

Über
die chemischen Vorgänge
bei der Athmung.

Von

Dr. Richard von Zeynek.

Vortrag, gehalten den 3. Februar 1897.

(Mit Experimenten.)

Das Athemholen ist der erste Lebensact des Kindes; die Instandsetzung seiner Lungen macht der gesunde kleine Staatsbürger gewöhnlich bald durch Schreien seiner Umgebung bemerkbar. Wenn nach der Geburt des Kindes die Athembewegungen weder spontan, noch durch ärztliches Bemühen eintreten, so ist das Kind nicht lebensfähig, daher wird auch sein erstes Schreien freudig begrüßt.

Dass wir und die höher organisierten Thiere ohne zu athmen nicht existieren können, ist allgemein bekannt. Es soll nun dargelegt werden, welche Bedeutung der Athmung für den Organismus zukommt. Das der Athmung im allgemeinen zugrunde liegende Princip ist die chemische Verwertung gasförmiger Körper; bei der Einathmung werden diese dem Organismus zugeführt, bei der Ausathmung werden dem Organismus unnütze oder schädliche Gase ausgeschieden.

Für die niederen Organismen ist eine größere Anzahl von Gasen verwertbar. So können Pflanzen die Kohlensäure der atmosphärischen Luft zum Aufbau ihres Organismus verwenden, indem sie aus der-

selben durch Vermittlung der grünen Blattfarbstoffe und des Lichtes compliciert zusammengesetzte Körper aufbauen; einzelne Pflanzen vermögen zweifellos den Stickstoff, ein chemisch besonders indifferentes Gas, ihrem Organismus aus der Luft in Form complicierter Verbindungen desselben, meist mit Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, einzuverleiben. Auch bei Bacterien sind derartige Athmungsvorgänge beobachtet.

Für das Leben des Menschen und der höheren Thiere ist wohl nur der Sauerstoff der Luft, bei den Fischen und anderen ständig im Wasser lebenden Thieren der im Wasser absorbirte Sauerstoff verwertbar. Der Sauerstoff wirkt im Organismus oxydierend, leistet also dasselbe, was er bei den im gewöhnlichen Leben als Verbrennung bezeichneten Vorgängen leistet; wir wollen uns heute speciell mit letzteren beschäftigen.

Wenn wir ein Stück Kerze oder etwas Fett, Körper, die aus Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff bestehen, an der Luft oder im Sauerstoff verbrennen, so vereinigt sich Sauerstoff mit dem Kohlenstoff zu Kohlensäure, mit dem Wasserstoff zu Wasser; um diese Vereinigung durchzuführen, muss der betreffende Körper vorher stark erhitzt werden, zu einer Temperatur, bei der kein Organismus bestehen kann. Der Organismus kann eine solche Verbrennung durchführen, und zwar unter Bedingungen, die wir experimentell bisher nachzuahmen nicht im Stande sind; der nöthige Sauerstoff wird, locker gebunden, in den Geweben,

dort, wo derselbe zur Verbrennung gebraucht wird, zur Verfügung gestellt. Bei diesen Oxydationen wird infolge der chemischen Prozesse Wärme, Licht, Electricität etc., also Kraft frei, die der Organismus verwerten kann.

Diejenigen Stoffe, aus deren chemischer Zusammensetzung der Organismus solchen Nutzen ziehen kann, bezeichnen wir als Nahrungsstoffe; bei ihrer Zersetzung unter Mitwirkung des Sauerstoffes der Luft stellen sie eine Kraftquelle für die verschiedenartigen Leistungen des Organismus dar. Diese Verwertung wäre ohne den Sauerstoff nicht möglich, wir müssen ihn daher als einen für das Leben der höheren Thiere besonders wichtigen Nahrungsstoff bezeichnen.

Auf welche Weise bindet der Organismus den ihm so unentbehrlichen Sauerstoff? Bei den höheren Thieren finden sich für diesen Zweck im wesentlichen die gleichen Einrichtungen. Es sind eigene Organe vorhanden zur Aufnahme der Athemluft: die Lungen, bei den Thieren, welche den im Wasser enthaltenen Sauerstoff verwenden können, die Kiemen. An den Innenwänden dieser Organe circuliert, nur durch dünne Membranen nach außen abgegrenzt, das Blut, von dem ein Bestandtheil, der Farbstoff der rothen Blutkörperchen, den Sauerstoff chemisch bindet.

Das Blut der höheren Thiere ist eine rothe, schaumig-klebrige Flüssigkeit, welche beim Stehen außerhalb des Körpers gerinnt, reich an Eiweißstoffen und Salzen. Wird das Blut, solange es noch flüssig ist,

mit Stäbchen oder einem Ruthenbündel geschlagen, so scheidet sich aus ihm ein Eiweißkörper, das Fibrin, in Flocken ab; derselbe kann durch Abseihen entfernt werden. Es bleibt dann eine trübe rothe Flüssigkeit, die sich nach längerem Stehen unter Abscheidung eines reichlichen rothbraunen Bodensatzes klärt, dessen Gewicht etwa die Hälfte des Blutgewichtes beträgt. Bei der Untersuchung desselben unter einem guten Mikroskop sieht man, dass er aus sehr kleinen Formelementen besteht, den rothen Blutkörperchen. Sie sind bei den einzelnen Thierarten verschieden geformt und von verschiedener Größe. Beim Menschen und den meisten Säugethieren stellen die rothen Blutkörperchen kreisrunde, biconcave Scheiben dar; ihr Durchmesser beträgt bei den Blutkörperchen des Menschen etwa 0.008 mm , ihre Dicke am Rande 0.002 mm . Bei den Vögeln und Amphibien, wie bei wenigen Säugethieren haben die rothen Blutkörperchen elliptische Formen; die der Amphibien haben einen Querschnitt von 0.1 bis 0.05 mm .

Die rothen Blutkörperchen enthalten einen sehr compliciert zusammengesetzten Farbstoff, welcher fähig ist, Sauerstoff in einer für die Oxydationsprocesse im Organismus geeigneten Weise aufzunehmen. Mit diesem wollen wir uns nun befassen.

Die rothen Blutkörperchen sind gegen äußere Eingriffe recht empfindlich, sie verändern leicht ihre Gestalt und geben auch ihren Farbstoff an verschiedene Lösungsmittel ab. Am einfachsten erfolgt diese

Abgabe durch Zusatz von Wasser und ein wenig (Schwefel-)Äther zu den Blutkörperchen, sie werden dann zersetzt, und ihr Farbstoff löst sich im Wasser auf; in der rothen Lösung sind gallertige Schollen, die ungelösten Partien (das Stroma) der Blutkörperchen, suspendiert. Durch Filtrieren kann man das Stroma entfernen und erhält so eine klare Lösung des Blutfarbstoffes. Dieser Vorgang zur Gewinnung des rothen Blutfarbstoffes heißt das „Lackfarben“-machen des Blutes und der Farbstoff, der auf diese Weise in Lösung erhalten wurde, Hämoglobin.

Aus dieser Lösung kann das Hämoglobin in kleinen rothen Krystallen gewonnen werden. Es besteht aus Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Eisen und Schwefel. Mit diesem Farbstoff können nun experimentell die Prozesse, welche sich im Blute bei der Athmung vollziehen, durchgeführt werden. Bei mit Hämoglobin angestellten Versuchen kommt dem Experimentierenden eine Eigenschaft des Farbstoffes sehr zugute, nämlich, dass Hämoglobinlösungen aus dem durchfallenden Lichte nur bestimmte Lichtstrahlen zurückhalten; dadurch können einerseits auch sehr geringe Mengen desselben nachgewiesen, anderseits Veränderungen, welche es erleidet, leicht erkannt werden. Wird weißes Licht, etwa durch ein Prisma, in seine Bestandtheile zerlegt und eine selbst recht verdünnte Hämoglobinlösung vor das Prisma gebracht, so sehen wir das Spectralband nicht vollständig, sondern in demselben, im Gelbgrün, einen schwarzen

Streifen. Auch im Blau erscheint das Spectralband etwas schwächer, doch ist diese Auslöschung nicht besonders auffallend.

Hat das Hämoglobin Sauerstoff aufgenommen, so ändert sich seine Eigenschaft, Lichtstrahlen zu absorbieren, in der Weise, dass statt des einen Streifens an dessen Stelle zwei schmalere auftreten. Die Änderung der Hämoglobinlösung in ihrem Verhalten gegen das Licht nach der Sauerstoffaufnahme ist auch dem Auge auffällig, indem eine sauerstoffreiche Blutlösung viel heller roth aussieht. Eine ähnliche Verbindung wie mit Sauerstoff geht das Hämoglobin mit Kohlenoxyd ein; auch dieser Verbindung kommen zwei Streifen bei der Beobachtung mit dem Spectroskop zu. — Diese Verbindung des Hämoglobins mit Sauerstoff ist im reinen Zustande krystallisiert, sie heißt Oxyhämoglobin. Ihre für den Organismus wichtigste Eigenschaft ist die leichte Abspaltbarkeit des Sauerstoffes unter Rückbildung des Hämoglobins. Wenn zu Oxyhämoglobinlösungen Substanzen zugesetzt werden, welche leicht Sauerstoff aufnehmen, so kann man mit dem Spectroskop in kurzer Zeit Hämoglobin in ihnen nachweisen. Das Kohlenoxydhämoglobin ist gegen solche Substanzen beständig, und der Gerichtsarzt wie der Kliniker kommen nicht selten in die Lage, von dieser Eigenschaft bei Vergiftungen mit Kohlenoxyd (Kohlendunst) Gebrauch zu machen.

Auch auf andere Weise ist aus Oxyhämoglobin das Hämoglobin zurückzuerhalten. Wenn Oxyhäm-

globin einer stärkeren Luftverdünnung ausgesetzt wird, so kann es nicht mehr den locker gebundenen Sauerstoff festhalten. Um die Menge des vom Oxyhämoglobin locker gebundenen Sauerstoffes kennen zu lernen, bedient man sich daher zweckmäßig der Luftpumpe.

Ein Gramm Oxyhämoglobin vermag 1.6 Cubikcentimeter Sauerstoff, gemessen bei 0° C. und einem Barometerstand entsprechend einer 760 mm hohen Quecksilbersäule, zu binden. Wie für das reine Oxyhämoglobin, wird diese Methode der Entgasung auch für das Blut selbst verwendet. Das Blut enthält neben Sauerstoff noch andere Gase, die sämmtlich im luftleeren Raume entweichen. Unter dem normalen Luftdruck enthält das Blut geringe Mengen von Stickstoff und beträchtliche Mengen von Kohlensäure, und zwar sowohl das Blut, welches aus den Lungen in den Körper zurückströmt, als auch jenes, welches von der Arbeit in die Lungen kommt. Der Stickstoff ist nur nach physikalischen Gesetzen im Blute festgehalten, während die Kohlensäure von verschiedenen Blutbestandtheilen chemisch gebunden ist. Aus der großen Anzahl von Analysen der Blutgase, wie sie durch Auspumpen mit der Luftpumpe gewonnen wurden, will ich die Mittelwerte für die Gase des menschlichen Blutes mittheilen, und zwar: 1. wie das Blut die Lungen verlässt, 2. wie es in die Lungen eintritt. 100 Volumina Blut enthalten an Gasen, bei 0° C. und dem Barometerstand von 760 mm Quecksilberdruck gemessen:

I.	21·6	Vol.-Proc.	Sauerstoff
	40·3	" "	Kohlensäure
	1·8	" "	Stickstoff
II.	6·8	Vol.-Proc.	Sauerstoff (Blut, welches die Muskeln passiert hat)
	48·0	" "	Kohlensäure
	1·8	" "	Stickstoff.

Hundeblut, welches man leicht in größerer Menge haben kann, gibt ähnliche Werte:

I.	21—25	Vol.-Proc.	Sauerstoff
	40—53	" "	Kohlensäure
	ca. 2	" "	Stickstoff
II.	6·6—14·5	Vol.-Proc.	Sauerstoff
	46—59	" "	Kohlensäure
	ca. 2	" "	Stickstoff.

Aus diesen Zahlen ist zu ersehen, dass das gasförmige Verbrennungsproduct, die Kohlensäure, in den Lungen nicht vollständig austritt; nach den angestellten Berechnungen ist ferner das Blut niemals mit Gas vollständig gesättigt. Dies ist leicht aus der raschen Bewegung des Blutes durch die Lungen erklärlich; die Kohlensäure dient als Reizmittel für die Nerven, welche die Athmung regulieren, sodass bei einer eventuellen Überladung des Blutes mit Kohlensäure rasch Abhilfe eintreten kann. Ebenso sehen wir, dass in dem Blute, welches seine Arbeit im Organismus geleistet hat, nicht aller Sauerstoff aufgebraucht ist, sodass auch plötzliche Störungen im normalen Organismus durch vollständi-

gen Sauerstoffmangel verhindert sind. Dazu kommt, dass jedes Blutkörperchen beim Menschen etwa zwei- bis viermal in der Minute durch die Lungen getrieben wird, deren innere Oberfläche beim Menschen an 2000 Quadratfuß beträgt. Erst wenn der normale Atmosphärendruck auf weniger als die Hälfte gesunken ist, vermag das Hämoglobin nicht mehr die nöthige Sauerstoffmenge festzuhalten; damit beginnt die Erstickung. Eine solche Druckabnahme ist auf einer Meereshöhe von circa 6000 *m* erreicht. Man nimmt an, dass unter normalen Verhältnissen der Unterschied im Sauerstoffgehalt des Blutes, welches aus den Lungen kommt, 7 Volumprocente beträgt gegenüber dem in die Lungen einströmenden Blute; bei Individuen, die erstickt sind, findet man keinen Sauerstoff im Blute, der Kohlen säuregehalt desselben steigt dagegen beträchtlich (gegen 70 Volumprocente) an.

Lavoisier hat im Jahre 1780 nachgewiesen, dass der chemische Process der Athmung ein Oxydationsprocess ist, war aber der Ansicht, dass der eingeathmete Sauerstoff eine kohlenstoffhaltige Substanz des Blutes zu Kohlensäure verbrenne. Man sprach damals von einer Decarbonisierung des Blutes und verlegte die Oxydationsprocesse und damit die Entstehung der thierischen Wärme in die Lungen.

Wir wissen heute, dass in den Lungen und im Blute selbst nur in sehr geringem Maße Verbrennungsprocesse statthaben und dass dieselben erst in den großen Organen vor sich gehen.

Wenn Stücke eines Muskels oder anderer thierischer Organe zerkleinert, um deren wirksame Oberfläche zu vergrößern, in einem geschlossenen, mit Luft erfüllten Raume verweilen, so kann eine Abnahme des Sauerstoffes bald constatirt werden. Bei Versuchen, entblutete Organe auf ihren Gasgehalt zu untersuchen, konnte niemals Sauerstoff, dafür aber Kohlensäure in reichlichen Mengen nachgewiesen werden. Die Thatsache, dass die Verbrennungsprocesse in den Organen vor sich gehen, bezeichnet man als Gewebsathmung; deren Intensität ist für die verschiedenen Organe wie bei jedem Organ unter verschiedenen Versuchsbedingungen sehr verschieden.

Dies über die im Organismus sich vollziehenden Vorgänge bei der Athmung; wir wollen uns nun mit der Frage befassen über die Abhängigkeit des Organismus von der Außenluft und über die Veränderungen, welche diese infolge der Athmung erleidet.

Wenn Menschen oder Thiere längere Zeit in einem geschlossenen Raume geathmet haben, so tritt allmählich ein Gefühl der Ermattung und des Unbehagens bei denselben ein. Man weiß, dass schließlich, wenn keine rechtzeitige Lufterneuerung erfolgt, der Tod eintreten muss. Jeder weiß aus Erfahrung, wie unangenehm der Eintritt in einen Raum ist, in welchem sich zahlreiche Menschen aufhalten, wenn nicht für ausreichende Ventilation gesorgt ist.

Mit der Kohlensäure werden bei der Athmung durch die Lungen, auch durch die Haut sehr geringe

Mengen organischer Stoffe ausgeschieden, deren Natur bisher nicht bekannt ist, die den charakteristischen Geruch der gebrauchten, „verathmeten“ Luft bedingen und die uns schon früher eine Lufterneuerung räthlich erscheinen lassen, ehe noch der Verbrauch an Sauerstoff sie unathembar gemacht hat.

Zum Studium der Größe des Luft-, respective des Sauerstoffverbrauches hat man Respirationsapparate construirt, welche Messungen der eingeathmeten wie der ausgeathmeten Luft und die Untersuchung ihrer Zusammensetzung ermöglichen. Physikalisch unterscheidet sich die ausgeathmete Luft von der eingeathmeten dadurch, dass erstere mit Feuchtigkeit gesättigt ist und ihre Temperatur die des Körpers ist; chemisch durch geringeren Sauerstoff, größeren Kohlen säuregehalt, wie durch die erwähnten geringen Mengen organischer Substanzen.

Um die Athmungsvorgänge, wie sie sich in den Lungen abspielen und den sogenannten Gaswechsel darstellen, zu erklären, sollen einige gebräuchliche Bezeichnungen mitgetheilt werden, die das Verständnis erleichtern.

Man bezeichnet die mit jedem Athemzuge aufgenommene, respective ausgeschiedene Luftmenge als Respirationsluft, die Menge der in der Minute geathmeten Luft als die Athemgröße. Auch bei energischem Ausathmen werden die Lungen nicht vollständig luftleer; die dann in den Lungen zurückgebliebene Luft heißt die Residualluft. Beim normalen Athmen bleibt

eine größere Gasmenge in den Lungen zurück, von welcher bei forciertem Ausathmen ein Theil entleert werden kann; diese letztere Menge ist die Reserveluft der Lungen.

Dadurch, dass die äußere Luft nach dem Einathmen sich mit der in den Lungen vorhandenen Luft mischt und diese Mischung eine andere Zusammensetzung als die atmosphärische Luft hat, muss bei der Betrachtung des Gasaustausches in den Lungen diese Mischung zugrunde gelegt werden. Die Reserveluft und auch die Residualluft enthalten zwar beträchtliche Mengen von Kohlensäure (beim Menschen über 5 %), aber noch hinreichende Mengen von Sauerstoff, sodass unter normalen Verhältnissen das in der Lunge circulierende Blut in der Zeit während der Ausathmung bis zum nächsten Athemzug sich mit Sauerstoff versorgen kann. Es ist klar, dass eine solche Lungenventilation gegenüber der vollständigen periodischen Lufterneuerung in den Lungen für die ununterbrochen vor sich gehenden Lebensprocesse im Organismus viel vortheilhafter ist.

Für den normalen erwachsenen Menschen hat man gefunden, dass die Lungen bis 4·5 Liter Luft (vitale Capacität) fassen; die Reserveluft beträgt etwa 1·5 Liter, die Residualluft weniger als ein Liter. Beim ruhigen Athmen werden mit jedem Athemzug 0·3 bis 0·5 Liter Luft aufgenommen.

Dadurch, dass die Luft in der Lunge nicht vollständig erneuert wird, ist die Lösung des Problems,

welche Gasveränderungen bei jedem einzelnen Athemzuge vor sich gehen, enorm erschwert; wohl aber ist es möglich, durch genaue Untersuchung der während einer Reihe von Athemzügen ein- und ausgeathmeten Luft brauchbare Mittelzahlen zu erhalten, wenn nach Beendigung des Versuches das Individuum sich in dem gleichen Zustand befindet wie vor demselben.

Mit unseren Respirationsapparaten können wir nur solche Mittelzahlen erhalten. Ein Modell eines solchen Apparates zur directen Untersuchung der Inspirations- und Expirationsluft soll hier demonstriert werden. Es besteht aus einer dicht an Mund und Nase passenden Gesichtsmaske, die ein kurzes Ableitungsrohr trägt. Wird die Maske vor das Gesicht gebracht, so kann Inspiration und Expiration nur durch das Rohr erfolgen. Dieses theilt sich in zwei Arme, von denen jeder zu einer Ventilflasche führt, deren Einrichtung es ermöglicht, dass während des Versuches durch die eine Flasche nur das einzuathmende, durch die andere das ausgeathmete Gas passiert. Die Ventilflaschen werden während des Versuches mit entsprechend eingerichteten Gasometern verbunden, deren Inhalt jederzeit genau untersucht werden kann. Solche Versuche sind aber nicht für längere Zeit ausführbar, weil unter Druck geathmet werden muss und dadurch Ermüdung eintritt, welche den Versuch wesentlich beeinflusst.

Sollen derartige Versuche über einen größeren Zeitraum, etwa tagelang ausgedehnt werden, so kommt das Versuchsindividuum in eine Kammer, welcher einer-

seits die zu athmende Luft zugeführt wird und aus der andererseits die zum Athmen benützte Luft entsprechend abgeleitet wird; aus den Untersuchungsergebnissen zeitweilig entnommener Luftproben lässt sich hier ein Schluss auf die Größe des Sauerstoffverbrauches wie der Kohlensäurebildung ziehen.

Solche Versuche sind in sehr großer Zahl an Menschen und Thieren angestellt worden.

Im Mittel verbraucht ein erwachsener Mann von mittlerem Körpergewicht in 24 Stunden 746 g (520 Liter) Sauerstoff und scheidet 876 g (443 Liter) Kohlensäure aus.

Da bei der Verbrennung aus einem Volum Sauerstoff zu Kohlensäure genau ein Volum Kohlensäure entsteht, muss ein Theil des Sauerstoffes zur Bildung anderer Körper verwendet worden sein. In der That wird Sauerstoff gebraucht, um in vielen organischen, in den Thierkörper eingeführten Verbindungen (z. B. den Fetten) Wasserstoff zu Wasser zu verbrennen; ein anderer Theil dieses Sauerstoffes wird zur Oxydation von Eiweißkörpern verwendet, bei der nicht-gasförmige Producte entstehen, die daher nicht durch die Lungen ausgeschieden werden können. Nach der Art der Ernährung, der Arbeitsleistung etc. schwankt das Verhältnis der gebildeten Kohlensäure zum Sauerstoffverbrauch; beim Menschen etwa wie 8:10 bis 9:10. Diese Verhältniszahl heißt der respiratorische Quotient und gibt in vielen Fällen ein wertvolles Maß zur Ermittlung der Intensität der Oxydationsvorgänge. Der Gas-

austausch in der Lunge wird ferner um so leichter erfolgen, je größer die Differenzen in der Zusammensetzung der Lungenluft und der Blutgase sind. Je reicher die Lungenluft an Kohlensäure ist, desto schwieriger erfolgt die Abgabe der Kohlensäure des Blutes an diese. Da die Kohlensäure des Blutes eine Reizung der Athemnerven und dadurch vermehrte Athembewegungen bewirkt, kann einige Zeit durch die gründlichere Lungenventilation keine Schädigung der Oxydationsprocesse eintreten. Bei einem gewissen Kohlensäuregehalt der Inspirationsluft ist sie aber unausbleiblich und der Tod unter den Erscheinungen der Erstickung sicher, wenn der Kohlensäuregehalt der inspirierten Luft jenem der expirierten gleich ist, da dann keine Kohlensäure aus dem Blute mehr abgegeben wird. Es ist erwiesen, dass die Kohlensäure in größeren Mengen giftig wirkt. Wenn der Kohlensäuregehalt, der normal etwa 0.04% beträgt, auf 4.4% steigt, kann der Mensch in solcher Luft nicht mehr leben; der Hund stirbt schon in einer Atmosphäre, welche 3% Kohlensäure enthält, da seine Lungenventilation eine viel stärkere ist als die des Menschen und der Kohlensäuregehalt der Expirationsluft (die Kohlensäurespannung) ein entsprechend geringerer ist. Daran trägt natürlich nicht der Mangel an Sauerstoff schuld; es wurde dies auch experimentell erwiesen, indem Thiere in Sauerstoff, dem die entsprechende Kohlensäuremenge zugesetzt war, gebracht wurden. Es zeigte sich anfangs eine durch die Athemnerven bewirkte Steigerung der

Respiration in Tiefe und Frequenz, dann Schwächeerscheinungen, Schwindel, und schließlich trat, obwohl in dem Gasgemisch die mehrfache Sauerstoffmenge gegenüber der atmosphärischen Luft enthalten war, der Tod ein. Den Beobachtern fiel auf, dass bei solchen Versuchen ein Zustand der Thiere eintrat, der viel Ähnlichkeit mit dem Winterschlaf hatte, in dem die Stoffwechsel- und Oxydationsvorgänge beträchtlich herabgesetzt sind.

Da der Sauerstoff im Blute chemisch gebunden ist, genügt ein relativ geringer Sauerstoffgehalt der Athemluft, um die Sättigung des Hämoglobins zu bewirken. Es ergibt sich daraus, dass der Sauerstoffgehalt des Blutes wenigstens innerhalb gewisser Grenzen vom Sauerstoff der Athemluft unabhängig ist. So ist der Nachweis von Interesse, dass selbst bei der Einathmung von reinem Sauerstoffgas die Größe der Sauerstoffaufnahme und der Kohlensäureabgabe nicht wesentlich beeinflusst wird. In dieser Hinsicht sind sehr schöne und wichtige Untersuchungen von Paul Bert ausgeführt worden, der sich besonders mit der Frage beschäftigt hat, welchen Einfluss der Luftdruck auf die Athmung ausübt. Er fand, dass reiner Sauerstoff bei einem Druck, der das Dreifache des normalen Atmosphärendruckes beträgt, giftig wirkt, und zwar dass diese Wirkung lediglich durch die Concentration des Sauerstoffes bedingt ist, denn in atmosphärischer Luft von dem gleichen Druck konnten Menschen und Thiere leben; dagegen erfolgte rasch der Tod unter

Convulsionen, wenn bei Athmung gewöhnlicher reiner Luft dieselbe unter den 15fachen Druck gebracht wurde. Die Resultate der Bert'schen Forschungen hatten speciell für die Wiener ein locales Interesse, als anlässlich des Schleusenbaues in Nussdorf solche Arbeiten in comprimierter Luft vorgenommen wurden. Der Druck der comprimierten Luft war bei diesen Arbeiten kein so großer, als dass man Gefährdungen der Arbeiter hätte befürchten müssen; die Arbeiter befanden sich in dem in das Flussbett versenkten Caisson, in welchem die Luft entsprechend comprimiert war, um das Eindringen von Wasser zu verhindern, ganz wohl; aber anfangs wurden mehrfach nach dem Verlassen des Caissons plötzliche schwere Krankheitserscheinungen beobachtet, die rasch verschwanden, wenn das erkrankte Individuum wieder in die comprimierte Luft gebracht wurde. Die Erklärung dieser Erkrankungen war bald gefunden.

Das Blut absorbiert unter dem größeren Luftdruck nach physikalischen Gesetzen mehr Gase als beim gewöhnlichen Atmosphärendruck; der Überschuss an Gas entweicht rasch nach dem Verlassen des Caissons in Form kleiner Gasbläschen, die den Blutkreislauf behindern. Wenn der Druck der comprimierten Luft langsam vermindert wurde, hatten die Gase Gelegenheit, durch die Lungen zu entweichen, und auf diese Weise wurde auch in den meisten Fällen Heilung der Patienten erzielt.

Von besonderem Interesse ist es, zu erfahren, bis

zu welcher Grenze der Sauerstoffgehalt der Luft erniedrigt werden kann, ohne dass das Leben dadurch bedroht wird. Es liegen über diese Frage zahlreiche Beobachtungen, die an Menschen und an Thieren angestellt sind, vor.

Versuche an Menschen ergaben, dass der Sauerstoffgehalt etwa auf die Hälfte des normalen sinken kann; dann treten Übelkeit, Schwindel und Ohnmachtsanfälle auf. Zwei Luftschiffer, die sich so hoch hinaufgewagt hatten, dass der Sauerstoffgehalt der sie umgebenden Luft, auf den normalen Atmosphärendruck umgerechnet, 7:2 Procent (260 mm Barometerstand) betrug, fanden den Tod. Durch die Luftverdünnung auf hohen Bergen sind auch die meisten Erscheinungen der sogenannten Bergkrankheit zu erklären. Auf sehr hohen Bergen wird infolge der Luftverdünnung mit jedem Athemzuge eine ungenügende Menge von Sauerstoff aufgenommen, so dass schließlich Erstickung erfolgen muss. Bis zu einer gewissen Grenze kann sich der Organismus helfen, durch Vertiefung und Steigerung der Frequenz der Athemzüge, also durch Erhöhung der Athemgröße, sowie durch Änderung der Athemmechanik mit Inanspruchnahme der Hüftmuskulatur.

Eine mäßige Luftverdünnung scheint die Athmung in sehr günstiger Weise zu beeinflussen; indem die Athemgröße gesteigert wird. Deswegen werden auch für Leute mit nicht ganz intacter Lunge häufig Höhencurorte, und zwar oft mit sehr gutem Erfolge, verordnet.

Der Stickstoff in der atmosphärischen Luft verhält sich wohl ganz indifferent gegenüber dem Organismus. Das Gleiche ist vom Argon zu vermuthen; die wenigen Arbeiten, die seit der Entdeckung dieses Körpers in der Atmosphäre sich mit seinem Verhalten bei der Athmung beschäftigen, haben wegen der Schwierigkeit derartiger Untersuchungen kein scharfes, eindeutiges Resultat gegeben.

Bei verschiedenen Erkrankungen finden sich beträchtliche Änderungen des normalen Chemismus der Athmung. Auch bei gesunden Individuen können mannigfache Störungen desselben vorkommen. Es sind nach den oben angeführten Methoden zahlreiche Versuche ausgeführt worden, die zeigen, wie Ruhe und Arbeit, Ernährung, Klima etc. die Athmungsvorgänge beeinflussen.

Auch für die Hygiene ist das Studium dieser Vorgänge von Bedeutung, um gesundheitswidrige Einrichtungen zu eruieren und zu verbieten.

In wissenschaftlicher Beziehung knüpft sich an das Studium der Athmungsvorgänge eine eminent schöne Erinnerung: sie bildeten den Ausgangspunkt für Robert Meyers wichtige Versuche über die Stoffwechselfvorgänge und den Sauerstoffverbrauch der Einwohner von Batavia gegenüber den Bewohnern der kälteren Zone, durch welche Versuche im Jahre 1842 zum erstenmale die Einheit der Kraft dargelegt wurde.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Zeynek Richard Ritter von

Artikel/Article: [Über die chemischen Vorgänge bei der Athmung. 381-401](#)