Literatur über Karst und Höhlen in Mittel- und Unteritalien.

- A. Exkursionsführer des IV. Internationalen Quartärkongresses (INQUA) 1953 Rom-Pisa.
- A. C. Blanc, A. G. Segre, A. Demangeot, F. Anelli u. a.: Exc. dans les Abruzzes, les Pouilles et sur la côte de Salerno.
- A. C. Blanc, A. G. Segre: Le quaternaire du Mont Circeo.
- A. M. Radmilli: Le grottes du Ponte Lucano (Tivoli).
- E. Tongiorgi & L. Trevisan: Excursion en Garfagnana et aux alpes Apouanes.
- B. Sonstige Literatur (in Auswahl).
- A. C. Blanc: Il Monte Circeo, le sue Grotte litoranee ed il suo Uomo fossile. Bull. Soc. Geogr. Ital. 1932.
- Fauna a Ippopotamo ed industrie paleolitiche nel riempimento delle grotte litoranee del Monte Circeo. R. C. R. Accad. Nat. dei Lincei, 25, 1937.
- Dipinto schematico rinvenuto nel Paleolitico superiore della Grotta Romanelli in Terra d'Otranto. Rivista di Antropol. 32, 1938.
- L'Uomo fossile del Monte Circeo. Un cranio neandertaliano nelle Grotta Guattari e San Felice Circeo. Rend. Acc. naz. dei Lincei, 29, 1939.
- Industrie musteriene e paleolitiche superiori nelle dune fossili e nelle grotte litoranee del Capo Palinuro. Rend. Acc. d'Italia, 10, 1940.
- Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva del Mediterraneo centrale durante l'Era glaziale. Geol. d. Meere u. Binnengewässer, 5., H. 2, 1942.
- G. A. Blanc: Grotta Romanelli: I. Stratigrafia dei depositi e natura e origine di essi. II. Studi ecologici e paleontologici. Arch. per l'Antr. e l'Etnol. 1920, 1928.
- Sulla presenza di *Alca impennis* Linn. nella formazione pleistocenica superiore di Grotta Romanelli. Arch. Antr. e Etnol. 58, 1928.
- (mit C. Cortesi und M. C. Curotti): Interpretazione geochimica delle formazioni quaternarie di Grotta Romanelli (Vortrag beim IV. Inquakongreß).
- A. Cerruti: Ulteriori notizie sulle sorgenti sottomarine (citri) del mar grande di Taranto. Boll. di Pesca 24., 1948.
- J. Demangeot: L'arc abruzzais externe. Ricerca scientifica 21., 1951.
- R. Fabiani e A. Segre: Schema strutturale della Regione Italiana. Ricerca scientifica 1952.
- M. Gortani: Per lo studio delle aree carsiche italiane. 13. Congr. Geogr. naz. Udine 1937.
- O. Marinelli: Atlante dei Tipi geografici. 1948 (Taf. 16 und 17 Kartenausschnitte von Karstlandschaften des Apennin).
- Fenomeni carsici. Mem. Geogr. 1917 (editore G. Dainelli).
- A. Segre: Il fenomeni carsici e la Speleologia del Lazio. Pubbl. Ist. Geogr. Univ. Roma, 1945, a/7.
- S. Sergi: Il cranio Neanderthaliano del Mt. Circeo. Acc. Lincei 29, 1939.

Methoden zur Bestimmung des Vorzeitklimas

Von Herbert W. Franke, Erlangen

Die Bedeutung der Höhlen für die Alterswissenschaften wurde schon vor langer Zeit erkannt. Zunächst beschäftigte man sich mit den auffälligsten in den Höhlen erhaltenen Zeugnissen früherer Zeitaläufe: mit fossilen Knochen und Artefakten. Später richtete sich die Aufmerksamkeit auf die Sedimente, in die man diese eingebettet findet, und man versuchte, mit Hilfe der Einschlüsse eine Einordnung in die relative geologische Zeitskala vorzunehmen. Schließlich erkannte man, daß aus der Beschaffenheit der Sedimente selbst Schlüsse auf deren Vorgeschichte gezogen werden können und damit auf die geologischen und meteorologischen Verhältnisse in der Umgebung der Ablagerungsstätte zur Zeit der Sedimentation. Diese Hinweise können jedoch nur schwer einer Auswertung zugeführt werden, vor allem deshalb, weil der Schichtenverlauf durch Umlagerung vielfach gestört sein kann. Da die Anhaltspunkte zur Klärung vorgeschichtlicher Verhältnisse äußerst spärlich sind, sollte trotzdem jede Möglichkeit — und sei sie noch so gering — genützt werden. Die ersten Ansätze dazu, über eine qualitative Beurteilung hinaus zu quantitativen Ergebnissen zu kommen, beginnen sich bereits abzuzeichnen. Es sei in diesem Zusammenhang auf die Methode von LAIS¹ verwiesen, der die durchschnittliche Größe der Bestandteile von Bruchschutt als Maß für die Temperatur zur Zeit des Verbrauchs ver-

¹ ZOTZ, L. F.: Altsteinzeitkunde Mitteleuropas, Verl. Enke, Stuttgart 1951.

wertet und dadurch Schichten unterscheiden kann, die den Eiszeiten, und solche, die den Zwischeneiszeiten zuzuordnen sind. Allerdings setzt auch dieses Verfahren eine ungestörte Lagerung der Schichten voraus.

Es gibt aber auch Ablagerungen, die verhältnismäßig häufig ungestört erhalten bleiben. Ein Beispiel dafür ist der aus Kalziumkarbonat bestehende Sinter, dessen Bildung kein reiner Ablagerungsvorgang ist, sondern zugleich mit einer chemischen Umwandlung, dem Übergang von Bikarbonat in Karbonat erfolgt, der eine abrupte Verfestigung bedingt. Es ist daher naheliegend, das Augenmerk auf diesen Fall zu richten und festzustellen, ob nicht schon aus den Eigenschaften des Sintermaterials Folgerungen abgeleitet werden können. Dies ist schon deshalb wahrscheinlich, weil der Vorgang der Sinterbildung, also die Ausfällung der Karbonate aus den wässrigen Lösungen, von den physikalischen und chemischen Bedingungen zur Zeit der Ausfällung, wie Temperatur, Druck, Luftströmung, vor allem aber auch vom Gehalt der Kalklösungen an ungebundenem Kohlendioxyd * usw., abhängig sind. Diese Einflüsse müssen für das überaus vielfältige Erscheinungsbild der Sinterkonkretionen in erster Linie verantwortlich sein. Gelingt es, bestimmte Eigenschaften von Sinter eindeutig als Folgen dieser oder jener physikalisch-chemischen Einwirkung zu deuten, dann können diese als Funktionen der Zeit aufgenommen werden, ein ganz wesentliches Ziel des hier behandelten Problemkreises. Allerdings ist die zugrundeliegende Zeitskala weder eine lineare, noch kann sie ohne weiteres der relativen geologischen angeglichen werden. Es erschien daher wünschenswert, zunächst ein Mittel zur Datierung des Sinters zu finden. Eine Reihe glücklicher Umstände ermöglicht es, daß die Radiokarbonmethode, die bereits mit Erfolg zur Altersbestimmung organischen Materials herangezogen wurde, auch zur Sinterdatierung brauchbar ist², wenn auch gewisse Einschränkungen bezüglich der Anwendungsgrenze auferlegt sind. Verf. hat daher den Bau einer Meßanlage angeregt; da eine solche kurz vor ihrer Fertigstellung steht, ist zu erwarten, daß demnächst mit den ersten Untersuchungen begonnen werden kann.

Die wichtigste für das Klima maßgebende Größe ist die Temperatur. Daher galt es, nach einer Methode zur Bestimmung der Bildungstemperaturen von Sinter zu suchen. Es zeigte sich, daß dafür ein von UREY entwickeltes Verfahren, das dieser zur Bestimmung vorzeitlicher Meerestemperaturen entwickelt hat, bedeutungsvoll ist. Das zugrundeliegende Prinzip ist kurz folgendes.

Bekanntlich sind alle in der Natur vorkommenden Elemente Gemische aus Isotopen, die sich nur durch ihre Massenzahlen unterscheiden. Infolge der Massendifferenzen zeigen sie auch gewisse quantitative Unterschiede in ihren energetischen Eigenschaften, die allerdings äußerst gering sind. Eine der vielen Folgen ist, daß die Ausfällung von Kalziumkarbonat aus wässrigen Lösungen bei ¹⁸⁰ enthaltenden Molekeln leichter erfolgt als bei denen, die nur ¹⁶⁰ enthalten. So kommt es, daß sich bei der Auskristallisation von Kalziumkarbonat in der festen Phase ¹⁸⁰ anreichert. Das Verhältnis ¹⁶⁰ zu ¹⁸⁰, das gewöhnlich

* BÖGLI, A.: Das Verhalten von Karbonaten in der Natur, Höhle 5 (1954) 36.

² FRANKE, H. W.: Altersbestimmungen an Sinter mit radioaktivem Kohlenstoff, Höhle 2 (1951), 62. FRANKE, H. W.: Altersbestimmungen von Kalzitkonkretionen mit radioaktivem Kohlenstoff, Naturwissensch. 38 (1951), 527.

³ UREY, H. C.: Oxygen Isotopes in Nature and in the Laboratory, Science 108 (1948), 489.

⁴ FRANKE, H. W.: Bestimmung der Bildungstemperaturen von Sinter, Höhle 4 (1953), 29.

⁵ BRUNNER, G.: Die „Kleine Teufelshöhle“ bei Pottenstein (Oberfranken), Abh. d. Bayr. Akad. d. Wiss., math.-naturwiss. Klasse, neue Folge 60 (1951).

500 : 1 beträgt, sinkt, und zwar wird es um so kleiner, je niedriger die Temperatur ist. Es beträgt bei

	0° C	500 : 1,026
und bei	25° C	500 : 1,022.

Voraussetzung ist, daß der Phasenübergang langsam vor sich geht, also die Ausfällung nicht etwa durch plötzliches Erhitzen veranlaßt wird. Ist sie erfüllt, dann kann durch Feststellung der Isotopenverhältnisse die Bildungstemperatur von CaCO_3 -Proben bestimmt werden.

Die geeigneten Apparaturen zur Messung von Isotopenverhältnissen sind Massenspektrometer. Allerdings konnte man mit den gebräuchlichen Modellen keine brauchbaren Ergebnisse erzielen, da die Meßgenauigkeit zu gering war. UREY gelang es jedoch, mit Hilfe eines eigens konstruierten Verstärkersystems den Meßfehler auf $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ herabzudrücken, so daß man heute schon auf einen Grad genau messen kann. Die Brauchbarkeit der Methode wurde zunächst durch Messungen an Kalkproben bekannter Bildungstemperaturen erhärtet, dann begann man, Bildungstemperaturen von Kreideablagerungen zu ermitteln. Damit ergaben sich zugleich die damals herrschenden Meerestemperaturen und man konnte Schlüsse auf die Lebensbedingungen der Meeresfauna ziehen.

Auf diese Weise hat UREY der Karstforschung ein äußerst wertvolles Werkzeug in die Hand gegeben, denn ohne Zweifel sind die Bildungstemperaturen der Kalkablagerungen nicht nur von paläobiologischem Interesse. Die erste Aufgabe ist, die von UREY begonnenen Untersuchungen auf andere Kalkablagerungen auszudehnen. Neben dem von UREY verfolgten Zweck der Ermittlung der Lebensbedingungen von Meerorganismen gilt es festzustellen, wieweit gewisse Eigenschaften des Kalks, etwa die Festigkeit, die Anfälligkeit für Verwitterung usw., von den Bildungstemperaturen abhängen.

Von besonderem Interesse sind hier jedoch die Perspektiven, die sich in bezug auf die Sinteruntersuchungen ergeben. Dem Bestreben, eine Methode zur Bestimmung der Bildungstemperaturen von Sinter zu suchen, kommen die Arbeiten von UREY weit entgegen. Sinter als ein aus wässrigen Lösungen ausgefallenes Kalziumkarbonat muß natürlich bei der Kristallisation den oben beschriebenen Isotopenanreicherungs-effekt zeigen. Allerdings ist in den im Wasser gelösten Bikarbonaten bereits mehr ^{18}O als gewöhnlich vorhanden, da diese aus den Kalkschichten stammen, die bei ihrer Entstehung bereits einen ersten Anreicherungsprozeß durchgemacht haben. Daher müssen zur Auswertung der Messungen auch die Isotopenverhältnisse in den überlagerten Kalkschichten bekannt sein — die bei dünnen oder homogenen Lagen durch eine einzige Messung ermittelt werden können — oder man begnügt sich mit relativen Messungen. Obgleich die Lösung des Kalkes durch CO_2 -hältiges Wasser auch ein Vorgang ist, bei dem sich die zwei Sauerstoffisotope verschieden verhalten, und zwar hier im Sinn einer Anreicherung von ^{16}O in der Lösung, also eines Ausgleiches des vorangegangenen Fällungsprozesses, besteht doch beim Übergang der festen Phase in die flüssige keine Möglichkeit, daß sich ^{18}O -haltige Molekeln im festen Kristallverband länger ungelöst erhalten, denn die Reihenfolge der von der Lösung betroffenen Molekeln hängt nur von ihrer Lage im Kristallverband ab. Deshalb ist hier mit keiner Änderung des Isotopenverhältnisses zu rechnen.

Anders bei der späteren Auskristallisation der Karbonate aus den Bikarbonatlösungen. In der Lösung kann ^{16}O ohne weiteres zurückbleiben, ^{18}O sich daher in der festen Phase anreichern. Eines ist allerdings zu bedenken: Je

mehr 180 -Atome aus der Lösung verschwunden sind, um so mehr verarmt diese an solchen, ein Fall, der beim unermesslichen Reservoir des Meeres nicht eintreten kann. Dadurch verringert sich natürlich während des Abrinnens die 180 -Konzentration der Bikarbonatlösungen. Man wird diesem Effekt dadurch gerecht, daß man sich zur Regel macht, die Proben stets aus den höchstgelegenen Sinterpartien zu nehmen. Hält man sich daran, so stört bei relativen Messungen, z. B. beim Vergleich der Bildungstemperaturen verschiedener Schichten längs eines Schnittes durch eine Sinterplatte, dieser Fehleinfluß überhaupt nicht, während er sich sonst in einer gewissen Erhöhung der Fehlergrenzen auswirkt.

Nun soll kurz auf den Zweck der Messungen von Paläotemperaturen eingegangen werden.

Bekanntlich sind einzelne Sinterlagen gut zu unterscheiden, da sich die Schichtung meist in Farbunterschieden abzeichnet, die ihre Ursachen in eingesinterten, fein pulverisierten Bestandteilen haben, die offenbar in den Bikarbonatlösungen aufgeschlämmt waren. Es ist auffällig, daß die dunklen und hellen Streifen oft durch dicke Schichtpakete hindurch gleichmäßige Abstände voneinander einhalten. Nun ist sicher, daß für die Musterung Änderungen der meteorologischen Bedingungen verantwortlich waren, und das Gleichmaß der Streifenanordnung legt nahe, daß es sich um periodisch auftretende Einflüsse gehandelt hat. Es ist daher die jahreszeitlich auftretende Witterungsschwankung am ehesten als Ursache zu erwägen. Dafür würde auch sprechen, daß während des Winters, in dem nur wenig Wasser zur Sinterbildung vorhanden ist, sich durch die vom Frost hervorgerufenen Zerkleinerungsprozesse in dem von diesen erfaßten Gebiet Gesteinsstaub sammelt, der dann bei der Frühlings-schneesmelze abtransportiert wird und die getrübten helleren Streifen im Sinter bildet, so daß diese als Jahresmarken, ähnlich den an Bäumen auftretenden Jahresringen, zu deuten wären.

Eine solche Hypothese muß natürlich durch Messungen gestützt werden, bevor man darauf weiterbaut. Die Temperaturbestimmungsmethode von UREY ist das richtige Mittel dazu. Es genügt ein Vergleich einiger weniger entlang den Dunkel- oder Hellflächen entnommener Proben, um diese Frage zu klären. Die Lösung würde weite Gebiete des Problemkreises Sinter erschließen; dessen Bildungsgeschwindigkeit im allgemeinen und als Funktion der Temperatur oder, an Hand der Radiokarbonmethode, als Funktion des Alters; die Abhängigkeit der Sinterformen von der Temperatur; die Temperaturgrenzen, innerhalb derer sich überhaupt Sinter bilden kann; jahreszeitliche Temperaturschwankungen in Höhlen usw.

Man kann die Sinterproben aber auch dickeren Schichten entnehmen und mißt dann — etwa jährliche — Durchschnittswerte. Nun entspricht die Jahresdurchschnittstemperatur in Höhlen bekanntlich auch dem obertägigen Jahresdurchschnitt. Man hat daher ein Mittel in der Hand, das jährliche Temperaturmittel durch Jahre hinaus aufzunehmen. Dies gibt wieder Anhaltspunkte über eine Datierung, besonders in den Zeiträumen, in denen die Radiokarbonmethode nicht mehr anwendbar ist.

Überaus vielfältig wird die Anwendbarkeit solcher Verfahren aber erst in der Kopplung mit anderen Anhaltspunkte liefernden Untersuchungen, so daß eine gegenseitige Überprüfung erfolgen kann. Man denke an Temperaturmessungen an Sinterlagen, in die Fossile eingebettet sind, oder an solchen, die Kulturschichten einschließen, wodurch eine oft nur vermutete Einstufung bestätigt

oder verworfen wird oder eine Zuordnung der entsprechenden Tierart, bzw. eines Kulturkreises zu einer Wärme- oder Kälteperiode erst möglich wird. Ebenso wird sich eine Kombination mit der Methode von LAIS oder von BRUNNER, der an Hand der Kleintierfauna eine Temperaturkurve aufzunehmen versucht, als fruchtbar erweisen. Durch das Zusammenspiel mehrerer Methoden werden überdies — und das ist vielleicht das Wichtigste — die Fehlergrenzen auf ein Minimum herabgedrückt.

Dies sind nur wenige Anwendungsbeispiele, die immer wieder vorkommen. In der Praxis treten natürlich entsprechend der speziellen Sachlage jeweils besondere Fragestellungen auf, in die oft genug eine der modernen Methoden entscheidend eingreifen könnte. Diese stehen erst in den Anfangsgründen — gerade deshalb aber ist noch viel von ihnen zu erwarten; konnten doch in der kurzen Zeit ihrer Anwendung die Fehlergrenzen der Radiokarbonmethode schon weit herabgesetzt werden, was einer Erhöhung des Anwendungsbereichs gleichkommt, wenn man die bisherigen ungünstigeren, aber meist völlig den Erfordernissen genügenden Fehlergrenzen in Kauf nimmt ⁶.

Sowohl die Radiokarbonmethode wie auch das Temperaturbestimmungsverfahren von UREY sind praktisch erprobt und haben bemerkenswerte Ergebnisse gezeigt. Über Messungen an Sinter liegen jedoch noch keine Berichte vor. Daß dennoch hier bereits eine Abschätzung ihrer Verwertungsmöglichkeit erfolgt, hat seinen besonderen Grund. Zu beiden Methoden sind nicht nur umfangreichere Apparaturen erforderlich, sondern es bedarf auch langwieriger Meßreihen, ehe man mit greifbaren Resultaten rechnen kann. Es ist daher unumgänglich notwendig, sich vor dem Beginn solcher Arbeiten über die Erfolgsaussichten, die Vielfalt der Anwendung und über die Einsatzmöglichkeiten ein klares Bild zu machen. Hinweise dafür sollte die vorliegende Betrachtung geben. Es soll jedoch noch besonders betont werden, daß sich nun die von TRIMMEL ⁷ geforderte Sammlung von Beobachtungsmaterial am Sinter keineswegs erübrigt, sondern im Gegenteil von um so größerer Wichtigkeit ist.

Mehr und mehr machen sich alle naturwissenschaftlichen Disziplinen die neuesten Ergebnisse der Physik für ihre Zwecke zunutze und — wie man deutlich beobachten kann — mit erstaunlichem Erfolg. Die Radiokarbonatierung und die Temperaturbestimmung von UREY sind bestimmt erst Vorläufer von genaueren und umfassenderen Methoden, deren sich die Speläologie bedienen kann. Dennoch erscheinen die in Aussicht gestellten Resultate gewichtig genug und auch für andere Disziplinen — genannt sei nur die Geologie, die Mineralogie und die Paläontologie — von Interesse, daß sich die Aufwendungen dafür rechtfertigen.

Zur speläologischen Forschung in Österreich

Von Kurt Ehrenberg

In der Wirtschaft ist Bilanzziehen nicht nur eine Sache der Ordnung, sondern auch ein Wegweiser dafür, was in Hinkunft getan oder unterlassen werden soll. Es mag daher auch in Wissenschaft und Forschung nicht unangebracht sein, von Zeit zu Zeit analog zu verfahren.

⁶ KULP, J. L., TRYON, L. E.: Extension of the Carbon 14 Age Method, Rev. Scientific Instruments 6 (1952) 296.

⁷ TRIMMEL, H.: Beobachtungen über die Ausbildung von Sintergenerationen in österreichischen Höhlen, Höhle 4 (1953) 6.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Höhlenkommission beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft](#)

Jahr/Year: 1953

Band/Volume: [8_2_1953](#)

Autor(en)/Author(s): Franke Herbert W.

Artikel/Article: [Methoden zur Bestimmung des Vorzeitklimas 13-17](#)