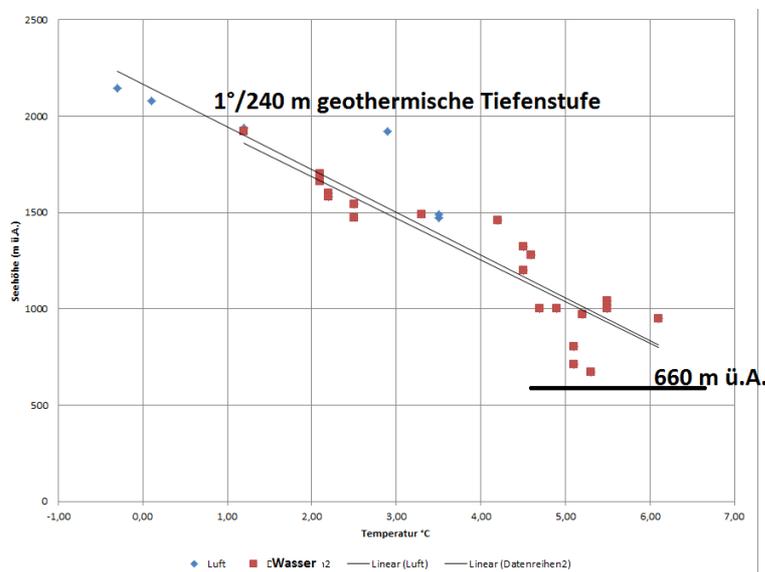
Abb. 4: Jahreswasserganglinie der Wassertemperaturen am Beispiel 2019,

Die beiden Systeme zeigen sehr ähnliche Dynamik in den gemessenen Parametern, wobei erwartungsgemäß die Wassertemperatur im Grüntopfsystem um etwa 1,3°C tiefer liegt als im Kneippklammsystem.

Die jahreszeitlichen Schwankungen sind im Kneippklammsystem mit 0,7°C in der Kneippklamm deutlich geringer als im Grüntopfsystem mit fast 2,0°C, was vermutlich der längeren Speicherung des Wassers in den Höhlenseen und Siphonen schuldet.

„Geothermische Tiefenstufe“

Die beim Durchstieg 1992 erstmals gemessenen Wassertemperaturen über einen Höhenunterschied von fast 1450 Metern gemessenen Wassertemperaturen zeigten eine Zunahme der Wassertemperatur (und Lufttemperatur) von etwa **1°C/240 m**



Diese „geothermische Tiefenstufe“ entspricht deutlich stärker den klimatologischen Verhältnissen (300 m/°C), während die geothermischen Einflüsse hier eine untergeordnete Rolle spielen.

Wassertemperaturen

Die gemessene Wassertemperatur hängt von folgenden Parametern ab:

- Bodentemperatur im Einzugsgebiet
 - Seehöhe, Exposition, Vegetation, innere Einflüsse (z.B. Luftzirkulationen im Berg)
→ Ektogener **Energieeintrag**
- Geothermische Konvektion
 - Wärmeleitfähigkeit des Gebirges, Kontaktzeiten des Wassers zum Gebirge → Endogener **Energieeintrag**
- Chemische Reaktionen
 - Lösungskälte, etc.
- Mechanische Einflüsse

- „Reibungen in Wasserfällen“
- Anthropogene Einflüsse
 - Bauten und sonstige Nutzungen, geothermische Nutzungen, etc.

Trends und Entwicklungen

Bei den seit 2007 durchgeführten Messungen kann in der mittleren Wassertemperatur beider Systeme eine Zunahme der mittleren Wassertemperatur festgestellt werden, welche bei etwa $0,12^{\circ}\text{C}/\text{Dekade}$ liegt. Bei den anderen Messparametern zeichnen sich keine zuordenbaren Trends ab.

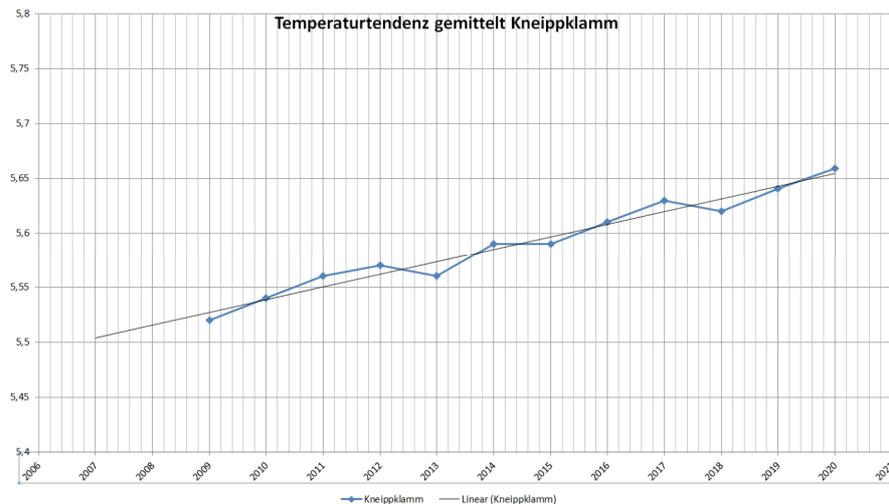


Abb. 5: Tendenzielle Entwicklung der mittleren Wassertemperatur im System Kneippklamm von 2007-2020.

Diese Trends der Wassertemperatur in Quellen sind auch bei der Auswertung anderer Karstquellen in Salzburg beobachtet worden.

Die in den Quellen gemessenen Wassertemperaturen sind von zahlreichen Einflussgrößen abhängig, eine Verifizierung von klimatologischen Veränderungen (Stichwort „Klimawandel“) scheint durch eine sorgfältige Auswertung der zahlreichen Messdaten der Wassertemperaturen möglich und sinnvoll.