

Kurz nach Beginn des Ersten Weltkrieges wird er als Leutnant der Feldartillerie eingezogen. Am 10. November 1916 reißt ihn in Nordfrankreich an der Somme ein Volltreffer auf einen Unterstand seiner Einheit aus dem Leben.

Seine Witwe, für die mit seinem Tode eine Welt zusammenbrach, hütete seine Hinterlassenschaften wie Reliquien. Als im 2. Weltkrieg die Wohnung in Berlin-Grunewald durch einen Bombentreffer zerstört wurde, gingen auch die meisten Aufzeichnungen von Max Kämper in Flammen auf. Einige Dokumente haben jedoch den Krieg überdauert und wurden von der Familie aufbewahrt. Sie liefern neben den hier dargestellten Fakten zahlreiche Ansatzpunkte für weitere Recherchen.<sup>1)</sup>

#### *Literatur:*

*Brucker, Roger W. & Watson, Richard A.* The Longest Cave. New York, 1976.

*Hovey, Horace C.* Kaemper's Discoveries in the Mammoth Cave. Scientific American, May 22, 1909; p. 388 - 390.

*Sutton, Michael R.* Thirty Years of Mapping by the Cave Research Foundation. NSS Bulletin, 52 (1990); p. 1 - 15.

## **Zum Wärmehaushalt von Eishöhlen - Hinweise in der älteren Literatur**

*Von Friedrich Oedl (Salzburg)*

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts fand eine rege wissenschaftliche Diskussion über die Entstehung des Höhleneises statt. Außer französischen - etwa über die Glacière de Chau-le-Passavent (Girardot & Trouillet, 1885) - findet man vor allem deutschsprachige Arbeiten, die zum Großteil den (alt)österreichischen Raum betreffen (Fugger, 1891 - 1893; Krenner, 1874; Lohmann, 1895). Etwa um die Jahrhundertwende erfolgte die endgültige Klarstellung, daß im wesentlichen der Einfluß der winterlichen Kälte Ursache der Höhlenvereisung ist.

Während Veröffentlichungen über die in Eishöhlen in verschiedenen Jahreszeiten festgestellten Temperaturen und fallweise auch über die ermittelten Windgeschwindigkeiten (z. B. in Hauser & Oedl, 1926) relativ zahlreich sind, ergeben sich umfassende Grundlagen zur Beurteilung der in Eishöhlen umgesetzten Wärme nur aus einer Veröffentlichung von R. SAAR über die Dachstein-Rieseneishöhle bei Obertraun (Oberösterreich). Messungen in dieser Höhle wurden nach dem Ersten Weltkrieg unter der Leitung von G. KYRLE begonnen und nach dem Zweiten Weltkrieg von R. SAAR fortgesetzt (Saar, 1955). Vergleichbare Untersuchungen sind aus der Kungur-Eishöhle im Ural bekannt (Lukin, 1965; Mavlyudow, 1995). Sämtliche Arbeiten bringen zum Ausdruck, daß die veröffentlichten Werte nur als Hinweise zu werten sind, die die Größenordnung der Prozesse erkennen lassen. Die weitgehende Übereinstimmung im Grundsätzlichen spricht jedoch für die Richtigkeit der Überlegungen.

<sup>1)</sup> Für wichtige Hinweise und Ratschläge im Verlauf dieser Recherche ist vor allem dem Landesarchiv Berlin und dort Herrn Dr. Luchterhandt und Herrn Lieke, ferner Frau Birgit Böhme von der Zentral- und Landesbibliothek Berlin, sowie Herrn Moisel vom Kirchenkreis Siegen zu danken.

Bei den nachstehenden Informationen über die in den Publikationen angegebenen Werte werden diese zur Erleichterung von Vergleichen in die auch sonst üblichen Einheiten umgerechnet (Kilo-Kalorien, Kilo-Joule, KW-Stunden). Bei der Gegenüberstellung der Werte ist zu berücksichtigen, daß die erwähnten Höhlen hinsichtlich ihrer Lage, Überdeckung und Größe, aber auch in vielen anderen Hinsichten sehr unterschiedlich sind; die ermittelten Werte sind aber hinsichtlich ihrer Abhängigkeit voneinander durchaus vergleichbar.

SAAR kommt für die Dachstein-Rieseneishöhle für den kalten Winter 1928/29 zu einem Wärmeentzug aus der Höhle von 280 Millionen kcal (1 172 Millionen kJ, 325655 KWh). Dabei nimmt er eine Durchschnittstemperatur von  $-4^{\circ}\text{C}$  und eine Durchschnittsgeschwindigkeit des Windes von 4 m/sec im Höhleneingang an 65 Tagen an. Der Wärmeentzug pro Tag errechnet sich daraus mit durchschnittlich 4 307 700 kcal (18 006 186 kJ oder 5001 KWh). Die Wärmezufuhr lag in diesem Beobachtungsjahr an den 300 (?) dem Sommerzyklus zuzuordnenden Tagen zusammen rechnerisch jedoch lediglich in der Größenordnung von 162 Millionen kcal (677 160 000 kJ oder 190000 KWh).

Interessant sind auch die Überlegungen zum Wärmeentzug durch Verdampfung des Eises im Falle des Eindringens trockener Winterluft in die Höhle. SAAR führt folgendes Beispiel an: Falls sich bei einer bergwärtigen Luftströmung mit einer Geschwindigkeit von 10 m/sec durch das 13m<sup>2</sup> große Eingangsportal die Luft von  $-10^{\circ}\text{C}$  auf  $0^{\circ}\text{C}$  erwärmt und ihr Feuchtegehalt von 1g H<sub>2</sub>O/m<sup>3</sup> auf 3,5g/m<sup>3</sup> ansteigt, entspricht dies einer Verdampfung von 40 m<sup>3</sup> und somit einem Wärmeentzug von etwa 23 500 000 kcal (98 394 500 kJ, 27330 KWh) in 24 Stunden. Die Temperaturänderung durch Ausdehnung, bzw. Kompression der Luft infolge des Durchströmens eines Höhenunterschiedes von 400 Metern zwischen Höhlenraum und Gebirgsoberfläche würde zwar rechnerisch rund  $4^{\circ}\text{C}$  betragen; tatsächlich tritt die Luft aber ziemlich gleichmäßig mit  $+0,5^{\circ}\text{C}$  in die bekannten Räume ein.

SAAR berichtet auch, daß bei bestimmten aerodynamischen Verhältnissen warme Tagluft mit  $+6^{\circ}\text{C}$  durch den talseitigen Eingang einer Höhle mit dynamischer Wetterführung eintreten kann. Er bezeichnet diese als „kritische Temperatur“; dieser Zustand führt zu einer ungewöhnlich starken Erwärmung des Eisteiles. Unter Anführung einzelner Temperaturmessungen verweist er schließlich auch auf den beträchtlichen Einfluß von - relativ warmen - Sickerwässern auf das Höhlenklima; demgegenüber wird festgestellt, daß weder die Einführung der elektrischen Beleuchtung in der Dachstein-Rieseneishöhle noch eine jährliche Besucherzahl von 80 000 Personen einen merkbaren Einfluß ausübe.

Diese rechnerisch zunächst nicht belegte Feststellung wird durch die in einzelnen Veröffentlichungen angegebene Energieabgabe durch die Besucher bestätigt. So gibt MENICHETTI in seiner Abhandlung über die Energie-Verhältnisse in der Grotta Grande del Vento bei Genga (Provinz Ancona, Italien) die Wärmeabgabe eines Besuchers während der 80 Minuten der Höhlenführung mit 400 kJ an (Menichetti, 1955). Dabei ist weiters zu berücksichtigen, daß nur etwa die Hälfte der Energieabgabe in der Höhle zur Erwärmung des Höhlenklimas führt, da ein beträchtlicher Teil durch die sommerliche Luftströmung (zum Beispiel während der Erklärungen im Eingangsbereich) in der Höhle nicht wirksam wird. Für einen angenommenen täglichen Besuch durch 2000 Personen erscheinen daher folgende Zahlen größenordnungsmäßig vertretbar: eine Wärmeabgabe von rund 300 kJ (=0,083 KWh) je Besucher während der üblichen Führungs-

dauer von einer Stunde, und bei Annahme eines höhlenklimatisch wirksamen Anteils von 50% daher insgesamt  $2000 \times 150$  KJ, somit 300 000 KJ (rund 712 600 kcal = 83,3 KWh) im Tag.

Die im Gips liegende Eishöhle bei Kungur im Mittelural liegt knapp über dem Sylva-Fluß, der im Jahr 1979 einen Teil der Höhle überflutete und ihr dabei beträchtliche Wärmemengen zuführte. Die Höhle, die jährlich von rund 200 000 Besuchern frequentiert wird, weist eine Felsüberdeckung von rund 50 Metern auf. Aus den vorliegenden Messungen und Überlegungen (Lukin, 1963; Mavlyudov, 1995) ist zu entnehmen, daß sich der tägliche Wärmeentzug während der winterlichen Periode (von November bis März) bei einem durchschnittlichen Luftdurchsatz von  $400\,000\text{m}^3$  ( $4,63\text{m}^3/\text{sec}$ ) auf insgesamt 2,14 Millionen kcal (=8 960 180 KJ oder 2489 KWh) beläuft. Davon werden 1 447 680 kcal (=6 062 092 KJ oder 1683,9 KWh) von der die Höhle durchströmenden kalten Luft absorbiert. Auf die Verdampfung entfallen 636 000 kcal (=2 662 932 KJ oder 740 KWh) und die Ausdehnung bei 50 Höhenmetern ergibt einen Wärmeverbrauch von 62 400 kcal (=261 300 KJ oder 72,57 KWh)

Von der Eisriesenwelt im Tennengebirge liegen derzeit noch keine lückenlosen Meßreihen über das Höhlenklima vor, die sich über längere Zeiträume erstrecken. Die leider nur auf kurzen Zeitspannen der Messungen beruhende Darstellung in der 1926 erschienenen Monographie über die Höhle (Hauser & Oedl, 1926) läßt aber den Schluß zu, daß die meteorologischen Verhältnisse in der Eisriesenwelt weitgehend mit jenen vergleichbar sind, die SAAR in der Dachstein-Rieseneishöhle erhoben hat. So wurde etwa bei Außentemperaturen von  $-5^\circ$  ( $-6^\circ$ )C im Eingang der Eisriesenwelt eine Windgeschwindigkeit von 8,44 m/sec, bei  $-4^\circ$  C eine solche von 5,94 m/sec. gemessen. Analogien zwischen den beiden Eishöhlen bestehen auch hinsichtlich ihrer Anlage, der Größe des Einganges und der Felsüberlagerung.

#### *Erwähnte Schriften:*

*Fugger E.*, Eishöhlen und Windröhren. XXIV., XXV. und XXVI. Jahresbericht der k. k. Oberrealschule in Salzburg. Salzburg 1891, 1892, 1893.

*Girardot & Trouillet C.*, La Glacière de Chaux-le-Passavant. Besancon 1885.

*Hauser E. & Oedl R.*, Eisbildungen und meteorologische Beobachtungen. In: Die Eisriesenwelt im Tennengebirge. Speläologische Monographien, Band VI. Wien 1926, S. 76 ff.

*Krenner J.*, Die Eishöhle von Dobsina (Dobschau). Mitt. d. kgl. Ungar. Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, Budapest 1874.

*Lohmann H.*, Das Höhleneis unter besonderer Berücksichtigung einiger Eishöhlen im Erzgebirge. Inauguraldissertation, Dresden 1895.

*Lukin V. S.*, Anomalien in den Temperaturen der Höhlen des Uralvorgebirges und kritische Analyse der Kälte unter Tag. Perm 1965.

*Mavlyudov B. R.*, Reasons of Kungur show cave glaciation changing. In: Show caves and environmental monitoring. Frabosa Soprana (Cuneo) 1995.

*Menichetti M.*, Bilancio energetico di una grotta turistica: la Grotta Grande del Vento a Frassassi (AN). In: Show caves and environmental monitoring, Frabosa Soprana (Cuneo) 1995.

*Saar R.*, Die Dachstein-Rieseneishöhle und ihre Funktion als dynamische Wetterhöhle. In: Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereins, Band 100. Linz 1955.

*Steiner L.*, Die Temperaturverhältnisse der Eishöhle von Dobsina. Meteorologische Zeitschrift, Bd. 39, H. 7, 1922.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [048](#)

Autor(en)/Author(s): Oedl Friedrich

Artikel/Article: [Zum Wärmehaushalt von Eishöhlen - Hinweise in der älteren Literatur 109-111](#)