

# A. EINLEITUNG

## I. Einführung

„Lebenserscheinungen solch elementarer Art und Bedeutung wie der Atmungsakt standen begreiflicherweise in jeder großen Epoche der Physiologie und Medizin zur Diskussion.“

(WEBER, BERN)

Atmung ist Selbstverständlichkeit. Die Tatsache der Selbstverständlichkeit, welche ja alle Lebewesen einschließt, veranlaßt wohl zu allen Zeiten eine Großzahl von Menschen, diese Gegebenheit summarisch anzuerkennen, ohne sich mit weiteren Fragen über dieses Geschehen allzusehr zu belasten.

Die tatsächliche *Sonderstellung* der — im Gegensatz zu allen anderen unbewußt-vegetativen, also „selbstverständlichen“ Organfunktionen — nur *teils* unbewußt, teils aber *bewußt* betriebenen Atmung mit ihren ebenso *bewußt* steuerbaren, weitreichenden Einflüssen in körperliche sowie in seelisch-geistige Sphären wurde indes bereits in frühen Hochkulturen empirisch erkannt und auch für die kulturelle Entwicklung fruchtbar gemacht. In den gesundheitlichen und seelisch-geistigen, besonders auch religiösen Kulturbestrebungen Indiens, Chinas, Ägyptens, Griechenlands (Schule der Pneumatiker) wurden die den Menschen zu Gebote stehenden Mächte der Atmung, der Eigenart der einzelnen Völker gemäß, bewußt gewürdigt und gepflegt.

SHIVA-GAMA nennt die „Wissenschaft von Swara (vom Atem) die höchste aller Wissenschaften; sie ist die Flamme, welche die Wohnung der Seele erleuchtet“. Im Christentum kennen wir den bedeutungsvollen Begriff des  $\piνεϋμα \acute{\alpha}γιον$  oder  $\acute{\iota}ερον \piνεϋμα$ , in welchem Heiliger Atem in enge Beziehung gebracht wird mit Heiliger Seele, Heiligem Geist.

War diese Auffassung bedeutenden Persönlichkeiten des religiösen Lebens auch im deutschen Mittelalter noch adaequat, hier besonders den Gnostikern THOMAS V. AQUIN, ECKART, TAULER, SUSO, so wurde diese Linie in verhängnisvoller Weise unterbrochen durch LUTHER, welcher nun durch seine Übersetzung des  $\piνεϋμα \acute{\alpha}γιον$  mit „Heiliger Geist“ den Begriff, in dem sich ursprünglich Körperliches mit Seelischem und Geistigem symbolisch verband, einseitig auf das Geistige festlegte (G. A. ROEMER).

Von diesem Zeitpunkt an kann zunächst nur bei Einzelpersonlichkeiten, so u. a. bei GOETHE, JEAN PAUL, HÖLDERLIN, die alte Auffassung und das intuitive Wissen um die zentrale Bedeutung der Atemkräfte für Leib-Seele-Geist und allgemeine Kultur in unserem Kulturkreis noch festgestellt werden.

Im Ausgang des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts brachte die engere Berührung und der kulturelle Austausch vor allem der angelsächsischen Länder mit dem Fern-Osten für unsere abendländische Kultur auf breiterer Basis einen neuen Impuls, die Atemfrage nicht allein als *Wissenschaft*, als welche sie in den vorausgegangenen zwei Jahrhunderten, etwa von HARVEY über PRIESTLEY, LAVOISIER, CAVENDISH, HALLER bis zu den Forschern neuerer Zeit eine stürmische Entwicklung genommen hatte, sondern auch als *Lebenslehre* in das moderne Weltbild einzubauen. Verschiedene Bewegungen und Schulen wurden gegründet, von denen MAZDAZNAN und die ROTHENBURGER Atemschule, auf den KOFLERschen Arbeiten fußend, sowie die Atemschule DR. SCHMITT („Das Hohelied vom Atem“) zu den ältesten zählen.

Während diese Arbeitskreise, vorwiegend von Laien gegründet und geführt, in den folgenden Jahrzehnten versuchten, die einzelnen Teilgebiete einer Atemlehre und Atemkultur, nämlich das einer *Heilkunst*, einer *Spielkunst* (Gesang, Schauspiel, Künstlertum, Gymnastik, Sport), schließlich einer *Lebenskunst* (Arbeit, Erholung, Besinnung, Religion) zu erfassen und zu umspannen, stand die *Wissenschaft*, diesen Bestrebungen nicht freundlich gesonnen, im wesentlichen abseits.

Pioniere einer *Atemheilkunst* aus den eigenen Reihen der Wissenschaft wie BRUNS, HÖRNICKE, WENCKEBACH, HOFBAUER u. a. konnten ihre Erkenntnisse gegen den geleisteten Widerstand nicht bis zu einer allgemeinen Anerkennung durchsetzen. J. HENDERSON kämpfte „15 Jahre mit aller Kraft, jedoch ganz ohne Erfolg“ (Atmung, Erlebtes und Erkämpftes, 1941) und HOFBAUER wehrte die „Ungläubigkeit, welche zu so harter Negation“ führte, ab. Wie er berichtet, traten „NIEMEYER, ROKITANSKY und andere bekannte medizinische Autoritäten für die Bedeutsamkeit der Atemkräfte und ihres pathogenetischen Faktors ein, aber alle diese Stimmen verhallten vergeblich“.

So verblieb dieses Gedankengut zunächst in den Händen der genannten Arbeitskreise, und es trat ein, was ROEMHELD auf Grund dieser Verhältnisse warnend vorausgesagt hatte, die Atemheilkunst wurde weitgehend zum Arbeitsgebiet der Laienbehandler. Unvorengekommene, atemtherapeutisch tätige ärztliche Einzelgänger versuchten immer von neuem, die in Laienhänden notgedrungen laienhaft gehandhabte und so sich immer neue Gegner schaffende Kunst dem Arzt zu erschließen und den Forscher für sie zu gewinnen, so LIEBERMANN: „... Die überlaute Reklame begeisterter Laien für die Atemgymnastik hat leider dazu geführt, einen Gegensatz zu konstruieren, *der nicht besteht und nicht bestehen darf*. Darum soll Atmungstherapie nur vom Arzt oder unter ständiger ärztlicher Aufsicht von gut ausgebildeten Heilgymnasten ausgeführt werden.“ FAUST: „Es scheint die höchste Zeit zu sein, daß auch die Medizin von diesen Dingen Gebrauch macht und sogar die Führung auf diesem Gebiet an sich reißt, die zur Zeit in anderen Händen liegt.“

War dieser im wesentlichen subjektivistisch bedingte Widerstand ein Hindernis für den Start in die medizinische Lehre, so kam ein wohl noch schwererer durch objektiv begründete Schwierigkeiten hinzu, nämlich durch den Umstand widerspruchsvoller Auffassungen in wichtigen physiologischen Fragen bezüglich des Atemgeschehens. Beispielsweise herrscht bis in die jüngste Zeit herein Unklarheit in der entscheidenden Frage über Norm und Fehlform im äußeren Atembewegungsablauf. So große Möglichkeiten der Heilung und Hilfe aber für den gesamten Organismus, wie wir später zeigen werden, eine lebensgesetzlich richtige Atembewegung in sich birgt, so große Gefährdung bedeutet eine Fehlführung auf diesem Gebiet. Wenn aber entweder falsche oder etwa *teils* richtige, *teils* unrichtige Heilversuche stattfinden, weil letzterenfalls teils richtige, teils unrichtige

Vorstellungen über eine Norm zugrundeliegen, dann wirken die notwendigerweise hieraus entstehenden Mißerfolge auch auf das Urteil über die Heilmöglichkeiten der übrigen, richtig durchgeführten Teilanwendungen ein. Es entstand so die allseits bekannte Unsicherheit, ja Fragwürdigkeit oder gar Spekulation einer Heilbehandlung durch Atmung in Laienkreisen und schließlich nicht weniger in Berufskreisen der Krankenbehandlung und des Gesundheitsschutzes.

Die jüngste Entwicklung hat indessen durch offenere Auffassung von seiten der Wissenschaft wesentliche subjektive Hindernisse und durch sachliche Klärungen entscheidende therapeutische Komplikationsmöglichkeiten beseitigt. Immerhin befindet sich auch bis auf den heutigen Tag die wissenschaftliche Frage der Atmung in wichtigen Punkten völlig im Fluß.

Die vorliegende Arbeit versucht, durch Stoffsammlung und Gegenüberstellung von theoretischer Erkenntnis und praktischer Erfahrung einen Beitrag zur Klärung offener Fragen zu liefern. Sie bemüht sich damit um die Grundlagen der Vertiefung und Erweiterung einer umfassenden Atemheilkunst.

## II. Entwicklungsgeschichte

Eine kurze entwicklungsgeschichtliche, nämlich stammes- und einzelgeschichtliche Übersicht erleichtert, wie jedes geschichtliche Wissen, das Verständnis, unterbaut das Urteilsvermögen hinsichtlich der Verhältnisse der Gegenwart und ermöglicht Planungen für eine organische Weiterentwicklung. Besonders mit Rücksicht auf Fragen einer Weiterentwicklung ist ein Überblick über die wichtigsten Stufen einer Vorgeschichte nicht zu entbehren.

**1. Stammesgeschichtlich** offenbaren vom niederen bis zum höchst-differenzierten Lebewesen die Atmungsorgane und die Atemform jeweils ein unmittelbares Verhältnis zur Entfaltung des Gesamtorganismus.

Die niedersten Lebewesen des Tierreichs, die einzelligen Protozoen besitzen keine gesonderten Atmungsorgane; sie führen den Gasaustausch durch ihre Körperoberfläche herbei, während im Zellinnern durch Eiweißströmungen immer neue Zellschichten die atmende Oberfläche erreichen.

Bei den etwas höher entwickelten mehrzelligen Tierformen, den Schwämmen, Medusen, Würmern, Moostieren, Brachiopoden, Echinodermen (z. B. Seesternen) hat sich zusätzlich zur Oberflächen- oder Hautatmung auch eine Atemfläche im Körperinnern, in der Gastralhöhle, oder auf einer kanalartigen Magen-Darmoberfläche entwickelt. Primitive Atembewegungen in Form teils schon rhythmischer Darmkontraktionen oder periodischer Aus- und Einstülpungen des Darms oder atmender Arme unterstützen den Gaswechsellvorgang.

Die gegenüber diesen einfachen Tierformen bereits differenzierten Arthropoden benützen schon höher differenzierte Atmungsorgane. Neben verbessertem Gasaustausch durch begrenzte Gebiete der Haut sind Lamellenfüßchen, kiementragende Gliedmaßen mit Atemplatten, Kiemenbeutel und Kiemensäckchen zu finden (BABAK).

Ein Stamm der Arthropoden, die Tracheenträger oder Tracheaten (Insekten), eben nach seiner besonders hochentwickelten Atmungsrichtung benannt, unterscheidet sich von allen übrigen Tieren durch die Ausbildung eines Luftröhrensystems, das mit feinsten Verzweigungen selbst das Gewebe aufsucht und unter Vernachlässigung des Blutes als Zwischenträger einen unmittelbaren Atemgaswechsel zwischen Zelle und Luftröhrenluft ermöglicht. Die mitunter bis zur höchsten Vollkommenheit ausgebildeten feinsten Verzweigungen des Kanälchensystems besitzen feinströhrigen (kapillaren) Charakter und bis in die Zelle selbst eindringende (intrazelluläre) Endigungen. Wird dieses Röhrensystem, das in den verschiedensten Ausführungen, von der einfachsten bis zur kompliziertesten vor-



kommt, durch zusätzliche Atembewegungen intensiver belüftet, dann in der Regel durch Volumenänderung einzelner Körperabschnitte mit luftansaugender und luftauspressender Wirkung. Verschiedene Öffnungen (Stigmata) stellen dabei die Verbindung mit der Außenwelt her.

Es wird als ein Beweis der Höchstleistungsfähigkeit des Gastransportsystems der Tracheaten betrachtet, daß bei diesen Formen der Kreislauf nur ganz rudimentär zur Ausbildung kommt, ähnlich wie bei niederen Tierformen, die ihren Atemgaswechsel zwischen Gewebe und Außenluft über die gasdurchlässige Körperoberfläche ausreichend abwickeln können. Es ist für die Ausgleichsmöglichkeiten zwischen Atmung und Kreislauf beim Menschen von größter Bedeutung, daß sich diese Verhältnisverlagerungen Atmungsorgan—Kreislauforgan in der Entwicklungsgeschichte in allen Spielarten und Größenordnungen vollzogen haben und daß hierbei die größte Wandelbarkeit und Änderungsmöglichkeit der Organisation des Lebendigen jeweils unter Beweis gestellt wurde (BABAK). Zeigen z. B. die Atmungsorgane (wie bei einigen Arachniden) eine größere Lokalisation, so geht damit auch gleich eine vollkommene Ausbildung des Zirkulationssystems Hand in Hand (WINTERSTEIN).

Einige Regeln von grundsätzlicher und allgemeiner Bedeutung hinsichtlich des Auftretens von Atembewegungen lassen sich, wie BABAK hervorhebt, besonders gut aus den Verhältnissen bei den Tracheaten ableiten:

Erstens finden sich zusätzliche Atembewegungen bei primitiven Atemapparaten nicht oder selten. Sie treten vielmehr in der Regel erst bei einer höheren Differenzierung des Systems in Erscheinung.

Zweitens besteht wahrscheinlich zwischen Entwicklung von Atembewegung und Körpergröße eine direkte Proportionalität, da jedenfalls mit Zunahme des Körperumfangs eine bessere Entwicklung der Luftversorgung notwendig wird.

Allgemein besteht eine auffällige und sehr wichtige Beziehung zwischen Atembewegung und relativem Gaswechselbedarf: „Sehr bewegliche Raubtiere zeichnen sich durch höchst ausgebildete Atembewegungen aus! Die Larven, welche oft ein träges Leben führen, besitzen gewöhnlich keine besonderen Atembewegungen“ (BABAK). Die besonders lebhaften Libellulidenlarven jedoch zeichnen sich durch hochentwickelte Atembewegungen aus.

Innerhalb einer Tiergruppe wechselt die Intensität der Atembewegung mit der jeweiligen eigenen Lebhaftigkeit, so bei der Biene zwischen 40—120 Atemzügen. Einprägsam verläuft die Entwicklung der Mücke: An der Mückenlarve lassen sich keine rhythmischen Atembewegungen sicherstellen. Auch im Puppenstadium fehlen sie ganz. Bei der Imago, einer Entwicklungsstufe der Mücke, erscheint eine rhythmische Atembewegung, wahrscheinlich in Beziehung zu dem starken Sauerstoffbedarf dieser Entwicklungsperiode. Diese Beobachtung deckt sich mit der Feststellung, daß bei der Mücke je nach der Stufe ihrer Reife eine fortschreitend zunehmende Empfindlichkeit gegenüber Sauerstoffmangel besteht: Bei Versuchen mit Wasserstoff wird die Larve etwa in 90 Minuten, die Puppe etwa in 55 Minuten, die Fliege selbst aber schon in etwa 100 Sekunden (!) gelähmt (BABAK).

Die Intensität des Atemgaswechsels der hochentwickelten Insekten übertrifft in der Größenordnung mehrfach die der Säugetiere (WINTERSTEIN). Die Lebhaftigkeit der Insekten und ihre Flugleistung stellen an den hochentwickelten Atemapparat die stärksten Anforderungen. Von WINTERSTEIN wird dabei allerdings auf die Schwierigkeit aufmerksam gemacht, „die auch dort, wo Atembewegungen vorhanden sind, dem Verständnis des Mechanismus einer ausreichenden Lüfterneuerung entgegensteht. Wenn man bedenkt, daß trotz einer relativ vollkommenen Atmungsmechanik in einem Organ von leicht und ausgiebig veränderlichem Volumen, wie es die Säugetierlunge ist, die Lungenbläschenluft sich sowohl in ihrem Sauerstoff- wie in ihrem Kohlensäuregehalt um mehrere Prozent von dem der äußeren Luft unterscheidet, dann erscheint es kaum faßbar, wie auch durch sehr ausgiebige Atembewegungen in einem System dünner und ziemlich starrer Röhren, deren feinste Ausläufer an der Grenze des mikroskopisch Wahrnehmbaren liegen, eine genügende Erneuerung des Gasinhalts bewirkt werden kann“. Es erscheint denkbar, daß hier ein Prinzip eines Atemgaswechselgeräts an den äußersten Grenzen einer rationellen Ausbaufähigkeit angelangt ist und daß sich diesem Prinzip gegenüber, bei welchem „die

Atmungsorgane das Blut aufsuchen“, das Prinzip der Säugetierlunge, bei dem „das Blut die Atmungsorgane aufsucht“, (CUVIER) in der Natur als ausbaufähiger erwiesen hat.

KROGH macht in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, daß sehr große Tracheaten nicht existieren könnten und in der Tat auch nie existierten, weil durch diese Art der Atmung, bei der die Gasdiffusion in engen Röhren eine so große Rolle spielte, der Volumszunahme bald eine Grenze gesetzt ist (BETHGE, 1925).

Nach der oben aufgezeigten Beziehung zwischen innerer Gesamt-Lebenstätigkeit und der Leistungsfähigkeit des Atmungsorgans mußte allerdings mit der Begrenzung einer Weiterentwicklungsmöglichkeit der Atmung sich auch eine Beendigung der Steigerungsmöglichkeit der inneren Lebensvorgänge verbinden, ein einschneidendes stammesgeschichtliches Ereignis und eine offenbar harte Wirklichkeit für die Gruppe der Tracheaten (BABAK).

Grundsätzlich ergibt die Entwicklungsgeschichte bis hierher und, wie wir sehen werden, auch im weiteren das bedeutsame Bild, daß biologische Weiterentwicklung von der Entwicklungsmöglichkeit und tatsächlichen Weiterentwicklung der Atmungsfähigkeit abhängig ist. Als roter Faden zieht sich durch die Stammesgeschichte die „auffällige Beziehung“ (BABAK) zwischen Höherentwicklung des Atemapparats, vor allem Verbesserung der Atembewegung, und Intensivierung der inneren Lebensvorgänge. —

Im Gegensatz zu den Tracheaten wird bei den Mollusken neben einer Atmung durch die Haut und den Darm und mit Kiemen bereits in einfacher Form auch eine Art Lungenatmung benutzt.

Bei einer Schneckenart (Pulmonaten) wird die primitive Lungenhöhle aus der Mantelhöhle gebildet. Sekundär können solche Luftatmer wieder an das Wasser angepaßt werden und die Lungenhöhle wird dann sogar mit Wasser durchatmet. Die Atembewegung besteht in rhythmischen Schwingungen des Lungenhöhlenbodens mit primitivem, zwerchfellähnlichem Arbeitsprinzip.

Die Fische haben Kiemenatmung, wobei Ein- und Ausatmungswege im Gegensatz z. B. zu den luftatmenden Wirbeltieren getrennt sind; hierdurch wird bei den Fischen vorteilhafterweise ein vollständiger Wechsel des Atemwassers an den atmenden Oberflächen ermöglicht.

In sauerstoffarmen Gewässern werden Abänderungen der Atembewegungen in Form des „Luftschnappens“ der Fische an der Wasseroberfläche entwickelt. Diese „Notatmung“ (WINTERSTEIN) dient der Luftdurchschüttelung des Atemwassers in der Mund-Kiemenhöhle, wahrscheinlich auch der Atemgasaufnahme durch die Mundschleimhaut unmittelbar. Während eine Reihe von Fischen diese Mundatmung zum Luftverschlucken und zur Darmatmung weiterentwickeln, finden sich bei den Dipnoi neben der Kiemenatmung primitive Lungenatmungsorgane. Ceratodus, ein Vertreter der Dipnoi, benutzt diese Lungenanlage zusätzlich zu seiner Kiemenatmung. Es werden bei ihm etwa 20 Kiemenatembewegungen in der Minute und eine Luftatembewegung in einer Stunde, letztere bei gleichzeitigem Aufsteigen zur Wasseroberfläche, gezählt. In gereiztem Zustand steigt die Zahl der Kiemenatembewegungen auf 30 je Minute, außerdem sah man das Tier alle acht Minuten zum Luftschnappen zur Wasseroberfläche aufsteigen. Die Fische gehören zu den am leichtesten beeinflussbaren, höchst empfindlichen Organismen und ändern je nach Stellung, Bewegung usw. die Atmung unaufhörlich (KUIPER u. a.).

Gehen wir in der Entwicklungsgeschichte eine Wegstrecke weiter, so finden wir bei den Amphibien neben einer gut entwickelten Hautatmung bei wasser- und landlebenden Formen verschiedenartige Kiemen für das Wasserleben und ebenso verschiedenartige Lungen für das Leben an Land. Auch eine Art Darmatmung durch Mund- und Gaumenschleimhaut kommt zusätzlich vor. Beim Frosch beispielsweise besteht der typische Lungenatmungsakt im Gegensatz zu späteren Mechanismen der Lungenbelüftung in einem (in seinem Zusammenspiel schon hochkomplizierten) aktiven Einpressen oder „Verschlucken“ der Atemluft in die Lungen hinein.

Die stammesgeschichtlich späteren Reptilien besitzen im Gegensatz zu den Amphibien bereits einen Gaswechsel, der sich überwiegend an der atmenden Oberfläche der Lunge abspielt. Die Lungenentwicklung hat dabei eine höhere Stufe der Differenzierung erreicht. Die Atemmechanik ist verbessert.

Von diesem verbesserten Prinzip der Atmung wird auch weiterhin bei den stammesgeschichtlich späteren Warmblüterorganismen der Säugetiere Gebrauch gemacht: der Druckmechanismus der Kopf- oder Schluckatmung z. B. der Frösche wird von einem Saugmechanismus abgelöst, der von Muskelgruppen unterhalb des Kopfes bewegt wird. Brustmuskeln, aber auch Bauch- und andere Rumpfmuskeln, bei der Schildkröte auch die Muskulatur des Schulter- und Beckengürtels, saugen die Luft in die mit der Leibeshöhle sich erweiternden Lungen. Die Atemluft wird dann wieder teils passiv, teils durch pressende Muskeltätigkeit entleert. Die stammesgeschichtlich älteren Mechanismen der pressenden Schluck- sowie Mund-Gaumenhöhlenatmung und Kehlbewegungen werden bei manchen Reptilien unter gewissen Umständen noch zusätzlich und aushilfsweise benützt. „Eine weiter vervollkommnete Evolutionsbahn der Lungenventilation liegt vor uns“ (BABAK).

Die Fortsetzung dieser vervollkommenen Lungenatmung findet sich in den „Nachfahren“ von Wirbeltiergruppen, die als Verwandte der Reptilien angesehen werden; es sind dies die Warmblüter, die Vögel und die Säugetiere (BABAK). Hier wird erstmalig eine Einatmungsfunktion von äußeren Zwischenrippenmuskeln, Rippenhebern und Nackenmuskeln beschrieben, die einen von Rippen aufgebauten, teilweise zu ausgiebigen Bewegungen fähigen Brustkorb belüften. Die Ausatmung wird durch Rippenziehmuskeln und insbesondere mächtige innere, d. s. tiefe Zwischenrippenmuskeln, vollzogen. Atemhilfsmuskeln in Form von Bauch-, Schulter- und Beckenmuskeln können mit herangezogen werden.

Auch die gegenüber den Reptilien stammesgeschichtlich jüngeren Vögel zeichnen sich wie die Reptilien durch eine strenge Lokalisation des Gasaustausches zwischen außen und innen in der Lunge aus. Aber die Einrichtung des Atemapparats, insbesondere sein Kanälchensystem und seine Durchlüftung, ragt — im Zusammenhang mit der hohen Intensität des Stoffwechsels des mit sehr hohen Eigentemperaturen ausgestatteten Vogelorganismus — weit über diejenigen der Reptilien hinaus, ähnlich wie auch die Ausbildung der Hilfsmechanismen der Lungendurchatmung, wobei insbesondere der Luftsackapparat bedeutungsvoll ist. Die Vollkommenheit der den Gasaustausch fördernden Atemmechanismen ist so hoch entwickelt, daß sie mit Recht über die der Säugetiere gestellt werden kann (BABAK).

Die Lunge selbst ist dabei im Verhältnis zur Körpergröße recht klein, ihr Gewicht ist 1:180 des Gesamtkörpergewichts. Diese Kleinheit findet ihren Ausgleich in den Besonderheiten des histologischen Aufbaus der Vogellunge: die sich spitzwinklig verzweigenden Feinst-Bronchien (Bronchuli) lösen sich in ein Luftgefäßchennetz mit zahlreichen gleichweiten Kanälen auf, die sich aufs innigste mit den Blutgefäßchen durchflechten. Der Grad der Verästelung der Bronchien steht in deutlicher Beziehung zu dem Flugvermögen, indem die guten Flieger eine äußerst reiche Verzweigung in feinkalibrige Kanäle aufweisen (FISCHER). Die Bedeutung der Größe der atmenden Oberfläche eines Lebewesens tritt hier eindrucksvoll in Erscheinung.

Der einzigartige Bau des Atmungsorgans der Vögel in Verbindung mit einer hochentwickelten, für eine ausgezeichnete Durchlüftung sorgenden Atemmechanik ist als das wesentliche Moment für die Überlegenheit ihres Atemapparats zu betrachten. Diese Überlegenheit zeigte sich in der Tatsache, daß die Vögel, besonders die kleineren unter ihnen, eine Gaswechselgröße besitzen, die, auf die Gewichtseinheit bezogen, jene aller übrigen Tiere weit hinter sich läßt.

Als die ruhelosesten aller Tiere sind sie tagsüber fast unaufhörlich in Bewegung und können, wie ihre Ausdauer zur Zeit der Wanderung und beim Insektenfang im Flug bekundet, eine sehr gewaltige Arbeitsleistung vollbringen. Dabei scheint die Versorgung des Körpers mit Sauerstoff verhältnismäßig leicht zu sein. In Höhen, die dem Menschen nur mit Sauerstoffzufuhr zugänglich sind, halten sie sich mühelos auf. Adler, Geier, Kondore, Dohlen wurden in Höhen von 4000—7000 Meter, z. T. nach einem in großer Geschwindigkeit genommenen Aufstieg von mehreren tausend Meter vollkommen ruhig atmend angetroffen (WINTERSTEIN).

Die Vermutung, diese Leistung würde mit Hilfe von sauerstofflosem Stoffwechsel (anaerob) bestritten, ist widerlegt durch den intensiven Gaswechsel und durch den interessanten Umstand, daß Vögel Sauerstoffentzug besonders schlecht und kurz überleben. Vergleichsweise Erstickungsversuche



an Säugetieren und Vögeln ergaben, daß bei Sauerstoffentzug die kleinsten Vögel, die den intensivsten Gaswechsel zeigen, am raschesten, schon in Bruchteilen einer Sekunde, ersticken! „Nicht in der Fähigkeit also, mit geringen Sauerstoffmengen auszukommen, sondern in der Fähigkeit, auch unter ungünstigen Bedingungen dem Körper mit Leichtigkeit die erforderlichen Sauerstoffmengen zuführen zu können, ist die Ursache für die Leistungsfähigkeit der Vögel zu suchen“ (WINTERSTEIN). —

Der vorbeschriebene, von dieser Tierklasse zur Leistungssteigerung beschrittene Weg ist besonders eindrucksvoll in der Gegenüberstellung mit bestimmten Fehlentwicklungstendenzen beim Menschen. Der Vogel steigert eindeutig Atmung und Leistung in geradem Verhältnis; Untersuchungen beim Menschen, welche später einzeln aufgeführt werden, zeigen vielfach ein umgekehrtes Verhältnis zwischen angestrebter Leistungssteigerung und Atmung. Forcierter Leistungssteigerung steht hier nicht selten eine degenerierende, durch Haltungsverfall, Steuerungs- und Rhythmusstörungen eingeengte Atemtätigkeit gegenüber, die die primitive, anaerobe Energieentwicklung in verstärktem Maße wieder zum Energiestoffwechsel heranziehen möchte (s. Sauerstoffmangel).

Säugetiere. Der Atmungsvorgang der Säugetiere schließt im wesentlichen an den Saugmechanismus der Brustatmung der Reptilien, teilweise auch der Vögel, an: doch sind die Säugetiere gegenüber den niederen Wirbeltieren sehr scharf durch das Vorhandensein des Zwerchfells gekennzeichnet. Die Atemtätigkeit des Zwerchfells ist ein besonderes Merkmal der Säugetiere. Die pressenden Kopfatem-Mechanismen der niederen Wirbeltiere sind wie bei den Vögeln verlorengegangen; „vom Stammesgeschichtlichen — oder auch bloß vergleichenden — Standpunkt aus knüpfen aber manche Eigenschaften, insbesondere auch die nervösen funktionellen Beziehungen an die Verhältnisse der niederen Wirbeltiere an“ (BABAK).

Der Bau der Brust erlaubt bei großer Festigkeit beträchtliche Raumveränderungen der Brusthöhle, einerseits durch Verschiebung der Rippen bzw. des Brustbeins, andererseits durch die Bewegung der muskulösen Scheidewand zwischen der Brust- und Bauchhöhle.

Das Zwerchfell ragt als Kuppe in den Brustraum hinein, kann aber auch sehr schief (Rhinozerontiden), oder auch fast horizontal (Waltiere) stehen. Nach eingehenden vergleichenden Untersuchungen vor allem der Ausrichtung der Luftröhrenverzweigungen als Wegweiser für die Richtung der Atembewegung und der Durchmesser der Luftröhrenzweige als Maßgabe für die Größe der Atembewegung kann die Zwerchfellatmung als die ursprüngliche Atmung der Säugetiere, der sich erst später in steigendem Maße die Brustbeinatmung zugesellt, betrachtet werden (HASSE). Der Bauchtyp des ruhigen Atmens der Haussäugetiere wird bei angestrebter Atmung erst sekundär, z. B. bei Atemnot (Brustseuche des Pferdes, Dampf, Lungenseuche des Rindes), deutlich mit stärkeren Atembewegungen des Brustkorbs verbunden (BABAK). Von den Brustmuskeln sind die äußeren Zwischenrippenmuskeln und die Zwischenknorpelmuskeln als Einatmer tätig. Bei ruhiger Atmung scheinen diese Muskeln mit dem Zwerchfell allein für die Einatmung tätig zu sein, während bei angestrebter Atmung die Rippenhebermuskeln in Betracht kommen. Die Nackenmuskeln (Scaleni) sind beim Pferd nicht von großer Bedeutung, dagegen wirken sie als Einatmer bei den Wiederkäuern, dem Schwein, dem Hund und auch dem Kaninchen noch mit.

Die Ausatmung wird einerseits passiv, durch elastische und Oberflächenspannungskräfte der einatemgedehnten Lunge, des Brustraums, des Zwerchfells und der Bauchwände nach Erschlaffung der Einatemmuskeln bewirkt, andererseits aber auch — sogar bei ruhiger Atmung — durch aktive Muskel-tätigkeit, insbesondere die der inneren Zwischenrippenmuskulatur.

Die spaltförmigen Rippenfellhöhlen zeigen den auch beim Menschen bekannten Unterdruck, veränderlich in seiner Größe mit der Ein- und Ausatmungsphase. Interessanterweise fehlen solche Rippenfellhöhlen beim indischen Elefanten vollkommen: Die Lungen sind vermittels eines sehr dehnbaren Gewebes an Brust- und Herzbeutelwand angewachsen; dieser Befund wird durch das Vorhandensein des Rüssels erklärt.

Bei den Säugetieren besteht in der Regel Atmung durch die Nase; sie kann sich unter bestimmten Umständen (Hecheln des Hundes = Ein- und Ausatmung) durch den Mund vollziehen. Beim Kaninchen, bei ausgewachsenen Schweinen und Pferden jedoch soll diese Mundatmung unmöglich sein (BOWLES). Schon die Stellung des Kehldeckels erschwert hier die Mundatmung aufs äußerste. —

Die Form des Brustkorbs wird sehr stark durch die Funktion mitbestimmt (HASSE). Kiefförmige Gestalt des Brustkorbs (Bild 1 a) ist als Folge der Einengung durch den Schultergürtel, der mit den belasteten und aufgestützten vorderen Gliedmaßen in Verbindung steht, zu betrachten. Je stärker durch Schultergürtel und vordere Gliedmaßen belastet, desto deutlicher ausgeprägt ist die Kiefform (Elefant, Büffel, Bison). Mit der Stärke des Druckes bleibt auch die Entwicklung des vorderen Brustkorbabschnitts zurück. Wird dagegen die Körperlast nur zeitweilig und zum geringen Teil von den vorderen Extremitäten getragen, so entwickelt sich eine Faßform des Brustkorbes (Bild 1 b) heraus.

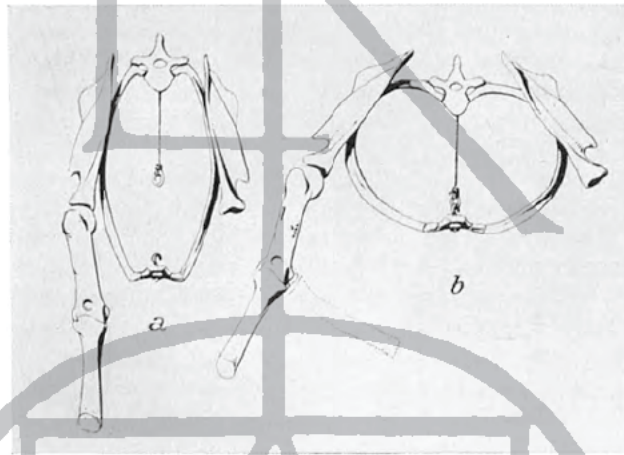


Bild 1

Bei den Wassersäugetern (Wale, Seekühe) haben die vorderen Gliedmaßen die Aufgabe, den Körper zu tragen, völlig verloren. Die Rippen werden freier beweglich und zur Zwerchfellatmung kommt eine ausgiebigere Rippenatmung dazu: Die Gliedmaßenmuskeln sind Atemmuskeln geworden! (HASSE). —

Im Grund das gleiche wie für die Wassersäuger gilt für die weitgehend von der Schultergürtellast befreiten, sich aufrichtenden und aufgerichteten Säuger (Halbaffen, Affen), und für den Menschen. Der Brustkorb rundet sich nach oben mehr und mehr aus und wird vom Zwerchfell vorwiegend durch die Bauchatembewegung, von den Brustmuskeln zunehmend durch die Rippenatembewegung belüftet.

Hinsichtlich der Atemrhythmik, bes. der Zahl der Atemzüge in der Minute und des Verhältnisses von Einatmen zu Ausatmen, sind die Säuger weitgehend voneinander verschieden.

Die Atemfrequenz der Säuger ist weit höher als diejenige gleichgroßer Vögel. Unter den Säugern ist die Körpergröße nicht allein entscheidend. Raubtiere atmen langsamer als Pflanzenfresser. In einer einheitlichen Gruppe bestehen jedoch deutliche Beziehungen zwischen Körpergröße und Atemfrequenz: Löwe 10, Panther 18, Katze 24. Oder: Hund 15, Schakal 17, Fuchs von Tunis 24, Fuchs von Persien (sehr klein) 28 Atemzüge/min.

Die Lungen zeigen hinsichtlich ihrer Bläschengröße wesentliche Unterschiede. Die Größe der Lungenbläschen steht in umgekehrtem Verhältnis zur Größe der Gesamtatemfläche. Ebenso wie bei den früher dargestellten Gruppen kann auch bei den Säugern eine unmittelbare Beziehung zwischen Differenzierung der atmenden Oberfläche und Intensität des Gesamtatemgaswechsels beobachtet werden (WINTERSTEIN) (s. Bilder 184, S. 265 und 185, S. 266).

So wird beispielsweise durch sportliches Training (Schwimmversuche) von Ratten und Meer-schweinchen das Lungengewebe in dem Sinne umgebaut, daß an Stelle einer kleineren Zahl größerer



Alveolen eine größere Zahl kleinerer Alveolen tritt, wodurch eine Vergrößerung der atmenden Oberfläche erreicht wird (v. HAYEK nach KOCH und GEHRIG).

SCHULTZE fand die größten Lungenbläschen — beim Faultier.

Faultier	400 $\mu$	Hauskatze	100 $\mu$
Mensch	200 $\mu$ !	Fledermaus	30 $\mu$

Eine Gegenüberstellung, die zu Überlegungen Anlaß bietet.

Die atmende Gesamtoberfläche in der Lunge berechnet sich beim Menschen auf etwa 90 qm (ZUNTZ) bis höchstens 100 qm (v. HAYEK), die des Pferdes vergleichsweise auf etwa 1200 qm (SÜSSDORF).

Aus diesen Verhältnissen wird ersichtlich, daß der Mensch hinsichtlich der Entwicklung seiner Atemoberfläche unter den Warmblütern bei weitem nicht die höchste Stufe erreicht hat (BENNINGHOFF).

In der *Rückschau* überblicken wir eine stammesgeschichtlich stetige Entwicklung aus einfachsten Anfängen tierischer Lebenstätigkeit mit einfachsten Gaswechselgeräten zu immer höher entwickelten Lebensformen mit demzufolge laufend weiter verbesserten, leistungsstärkeren Atmungsanlagen.

Es zeigt sich dabei eine direkte Beziehung zwischen der Intensität der Lebensvorgänge und der Differenzierung der Atmungsanlagen. Insbesondere ist die Differenzierung und Steigerung der *Atembewegung* der steigenden Lebenstätigkeit direkt proportional; wie wir später (Steuerung) sehen werden, auch hinsichtlich ihrer Sensibilität und Reaktionsfähigkeit.

Die Steigerung der Leistungsfähigkeit des Atemapparates ist demnach einerseits *Folge* der Intensivierung der Lebensvorgänge; andererseits ist dieser Atemapparat im jeweiligen Entwicklungszustand ebenso zwangsläufig auch *Ausdruck* und *Zeugnis* für Höhe und Stand der gesamten Lebensprozesse im Organismus, und schließlich bestimmt der Entwicklungszustand des Atemapparates in Zeiten erhöhter Belastung (Zwang zu gesteigerter Leistung, vermindertes O<sub>2</sub>-Angebot u. a.) zusammen mit dem Kreislaufsystem für die gesamte Lebenstätigkeit die *Begrenzung*.

**2. Einzelgeschichte.** Die vorgeburtliche Entwicklung der Lungenatmung beim Menschen weist die stärksten einzelgeschichtlich verwertbaren Eigenheiten auf. Der Entwicklungsgang im Mutterleib bringt beim Menschen nach vorausgegangener Körper- und Hautatmung einen vollständig entwickelten Apparat von Kiemenbögen zur Ausbildung. In der dritten bis vierten Woche sind die Kiemenfurchen und Schlundtaschen beim menschlichen Embryo deutlich entwickelt. Die Kiemenatmung kommt beim Menschen nie zur Ausbildung, und so werden die Anlagen zur Kiemenatmung im Laufe der weiteren vorgeburtlichen Entwicklung umgebildet. Es ist sehr interessant, daß die erste Kiemenfurche in ihrem hinteren Teil zur Ausbildung des äußeren Gehörgangs dient; dieser Abschnitt entspricht dem Spritzloch der Selachier, welches gleichfalls die Erschütterung des umgebenden Mediums an das Labyrinth weiterleitet.

Die wichtigsten Gebilde der Mundhöhle, der Rachen- und der Halsregion gehen im Laufe der weiteren Entwicklung aus dem Kiemendarm und seinen Wandungen hervor, u. a. Zunge, Speicheldrüsen, Schilddrüse und Thymus.

Die Entwicklung des menschlichen Atemapparates geht von der unmittelbar auf den Kiemendarm folgenden Strecke des Vorderdarms aus. Es entstehen aus einer sich dort absetzenden Darmrinne Kehlkopf, Bronchien und Lungen. Auf der vorderen Kante dieser Darmrinne entwickelt sich eine Epithelverdickung, das unpaare Lungenfeld, das durch einen auf jeder Seite nach unten auswachsenden Fortsatz an Ausdehnung gewinnt. Diese Fortsätze beginnen stark auszuwachsen und werden zu Säckchen, die sich nach oben in einen gemeinsamen Raum öffnen. Das rechte Säckchen gewinnt von Anfang an im Wachstum einen Vorsprung vor dem linken. Beide Bläschen bilden bei ihrem weiteren Auswachsen sekundäre Bläschen, das linke zwei, das rechte drei, die den späteren Lungenlappen entsprechen. Gleichzeitig macht sich die Differenzierung zwischen Lungenanlagen, Bronchien, Luft-

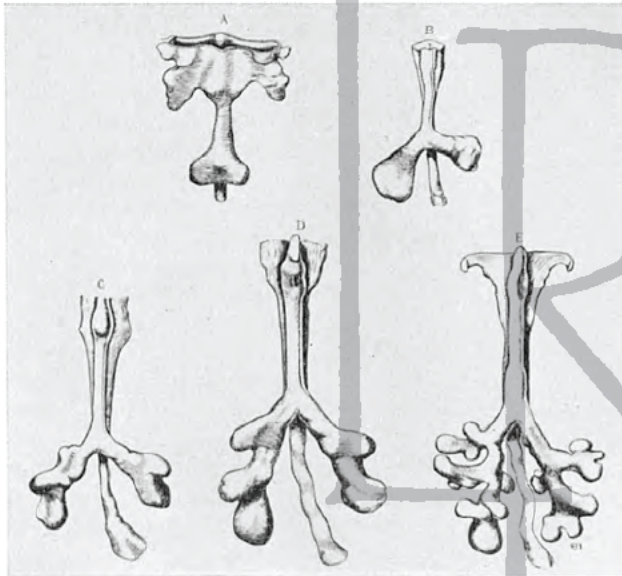


Bild 2. Entwicklung der Lungen beim menschlichen Embryo:

A Embryo 4,0 mm D Embryo 8,0 mm

B Embryo 5,9 mm E Embryo 9,0 mm

C Embryo 6,7 mm

(Aus CORNING, Entwicklungsgeschichte des Menschen, 1925.)

röhre und Kehlkopf bemerkbar. Die sekundären Bläschen der Lungenanlagen treiben neue Bläschen und es entsteht das Bild, das sich bei der Entwicklung von alveolären Drüsen bietet. Das Ende des primitiven Lungensäckchens wächst rascher als der übrige Teil, so daß ein die ganze Lunge durchziehender Hauptbronchus entsteht, der Seitenbronchien abgibt.

Während der vorgeburtlichen Entwicklung ist die Lunge zum Atmen nicht zu gebrauchen. Dafür bildet sich beim Embryo eine besondere Form der Atmung aus, die Mutterkuchenatmung, die als eine lokal zu hoher Entfaltung gelangte Darmatmung aufgefaßt werden muß. Da auch die Lungen vom Eingeweidensystem abstammen, so gehört die Lungenatmung ebenfalls diesem Darmatmungssystem an, als die Funktion eines besonders ausgebildeten Teiles desselben (KOPSCHE). Die fötale Apnoe (Atemlosigkeit) ist eine notwendige Erscheinung: es handelt sich bei dieser nach BABAK „um einen Zustand niedriger Reizbarkeit des nervös-zentralen Atemapparats, wobei infolge günstiger Gaswechselbedingungen im Mutterkuchen-Kreislauf keine zu höherer Reizbarkeit der Atemnervenzentren führende Anhäufung von Produkten unvollständiger Sauerstoffverbrennung besteht und zugleich der zur Erregung des Atemrhythmus erforderliche Kohlensäuregehalt im Blute nicht erreicht wird“.

Bei plötzlicher Störung der im gewöhnlichen vollständig ausreichenden Mutterkuchenatmung erscheinen Atemzüge infolge der Erregung der nervösen Atemzentren durch das venöse Blut; insbesondere zeigt sich dies nach plötzlichen Zusammenziehungen der Gebärmutter (LECLARD); bei allmählicher Erschwernis des Atem-Gas-Austausches im Mutterkuchen kann aber die Erregbarkeit der nervösen Atemzentren vermindert bleiben und es kann sogar zur Erstickung ohne Atembewegungen kommen! (ENGSTRÖM). Eindeutig wird außer durch Störung des Mutterkuchenkreislaufs aber auch durch äußere Reize (reflektorisch) der Atemrhythmus ausgelöst (PFLÜGER, SCHWARTZ).

Nach FOAS zusammenfassender Überlegung atmet der Fötus nicht im Sinne einer vollen Lungenentfaltung, weil ihn weder äußere Reize noch ausreichender Kohlensäuregehalt des mütterlichen Blutes dazu anregen, die erforderlichen Nerven- und Blutreize vielmehr erst durch den Geburtsakt ausgelöst werden. Nach der Geburt verringert sich die zur Erhaltung der Atmung notwendige Kohlensäuremenge immer mehr und die Reizbarkeit der Atemzentren erreicht beim Kinde etwa am zehnten Tag das beim Erwachsenen vorhandene Maximum. Einwandfrei steht fest, daß die Atemzentren des Neugeborenen erst allmählich die Eigenschaften des entwickelten Organismus erlangen. Auch

in der Welt der Säugetiere ist dies insbesondere bei auf lange Fürsorge der Eltern angewiesenen Jungen der Fall (BABAK).

Die Entwicklung der Atemtechnik zeigt systematischen Ausbau schon im Mutterleib. Beim Menschen vollziehen sich die wesentlichsten Entwicklungsvorgänge besonders mit Rücksicht auf die äußere Form der Brust im zweiten Fötalmonat (DITTRICH). Die von AHLFELD nachgewiesenen rhythmischen Bewegungen der Atemmuskulatur des menschlichen Fötus im Mutterleib werden von ihm selbst wie von zahlreichen anderen Forschern für eine „Vorbereitung der Atembewegungen des Neugeborenen gehalten, die wohl zugleich die Bedeutung von gestaltenden Reizen bei der Entwicklung der Brust haben“!

REIFFERSCHIED und SCHIEMANN (1939) haben in einer röntgenologischen Veröffentlichung folgende Zusammenfassung hierüber gegeben: 1. Die im Rhythmus der Atmung erfolgenden Muskelbewegungen des Kindes im Mutterleib sind röntgenologisch als Atembewegungen in der Gebärmutter zu deuten; 2. es wird hierbei Fruchtwasser aktiv innerhalb des Bronchialbaumes hin und her bewegt; 3. diese jugendlichen Atembewegungen im Mutterleib treten schon in frühen Monaten auf; einmal wurden sie schon im fünften, bei einem anderen Fall bereits im vierten Monat der Schwangerschaft nachgewiesen!

Auch nach HENDERSON sind die — später zur Atmung benutzten — Bewegungen der Brustkorb- und Bauchmuskulatur im allgemeinen im fünften oder sechsten Monat schon deutlich wahrnehmbar.

Trotz dieser Vorbereitung und Übung im Mutterleib ist jedoch — in Parallele mit der erst allmählich einsetzenden Entwicklung der nervösen Atemzentren — die Atemmuskulatur bei der Geburt noch nicht voll leistungsfähig. „Die Atemmuskulatur ist ihrer neuen Aufgabe bei Neugeborenen noch nicht gewachsen und kann sie bei schwächlichen Neugeborenen aus mangelnder Kraft oft nicht erfüllen“ (HENDERSON). So wenig einerseits der Fötus imstande ist, durch diese seine Atembewegungen, mit denen er im Mutterleib vor der Geburt einige Wochen lang Fruchtwasserflüssigkeit ansaugt, deren Wiederausscheidung durch die Nieren erfolgt, die Lunge zur Entfaltung zu bringen, so sehr hat andererseits „der entwickelte Säugling die ganze Kraft der Atemmuskulatur nötig, um Luft einatmen zu können. Es bedarf vieler Atemzüge, damit sich die Lunge ganz entfalten kann“ (HENDERSON).

V. NEERGARD bestätigt dieses Ringen um die volle Atmung beim Lebensbeginn außerhalb des Mutterleibes. Daß die erste Einatmung trotz beträchtlicher Anstrengung der Atemmuskulatur nicht genügt, um die zusammengefaltete luftleere Lunge voll zur Entfaltung zu bringen, sondern, wie HAAG gezeigt hat, dazu Tage nötig sind und anfänglich noch zusammengefaltete Inseln bleiben, ist verständlich. Denn die beträchtliche Kraft der Oberflächenspannung in den Lungenbläschen, die später einen wesentlichen Teil der Lungenzugkraft ausmacht, hemmt die erste Entfaltung der Lunge. Ja, es ist wahrscheinlich, daß die Oberflächenspannung hiergegen Kräfte entfaltet, die zu den stärksten Einatmungsanstrengungen nötigen! So ist das Atemvolumen am ersten Lebenstage noch äußerst gering (v. NEERGAARD). Zwanzig Minuten nach der Geburt hat man ein Atemvolumen von nur 17 ccm, drei Stunden später von 21 ccm und sechs Stunden nach der Geburt von 36 ccm gefunden (HENDERSON). DOHRN stellte bei vielen normalen Kindern nach einer Woche als durchschnittliche Luftmenge bei ruhiger Atmung nur 40 ccm fest. Der Autor gibt an, daß Schreien das Atemvolumen am ersten Tage um etwa  $\frac{1}{10}$  und am siebenten Tage um  $\frac{1}{5}$  vergrößert, womit sich die alte Volksweisheit bewahrheiten würde: Schreikinder — Gedeihkinder!

Beobachtungen mittels Röntgendurchleuchtung haben ergeben, daß große Verschiedenheiten in der Länge der zur Entfaltung der Lunge benötigten Zeit bestehen. „Bei einigen Fällen von normaler Geburt und gutem Allgemeinzustand des Kindes boten die Lungen innerhalb fünf Minuten nach der Geburt das Bild voller Entfaltung“, berichtet WASSON. In anderen Fällen von leichter Geburt, besonders aber bei lang dauernden schweren Geburten stellte er fest, „daß die Entfaltung der Lungen nur langsam vonstatten ging und ganze Lappen oder auch verstreute Bezirke nicht zur Entfaltung kamen. Wir haben bei den Lungen von voller Entfaltung gesprochen, wenn überall im Lungengewebe Luft festzustellen war und keine Anzeichen von Verdichtungsherden auf eine noch bestehende Luftleere hindeuteten; das konnte fünf Minuten oder auch zwei Wochen dauern“!

In neuerer Zeit hat DUNHAM ausgezeichnete Röntgenbilder veröffentlicht, die alle Stadien von



Undurchsichtigkeit, Übertrübungen bis zur vollen Durchsichtigkeit der kindlichen Lunge aufwiesen. Von CRUICKSHANK veröffentlichte Sektionsbefunde bestätigen durchaus die Auffassung, daß auch bei Kindern, die man bei der Geburt als vollkommen normal bezeichnen muß, eine restlose Entfaltung der Lunge auch nach Stunden und selbst nach Tagen nicht zustande gekommen ist. „Bei schwächlichen Neugeborenen und besonders bei Frühgeburten bildet das Auftreten einer Blaufärbung im allgemeinen ein Anzeichen für das Fortbestehen einer Luftleere in der Lunge.“

Es ist nicht möglich, alle z. T. scheinbar widersprechenden Angaben auch nur namentlich zu erwähnen: Ihre mögliche Variationsbreite ergibt sich aus der Tatsache des mühsamen, allmählichen Erwerbs des Zusammenspiels der Atemmechanik, wobei einmal eine frühere, entwicklungsgeschichtlich ältere Regung (z. B. Schluckatembewegungen, s. o. stammesgeschichtlich) auftritt, ein andermal eben erworbene Gasaustauschflächen erweitert, ein drittes Mal neue Lungengebiete entfaltet werden.

Die stufen- und stoßweise, mühsame Lungenentfaltung der ersten Tage ergänzt das Bild der Atmung des Neugeborenen in ihrer in allen Teilen — vorab jedoch den muskulären und atemmechanischen — noch keineswegs fertigen Entwicklung. BERNSTEIN konnte bei Säugetieren schon zwei Stunden nach der Geburt die Entstehung der Ansaugwirkung der Brust nachweisen, wobei schon lange bekannt ist, daß bei Neugeborenen die Lungen erst am achten Tage bei der Eröffnung der Brust zusammenfallen: — man sieht an dieser Feststellung bezüglich des Unterdrucks in der Rippfellhöhle, wie das Ineinandergreifen der Mechanik noch keineswegs geordnet, sondern mit Beginn des Lebens außerhalb des Mutterleibes erst erarbeitet und erworben werden muß. So sind auch die widersprechenden Angaben der Autoren verständlich, wo nach den einen die periodische Atmung der Neugeborenen sehr verbreitet ist (CAVAZZANI), nach anderen nach der Geburt diese Periodik infolge der auftretenden Nerven- und Blutreize sowohl, wie auch wegen der noch nicht genügend leistungsfähigen Atemmuskulatur und des mangelnden Zusammenspiels der übrigen atemmechanischen Kräfte verzerrt wird, um erst allmählich in eine beständige Rhythmik überzugehen.

Besonders hingewiesen sei hier noch auf die Auffassung HENDERSONS, der den Mangel an dem für die menschliche Lungenatmung so bedeutungsvollen Atemmuskeltonus beim Fötus und Neugeborenen als eine wesentliche Ursache für die Ungeregeltheit und den mühsamen Anfang der Lungenbelüftung betrachtet.

PREYERS Angaben, nach denen bei neugeborenen Kindern vorwiegend die Brustatmung bestehe, während die Zwerchfelltätigkeit gering sei, ebenso die Anschauungen SODINS, daß zu der Nur-Brustatmung in der Pubertät die Bauchatmung sich hinzugeselle, stehen im schroffen Gegensatz zu den Untersuchungen von FELIX, wonach „die Horizontalstellung der Rippen mit der daraus resultierenden Brustkorbverkürzung den kindlichen Brustkorb für Brustatmung, sei es untere oder obere, ganz ungeeignet sein lassen“. — Eine entwicklungsgesetzlich klare Deutung dieser Verschiedenheiten ergibt sich aus den Messungen und Beobachtungen ECKERLEINS, der mit MAYER übereinstimmend die Atembewegungen beim Neugeborenen als beidwirksam, aber wohl ausgeprägter bauch-typisch feststellt; dabei hat MAYER noch stärker als ECKERLEIN das Vorherrschen des Bauchatmens betont. „Der Brustkorb wird nach oben fast gar nicht, nach abwärts dagegen um so bedeutender ausgedehnt. Die größte Vorwölbung ist am unteren Brustabschnitt zu sehen. Bei älteren Kindern mit kegelförmigem Brustkorb kommen bei gewöhnlicher Atmung die Zwischenrippenmuskeln hinzu, jedoch erst mit dem 4. Jahr beteiligen sich alle Brustmuskeln.“ Eine ähnliche Tatsache wird z. B. für die Säugetiere durch MARCKWALD von anderen Versuchen her, ebenso von GMELIN durch verschiedene Beobachtungen bestätigt, wonach „erst nach dem vierten bis fünften Monat Tiere gewisse Operationen überleben, weil die Brustmuskulatur vorher noch nicht genügend entwickelt ist“.

Nach VIERORDT war KEHRER der erste, der die Brustatmung bei kleinen Kindern annahm und behauptete, daß der Oberbauch in der Einatmung eingezogen wird. Und diese Beobachtung besteht nicht einmal völlig zu Unrecht, weil tatsächlich aus früher erwähnten Gründen bei ungenügender Muskelspannkraft und dem nach der Geburt noch anfänglichen Hochstand des Zwerchfells, „welcher solange bestehen bleibt, bis sich alle Lungenbläschen entfaltet haben“ (ECKERLEIN), gar nicht so selten zu diesem

Zeitpunkt schon die später sehr häufige Tragik des scheinbar gegensätzlichen, sogenannten pseudo-paradoxen (HOFBAUER) Atemtyps (Zwerchfellhochstellung) vorhanden ist bzw. entsteht. Also bis in die ersten Kindheitstage hinein kann eine besonders häufige Atemfehlform der zivilisierten Menschheit zurückverfolgt werden. — MAYER glaubt, daß die stärkeren Zwerchfellzusammenziehungen die weiche Brustbasis verkleinern; sicher ist, daß das gesamte Gefüge der Gegenspielkräfte der Atemmechanik uneingeübt ist, erst eingeübt wird und wie der Anfang aller Übung von entsprechenden Wechselfällen begleitet ist. ECKERLEIN gibt für das Schreien bei Kindern mit besonders weicher Brust (!) zu, „daß bei ihnen bei tiefer Einatmung das sich zusammenziehende Zwerchfell den Unterrippenbogen einzieht, während für gewöhnlich die Rippen sich nach vorn und aufwärts bei Einatmung bewegen“. Beim Ausatmen senkt sich die Brust in den oberen Teilen; bei starker Ausatmung, so beim Schreien, finden sich statt der Einziehung zwischen den Rippen Hervorwölbungen zwischen und unter den Rippen. „Es funktionieren (beim Neugeborenen) bei angestrengtem Atem niemals, bei ruhigem nicht immer sämtliche zu einer Atmungsphase gehörigen Muskeln gleichzeitig“ (ECKERLEIN).

ECKERLEIN bringt den graphischen Beweis, daß beim Neugeborenen sich der ganze Rumpf vom Schambein bis zu den Schlüsselbeinen aktiv bei der Atmung hebt, wobei die Brust die Veränderungen etwas später zeigt, als der Bauch. Bei Aufblasversuchen ergab sich ihm: Ein Punkt an den Schlüsselbeinen steigt nur 3—4 mm in die Höhe und nach vorn, die Gegend auf dem Schambein um 4—5 mm (!) nach oben, am stärksten hebt sich die vordere Bauchwand zwischen Herzgrube und Magen, Nabel um 10—15 mm. Man erinnere sich später bei Schilderungen des Erwachsenen-Atems an diese Feststellungen! Während beim Erwachsenen das Bedürfnis, die Brust möglichst vollkommen auszudehnen, ohne Veranlassung im allgemeinen seltener eintritt, geschieht dies beim Kinde häufig, scheinbar ohne Veranlassung, plötzlich während ruhigen Atmens. Auch diese Tatsache sei für spätere Überlegungen festgehalten. Die höchste Einatmungsstellung wird hierbei schrittweise, nicht auf einmal eingenommen. Die zu starken Atembewegungen notwendigen Muskelbewegungen erfolgen nicht prompt wie beim Erwachsenen, sondern nacheinander, gleichsam noch ungeschickt.

Bei all diesen Bewegungsschwankungen, -anstrengungen und -änderungen aber, welche der Bauch oder die Brust des Neugeborenen zur Aufnahme der Luft bei kräftiger Atmung vollführen, wurde die gleichmäßige Zunahme des Luftgehaltes der Lunge nicht beeinflusst. GREGOR, ein Schüler HASSES, kommt nach seinen Beobachtungen der Atembewegungen des jungen Menschen von der Geburt bis zum Eintritt in das spätere Kindesalter dazu, eine ähnliche Atemmechanik anzunehmen, wie sie HASSE durch die Säugetiere verfolgen konnte: „Die Athemmechanik . . . macht in den ersten Lebensjahren — hauptsächlich unter dem Einfluß statischer Momente — mehrere Entwicklungsphasen durch, die, wie ich glaube, eine gewisse Analogie zu den oben aufgeführten vier Entwicklungsstufen der Atemmechanik in der Säugetierreihe ergeben“ (GREGOR):

1. vorwiegend Zwerchfellatmung, geringe Brustatmung,
2. vorwiegend Zwerchfellatmung, kräftigere Brustatmung im unteren, schwächere im oberen Lungenbezirk,
3. beide Arten kombiniert, bald Überwiegen der einen, bald der anderen,
4. vorwiegend Brustatmung, untergeordnete Bauchatmung.

Den ersten dieser vier Atemtypen fand GREGOR beim Menschen im frühen, den zweiten im späten Säuglingsalter: „frühkindliche Bauch- und Flankenatmung“. Das Auftreten des dritten Typus ist an die Einnahme der aufrechten Körperhaltung geknüpft. Die Ausbildung des vierten endlich wird mit der Ausbildung der Muskulatur des Schultergürtels erklärt. Wir werden sehen, daß zu seiner Ausbildung noch viele andere Ursachen (Störungen) in Frage kommen. — „Das neugeborene Kind atmet wie die Tiere mit Bauch und Flanken“ (DITTRICH). Die fast ausschließliche Zwerchfellatmung des Säuglings, das Beharren seines Brustkorbes in nahezu dauernder Einatmungsstellung und dessen geringe Atemschwankungen ändern sich mit der Entwicklung der Organe. „Der Wendepunkt fällt in die Zeit, in der das Kind Stehen und Laufen lernt“ (DITTRICH).

In der *Rückschau* überblicken wir eine allmähliche, häufig von Zwischenfällen begleitete Ausbildung und Übung der menschlichen Atembewegung, die der Belüftung der aus dem

Vorderdarm als hochdifferenziertes Darmatmungsorgan sich entwickelnden Lunge dient. Die Atembewegung zeigt die Anfänge ihrer Entwicklung und Übung schon in der früheren Embryonalzeit, um zur vollen Höhe ihrer Ausbildung über zahlreiche Übungsperioden erst im Verlauf des Kleinkindalters zu gelangen.

Es zeigen sich in der erreichten Wertigkeit der einzelnen Übungsstufen wie auch in dem erreichten Grad der Vollkommenheit der endgültigen Atembewegung große individuelle Unterschiede. Was den Ablauf der Atembewegung betrifft, so ist die betonte Zwerchfell-Bauchatembewegung zeitlich nach der Geburt die primäre, erst im Kleinkindalter folgt die mittlere und obere Brustatmung mit einer stärkeren Beteiligung nach.

### III. Atmungsbiologie

#### **Erdatmosphäre, Einwirkungen des atmosphärischen Milieus auf den Menschen (Bioklimatik), biologische Rhythmen**

Die *Atmosphäre* unserer Erde hat wie unsere Atmung eine lange Entwicklungsgeschichte. Eine Uratmosphäre (N, CO<sub>2</sub>, CN) wandelt sich über verschiedene Perioden einer Voratmosphäre (Zusätze von CO, Argon und Neon, später von CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O in Dampfform) in eine Atmosphäre, in welcher CN verschwunden ist, H<sub>2</sub> und CO vorübergehend auftritt und O<sub>2</sub> *noch fehlt*. Erst mit der Lebenstätigkeit der grünen Pflanzen wird die heutige Konzentration von Sauerstoff zu 21% in der Atmosphäre erreicht.

Dem wird von der Physik widersprochen (TAMMANN). Danach würde die Erde den gesamten O<sub>2</sub>-Anteil ihrer Atemluft einem anorganischen Vorgang früherer erdgeschichtlicher Perioden verdanken, nämlich der Spaltung von Teilen erhitzten Wasserdampfes der Erdgashülle in H und O<sub>2</sub> unter Abschleuderung des leichteren H in den Weltraum durch die Zentrifugalkraft der Erdumdrehung. Diese einleuchtende Annahme würde eine Umstellung unseres gesamten Vorstellungsbildes, unseres biologischen Denkens in dieser Frage bedingen (GLAESER).

Mit dem Zustand einer Uratmosphäre (N, CO<sub>2</sub>, CN) wird heute noch für die Venus gerechnet, mit einem Endzustand völliger Oxydation für den Mars. Die Erdatmosphäre würde sich zwischen beiden befinden (KOLLATH).

#### *Anaerobiose*

Vor dem Auftreten des Sauerstoffs in der Atmosphäre konnte es nur Lebensvorgänge geben, die in ihrer Energiegewinnung unabhängig vom Luftsauerstoff, also *anaerob*, ablaufen konnten. Lebewesen, die anaerob, d. h. ohne Luftsauerstoff, Energie zu gewinnen und damit zu leben vermögen, kennen wir in verschiedenen Sporen, Darmparasiten u. a. auch heute. Da die anaerobe Energieproduktion, wie wir später sehen werden, in ihrer Wertigkeit gewaltig hinter der aeroben Energiegewinnung zurückbleibt, wird die Auffassung vertreten, es sei die Aerobiose *Voraussetzung für höhere vitale Leistungen und höhere Lebensformen* gewesen. Ohne Luftsauerstoff wären diese niemals zur Entwicklung gelangt.

Der Übergang von der Anaerobiose zur Aerobiose hat sich in Anpassung an die sich verändernde Atmosphäre jedenfalls schrittweise vollzogen. Auch heute sind uns zahlreiche Formen bekannt, welche wechselweise anaerob oder aerob in Anpassung an ihre Umweltbedingung zu leben vermögen. Eine Kombination von Anaerobiose und Aerobiose ist, wie wir im einzelnen noch sehen werden, auch sogar im menschlichen Zell- und Energiestoffwechsel gegeben.

*Unsere heutige Atmosphäre* besteht aus einem Gemisch der folgenden Gase:

Volumenprozent: Stickstoff 78,09; Sauerstoff 20,93; Argon 0,93; Neon 0,0018; Helium 0,00035; Krypton 0,0001; Xenon 0,000008.



Gewisse Gasbeimengungen sind in wechselndem Maße vorhanden. Anbei einige Mittelwerte für unsere Gegenden:

Kohlensäure. . . . .	0,03	Vol.‰	
Ammoniak . . . . .	0,0000026	Vol.‰	
Jod . . . . .	0,0000035	Vol.‰	(besonders stark veränderlich!)
Wasserstoffsperoxyd. . . . .	0,00000004	Vol.‰	

Ozon-Gehalt am Boden etwa 1 Millionstel Prozent. Emanationen der radioaktiven Stoffe sehr gering, mit der Höhe ganz verschwindend (SAUBERER).

Die große biologische Bedeutung der außerordentlichen Mengen von Stickstoff liegt vor allem in der Stickstoffumsetzung der Bodenbakterien. Während gewisse Bakterien den Luftstickstoff binden, setzen andere Bakterien ihn wiederum frei. Der Stickstoffumsatz des Bodens ist unentbehrlich für das Pflanzenwachstum.

Die biologische Bedeutung von Sauerstoff und Kohlensäure im Energiegewinnungsprozeß wird später im einzelnen ausführlich besprochen. Von besonderem Interesse ist hier der Kreislauf des Kohlensäure( $\text{CO}_2$ ) Gases. Kohlensäure wird produziert von tätigen Vulkanen, Verbrennungsprozessen jeglicher Art, also auch der Atmung von Mensch, Tier und Pflanze sowie vor allem in ungeheuerem Umfang von den Bodenbakterien. Während das freigesetzte  $\text{CO}_2$  zum überwiegenden Teil in die fotochemischen Aufbauprozesse der Pflanzen eingeht, wird auch von den Meeren ein beträchtlicher Teil dieses Gases zu Kalkablagerungen verbraucht. Der größte Teil der Kohlensäure unterliegt einem ständigen Wandern, einem ewigen Kreislauf von Aufbau zu Abbau, wobei das  $\text{CO}_2$ -Molekül in langen Zeiträumen ungezählte Organismen durchwandert.

Dem Gehalt der Luft an Ozon (dreiatomiger Sauerstoff) maß man irrtümllicherweise lange Zeit eine besondere Bedeutung für die Atmungs- und sonstigen vegetativen Vorgänge bei. Tatsächlich weiß man wenig über die biologische Bedeutung des stärkstens schwankenden Ozongehalts des Bodens und der untersten atmosphärischen Luftschicht. Die großen Ozonmengen in der freien Atmosphäre mit ihrem Maximum in Höhe von etwa 25 km haben jedoch entscheidende Bedeutung für das irdische Leben, weil sie die Erdoberfläche durch Absorption gegen gefährliche kurzwellige ultraviolette Strahlen abschirmen.

Über die biologische Bedeutung der Edelgase ist bis heute wenig bekannt.

Eine in Deutschland mangels Rohstoffs noch wenig benutzte künstliche Atmosphäre, in welcher Stickstoff durch Helium ersetzt wird, findet als gegenüber gewöhnlicher Luft 66% leichteres Medium therapeutische Verwendung. Auf Grund ihrer größeren Leichtigkeit, Fließfreudigkeit und damit Ausbreitungsgeschwindigkeit bietet sie bei träger Atemmotorik, besonders beim Emphysem für den Gaswechsel Vorteile gegenüber der natürlichen, trägeren Atmosphäre. Außerdem verhindert das Heliumgasgemisch das Zufallen der Ohren bei Fliegern, Tauchern, Caissonarbeitern, da Helium noch feinste kapilläre Schleimhautspalten passiert. Auch durch entzündlich verquollene, von normaler Luft schon unpassierbare Luftleitungswege kann Helium sich noch einen Durchfluß verschaffen. Im Status asthmaticus ist es oft das einzige Mittel, um Zyanose und Atemnot zu bekämpfen (DOEPNER, 1955).

Radioaktive Emanationen der Atmosphäre entstammen dem Boden und nehmen nach der Höhe rasch ab, so daß sich schon in wenigen hundert Metern über dem Boden Emanationsfreiheit findet.

Den Jod-Beimengungen besonders der Küsten schreibt man wichtige heilklimatische Wirkungen zu.

Neben den biologischen Wirkungen *chemischer* Eigenschaften finden wir solche *physikalischer* Eigenschaften der Erdatmosphäre; vor allem beschäftigte den Menschen immer wieder die Frage nach den biologischen Auswirkungen des *Luftdrucks*: „Sind wir ein Spiel von jedem Druck der Luft?“ (GOETHE).

Interessanterweise ließ sich zeigen, daß entgegen allgemeiner Erwartung nicht so sehr die *direkten* Auswirkungen von Luftdruckschwankungen in biologischen Grenzen als deren *indirekte* Folgen biologische Wirksamkeit besitzen (SAUBERER). Der Luftdruck nimmt mit zunehmender Seehöhe ab. Beträgt er in Seehöhe 760 mm Hg (neuerdings als Millibar angegeben: 1 mm Hg = 1,33 mb, also 3:4), so finden sich in 3000 m ü. d. M. 524 mm Hg und in 5000 m ü. d. M. 404 mm Hg. Eine Höhenänderung von 11 m macht etwa 1 mm Hg Druckunterschied aus. Die hervorragendste *direkte* Wirkung stärkeren Sinkens des Luft-

drucks in großen Höhen beruht auf dem Sinken des *Sauerstoffteil*-Drucks (s. hierzu auch S. 151 und S. 355). In 5000 m Höhe findet sich nur noch etwa eine Konzentration von 11% O<sub>2</sub>.

Bei unphysiologischen *Anstiegen* des Luftdrucks kann es zu erhöhter Bindung von Gas ans Blut, vor allem auch von Stickstoffgas, kommen, das bei raschem Übergang in physiologische Druckbereiche in den Gefäßen freierwerden und gas-embolische Störungen auslösen kann (Caisson-Krankheit). Bekannt ist ferner das „Zufallen“ der Ohren bei raschen Druckschwankungen infolge verzögerter Anpassung des Luftdrucks im Mittelohrraum. Rascher Luftdruckabfall kann auch zu Ausdehnung der Darmgase mit Zwerchfellhochstand und Atem- und Herzkreislaufstörungen führen (DE RUDDER).

Eine langsam ablaufende durchschnittliche *Jahresdruckschwankung* beträgt beispielsweise für Wien fast 40 mm Hg, was einem Höhenunterschied von 450 m entspräche.

Raschere Druckschwankungen infolge Durchzug von Störungen, besonders bei Kaltluft einbrüchen, können Druckanstiege von 3—4 mm Hg in fünf Minuten bewirken. Davon abweichende sogenannte *kurzzeitige Schwankungen* bis zu 4 mm Hg innerhalb 3—15 Minuten — mittels Barometer nicht zu erfassen — sind möglicherweise bioklimatisch weit wichtiger, als die langsamer verlaufenden Wellen.

Den direkten Wirkungen stehen die erwähnten *indirekten* Folgen schwankenden Luftdrucks von vermutlich wichtigerer biologischer Wirksamkeit gegenüber:

Verschiedene Gase in Boden und Wasser, die durch fallenden Luftdruck Überdruck erhalten, werden dadurch teilweise frei und treten aus. Sie mischen sich der atmosphärischen Luft bei. Beim nächsten Luftdruckanstieg wird umgekehrt ein Teil dieser Gase in Wasser und Boden gepreßt; der darauffolgende Druckabfall saugt sie wieder in die Atmosphäre zurück. Es kommt eine sogenannte *Bodenatmung* zustande. Je öfter solche Schwankungen sich folgen, desto mehr Gas wird im Enderfolg aus Wasser und Boden freigesetzt, wobei hier die kurzen starken Druckschwankungen besonders wirkungsvoll sind. So werden auch durch die den Föhneffekt begleitenden, besonders heftigen, schnellen Druckschwankungen größere radioaktive Emanationen aus dem Boden gepumpt und diese entfalten anschließend auf die hier Lebenden ihre Wirkung (SAUBERER). Ganz besonders wichtig ist dies im Hinblick darauf, daß die radioaktive Strahlung des Erdbodens der hauptsächlichste *Ionisator der Luft* ist (FREY). Damit gewinnt der Luftdruck eine indirekte Wirkung, deren Bedeutung weiter unten gezeigt werden wird.

Eine besondere biologische Druckwirkung kommt der *bewegten* Luft aller verschiedenen Windgeschwindigkeiten und Windstärken zu.

Neben den in bioklimatischen Arbeiten und Werken ausführlich behandelten Wirkungen der *Luftfeuchtigkeit*, der *Lufttemperatur*, der *Strahlung* ist eine unstrittene Frage von besonderem Interesse für unsere Atemprobleme die nach der *Ionisation* der Erdatmosphäre und deren biologischen Auswirkungen.

W. FREY, dem wir wichtige Einblicke in diese Frage verdanken, prüfte bei seinen ausgedehnten Untersuchungen über die biologische Wirkung der Luftelektrizität nicht die Bedeutung der sog. großen Ionen, der Kondensationskerne, sondern die der kleinen, elektrometrisch meßbaren Ionen, d. h. der Leitfähigkeit der Atmosphäre. Als wichtigste Gesetzmäßigkeit ergab sich für die überwiegend *negative* atmosphärische Ladung der Luft ein *trophotroper*, ruheorientierter, für die überwiegend *positive* Ionisation ein *ergotroper*, leistungsorientierter Effekt im menschlichen Körper. Die trophotrope oder Vaguslage ließ sich vor allem kontrollieren an der Depression der Leistung von Kreislauf und Atmung.

Niedriges Schlag- und Minutenvolumen mit erhöhtem peripheren Widerstand fand sich gemeinsam mit verkleinerter Vitalkapazität und abgesunkenem Sauerstoffumsatz. Umgekehrte Verhältnisse hinsichtlich dieser Funktionen ergaben sich bei durch positive Ionisation ausgelöster ergotroper oder Sympathikuslage. Gleichzeitig mit Zunahme der Kreislaufleistung, Erhöhung des zirkulierenden Blutes kommt es zu Steigerung der Vitalkapazität und des Sauerstoffverbrauchs bis zu 35%.

Im 24-Stunden-Rhythmus des Tages findet sich zur Nachtzeit *bis zum Aufgang der Sonne* eine überwiegend *negative* Leitfähigkeit in der Luft, die am Tag einer überwiegend *positiven* Luftladung Platz macht. Für unsere vegetative Lage ist somit der Sonnenaufgang ein biologisch imponantes Ereignis. Nach FREY läßt sich der ungünstige Einfluß der frühen Morgenstunden *vor* Sonnenaufgang auf das Krankheitsgeschehen, vor allem die Neigung zu Thrombosen, Embolien, die Anfallsbereitschaft, Häufung von Todesfällen in diesem Zeitabschnitt mit den vegetativen Effekten der *Negativladung* erklären. So erklären sich nach diesem Autor auch die körperlichen Sensationen durch *Föhn*.

Diese Wettererscheinung geht sehr häufig mit einem stundenlangen Überwiegen der negativen Ladung einher, welche im Körper als *primärer Vagusreiz* in individuell verschiedenen rascher Reizreaktion eine *sekundäre sympathische Gegenregulation* zur Auslösung bringt. Bei gestörtem Gleichgewicht der Vagus-Sympathikuslage kann Föhn sowohl ein zu langes Verharren in depressiver, hypotoner Vaguslage, als auch eine überraschende Gegenregulation des ergotropen Systems mit allen Zeichen übermäßiger Sympathikuserregung bewirken. — Ähnliche, nur viel kürzer dauernde Negativität der Leitfähigkeit als beim Föhn wird beim *Gewitter* gefunden. Ausgeprägter noch als beim Föhn zeigt sich die Negativladung des Luftraums beim Scirocco (FREY 1956).

Als *Angriffspunkt* der geladenen atmosphärischen Ionen kommt vor allem die *Lunge* als atmendes Organ und hier der sensible *Lungenvagusnerv* in Frage. Es zeichnen sich hier Beziehungen zur atemtherapeutischen Fragestellung ab, so vor allem zu der Frage nach Reiz- und Erregungszuständen des Vagusnerven durch Atemfehlformen und möglicher hierdurch bedingter Fehlreaktion auf Tagesrhythmen und Wettereinwirkungen.

*Biologische Rhythmen*: Die äußere Atmung des Menschen besitzt eine ausgeprägte Rhythmik im Ablauf der Einatmung — Ausatmung — Pause, hervorgebracht durch die den Atemzentralen innewohnende autonome Rhythmik und den rhythmischen Wechsel der chemischen Lage im Blut.

Ein rhythmischer Wechsel in der Empfindlichkeit der Atemzentralen — erhöhte Sensibilisierung am Tage, Stumpferwerden bei Nacht mit Tiefpunkt am frühen Morgen (STRAUB, LINDTHARDT) — bedingt im oben beschriebenen Sinne des Wechsels zwischen Ergotropie und Trophotropie eine rhythmische Steigerung der Sauerstoffaufnahme und Kohlendäureausscheidung am Tage und Senkung von beiden bei Nacht. Zusammenhänge zwischen dieser bekannten 24-Stunden-Rhythmik der Atmung und anderer vegetativer Organsysteme, der Leber, der Milz, der Temperaturregulation, der Wasserausscheidung, der gesamten vegetativen Regulation (JORES u. a.) und der atmosphärischen Ionisation werden mit den FREYSchen Ergebnissen wahrscheinlich gemacht. Wird die rhythmische Ein-Aus-Atemtätigkeit autonom und blutchemisch durch rein innere (endogene) Faktoren gesteuert und durch die mechanisch-reflektorischen Impulse auch von Außeneinflüssen modifiziert, so ist der 24-Stunden-Rhythmus außer durch die erwiesenen „endogenen“ inneren Rhythmen (MENZEL) somit jedenfalls auch durch äußere Zeitgeber des 24-Stunden-Tages bedingt.

Darüber hinaus werden für die Atmung wie auch für eine Reihe anderer Körperfunktionen jahreszeitliche Rhythmen beschrieben mit Frühjahrsgipfeln und Herbstdepressionen (KROETZ).

Wenn DE RUYDER in grundsätzlichen Überlegungen über die Formung von Rhythmen zu dem Ergebnis kommt, daß vielleicht ein Wechsel zwischen Arbeitsleistung und Erholungsruhe ganz allgemein zu den Eigentümlichkeiten allen Lebens gehöre und eine innere Vorbedingung für Rhythmen-



bildung herstelle, die dann durch äußere Faktoren ihre endgültige Formung erfahre, so erscheint diese Auffassung auch anwendbar auf die beschriebenen Rhythmen der Atmung.

Haben wir bisher innere und erdgebundene, (terrestrische) Einflüsse als rhythmus-formende Kräfte kennengelernt, so können solche Kräfte auch von „extraterrestrischen“, außerirdischen (DE RUDDER), kosmischen Faktoren ausgehen. Bekannt sind die rhythmischen Einflüsse des Mondes, die am sinnfälligsten in den Gezeiten offenbar werden. Ungeklärt trotz vieler Bemühung sind bisher jedoch die Einflüsse dieser Kräfte auf die Körperfunktionen. Nachgewiesen konnte indes werden eine durch Mondeinflüsse bedingte Gezeitenbewegung auch in der Erdatmosphäre, ja sogar in der Erdkruste; tatsächlich wird sogar die Erdkruste von den Erdgezeiten verformt! (KNEISSL 1954).

Rhythmische oder besser periodische Einwirkungen der Sonnentätigkeit auf die Vorgänge des menschlichen Lebens sind gesichert. Der Sonnenrotationsrhythmus, der mittleren Eigenumdrehungszeit der Sonne von 27tägiger Dauer entsprechend, wirkt in ähnlicher Form wie die Solareruptionen durch Wiederkehr erhöhter „Elektroinvasionen“ in die Erdatmosphäre auf die biologischen Vorgänge ein. Im einzelnen sind bisher allerdings nur gewisse Hemmungen im Wachstum der Pflanzen und Häufung von Todesfällen bekannt. Die mit Sonnen-Eruptionen in engstem Zusammenhang stehenden Sonnenflecken, welche in Perioden von durchschnittlich  $11\frac{1}{8}$  Jahren auftreten, erwiesen sich als einwandfreie Störungseinflüsse, Eingriffe, Einbrüche in die menschliche Biologie. Die Zahl der Sterbefälle und auch der Neuerkrankungen ist an Tagen von Sonnenausbrüchen erhöht. Die Frage nach Störungseinflüssen auf einzelne Organfunktionen, im besonderen auf die Atmungsfunktion, ist bisher ungeklärt geblieben.

Insgesamt tut sich mit den Fragen der Atmungsbiologie eine Welt auf, die den Einbau aller Lebewesen, damit auch des Menschen, bis in die terrestrischen und kosmischen Vorgänge und Zusammenhänge hinein errahnen, mit der Beobachtung vieler Einzelheiten deutlicher erkennen und neben der menschlichen Größe und Souveränität auch die Kleinheit alles Kreatürlichen in Abhängigkeit vom Gesamt des Alls und der Welten offenbar werden läßt. —

*Anmerkung:* Bereits bei den entwicklungsgeschichtlichen, teilweise auch bei den biologischen Ausführungen über die Atmung, insbesondere aber bei den nun folgenden anatomischen und physiologischen Atemfragen der Norm und Fehlform und schließlich bei den therapeutischen Ausführungen treten bestimmte Ausdrucks- oder Sprachschwierigkeiten in Erscheinung, die darin bestehen, daß in der medizinischen Sprache auf dem Gebiet der Atmung keine vollbefriedigende *Begriffklärung* vorliegt. Diese wäre herbeizuführen für die Berechtigung der Anwendung von „Atem“ und „Atmung“ in jedem einzelnen Fall der unten angegebenen Bezeichnungen. In der vorliegenden Arbeit wurde nach Möglichkeit dem Sinn, weitgehend aber auch dem allgemeinen medizinischen Sprachgebrauch und der Vermeidung von zu großen Sprachschwierigkeiten Rechnung getragen. Der medizinische Sprachgebrauch bedarf hinsichtlich verschiedener Bezeichnungen jedenfalls einer neuen Überprüfung und Korrektur. Folgende Bezeichnungen werden in der vorliegenden Arbeit im wesentlichen gebraucht:

I. Atem = Die ein- und ausgeatmete Luft. <i>Sinngemäß</i> vertretbar für:	
Atemluft, Atemgas	Atempause
Atemweg	Atemstillstand
Atemraum, Atemkammerraum	Atemzeitquotient
Atemführung	Atemvolumen, Atemamplitude
Atemfrequenz	Atemminutenvolumen (-wert)
Atemtiefe	Atemgröße
Atemgeschwindigkeit	Atemkurve -- Atemschreibung
II. Atmung = Das Atmen, der Vorgang des Atmens:	
Vollatmung, Teilatmung	Atmungsstoffwechsel
Lungenatmung, Kiemenatmung	Atmungsferment
Atmungsorgan	Atmungsökonomie
Atmungsfunktion, -vorgang, -prozeß	Atmungsaktivierung
Beatmungszustand	Atmungsinsuffizienz
III. Atem in <i>Sprachgebrauch</i> : <i>Sinngemäß</i> jedoch in den meisten Fällen jedenfalls richtiger <i>Atmung</i> , wengleich dann vielfach äußerst schwerfällig in der Wortbildung:	
Atemapparat	Atemausschlag
Atembewegung	Atemmechanik
Atemmittellage	Atembetrieb, Atemgeschäft
Atemruhelage	Atemzentrum
Atemgleichgewichtslage	Atemreflex, -reaktion
Atemreserven	Atemsteuerung, -regulierung, -regulation
Atemgrenzwert	Atemmuskeltonus
Atemoberfläche	Atemstörung, -hemmung, -widerstand
Atemmuskel	Atemlähmung
Atemmotorik	Atemschulung, -training, -übung
Atemform, Atemförmig	Atembehandlung, -therapie, -massage
Atemtyp	Atemgymnastik, -pflege
Atemrhythmik, -periode	Atemheilkunst, -kunst, -kultur
Atemablauf	