

Dr. med. Kai-Michael Beeh  
Die atemberaubende Welt der Lunge



Dr. med. Kai-Michael Beeh

# Die atemberaubende Welt der Lunge

Warum unser größtes Organ Obst mag,  
wir bei Konzerten husten müssen und jeder  
Atemzug einzigartig ist

**HEYNE <**

Sollte diese Publikation Links auf Webseiten Dritter enthalten,  
so übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung, da wir uns diese  
nicht zu eigen machen, sondern lediglich auf deren Stand zum Zeitpunkt  
der Erstveröffentlichung verweisen.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

3. Auflage  
Originalausgabe 10/2018

Copyright © 2018 by Wilhelm Heyne Verlag, München,  
in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,  
Neumarkter Straße 28, 81673 München

Redaktion: Thomas Bertram

Bildredaktion: Tanja Zielezniak

Umschlaggestaltung: Hauptmann und Kompanie, Zürich  
unter Verwendung eines Fotos von: Flashfotos.de/Daams Naber GBR/  
Random House

Innenteilmotive: Heyne Verlag: 65, 120, 195 (Veronika Moga);

Shutterstock: 26, 28 (Sebastian Kaulitzki), 41 (crystal light),  
179 (Alila Medical Media)

Satz: Satzwerk Huber, Germering

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

ISBN: 978-3-453-20707-3

[www.heyne.de](http://www.heyne.de)

Für Hedda, Hannah und Jutta

*One ship drives east and another drives west  
With the selfsame winds that blow.  
Tis the set of the sails  
And not the gales  
Which tells us the way to go.*

ELLA WHEELER WILCOX, THE WINDS OF FATE



# Inhalt

Vorwort .....	11
<b>1. Solide:</b> Architektur und Wohnen.....	17
»Können Sie etwas sehen?« – »Ja, wunderbare Dinge!«:	
Der menschliche Atemtrakt von vorne bis hinten .....	19
Schengen-Raum und Außengrenze: Die Lunge und ihre	
Nachbarn .....	22
Die Verwandlung: Lungenentwicklung und Reifung.	
Warum Frühchen keine »kleinen Menschen« sind .....	37
Vergiss mein nicht: Was unsere Nase mit der Lunge	
zu tun hat.....	47
Lass' mich rein, lass' mich raus: Wie der Kehlkopf	
unsere Atemwege schützt .....	55
Ein Baum, viele Straßen: Bronchialsystem und	
Lungenbläschen .....	60
Von Häuptlingen und Indianern: Immunabwehr .....	69
Mitwohnzentrale: Das »Mikrobiom« der Lunge .....	82

<b>2. Alles, was zählt:</b> Funktion und Alltag oder die Schönheit des Atmens.....	97
Über sieben Brücken: Gasaustausch und Lungendurch- blutung – eine kurze Geschichte der Atmung .....	97
An den Hebeln der Macht: Wie das Gehirn unsere Atmung steuert .....	104
Es geht voran! Der mukoziliäre Reinigungsapparat.....	119
 <b>3. Maschine brennt oder Die drei Fragezeichen:</b>	
Typische Symptome und was sie verraten .....	126
Gemeinsam einsam: Husten.....	128
Wechselt sein Gesicht wie die Ampel ihr Licht: Was Ihr Auswurf (nicht) verrät .....	137
Lebendig begraben: Atemnot.....	144
 <b>4. Menschliches, allzu Menschliches:</b>	
Wichtige Erkrankungen der Atemwege und Lunge (und was man dagegen tun kann).....	150
Alle Jahre wieder: Atemwegsinfekte.....	150
Ausweitung der Kampfzone: Lungenentzündung .....	160
Unter dem Vulkan: Tuberkulose .....	172
Eine enge Kiste: Asthma.....	178
Wie war noch gleich Ihr Name? COPD, die unbekannte Volkskrankheit .....	187
Das wüste Land: Erkrankungen der Lungenbläschen.....	199
Sonnenfinsternis: Lungenkrebs.....	205
Still, so still: Die sterbende Lunge.....	217
Das Leben ist anderswo: Lunge und Psyche.....	224



<b>5. Du liebst mich nicht:</b> Lunge und Umwelt .....	231
Der Hauch des Todes: Rauchen .....	231
Der Himmel über der Wüste: Luftverschmutzung .....	237
Der klimatisierte Albtraum: Lunge und globale Erwärmung .....	248
<b>6. Es führt kein Weg zurück:</b> Lungenalterung .....	253
Die Kraft und die Herrlichkeit: Altern und Alterungsvorgänge .....	253
Ton, Steine, Scherben: Die drei Kennzeichen der Lungenalterung .....	256
<b>7. Auf der Suche nach der verlorenen Zeit:</b>	
L-I-E-B-E – die fünf Säulen für altersloses Atmen...	262
L wie Luft zum Atmen – nicht nur sauber, sondern rein ....	262
I wie Infektabwehr – das Immunsystem schlägt zurück ....	263
E wie Ernährung – Ihr täglich Brot heute für die Luft von morgen .....	264
B wie Bewegung – Regen, Dampf, Geschwindigkeit .....	267
E wie Entspannungs- und Atemtechniken – take it easy, altes Haus .....	267
<b>Schlusswort:</b> Schau heimwärts, Engel! .....	270
Danksagung .....	272
Allgemeine Quellen und Literatur .....	273



## Vorwort

In Deutschland scheint sich eine »neue Innerlichkeit« breitzumachen. War das Erkunden menschlicher Organe bis vor Kurzem noch medizinischen Fachkräften, Biologielehrern oder Hypochondern vorbehalten, so stehen heute Bücher über Herz, Haut, Prostata oder Darm auf den Bestsellerlisten. Und nun also ein Buch über die Lunge.

Warum die Lunge? Die Antwort könnte lapidar lauten: darum. Weil sie einfach dran war. Weil es noch kein vergleichbares Buch über die Lunge gab. Weil ich Lungenfacharzt bin und daher nur auf diesem Gebiet kompetent, so wie Manuel Neuer eben Torwart und kein Stürmer ist, Lady Gaga Performance-Künstlerin und nicht Sachbearbeiterin und Jörg Pilawa Quizshows und nicht die *Tages-themen* oder das *Literarische Quartett* moderiert. Unser ärztliches Ausbildungssystem zwingt uns früher oder später zu einer Spezialisierung. Wir müssen unser berufliches Tun mehr oder weniger exklusiv einem einzelnen Organ oder Organsystem widmen. Ob das sinnvoll ist, soll hier nicht erörtert werden. Wenn man mich zu Beginn meines Studiums gefragt hätte, zu welcher Fachrichtung ich tendiere, wäre die Lunge, ein unscheinbares, glattes, asymmetrisches Organpaar von zäher, schwammiger Konsistenz mit knorpeligem Inhalt, ganz sicher weit abgeschlagen auf einem der hinteren Plätze gelandet. Kennen Sie Arztromane oder -serien, in denen ein Lungenfacharzt mitspielt? Die Führungsriege von *Chicago Hope* und *Emergency Room* war ein komplett Pneumologie-freier Club.

Es ging mir nicht anders als den meisten meiner Studienkollegen: Man rutscht irgendwie in ein Fachgebiet hinein – und schafft

vor der Facharztprüfung den Absprung nicht mehr. Und dann bleibt man halt dabei. Manchmal aber wird tatsächlich Liebe zum jeweiligen Fach daraus. Hält die Liebe an, wird man im besten Fall ein Enthusiast, im schlimmsten Fall schrullig, ein Fachidiot mit Scheuklappen, für den medizinische Wissenschaft und ärztliche Kunst exakt an der im Anatomieatlas definierten Organgrenze enden. Nicht verhandelbar. Brustschmerz? Das Herz! Luftnot? Das Herz! Brennen beim Wasserlassen? Das Herz, natürlich!!! Oder auch: Brustschmerz? Wahrscheinlich die Nerven. Luftnot? Ganz sicher die Nerven. Brennen beim Wasserlassen? Ganz unzweifelhaft die Nerven ...

Warum also ein Buch über die Lunge? Meine subjektive Antwort lautet: Weil ich die Lunge für das komplexeste, faszinierendste, schönste, relevanteste, unersetzlichste, kurz: wichtigste Organ der Welt und aller Zeiten halte, schlicht für die erste Geige im Orchester der menschlichen Biologie. Weil sich nahezu jede Erkrankung und jedes Symptom ursächlich in irgendeiner Weise auf die Lunge und das Atmungssystem zurückführen lässt oder dieses unmittelbar berührt und betrifft.

Über meine persönliche Einschätzung hinaus gibt es jedoch eine Reihe erstaunlicher Fakten, die einen genaueren Blick auf die menschliche Lunge rechtfertigen. Und eine objektiv begründbare Antwort auf die Frage liefern: Warum ein Buch über die Lunge?

- Weil Jahr für Jahr weltweit Millionen Menschen mit Beschwerden der Atmungsorgane wie Husten oder Luftnot einen Arzt aufsuchen.
- Weil die Lungenentzündung weltweit die am häufigsten zum Tod führende Infektionskrankheit ist. Weil die Tuberkulose kein Relikt aus der schöngestigen Literatur des 19. Jahrhunderts ist, sondern immer noch Millionen Menschen tötet, insbesondere in den sogenannten Entwicklungsländern.

- Weil das Bronchialasthma die häufigste chronische Erkrankung im Kindesalter ist.
- Weil der Lungenkrebs die häufigste bösartige Erkrankung des Mannes ist.
- Weil den Prognosen zufolge Lungenkrebs auch in naher Zukunft bei den Frauen die häufigste Krebserkrankung und die Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD, *chronic obstructive pulmonary disease*) weltweit die dritthäufigste Todesursache überhaupt sein wird.
- Weil sich außerdem die gegenwärtige Diskussion um Dieselbetrug und innerstädtische Feinstaubbelastung weniger um die Frage nach der wirtschaftlichen Zukunft der Automobilindustrie drehen sollte, sondern darum, wie sich Umweltbelastungen kurz- und langfristig auf die Lunge auswirken. Und weil die alarmierende Zunahme der Luftverschmutzung in den sogenannten Schwellenländern eine Diskussion über ein »Menschenrecht auf saubere Luft« unumgänglich macht, wenn dort in naher Zukunft eine gesundheitliche Katastrophe verhindert werden soll. Bereits heute sterben jährlich Millionen Menschen an den Folgen vergifteter Luft – von den Opfern des Rauchens ganz zu schweigen.

Darum also ein Buch über die Lunge. Allerdings benötigt die Lunge »PR«, weil sie in den meisten Ländern außerhalb von Nichtraucherkampagnen keine echte Lobby hat. Lungenerkrankungen schreien uns nicht in Fußgängerzonen von Plakaten an, wie Herzinfarkt, Diabetes, Leberentzündung oder Erektionsschwäche. Initiativen zu Früherkennungsprogrammen für Lungenerkrankungen werden in der Regel mit dem lapidaren Rat »Hört einfach auf zu rauchen« abschlägig beschieden und erhalten keine oder nur unzureichende Förderung. Die Lungenheilkunde ist trotz Millionen betroffener Patienten und einer stetig wachsenden Zahl von

Behandlungsfällen in deutschen Praxen an Universitäten und Krankenhäusern gegenüber anderen Fächern der Inneren Medizin hoffnungslos unterrepräsentiert. Im Jahr 2012 gab es in Deutschland mehr als 10 000 Facharztanerkennungen: lediglich 90 Lungenfachärzte waren darunter, weniger als ein Drittel der im gleichen Jahr anerkannten Kardiologen und halb so viele wie Magen-Darm-Spezialisten. Praktisch jeder Hausarzt hierzulande kann ein EKG schreiben, aber eine einfache Lungenfunktionsmessung, die weniger als dreißig Sekunden in Anspruch nimmt, wird nur von einem Bruchteil der Praxen angeboten.

Die Lunge verfügt über kein kräftiges »Organ«, sie ist schlicht zu leise, zu unterschwellig, zu bescheiden. Die Lunge ist ein Teamplayer, unauffällig, aber unverzichtbar. In einer Fußballmannschaft wäre sie am ehesten ein klassischer »Sechser« – entscheidend für Erfolg und Niederlage, im Spielbericht aber sicher nicht mit Bestnoten ausgezeichnet. Zehn Kilometer Laufleistung, 90 Prozent gewonnene Zweikämpfe, kein Tor, keine Torvorlage. Solide Partie. Die Lunge kann nicht mit den anderen A-Promis unter den Organen konkurrieren. Sie ist nicht Herz oder Hirn, wo wir Seele und Verstand verorten und wo sich Dramen wie Herzinfarkt oder Schlaganfall abspielen, deren Symptome beinahe jedes Schulkind aufsagen kann. Traurige Ereignisse oder Ärger gehen an die Nieren oder schlagen auf den Magen, im schlimmsten Fall fährt man aus der Haut, jedenfalls nicht aus der Lunge. Die Lunge ist auch kein Sinnesorgan, dessen kleinstmögliche und sei es nur vorübergehende Beeinträchtigung uns in Panik versetzt. Unsere Lunge kann problemlos mehr als ein Drittel ihrer Funktion einbüßen, bevor wir es überhaupt bemerken!

Die Lunge zwickt und schmerzt nicht, sie bricht nicht oder reißt, wie ein Oberschenkelknochen oder ein Kreuzband. Die meiste Zeit verhält sich unsere Lunge wie ein stiller Mitbewohner: Man weiß um ihre Existenz, aber man hört und sieht sie kaum. Die

Lunge hat kein Schmerzempfinden, wir spüren sie nicht. Wächst eine bösartige Geschwulst in ihr, so geschieht das still und unbemerkt. Sie schmerzt erst, wenn sie die Lungengrenzen überschreitet und beispielsweise in das Rippenfell oder in die Brustknochen einwächst.

Die Lunge kann man nicht sehen. Sie versteckt sich tief in unserem Brustkorb hinter einem Panzer aus Knochen und Muskeln – wir bekommen sie niemals zu Gesicht. Da die Lunge anderer Spezies auch nahezu ungenießbar ist (außer für Liebhaber), haben die meisten Menschen nicht einmal vom Metzgerbesuch eine Vorstellung von ihrem Aussehen. Wenn (Röntgen-)Bilder von der Lunge angefertigt werden, sieht ihr Besitzer in der Regel nur ein Paar schwarzer Klumpen, die an ein halbiertes Graubrot erinnern. (Dazwischen leuchtet, in strahlendem Radiologen-Weiß, das wunderbare Herz!)

Was soll man also von einem Organ halten, das man nicht fühlt, nicht sieht und das unbemerkt seinen Dienst versieht? Die Antwort lautet: alles! Die Lunge atmet für uns. Sie ist stets anwesend, stets involviert, von der Wiege bis zur Bahre. Beim Frühchen, das vom Erstickungstod bedroht ist, im ersten Schrei des Neugeborenen, im Plärren und Schreien von Säuglingen und Kleinkindern, im Stöhnen und Seufzen eines launischen Teenagers, im ekstatischen Pumpen und Schnaufen eines Athleten, im Hecheln, Stöhnen und Pressen der Schwangeren, im ruhigen, gleichmäßigen Rhythmus der friedlich Schlafenden, im Wehklagen des Schmerzgeplagten, im letzten Atemzug des Sterbenden.

Wie kein zweites Organ ist die Lunge durch äußere Einflüsse bedroht und gefährdet, und allzu oft wird sie krank. Meistens erholt sie sich davon wieder, manchmal aber auch nicht. Dann wirkt sich diese Beeinträchtigung dauerhaft auf die Lebensqualität des Betroffenen aus, im schlimmsten Fall ist sie lebensbedrohlich. Es ist daher ein Anliegen dieses Buches, Gesunden wie Patienten auf

einfache und anschauliche Weise zu erklären, wie Lungenkrankheiten entstehen, welche Auswirkungen und Folgen sie haben und, vor allem, was man dagegen tun kann. Die Pflege dieses wundervollen Organs beginnt bei der Vorbeugung und endet bei der bestmöglichen Behandlung zur Vermeidung von Folgeschäden einer Krankheit.

Die Lunge ist viel mehr als nur ein notwendiger »Kraftstofflieferant für Energiebereitstellungsprozesse« – daher lohnt sich ihre Gesunderhaltung umso mehr! Eine gesunde, voll funktionsfähige Lunge ist die wichtigste Quelle körperlicher Leistungsfähigkeit. Wer je bewusst die Freude (und Qual!) einer sportlichen Ausdauer- oder Maximalbelastung erfahren durfte, wird seine Lunge nie mehr mit den gleichen Augen sehen. Ebenso werden diejenigen, die mit einfachen, zum Teil jahrhundertealten Atemtechniken tiefe Entspannung erfahren, geneigt sein, wenigstens einen kleinen Teil unserer Seele auch in diesem Organ zu verorten.

Gehen Sie also sorgsam, pfleglich und nachhaltig mit diesem kleinen Wunderwerk um. Die Lunge braucht Schutz. Die Lunge braucht Lob. Darum dieses Buch. Atmen Sie tief durch und beginnen Sie mit der Lektüre!



## **1. Solide:** Architektur und Wohnen

Die Lunge ist ein seltsames Konstrukt. Spielen Sie doch mal für einen Moment Schöpfer. Stellen Sie sich vor, Sie sitzen am Zeichentisch Ihres Konstruktionsbüros, und der Abnahmetermin für die Lunge ist in dieser Woche. Sie denken nach. Wie bekommt man dieses Organ nur halbwegs stabil im Brustkorb platziert? Sie grübeln. Die Statik ist kompliziert, kein Vergleich zu den anderen Organen. Das Gehirn? Liegt wie eine Auster in der Schale faul und unbeweglich da und hat irgendwo unten durch das Schädelloch ein paar Wurzeln ins Rückenmark geschlagen. Oder Leber und Eingeweide? Mehr oder weniger wahllos in Bauchhöhle und Becken gestopft, Deckel (Zwerchfell) oben drauf und Bauchwand vorne. Nieren? Rechts und links von innen an die Bauchhinterwand getackert, Harnleiter dran, fertig. Muskeln? Haben einen Ansatz (am Knochen), ein Ende (auch am Knochen) und dazwischen stabilisiert sie der gleiche Knochen.

Aber die Lunge? Sieht von außen aus wie die misslungenen Geschwister der Leber: drei Lappen rechts, zwei Lappen links. Hat man vergessen, die bei der Geburt zu trennen? Und innen: alles voller Knorpel. Ungenießbar, zum Verzehr nicht geeignet, wie vergällter Alkohol. Und dann hängt da noch etwas dran. Aus der Mitte entspringt ein flexibles, knorpeliges, 15 Zentimeter langes Rohr. Ist das eine Gänsegurgel? Oder ein Duschschlauch aus Fleisch? Wie bringen Sie dieses schwabbelige, asymmetrische, knochenlose Organ so in Form, dass es ausreichend stabil ist, um nicht in sich zusammenzufallen, und gleichzeitig so beweglich bleibt, dass es bei

jedem Atemzug – 15-, 20-, 30- oder sogar 60-mal in der Minute –, bei jedem Ein- und Ausdehnen des Brustkorbs seine Funktion erfüllen kann?

Sie spielen ein paar Optionen durch. Hinstellen: Brustkorb oben öffnen, Organ rein und einfach unten auf dem Zwerchfell abstellen. Keine gute Idee – das Organ fällt als formlose Masse in sich zusammen. Die unteren Lungenteile werden von den oberen zusammengequetscht und weder optimal durchblutet noch belüftet. Wie wäre es mit »An-der-Gurgel-Aufhängen«, was in der Tat praktisch zu sein scheint, wozu hat man schließlich den Schlauch? Also Luftröhre am Ende mit den Halsorganen verbinden und die Lunge wie einen alten Schinken aus der Nationalgalerie daran baumeln lassen. Blöd nur, dass nun bei jeder Einatmung, jedes Mal, wenn das Zwerchfell die Lunge nach unten zieht, die Zunge in den Hals rutscht – wie bei einer alten Türglocke mit Seilzug: Dingdong, ist jemand zu Hause? Wie wäre es dann mit Ankleben oder Anschweißen von innen an die Brustwand? Zugegeben, so verteilt sich das Eigengewicht der Lunge wesentlich besser. Das Zwerchfell unten wird druckentlastet, auf die Halsorgane oben wirkt weniger Zugkraft. Allerdings würde die Lunge nun aufgrund der festen Verbindung mit der Brustwand bei jeder Ausdehnung des Brustkorbs an ihrer Oberfläche einreißen und »Luftlecks« bekommen. Kurz, keine dieser drei Lösungen ist perfekt.

Ganz anders dagegen die Lösung, die Mutter Natur zu bieten hat. Geht nicht, gibt es hier nicht! Der natürliche Bauplan sorgt mit einer Kombination verschiedener Mechanismen für eine gleichmäßige Verteilung der Druck- und Zugkräfte der Lunge im Brustkorb. Dieser Plan ermöglicht zudem durch eine einzigartige »Saugvorrichtung« eine sowohl feste, als auch mobile, gleitende Verbindung von Lungenoberfläche und innerer Brustwand. So bekommt die Lunge von innen ein stabiles Fundament, während von außen der Brustkorb eine Rüstung formt, die selbst mit roher Gewalt nur

schwer zu durchdringen ist. Ein faszinierendes Heim, das zu einer ausführlichen Besichtigung einlädt. Ein Heim, in dem gearbeitet und geruht wird. Wo Erregung und Entspannung sich in einem Augenblick abwechseln. Wo aufgeräumt, entsorgt, erneuert und umgebaut wird. Wo Verfall ist, gegen den keine Reparatur hilft. Wo gekämpft, getötet und neu geboren wird. Wo Hoffnung ist und leider allzu oft auch Scheitern. Wo es, wie in einer Familie, eine übergreifende Gemeinschaft gibt, und doch Zwietracht, Eifersüchteleien, Neid, Konkurrenz und Abneigung herrschen können. Wo es schwarze Schafe und irre Großtanten gibt. Ein Heim, in dem es immer zieht, weil die Tür stets offen ist. Treten Sie also ein. Staunen Sie, und wundern Sie sich. Und, wenn Sie möchten, verlieben Sie sich ein bisschen in dieses Haus.

»Können Sie etwas sehen?« – »Ja, wunderbare Dinge!«:  
Der menschliche Atemtrakt von vorne bis hinten

Jedem Anfang wohnt ein Zauber inne – für die Atemwege muss jedoch zunächst die Frage geklärt werden, wo genau dieser Anfang liegt. Wo beginnt der Atemtrakt? Wenn Sie jetzt antworten: »Am Mund«, dann befinden Sie sich in guter Gesellschaft. Die meisten Menschen würden dasselbe antworten – und dennoch falschliegen. Denn auch wenn wir ihn häufig zum Atmen, Küssen oder Rauchen missbrauchen, gehört der Mund anatomisch zum Verdauungstrakt. Er gleicht in seinem mikroskopischen Aufbau also eher dem Darm als den Bronchien, und er dient in erster Linie der Nahrungsaufnahme, nicht der Atmung.

Der Atemtrakt hingegen beginnt mit der Nase, die zahlreiche funktionelle und anatomische Gemeinsamkeiten mit den Bronchien hat. Der »liebe Gott« hat es so gewollt, dass wir vornehmlich durch die Nase atmen und nicht durch den Mund. Und er hat gute

Gründe dafür gehabt, die im Kapitel »Vergiss mein nicht: Was unsere Nase mit der Lunge zu tun hat« erläutert werden.

Der Anfang wäre also geklärt. Wie geht es von da aus weiter? Dazu wollen wir einfach ein Sauerstoffmolekül auf seiner Reise durch die menschlichen Atemwege begleiten – von vorne bis hinten.

Die Nase markiert den Beginn des oberen Atemtraktes. Unser Molekül auf Pilgerfahrt beginnt seine Reise an den Nasenlöchern, passiert den Nasenvorhof und die hügeligen Verwerfungen der drei Nasenmuscheln und gelangt dann über die hintere Nasenhöhle in den Nasen-Rachen-Raum.

Hier gilt es, die Orientierung zu behalten, da sich im Rachen die »Schluckstraße« des Verdauungstraktes mit dem Atemweg kreuzt – und letzterer hat im Zweifelsfall Vorfahrt! Wie ein Verkehrszeichen hängt die bizarre Formation des »Zäpfchens« von der oberen Rachenschleimhaut herab und weist Richtung Süden: zum unteren Rachenraum. An dieser Stelle werden von der Natur Land- und Luftwege endgültig trennt: die Speiseröhre setzt die »Schluckstraße« aus Muskeln und Schleimhaut nach unten Richtung Magen fort. Sie liegt hinten im Hals, direkt vor der Wirbelsäule. Der Kehlkopf mit der unten anschließenden Luftröhre liegt vor der Speiseröhre. So wird er bei jedem Schluckakt vom Kehldeckel, der hinten an der Zunge befestigt ist, dicht verschlossen. Das heißt: Während des Schluckens können Sie nicht gleichzeitig atmen (und vor allem nicht reden) – und umgekehrt. Diesbezügliche Versuche kontert die Natur direkt mit einem Husten- oder – im schlimmsten Szenario – Erstickungsanfall. Bei Tisch wird geschwiegen! Das ist nicht Ausdruck jahrhundertlang gepflegter protestantischer Freudlosigkeit, sondern erfüllt durchaus einen wichtigen biologischen Zweck. Ganz im Sinne Darwins: Der stille Genießer kommt durch!

Mit ein wenig Pech könnte unser Luftmolekül an dieser Stelle auch verschluckt werden – und den interessantesten Teil der Reise

verpassen. Doch zum Glück biegt es korrekt nach vorne ab und erreicht zwischen den beiden – zum Kehlkopf gehörenden – Stimmbändern hindurch die Luftröhre.

Hier beginnt der untere Atemweg und der längste, verwirrendste Teil der Reise: der Weg durch die Bronchien. Die Bronchien haben einen Anfang (die Luftröhre) und mindestens 400 Millionen Enden – so viele Lungenbläschen gibt es nämlich. Sie sind die Endstation unserer Tour.

Wie erklärt sich diese unermesslich große Zahl? Auf dem Weg zu den Lungenbläschen teilen sich unsere Atemwege und werden immer kleiner, immer dünner, immer zarter. Insgesamt passiert das 23-mal – und jedes Mal muss unser Molekül sich entscheiden: rechts oder links? Es gelangt von Autobahnen auf Bundes- und Landstraßen, in einspurige Gassen, schließlich auf Feldwege und Trampelpfade. Der letzte Pfad – nach 23 Abzweigungen – ist eine Sackgasse. Es gibt in unserer Lunge etwa neun Millionen dieser Sackgassen ( $2^{23}$ ), und jede verfügt über 40 Parkplätze, die wie Trauben um das Ende dieser Sackgasse herum angeordnet sind: die Lungenbläschen oder »Alveolen«. Ist das nicht traumhaft? Unser Sauerstoffmolekül geht allein auf Reisen und kann aus knapp 400 Millionen Parkplätzen wählen.

Die Alveolen sind jedoch, streng genommen, kein echter Parkplatz, jedenfalls laden sie nicht zum Verweilen ein. Sie sind eher eine Art »Mautstation« auf dem Weg der Luftmoleküle ins Blut, dem endgültigen Ziel der Reise. Hier, und nur hier – in den Sackgässchen, den Alveolen – findet nämlich der Gasaustausch von Sauerstoff und Kohlendioxid statt.

Atemwege und Bronchien (bis etwa zur 16. Teilungsgeneration) können für ihre Visitenkarten zwar reklamieren, in »leitender« Funktion tätig zu sein – allerdings sollten sie sich darauf nichts einbilden. Diese »Leitungsfunktion« erfüllt im Gesamtablauf der

Atmung eher eine »zuarbeitende« Rolle: Die Bronchien führen die Luft in das Sackgassengewirr der Alveolen. Hier erst durchdringt unser Sauerstoffmolekül die zarte Schranke zwischen Luft und Blutgefäßen – das andere Transportsystem, das die Lunge durchzieht. Es klatscht sich beim Grenzübertritt mit einem entgegengerichteten Kohlendioxidmolekül ab und kuschelt sich an ein rotes Blutkörperchen. So findet es seine Vollendung: Mit dem Blutstrom gelangt es zurück ins Herz und wird dort Schlag für Schlag immer weiter in den Kreislauf der großen Körperarterien gepumpt. Es warten die gierigen Energieproduzenten und Endverbraucher, wie etwa Muskeln oder Gehirn.

Es ist dieser letzte Abschnitt der Atemwege, die unendliche Weite des Alveolen-Universums, wo auf wundersame Weise die Grenze zwischen der »Außenwelt« und dem körperlichen »Innen« verschwimmt. Die physische Existenz aller über Lungen verfügbaren Spezies – Reptilien, Fische, Säugetiere – wird an dieser Nahtstelle irritierend – bedrohlich – fragil. Atem wird Körper und Körper wird Atem. Dort, wo Leben überhaupt erst ermöglicht wird, sind wir zugleich am verletzlichsten. Gefährdet, einer feindlichen Umwelt ausgeliefert. Ausgeliefert, aber nicht schutzlos!

## Schengen-Raum und Außengrenze: Die Lunge und ihre Nachbarn

Gute Beziehungen zu seinen Nachbarn zu pflegen ist schon im Alltag wichtig – und nicht selten anstrengend. Die Höhe der Hecke, die Form des Zaunes, der Verlauf der Grundstücksgrenze. Wer räumt wann den Schnee, wer grillt, wer feiert? Sind zu aufdringlich, zu zurückgezogen, grüßen sie oder nicht, lassen sie ihr Unkraut sprießen und so weiter. Kurz: Es ist nicht leicht mit den lieben Nachbarn.

Auch biologische Systeme müssen kooperieren, um zu funktionieren. Irgendwann im Laufe der Evolution hatten ein paar Einzeller vom ewigen Nachbarschaftsstreit genug und fassten den Entschluss, dass man als mehrzellige Organismen leichter durchs Leben kommt. Man gründete Genossenschaften, und lange lief alles wunderbar. Leider blieb die Genossenschaft nicht lange allein, andere Einzeller gründeten ebenfalls Kooperativen, und Ärger und Streitereien begannen von vorn. Die Kooperativen wurden immer größer – komplexe Organismen entstanden, Wirbeltiere und irgendwann der Mensch. Je feindlicher und bedrohlicher die Außenwelt war, umso enger rückten die ehemals unabhängigen Bewohner innerhalb dieser Gebilde zusammen. Das Individuum war geboren.

Aber ist dieses Multiorgansystem Mensch nun ein einheitliches Ganzes oder die Summe seiner Einzelteile? Sind wir wirklich so »individuell« und unteilbar, wie wir meinen? Sind wir – ganz körperlich gesprochen – frei und autonom? Keineswegs. Biologische Systeme, physische wie psychische, sind keine zentralistischen Einheitsstaaten. Es mag einen übergeordneten Rahmen geben, eine Reihe vorgegebener, bindender Verordnungen. Dahinter steht jedoch ein starkes föderales System, dessen Organe kaum zu überwachen und nur begrenzt steuerbar sind. Spätestens, wenn eines unserer Organe aus der Reihe tanzt, merken wir, wie es um unsere Autonomie bestellt ist. Wer kontrolliert denn Leber, Nieren, Bauchspeicheldrüse? Wer garantiert, dass wir nachts atmen? Wer bestimmt, wann wir aufs Klo müssen? Was wissen Sie von den mehr als 50 Milliarden weißen Blutkörperchen in unserem Blut? Haben Sie den geringsten Schimmer, was die den ganzen Tag so treiben? Wussten Sie, dass sie am Ende eines Tages allesamt Selbstmord begehen? Und wer sorgt für den Nachschub? Sie haben keine Ahnung? Haben Sie Ihren Laden überhaupt im Griff?

Mein ärztlicher Rat: Entspannen Sie sich und hören Sie mit dieser Fragerei auf – sie treibt Sie sonst in den Wahnsinn. »Ich ist ein anderer« – wusste schon der französische Dichter Rimbaud (1854 – 1891), und der endete – Sie erraten es: nicht gut. Vertrauen Sie lieber auf die Kraft des Föderalismus, der regionalen Autonomie. Stellen Sie sich Ihren Körper wie die EU vor. Oder wie einen Staatenverbund mit regionalen Elementen. Mag uns unsere medizinische Spezialisierung noch so sehr zu Separatisten machen, streiten wir auch noch so divenhafte um die Behandlungshoheit über einzelne Organe, unsere »disziplinären Tempelberge« – in der Praxis kommen wir um eine föderale, ganzheitliche, organübergreifende Betrachtung nicht herum. Gesundheit resultiert aus guter Nachbarschaft. Ziehen alle an einem Strang, wird eine Erfolgsgeschichte daraus. Scheren ein oder mehrere Mitglieder aus, leiden alle anderen darunter. Kommt Ihnen das bekannt vor?

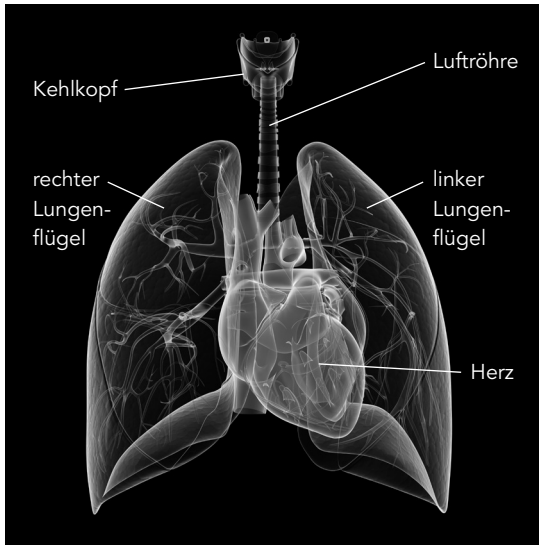
In der Gemeinschaft des Körpers ist die Lunge aufgrund ihrer lebenswichtigen Funktion für die Sauerstoffaufnahme ein bedeutender Faktor. Ohne sie geht gar nichts. Das Hirn kann nur wenige Minuten ohne Sauerstoff überleben, und auch das ach so wichtige Herz hört ohne den Treibstoff der Lunge in kürzester Zeit auf zu schlagen. Die Lunge ist ein wenig wie Deutschland in Europa – zentral gelegen, verhältnismäßig groß, als geistig-moralische Instanz lange Zeit ungeeignet, aber aufgrund ihrer wirtschaftlichen Kraft als ökonomische Lokomotive unverzichtbar. Sie pflegt gute Beziehungen zu allen. Von bestimmten Nachbarn jedoch ist sie besonders abhängig: Der knöcherne Brustkorb sichert die Außengrenze des Organs und schützt die Lunge vor Verletzungen. Das Zwerchfell dient als mechanische Pumpe der Atembewegung. Das Herz schließlich liefert den Rohstoff, der in der Lunge mit Sauerstoff veredelt wird – das Blut.

Wie sieht die Außengrenze aus? Die Lunge ist vollständig vom knöchernen Brustkorb umschlossen. Dieser wird von den Rippen,



den Wirbelkörpern der Brustwirbelsäule und dem Brustbein gebildet und hat eine (kleine) obere und (große) untere Öffnung. Die untere Öffnung wird vom Zwerchfell abgedeckt, die obere, also der Bereich oberhalb der Schlüsselbeine, von der Halsmuskulatur, dem Rippenfell und etwas Bindegewebe. Innerhalb dieser Grenzen befindet sich der Schengen-Raum: enge Kooperation, reger Austausch, lockere Grenzen zwischen den Organen. Außerhalb dieses Raumes unterhält die Lunge diplomatische Fernbeziehungen: zu Darm oder Hirn etwa, die aber jeweils Teil eines eigenen abgegrenzten Bereichs sind, nämlich der Bauch- und Schädelhöhle. Eine Ausnahme bildet die »Exklave« aus Teilen der Luftröhre, Kehlkopf, Rachen und Nase: Diese zählen zu den Atmungsorganen, liegen aber außerhalb des schützenden Brustkorbs. Innerhalb des Brustkorbs gibt es wiederum drei abgetrennte Räume: rechts und links je eine »Brustfellhöhle« mit einem dazugehörigen Lungenflügel. Dazwischen liegt der »Mittelfellraum« (Mediastinum). Hier finden sich Herz, Schlagadern, Venen, Nerven und Lymphbahnen, und die Speiseröhre wandert zwischen den Lungenflügeln hindurch in Richtung Magen. Mittelfellraum und Brustfellhöhlen sind völlig voneinander getrennt. Nur im Mittelteil der Lungenflügel, der »Pforte«, wo die großen Blutabflussbahnen des Herzens ein- bzw. austreten, stehen beide Räume in Verbindung. Die Unterbringung der beiden Lungenflügel in nochmals getrennte Höhlen hat für die Atmung eine besondere Bedeutung.

Erinnern Sie sich an das architektonische Problem aus dem ersten Kapitel? Wie »befestigt« man die eigentlich konturlose Lunge im Brustkorb? Hier ist die Lösung: Haben Sie Kinder? Mussten Sie schon mal eine Vorführung von Kunststücken aus einem Zauberkasten über sich ergehen lassen? Oder haben Sie selber früher einen Zauberkasten besessen? Dann dürften Ihnen noch zwei Klassiker präsent sein, die selbst der talentbfreiteste Nachwuchsmagier hinbekam. Der Ballontrick: Tesafilm auf eine Stelle am Ballon kleben, mit



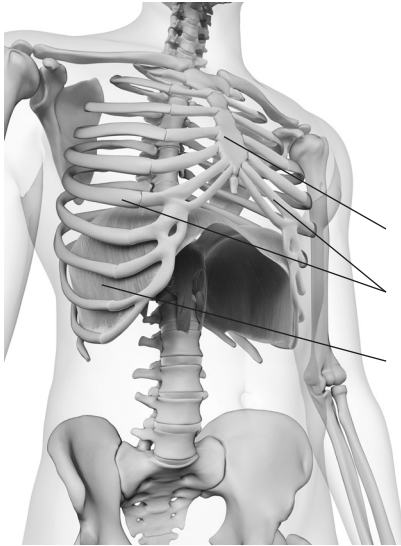
**Abb. 1:** Rechter und linker Lungenflügel umschließen das in der Mitte liegende Herz. Nach oben verbinden Lufttröhre und Kehlkopf den Atemweg mit der Mundhöhle.

einer Stecknadel genau dort einstechen und Explosion und Knall bleiben aus. Und der Würfeltrick. Im Spielkasten befinden sich zwei handelsübliche Spielwürfel. Der Trick: Die Augen sind nur aufgemalt, die Oberfläche ist also völlig glatt. Man präsentiert nun den einen Würfel dem Publikum auf einem Tisch, während man (heimlich) die Unterseite des zweiten mit etwas Spucke anfeuchtet. Dann drückt man den zweiten Würfel mit der feuchten Seite exakt auf die Oberseite des anderen, hebt an, der untere Würfel bewegt sich wie von Geisterhand mit. Genau so verhält es sich mit Brustwand und Lunge, nur ganz ohne Magie.

Über beiden Partnern liegt eine glatte, dünne Haut, das »Brustfell« (medizinisch die »Pleura«). Ein Teil des Brustfells kleidet die knöcherne Brustwand von innen aus, der andere überzieht die gesamte Oberfläche der Lunge (Brustfell ist in diesem Fall ein wenig irreführend, denn diese Haut hat tatsächlich weniger Haare auf ihrer Oberfläche als ein »Gillette-Venus«-Model an ihren Beinen).

Der Spalt zwischen den beiden Schichten ist mit einem dünnen Flüssigkeitsfilm versehen. Nun müssen Sie diese lose Verbindung nur noch einmal an Ihre Vakuuiermaschine anschließen, und schon saugt sich die Lunge an der Brustwand fest – bombenfest und aufgrund des Gleitfilms der Pleuraflüssigkeit doch beweglich. Durch diese geniale Konstruktion folgt die Form der Lunge automatisch jeder Bewegung des Brustkorbs bei Ein- und Ausatmung – tatsächlich wie geschmiert. Der Haken an der Sache ist, dass die Verbindung ausschließlich auf dem Zusammenhalt durch das Vakuum beruht – ein kritischer Punkt, weil kein Notfallplan existiert. Gelangt also beispielsweise Luft in den Spalt zwischen Brustwand und Lunge, so ist es mit der Fügsamkeit der Lunge vorbei – sie fällt in sich zusammen wie ein nasser Sack. Ein »Pneumothorax« ist die Folge. Das passiert häufig bei äußeren, gelegentlich auch bei inneren Verletzungen. Vor letzteren schützt – fast immer – der Brustpanzer. Wenn allerdings grobe Kräfte walten – enormer Druck, oder ein Stich mit einem spitzen Gegenstand –, bietet auch dieser keinen ausreichenden Schutz.

Die Form des Brustkorbs ist auf Stabilität, besonders Druckfestigkeit optimiert: Von oben betrachtet, gleicht er eher einer Ellipse als einem Kreis. Die Längsform entspricht ungefähr der oberen Hälfte eines Eis. Zwölf Rippen bilden die Stangen eines Käfigs, dessen Inhalt bei Einatmung vergrößert, bei Ausatmung verkleinert wird. Die ersten sieben Rippen (von oben gezählt) sind »echte« Rippen, die auf der hinteren Körperseite mit den Wirbelkörpern über Gelenke – also beweglich –, vorne jedoch steif mit dem Brustbein verbunden sind. Die »falschen« Rippen (Nummer 8 bis 12) haben keine eigene Verbindung zum Brustbein. Sie sind entweder über eine gemeinsame Knorpelbrücke mit dem Brustbein verbunden oder enden »frei« in der Bauchwand (Rippe 11 und 12). Diese Konstruktion gewährleistet eine ausreichende Festigkeit gegenüber Stößen oder Druck von außen, erlaubt aber genügend



**Abb. 2:** Knöcherner Brustkorb und Zwerchfell. Der flache Zwerchfellmuskulatur ist zeltförmig an der unteren Öffnung des Brustkorbs aufgespannt und trennt Brust- und Bauchorgane.

Brustbein

Rippen

Zwerchfell

Beweglichkeit für die Atembewegungen (Abb. 2). Wie stabil ist diese Konstruktion unter Extrembelastungen, was hält sie aus?

»Professor Horror: Crashtests mit Toten!« – so titelte die *Bild*-Zeitung im November 1993. Was war passiert? Recherchen hatten ergeben, dass Unfallforscher der Universität Heidelberg für Belastungstests in den 70er und 80er Jahren menschliche Leichen, darunter auch Kinder, verwendet hatten. Ein Skandal? Zumindest arbeiteten die Wissenschaftler nicht im Geheimen. Bei einem Versuch wurden mehrere menschliche Leichen auf den Sitz eines Pkw geschnallt, der Wagen dann mit steigender Geschwindigkeit gegen ein Hindernis gefahren. Anschließend wurden die Leichen obduziert und Rippenbrüche oder innere Verletzungen dokumentiert. Bei einem anderen Versuch lag ein Leichnam auf einer harten Unterlage, und der Brustkorb wurde in Höhe der Mitte des Brustbeins so lange mit zunehmendem Gewicht beschwert, bis es buchstäblich krachte. Was wie das Drehbuch zu einer »Splatter«-Variante