

Alfred Forstmeyer ist nicht nur im Gelände und in seinem Museum in Greding aktiv, sondern ständig auch mit theoretischen Problemen befaßt, die ihm bei seiner praktischen Tätigkeit unterkommen. Als Diplomingenieur sucht er nach natürlichen Erklärungen. Es bleibt dabei nicht aus, daß er gelegentlich an althergebrachten Meinungen rüttelt. In diesem Sinne stellt er den Beitrag über den CO₂-Tod in Höhlen zur Diskussion.

Alfred Forstmeyer

Der Tod der Höhlenbären, ein Atmungsunfall?

1. Das Phänomen

Die von Höhlen in Kalk- und Dolomitgebieten ausgehende Faszination hat vielfältige Ursachen und führt zu Besucherzahlen, wie sie Museen in Großstadtzentren kaum aufzuweisen haben. Die „Bären- und Karlohöhle“ im schwäbischen Raum mit jährlichen Besucherzahlen von 4- bis 500 000 kann von ca. 400 europäischen Schauhöhlen (V.AELLEN/ P. STRINATI 1977) als repräsentativ angesehen werden. Daß dabei der Unterbegriff „Bärenhöhle“ in vielen Fällen auftritt, verweist auf das besondere Phänomen, daß nämlich häufig große Mengen Skelettreste, aber auch komplette noch im Verband liegende Höhlenbären gefunden werden.

Florian HELLER + , Erlangen (1972) behandelt z.B. „Die Zoolithenhöhle bei Burggailenreuth/Ofr.“ und verweist auf 200 Jahre wissenschaftliche Forschung von 1771 bis 1971. Neben dem geologischen und speziell speleologischen Phänomen bleibt das beherrschende Thema, die Bergung und Auswertung von Höhlenbärenskeletten und die Frage, wie kommt es hier und anderwärts zum Verenden von Höhlenbären jeden Alters und Geschlechts in überraschend großen Mengen. Die Gesamtzahl der Höhlenbären, die seit 200 Jahren, aber auch noch heute dort geborgen werden, dürfte zwischen 800 und 1000 liegen.

J.Th.GROISS (1978) behandelt pathologische Bildungen an diesen Skelettresten, wobei er betont, daß es sich um ein ungeheuer reichhaltiges und äußerst gut erhaltenes Fossilmaterial handelt. Die Absolutdatierung ergab 28 905 ± 755 Jahre vor heute (1950), also aus dem Würm-Interstadial (20 bis 40 000).

Bei diesen pathologischen Bildungen mit deutlicher Verheilung fanden sich keine unverheilten Brüche, wie sie z.B. beim Sturz in der dunklen Höhle möglich sind. Die gesamte Fundsituation im neuen Aufschluß behandelt J.Th.GROISS (1972) und kommt zu den uns interessierenden Aussagen:

1 „Die gefundenen Reste deuten auf den unmittelbaren Todesplatz oder zumindest auf dessen Nähe hin.“ Die Tiere sind also weder eingeschleppt noch eingeschwemmt, sondern starben in der Höhle selbst.

2 Das Fossilmaterial liegt z.T. auf starken Bodensinterschichten, es ist durch Sinterbrekzienartig verbacken oder mit Sinterschichten überzogen. Die Höhlenteile zeigen Sinterschmuck in sehr verschiedener Form. Es handelt sich danach um eine sehr aktive Phase der Sinterbildung. Die Gesamtmenge des aus der Lösung ausgeschiedenen Sinters dürfte bei einigen 100 Tonnen liegen.

3 Der Höhleneingang liegt höher als die Fundschichten, und es führen keine offenen Spaltssysteme und Klüfte zu tieferen Talniveaus.

Fragen wir auf Grund dieser Sachlage nach den Ursachen des Bärensterbens in Höhlen im weiten europäischen Raum, so können diese nur innerhalb des Karsthohlraumes gesucht werden. Durchgeführte C 14- Datierungen an anderer Stelle (TRIMMEL 1968) ergaben für die Salzofenhöhle ein Alter von 34 000 ± 2000 Jahre und im Bükkgebirge Ungarn 30 670 Jahre, also von den Werten von GROISS mit ca. 29 000 nur wenig abweichend.

2. Die physikalisch-chemische Situation in Höhlen.

Die freie Atmosphäre zeigt folgende Luftzusammensetzung:

N_2	= 78,08 Vol% spezifisch 1,25 gr/Lit.
O_2	= 20,95 Vol% spezifisch 1,42 gr/Lit.
Argon	= 0,94 Vol%
CO_2	= 0,03 Vol% spezifisch 1,97 gr/Lit.

100 Vol% für trockene Luft.

Die Luft insgesamt liegt spezifisch bei 1,29 gr/Liter. Es fällt hierbei das beträchtlich höhere spezifische Gewicht der Kohlensäure auf.

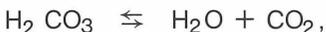
In Höhlen herrscht in der Regel 100% Luftfeuchte. Dies entspricht 4 Vol% H_2O , was zusammen mit erhöhten CO_2 -Gehalten den Sauerstoffanteil von 21% deutlich herabsetzt.

In Höhlen mit Sinterbildungen wird in der Literatur vielfach auf erhöhte CO_2 Konzentrationen hingewiesen. Auch für die Zoolithenhöhle in Burggailenreuth gibt G.T.TIETZ (1978) an tiefen aber auch höheren Punkten Volumen-Prozente von 0,04, 0,09, 0,13 und 0,2 an bei heute noch aktiver, wenn auch schwacher Sinterbildung. An anderer Stelle werden noch höhere Werte genannt 0,3 bis 0,8%, also eine Erhöhung um einen Faktor 10. Diese Werte dürften während sinteraktiven Phasen höher liegen. Ihre Ursache hat die erhöhte CO_2 Konzentration unmittelbar in der Kalksinterausscheidung.

Die Summenformel für die Kalklösung und Kalkausscheidung besitzt die Form



wobei nach der Ausscheidung



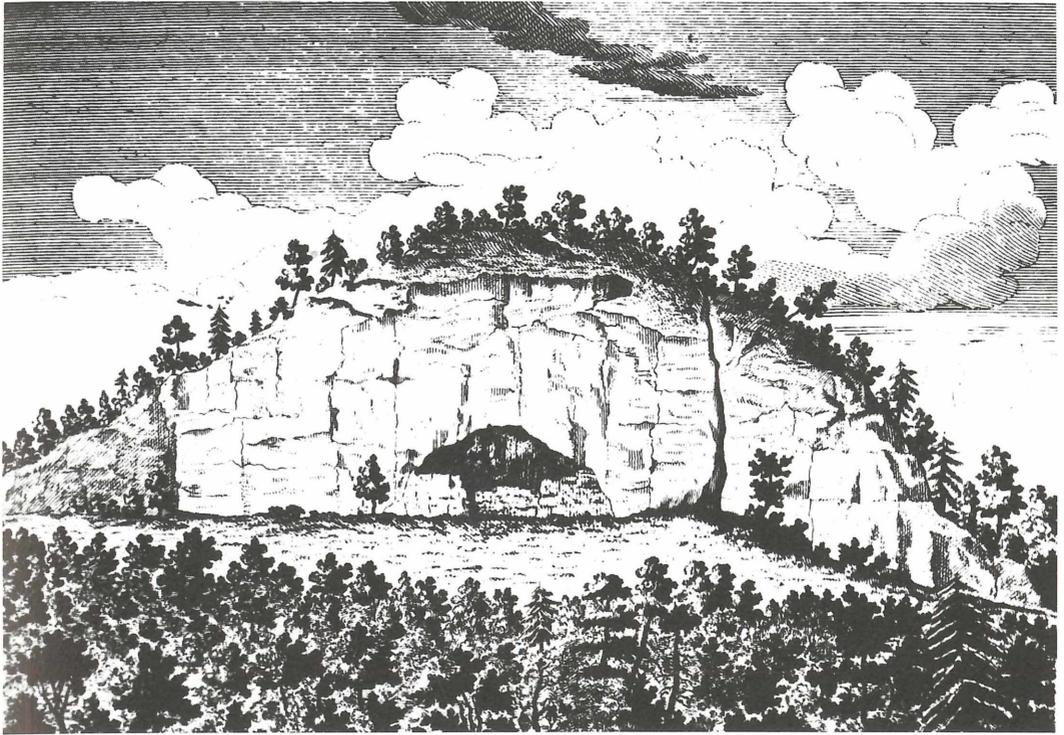
das CO_2 -Äquivalent im Höhlenraum frei wird. Bei den Atomgewichten von Kalk = 100 und CO_2 = 44 müssen bei der Bildung von 100 Tonnen Sinter ca. 44 Tonnen Kohlendioxid frei werden. Für einen Höhlenraum der üblichen Maße wäre dies außergewöhnlich viel, jedoch müssen wir den Faktor Zeit, der in der Größenordnung 100 000 Jahre liegen dürfte, berücksichtigen. Allerdings weisen KANZ-SCHNITZER (1978) auf schnellere Sinterbildungen hin. Wir legten diesen Wert (FORSTMAYER-SCHNITZER 1976) unseren Überlegungen zu Grunde. Jeder offene Karsthohlraum folgt dem täglichen und langfristigen barometrischen Schwankungen, d.h. er atmet. Es erfolgt ein Austausch, auch wenn die Kohlensäure auf Grund ihres hohen spez. Gewichtes dem Austausch mit der freien Atmosphäre langsamer folgt. Es ist schwer abzuschätzen, wie hoch evtl. mögliche Kohlensäure-Anreicherungen in den sinteraktiven Phasen werden können, sie dürften in der Größenordnung von einigen Prozent liegen.

In unserem Bericht (FORSTMAYER-SCHNITZER (1977) konnten wir zeigen, daß erhöhte CO_2 Konzentrationen an ausgedehnten Wiederlösungsmustern zu erkennen sind. Sie liegen ebenso in der Zoolithen-Höhle vor und werden auch von BÖGLI (1978) erwähnt. Man könnte daher zunächst vermuten, daß eine Erhöhung des CO_2 Gehaltes um einen Faktor 100 für den Tod der Höhlenbären verantwortlich zu machen ist, jedoch setzt dies voraus, daß wir uns mit der Physiologie der Atmung befassen.

3. Zur Physiologie der Atmung.

Der „Physiologie und Pathophysiologie der Atmung“ widmen ROSSIER, BÜHLMANN und WIESINGER (1958) ein umfangreiches Werk mit über 2000 Literaturzitaten. Während Krankheiten an den Atemswegen und Lungen zur normalen medizinischen Praxis gehören, gibt es viele Untersuchungen und Berichte, die den Atmungsunfall behandeln, wie er in mehr oder weniger abgeschlosse-

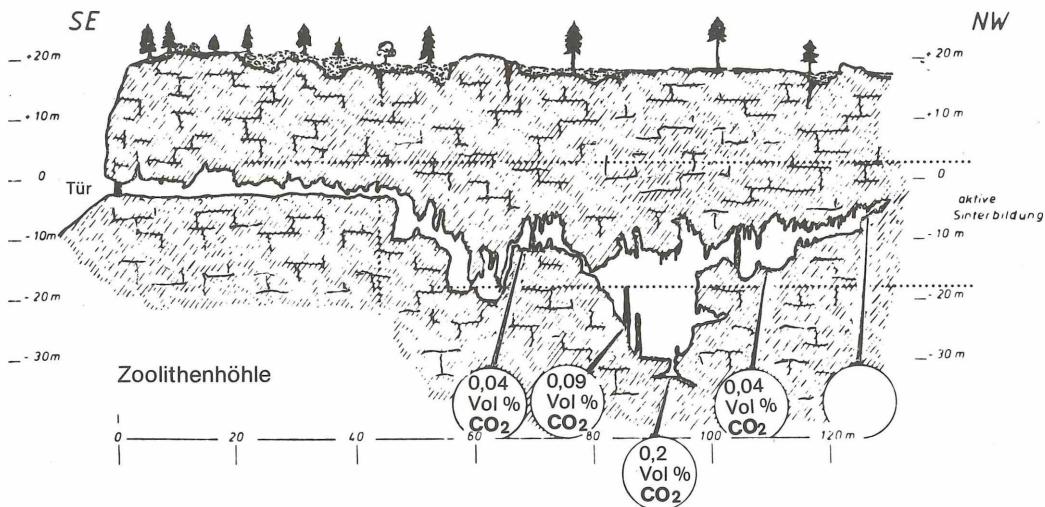
nen Räumen entstehen kann. Die Veranlassung dazu gaben moderne Techniken, wie der Aufenthalt in der höheren Atmosphäre. Der „Physiologie und Pathophysiologie der Atmung“ widmen ROSSIER, BÜHLMANN und WIESINGER (1958) ein umfangreiches Werk mit über 2000 Literaturzitaten. Während Krankheiten an den Atemswegen und Lungen zur normalen medizinischen



Die Zoolithenhöhle nach einem Kupferstich, vermutlich von Jakob Eisenmann, in JOHANN FRIEDRICH ESPERS berühmtem Werk „Ausführliche Nachricht von neuentdeckten Zoolithen unbekannter Vierfüßiger Thiere ...“ Nürnberg 1774 – aus der Bibliothek der Abt. f. Karst- u. Höhlenkunde. Repro: R. Joens

Praxis gehören, gibt es viele Untersuchungen und Berichte, die den Atmungsunfall behandeln, wie er in mehr oder weniger abgeschlossenen Räumen entstehen kann. Die Veranlassung dazu gaben moderne Techniken, wie der Aufenthalt in der höheren Atmosphäre durch moderne Flugzeuge, in getauchten Unterseebooten, gasdichten Festungsräumen, in Taucherglocken, Welt-raumraketen, von Sporttauchern. Aber auch beim Besteigen sehr hoher Berggipfel und der damit verbundenen Atmung bei niedrigem Atmosphärendruck droht Sauerstoffmangel. Der in diesem Zusammenhang entwickelte methodisch-physikalische Aufwand kommt auch Untersuchungen bei körperlicher Höchstleistung (Sport) zugute. Der Atmungsprozeß (Inspiration und Expiration) führt über die Entfaltung der vorde-

ren Lungenpartien zum Heben und Senken der Rippenpartien und des Brustbeins, das Zwerchfell zur Volumenänderung der Lungen in Richtung der Längsachse des Körpers. Über den Trachealtrakt (Atemröhre) und die Bronchien wird die Inspirationsluft den Lungenbläschen zugeführt. Diese Luft besitzt die bereits erwähnte Zusammensetzung, allerdings in der Qualität vermindert um den Totraum, in dem ein Teil der Luft nur hin- und hergeschoben wird (ca. 18% des Atemvolumens). Die Lungenbläschen sind mit einem feinen Netz von Äderchen überzogen, die über die roten Blutkörperchen den ständigen Tausch von CO_2 gegen O_2 vornehmen und damit den gesamten Zellkörper ver- und entsorgen. Auch das Blutplasma enthält hohe Anteile CO_2 und O_2 , um zusammen mit Alkali-Ionen das Säureba-



Schnitt durch die Zoolithenhöhle nach G.F. TIETZ aus Führer zur Tropfsteinhöhlen-Exkursion. Deutlich ist die CO_2 -Zunahme in den tiefer gelegenen Teilen zu erkennen. Repro.: I. Siebenhüner

sen-Gleichgewicht (pH -Wert) empfindlich zu regeln. Die Expirationsluft hat eine beachtliche Veränderung erfahren. Der O_2 -Gehalt beträgt statt 21% nur noch 16% und der Kohlendioxidanteil ist von 0,03% auf 4% gestiegen. Und schließlich nimmt ein Atemzentrum Einfluß auf die Atemfrequenz und Atmungstiefe, aber auch auf Schlaf und Tod. Da es die gesamte tierische und damit auch menschliche Entwicklung durchlaufen hat, fand es seinen Platz im caudalen Ende der *Medulla oblongata* (verlängertes Rückenmark), außerhalb des Schädelkörpers und innerhalb der ersten 3 Halswirbel.

4. Versuchsergebnisse und Erfahrungen.

Wir hatten bereits darauf hingewiesen, daß in sinteraktiven Phasen der CO_2 -Anteil in Höhlen auf mehrere Prozent ansteigen kann. Umfangreiche Tierversuche vermitteln uns leider psychische Einwirkungen und Veränderungen nicht. K.E.SCHAEFER (1949) berichtet über „die Beeinflussung der Psyche und der Erregungsabläufe im peripheren Nervensystem unter lang dauernder Einwirkung von 3% CO_2 “. Die Versuche wurden mit einer größeren Zahl von Studenten in einem Raum durchgeführt, in dem der

Im Gegensatz zu fast allen Organen des Körpers ist dieses Uraltorgan nicht in der Lage, Warnung oder Schmerz bei drohender Gefahr zu vermitteln. Der Sturz z.B. auf das Gesicht bei unseren ersten Schlittschuhlauf-Versuchen verschlägt uns den Atem, wie wir sagen, d.h. das Atemzentrum hat den Atemstillstand ausgelöst, ähnlich wie die kalte Dusche auf die untere Rückenpartie. Der Schlaf wird von hier eingeleitet durch Lähmung der Rippenatmung, wie auch die Masse unserer Schlafmittel die Muskulatur des Thorax stillsetzt.

Sauerstoffpegel bei 21% gehalten wurde entsprechend der Normalluft, der Kohlenstoffanteil wurde jedoch auf 3% erhöht und gehalten.

In den ersten 24 Stunden trat eine akut erregende Wirkung ein im angenehmen, euphorischen Sinne. Intelligenztests und mathematische Aufgaben wurden elegant gelöst. Atemfrequenz und -tiefe sind leicht angehoben und an die veränderte Situation angepaßt. Im Verlauf der weiteren Tage tritt eine „chronische dämpfende Wirkung“ ein,

die zu einem „Zwischenzustand zwischen Schlaf und Wachen“ führt. Im Prinzip erfolgt volle Anpassung“ die Atemtiefe steigt an, die Atemfrequenz sinkt ab“. „Nach etwa 3-tägigem Aufenthalt ist das Blut mit seinem Puffersystem durch die Erhöhung der Alkalireserve soweit angepaßt, daß es das Blut-pH konstant halten kann“. K.E.SCHAEFER spricht von einer „Abwehr- und Anpassungsreaktion“.

Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß 3% CO₂ im Höhlenraum bereits eine Veränderung des Sauerstoffgehaltes bedeutet. Auf unsere Höhlenbären bezogen, heißt dies aber keine Warnung und keinen Zwang den gesuchten Winterschlafplatz zu verlassen. Selbstverständlich wird der angetroffene Zustand durch ihre Atmung verändert. Der Kohlensäurespiegel steigt an und der Sauerstoff-Vorrat wird verbraucht.

SCHAEFER, STORR und SCHEER (1949) lassen zunächst die CO₂ Konzentration von 3% auf 24% steigen, was auf Meerschweinchen tödlich wirkt nach Hyperventilation und Gewichtsabnahme, dabei wurden 21% O₂ beibehalten.

K.GOLLWITZER-MEIER (1949) behandelt das Thema „Über das Atemvolumen bei der gleichzeitigen Einwirkung von Kohlensäureüberschuß und Sauerstoffmangel“ und findet bei narkotisierten Hunden die tödlichen Grenzwerte. Die Beatmung mit CO₂ in Luft (3 - 3,6%) steigert das Atemvolumen im Mittel um 86%. „Die Beatmung mit O₂ Mangelgemischen in Stickstoff (7 - 9,1% in N₂), erhöht das Atemvolumen im Mittel um 110%“. Bei vielen Versuchen ist bereits in der 4. Minute Apnoe, d.h. Atemlähmung eingetreten, die in etwa weiteren 5 Minuten zum Herzstillstand führt.

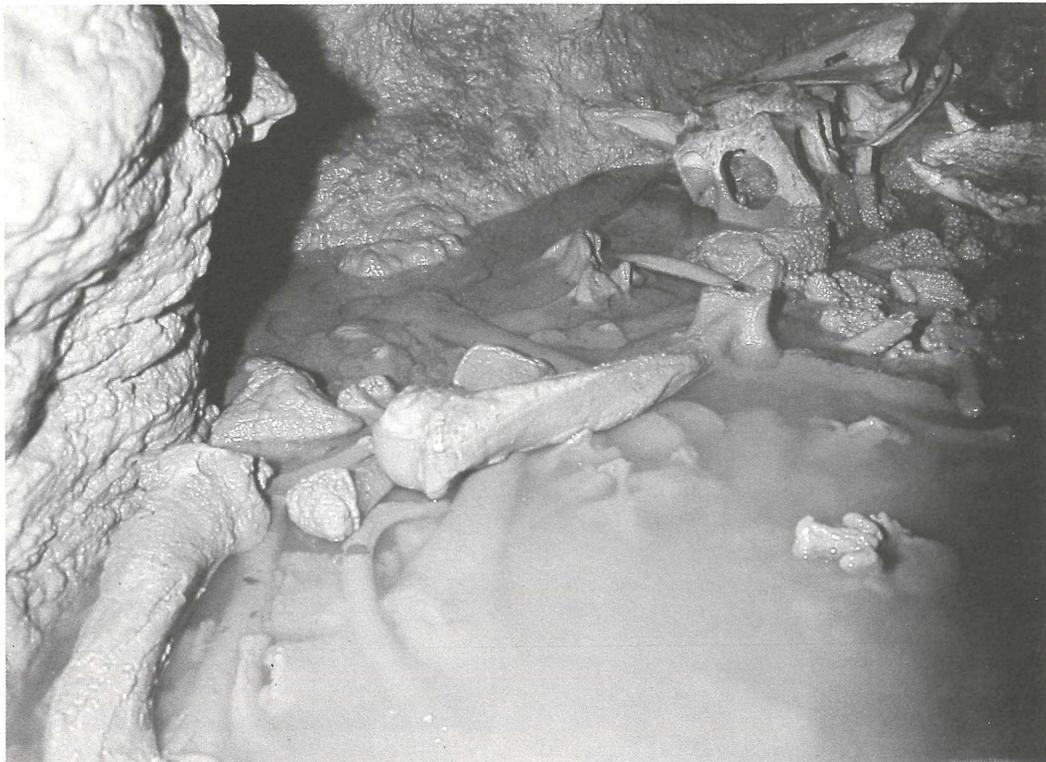
Eine ähnliche Veränderung der Atemluft muß wirksam werden, wenn unter begrenzten Raumverhältnissen ständig beachtliche Mengen Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid abgegeben wird. Bei einem Atemvolumen des Menschen von ca. 1,5 Liter und einer Atemfrequenz von 12 bis 15 in der Minute läßt sich der langsame Verbrauch in einem beschränkten Raum errechnen. H.HÄBISCH (1949) gibt die Sauerstoffaufnahme



Tiefende „Tropfstein-Vorhänge“ in der Zoolithenhöhle weisen auf noch aktive Sinterbildung hin.
Foto: J.Th. Groiss

beim Menschen pro Minute zwischen 1900 und 2200 cm³ oder rund 2 Liter an, wobei ebenso wie die Kohlensäure-Abgabe von Größe und Körpergewicht des Systems abhängen. Schätzen wir das Gewicht der Höhlenbären auf etwa das 3-fache des Menschen, so wären dies ca. 6 Liter in der Minute und gegen 9000 L in 24 Stunden denen etwa 8m³ CO₂ im gleichen Zeitraum entsprechen.

Im Jahre 1937 wurde der Berichterstatter mit einem typischen Atmungsunfall konfrontiert. Bei einer sogenannten Belegungsübung in den Grenzbefestigungen bei Deutsch-Krone meldete sich eine Bunkerbesatzung bei telefonischem Anruf nicht mehr. Die Kontrolle führte zur verschlossenen Panzertür, die auch auf Klopfen und Rufen nicht geöffnet wurde. Nachdem die Stahltür aufgeschweißt worden war, bot sich im relativ kleinen Aufenthalts- und Schlafraum folgendes Bild: Ein Mann lag auf dem Feldbett und der Diensthabe saß am Tisch, den Feldfernsprecher in der Hand. Sein Kopf war auf den Tisch gesunken. Beide waren schon



Skelettreste eines Höhlenbären (*Ursus spelaeus*) in der Zoolithenhöhle. Der Verfasser dankt Herrn Prof. J. Th. Groiss für die Überlassung der aktuellen Bilder. Foto: J. Th. Groiss

vor längerer Zeit verstorben. Die Aufforderung, bei verschlossener Tür und Schießscharte regelmäßig den angebrachten Handlüfter zu betätigen, war offensichtlich nicht befolgt worden. Irgend eine Warnung, Beklemmungen oder Atemnot war nicht eingetreten.

Unter der Leitung von Prof. Dr. WIRZ wurde später der Fall im Selbsttest untersucht. 4 Mann spielten in einem Raum von ca. 20 m³ Skat. Lüftungsanlagen, Rohre und Türen waren abgedichtet. Unter Abzug von Mobiliar und der eigenen Körpermasse standen ca. 17 m³ Atemluft zur Verfügung. Nach 5-6 Stunden stellte sich eine angenehme Müdigkeit ein, verbunden mit dem Wunsch zu schlafen. Schlaf bedeutet – wie bereits erwähnt – Lähmung der Rippenatmung, der später die Lähmung der Zwerchfellatmung und der Tod folgt. Trotz vollen Einblicks in

den Verlauf des Versuches waren keine Beklemmungen oder irgend ein Zwang zum Verlassen des Raumes aufgetreten.

Daß derartige Atemunfälle auch unter ganz anderen Verhältnissen Opfer fordern, zeigt eine Unfallstatistik im Haushalt. In den Jahren 1967 bis 1976 sind allein in Deutschland 1450 Kinder verstorben, die sich beim Spielen Plastik-Tragetaschen über den Kopf gestülpt haben. Ohne die Gefahr zu bemerken, sind sie plötzlich nicht mehr in der Lage, die Tasche zu entfernen oder um Hilfe zu schreien. Sauerstoffmangel und CO₂-Anreicherung führen zur Atemlähmung, Schlaf und Tod.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß auch unsere alten handwerklichen Brunnenbauer bei der Schachttiefe das selbsterzeugte Mangelgemisch mit der immer brennenden Kerze kontrollieren mußten.

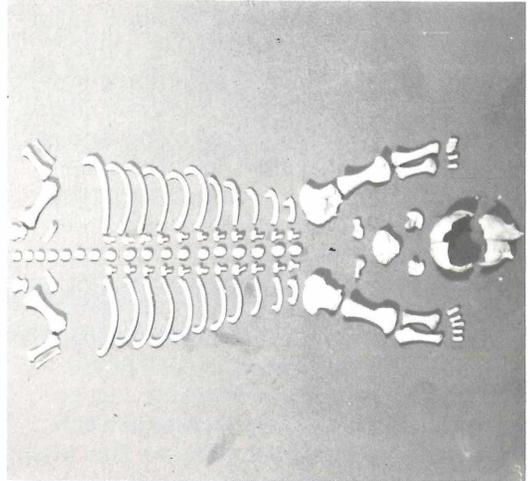
5. Zur Situation in der Zoolithen-Höhle.

Folgen wir den Ausführungen von J.Th. GROISS (1972), so ist die „Bärenkammer“ durch eine nischenartige Einbuchtung gekennzeichnet, die gegen den übrigen Höhlenraum durch eine ca. 2,5 m hohe Barriere aus Sinter abgegrenzt ist mit einer Fläche von Ellipsenform von 2 x 3 m, also etwa 4m². Das abgegrenzte Volumen der abri-artigen Nische dürfte bei 10 m³ liegen. Die Sintermassen sind beträchtlich und lassen gegenüber heute auf eine stark erhöhte Sinteraktivität schließen. Da humose Überdeckungen eine Voraussetzung dafür sind, dürfte die Eemzeitliche Bodenbildung im frühen Würm zu den vorhandenen Sintermassen wesentlich beigetragen haben. Damit ist auch erhöhte CO₂-Ausscheidung verbunden, die infolge ihres hohen spezifischen Gewichts in der Wanne zu erhöhten Konzentrationen führten. Gegen 0,3% heute noch zu messenden Werten (Kluterhöhle), werden 2-3% für möglich gehalten. Unabhängig davon werden über In- und Expiration viele Kubikmeter (6-8 m³ in 24 Stunden) CO₂ abgegeben und O₂ verbraucht. G.F.TIETZ stellt dabei unter heutigen Bedingungen eine geringe Luftzirkulation fest.

Im Gegensatz zu unseren und anderen Versuchen liegt der Höhlenbär mehr oder weniger flach am Boden, wo sich die Kohlensäure bevorzugt anreichert. Die Grenzwerte werden sicher – wenn nicht in den ersten 24 Stunden – so doch in wenigen Tagen erreicht. Er stirbt an Atemlähmung ohne vom Atemzentrum eine Warnung zu erhalten.

Es fällt weiter auf, daß in dieser kleinen Wanne eine größere Zahl Höhlenbären gefunden wurde, obwohl dieser spezielle Platz in voller Dunkelheit nur schwer zu finden und wegen der Barriere auch schwierig zu erreichen ist. Der verstorbene Höhlenbär verbreitete sehr bald Verwesungsgeruch und lockte weitere Bären gezielt an diesen Platz, wo sie das gleiche Schicksal ereilte.

Das tödliche Mangelgemisch 5-6% Kohlendioxid und 9% Sauerstoff dürfte auch in weniger ungünstigen Lagerplätzen relativ schnell erreicht werden, sofern eine



Skelettreste eines neugeborenen Höhlenbären aus der Petershöhle. Ein CO₂ Opfer? Foto: R. Joens

wannenartige Eintiefung zur Kohlendioxid-Anreicherung führt und der Sauerstoffzufluß verhindert wird. Selbstverständlich kann das Mangelgemisch auch andere Zusammensetzungen haben, wie z.B. 8-10% Kohlendioxid und 12-14% Sauerstoff.

Wenn unsere Winzer, aber auch Bierbrauer den Kohlendioxid-Spiegel im Gärkeller mit einer brennenden Kerze kontrollieren, so zeigt die erlöschende Kerze das Sauerstoff-Mangelgemisch an. Der Sauerstoff wurde verdrängt.

Typische Höhlenbewohner, wie Dachs, Fuchs, Murmeltier usw. errichten scheinbar „unterirdische Luxuswohnungen“, wie sich Verhaltensforscher ausdrücken, mit mehreren Belüftungsschächten usw. In ihr Verhalten ist die tödliche Gefahr einprogrammiert. Nur mit Lüftungsschächten kann die Art überleben. Von Luxusbauten kann keine Rede sein.

Die verschiedenen Höhlenbären-Ansammlungen einschließlich Vielfraß und anderer Carnivoren haben mit großer Wahrscheinlichkeit ihre Ursache in Phasen der Sinteraktivität und entsprechend erhöhten CO₂-Gehalten der Höhlenbodenluft, sowie den Atemmangelgemischen, die durch die eigene Atmung verursacht werden.

6. Der Mensch der Vorzeit Höhlenbewohner?

Wie unsere Versuche gezeigt haben, besitzen auch wir Menschen keine natürliche Vorwarnung für erhöhte Kohlensäure-Konzentrationen. In der archäologischen Literatur wird auf Grund sehr verschiedener dinglicher Hinterlassenschaft des Menschen zugleich auf ein Bewohnen von Karsthöhlen geschlossen. Da der Mensch zu jeder Zeit, wie unsere äffischen Vettern noch heute, in der Großfamilie bzw. Jagdgemeinschaft von 10 bis 20 Köpfen lebte (FORSTMAYER 1977), würde dies eine starke Belegung des Höhlenraumes bedeuten. In bestimmten Fällen müßte dann auch eine solche Jagdgemeinschaft das CO_2 O_2 -Mangelgemisch überrascht und zu einer größeren Zahl fossiler Menschenknochen geführt haben. Ein derartiger Fall ist nicht bekannt geworden. Auch der frühe Mensch besaß ein eindeutiges Mittel der Warnung, wenn er den dunklen Höhlenraum mit Fackel oder Talglicht betrat und zu erleuchten suchte. Beide erlöschen und warnten ihn ebenso wie den Weinbauern von heute. Ganz im Gegenteil gibt ihm das über lange Zeiträume benutzte Zelt als Wohn- und Schlafraum die Möglichkeit, Erfahrung zu sammeln, wie derartige

Katastrophen vermieden werden können. Die offene Zeltspitze (Stangenkreuzung) und kleine Öffnungen am Boden des Zeltes führen zu einer Kaminwirkung und damit zur ständigen Erneuerung der Atemluft. Die Einhaltung alter Traditionen bewahrt ihn vor gefährlichen Überraschungen, auch bei dichter Belegung des Zeltes.

Bisher schloß man vom Vorhandensein menschlicher Hinterlassenschaften in Höhlen auf eine permanente Bewohnung derselben. Niemand hat jedoch nach dem Auffinden von reichen Funden in den Mooren der Toteislöcher Schleswig-Holsteins dort auf Wasserbewohner geschlossen, weil dies absurd wäre.

Nach den Erkenntnissen der modernen Physiologie über die Wirkung von Mangelgemischen und aufgrund der Tatsache, daß man bisher noch keine vom CO_2 -Tod erteilte prähistorische Lebensgemeinschaft gefunden hat, ist daraus nur der Schluß zu ziehen, daß der Mensch echte Höhlen nie als Wohnraum benutzt hat.

Für die Überlassung von Literatur habe ich Herrn Prof. Dr. W.A. Schnitzer - Würzburg, Herrn Dr. Bärwind - Hoechst sowie meinem Sohn Egbert Forstmeyer für die Beschaffung von medizinischer Literatur sehr herzlich zu danken. Herr Dr. med. A. Löchli übernahm freundlicherweise die Durchsicht des Manuskriptes.

Literaturverzeichnis:

AELLÉN, V. u. STRINATI, P.: Die Höhlen Europas S.274-BdV Verlagsgem. München 1977

BÖGLI, A.: Karsthydrographie und physische Spelaeologie, 300 S., Springer 1978

FORSTMAYER, A. u. SCHNITZER, W.A.: Die Kalksinterorkommen am Euerwanger Bühl b. Greding (Südl. Frankenalb) - Jahresmitt.Naturhist.Ges.Nürnberg S.103-108/1976

————— Außergewöhnliche Stalagniten („Säulensinter“) aus einem Dolinenschacht des Malm Delta b. Pfraundorf/Altmühltal - Jahresmitt.Naturhist.Ges.Nürnberg, S.17-23/1977

————— Über die Wahrscheinlichkeit, Reste des pleistozänen Menschen und seine Hinterlassenschaft im immer eisfreien Raum Bayern zu finden - Festschrift 75 Jahre Anthropol.Staatsammlung München 1977

GOLLWITZER-MEIER, K.: Über das Atemvolumen bei der gleichzeitigen Einwirkung von Kohlensäureüberschuß und Sauerstoffmangel Pflügers Archiv Bd. 251 Springer 1949

GROSS, J.Th.: Über pathologische Bildungen an Skelletresten jungquartärer Säugetiere aus der Zoolithenhöhle bei Burggailenreuth - Geolog.Blätter für N.O.Bayern Band 28 1978

————— Paläontologische Untersuchungen in der Zoolithenhöhle bei Burggailenreuth - Erlanger Forschungen Reihe B Naturw. B 5 1972

HABISCH, H.: Über den Gaswechsel bei Ruhe und Arbeit unter kurz- und langfristiger Kohlensäureeinwirkung - Pflügers Archiv Bd. 251 Springer 1949

HELLER, F.: Die Zoolithenhöhle b. Burggailenreuth/Ofr. - Erlanger Forschungen Reihe B: Naturw. Bd. 5 1972

KANZ, W. u. SCHNITZER, W.A.: Tropfsteinbildungen und Wasserchemismus im Entwässerungsstollen des Ludwigskanals bei Olsbach Geolog.Blätter für die N.O.Bayern Bd.28 Heft 2/3 1978

ROSSIER, P.H., BÜHLMANN, A. u. WIESINGER, K.: Physiologie und Pathophysiologie der Atmung - II. Aufl. S. 450 Springer 1958

SCHAEFER, K.E.: Die Beeinflussung der Psyche und der Bewegungsabläufe im peripheren Nervensystem unter langdauernder Einwirkung von 3% CO_2 - Pflügers Archiv Bc. 25 Springer 1949

SCHAEFER, K.E. u. STORR, H. u. SCHEER, K.: Über langdauernde Einwirkungen verschieden hoher CO_2 -Konzentrationen auf Meerschweinchen. Pflügers Archiv Bd. 251 Springer 1949

TIETZ, G.H.: Führer zur Tropfsteinhöhlen-Exkursion - S. 37 - 49 Erlangen 1978 - in Fortschritte der Mineralogie 56. Band, Beiheft 2, Stuttgart 1978

TRIMMEL, H.: Höhlenkunde - 300 S. Braunschweig Vieweg 1968

Anschrift des Verfassers:

Alfred Forstmeyer
Attenhofer Weg 6
8547 Greding/Mfr.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Natur und Mensch - Jahresmitteilungen der naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [1978](#)

Autor(en)/Author(s): Forstmeyer Alfred

Artikel/Article: [Der Tod der Höhlenbären, ein Atmungsunfall? 41-48](#)