



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 <

Menschen mit einer Persönlichkeitsstörung »schizophren«). Ohne Zwerchfell können Sie nicht leben. Punkt. Wenn das Zwerchfell versagt, sind Sie auf Maschinen angewiesen, die die Atmung übernehmen. Früher waren das die »Eisernen Lungen«: monströse Käfige, die nicht nur wie Folterinstrumente aussahen, sondern für die bedauernswerten Patienten auch eine Folter waren. Betroffene, meistens Opfer der Kinderlähmung, wurden in diesen Käfigen eingeschlossen, damit die Maschinen einen Unterdruck erzeugen konnten. Dieser Unterdruck sorgte dafür, dass sich der Brustkorb hob und senkte – und atmete. Heute sind die Maschinen kleiner, praktischer, weniger belastend. Aber das ändert nichts an der grundlegenden Tatsache: Ohne Zwerchfell lebt es sich nicht gut. Zeigen Sie ihm deshalb ein wenig Respekt!

Doch bei aller Euphorie für das Zwerchfell: Alles mechanische Ein- und Ausatmen ist am Ende sinnlos, wenn der wichtigste Rohstoff der Luft, der Sauerstoff, keinen Abnehmer findet: das Blut. Und hier kommt – zumindest kurz – das Herz ins Spiel.

Herz, das: unansehnliches, im Mittelfellraum zwischen den imposanten Lungenflügeln kaum wahrnehmbares Kleinorgan. Von einer zähen, fettigen Bindegewebshülle eingeschlossen. Besteht aus vier ungleich großen Höhlen und sieht keinesfalls herzförmig aus. Klebt mit der Unterseite am Zwerchfell und folgt diesem sklavisch nach. Funktion überschätzt. Relevante Aufgabe lediglich als mechanische Förderpumpe sauerstoffarmen Bluts (rechte Hälfte) auf dem Weg zur Veredelung in der Lunge sowie Weitertransport sauerstoffreichen Blutes aus selbiger in die Körperarterien (linke Hälfte). Schlappschwanz. Hält weniger Rauch aus als die Lunge. Nicht: Sitz der Seele.

Das war's. Oder? Habe ich was vergessen? Nö. Kein Wort mehr. NIMM DIES, HERZ!

Die Verwandlung: Lungenentwicklung und Reifung. Warum Frühchen keine »kleinen Menschen« sind

Am 19. Juli 2012 veröffentlichte das renommierte *New England Journal of Medicine* einen medizinischen Fallbericht unter der Überschrift »Evidence for Adult Lung Growth in Humans« (Hinweis auf Lungenwachstum beim menschlichen Erwachsenen). Hinter dem nüchternen Titel verbarg sich eine medizinische Sensation. Was war passiert? Einer 33-jährigen Frau war wegen Lungenkrebs der rechte Lungenflügel entfernt worden. Im Verlauf zahlreicher Nachkontrollen über 15 Jahre hinweg zeigte sich, dass die verbliebene linke Lunge immer mehr an Größe zunahm. Das allein war zunächst nicht bemerkenswert, da sich Restlungen nach Operationen häufig ausdehnen – sie haben schlicht mehr Platz im Brustkorb. Hier aber lag der Fall anders. Die Größenzunahme beruhte nicht auf einfacher Ausdehnung, sondern zweifelsfrei auf dem Wachstum neuen Lungengewebes in der linken Lunge – etwas Vergleichbares war bis dahin noch nie beobachtet worden.

Der Bericht war gleich in zweierlei Hinsicht sensationell. Erstens, weil er die bisherige Auffassung von Lungenentwicklung und -wachstum widerlegte. Bis dahin galt als unumstößlich, dass sich die Lunge bis zur Geburt, in geringerem Maße noch bis zum 10. Lebensjahr entwickelt. In diesem Alter erreichen die Lungenbläschen ihre maximale Zahl. Danach erfolgt zwar noch eine Größenzunahme der Lunge (infolge der Ausdehnung des wachsenden Brustkorbs), aber die Neubildung von Lungengewebe galt zu diesem Zeitpunkt als unwiederbringlich beendet. Falls es Wachstum neuer Lunge beim Erwachsenen gab, bedeutete das zweitens aber auch, dass die Natur es fertigbrachte, das eigentlich beendete Programm der Lungenbildung erneut zu starten. Lag hier der Schlüssel zur Heilung von Lungenerkrankungen, deren Folgeschäden bisher als irreversibel galten, quasi durch einen Lungenersatz »von innen«? Und was hatte diesen Neustart ausgelöst? War es der Verlust der rechten Lunge oder das nach der Operation von der Patientin begonnene intensive Atemtrainingsprogramm? Die Regeneration von Lungenschäden mittels »Neubildung« oder Neuerschaffung ist der Traum jedes Lungenarztes. Und dieser Traum bekam nun eine neue Blickrichtung: auf den ursprünglichen Code, das Programm »Lungenentwicklung«. Denn: Betrachten wir die Entstehung der Lunge im Mutterleib, dann liegt alles offen vor uns – sämtliche Werkzeuge sind bereits da. Wenn es möglich ist zu verstehen, wie die Lunge entsteht, wie sie gebildet wird, dann muss es auch möglich sein, sie »neu« zu bilden, das Programm zu wiederholen und es therapeutisch zu steuern. Wie also funktioniert das Programm der Lungenentwicklung?

Die Lungenentwicklung ist einerseits, wie die gesamte Schwangerschaft, ein gigantisches Bauprojekt, ein Puzzle, hinter dem ein geheimnisvoller Code steht. Die Entwicklung der Lunge ist aber auch eine Liebesgeschichte – in doppelter Hinsicht. Sie erzählt davon, wie zwei unterschiedliche Partner sich suchen und finden und wie sie gemeinsam ihre Bestimmung und Vollendung finden. Sie erzählt von einer langen, dunklen Reise. Von Hindernissen, Gefahren, Widrigkeiten und Irrungen. Wie alle Liebesgeschichten hat auch diese ein Ende, und fast immer ein glückliches. Manchmal aber auch ein tragisches. Leider. Sie ist zugleich die Geschichte eines Wunders. Beide Partner kennen sich nicht, wissen (wahrscheinlich) nicht einmal von der Existenz des anderen. Und doch leitet sie eine unsichtbare Macht, lenkt ihre Bewegungen, korrigiert – wenn nötig – die Fahrtrichtung, justiert nach, treibt voran. Bis die zwei sich finden, vereinen und Leben ermöglichen. Es ist die Geschichte der Vermählung zweier Lebenssysteme: Atemwege und Blutgefäße vereinigen sich. Ohne diese Grenzfläche, an der Sauerstoff aus der Atemluft in das Blut übertritt, ist Leben an der frischen Luft, unabhängig atmend, außerhalb der Bauchhöhle einer Mutter, unmöglich. Wie diese zwei sich finden – das ist das eine Wunder, die Liebesgeschichte auf der Leinwand. Denn sie wachsen nicht gemeinsam auf. Es gibt keine fertige »Miniaturlunge« im Mutterleib, die während der Schwangerschaft lediglich wächst und größer wird, bis sie pünktlich zur Geburt fertig ist. Ärzte, Wissenschaftler, Anatomen, Physiologen, Biologen, Philosophen – sie alle schauen dieser leisen Macht bei der Arbeit zu

und staunen. Und merken: Mit jedem Experiment, jeder Beobachtung verstehen sie das »Wie« besser und das »Warum« umso weniger. Experten kennen die Bauzeichnungen, Konstruktionspläne, sie haben in diesem riesigen mikroskopischen Wimmelbild die meisten Handwerker erkannt und entdeckt – aber die Bauaufsicht bleibt unsichtbar. Wer hat hier eigentlich das Sagen? Wer ist der Motor dahinter? Wer der Dirigent? Wer choreografiert dieses Ballett aus Abermillionen Tänzerinnen? Die besten, aufrichtigsten Experten wissen: Ich habe nicht die geringste Ahnung. Und das ist das zweite Wunder, die Liebesgeschichte vor der Leinwand. Wer anfängt, sie zu verfolgen, kommt nicht mehr davon los. Verliebt sich in die Geschichte und muss sie sich immer wieder anschauen. Und ist glücklich. Machen Sie die Probe aufs Exempel: Wenn es Ihnen mal richtig schlecht geht, legen Sie keinen Heulsusen-Pop auf, sondern lesen sie ein embryologisches Handbuch. Kein Witz. Lesen Sie etwas über die Entwicklung des Lebens im Mutterleib. Wenn Ihnen die Lektüre zu sperrig ist, nehmen Sie einen Bildband. Oder ein Kinderbuch zu dem Thema, falls es eines gibt. Sie finden darin eines der letzten – weltlichen – Wunder unserer Zeit. Versprochen. Es macht süchtig. Auch wenn Sie Handlung und Ende kennen. Egal. So, wie man jedes Jahr an Weihnachten *Tatsächlich ... Liebe* schaut. Immer wieder. Und jedes Mal wieder losheult, wenn Liam Neesons Frau beerdigt wird.

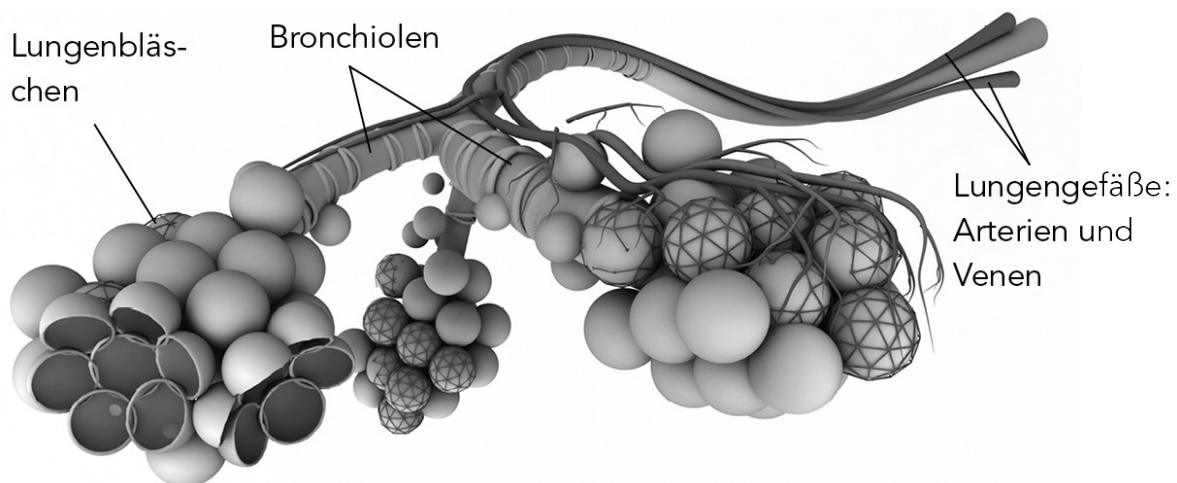


Abb. 3: Atemwege und Blutkreislauf vereinigen sich im Bereich der Lungenbläschen. Kleinste Blutgefäße treten mit der dünnen Wand der Alveolen in Kontakt und ermöglichen so den Austausch von Sauerstoff und Kohlendioxid zwischen Atemluft und Blut.

Sie mögen »Happy Ends«? Ihnen kann geholfen werden. Fast immer endet die Liebesgeschichte der Lungenentwicklung glücklich. Atemwege und Blutgefäße finden zueinander und leben glücklich bis an ihr Ende.

»Das war alles?«

»Im Prinzip schon.«

»Nicht sehr romantisch.«

»So ist Biologie.«

»Aber Sie haben doch was von Liebe gesagt.«

»Na gut, ich erzähle Ihnen ein paar Details.«

Gehen Sie für einen Moment zum Anfang zurück. Etwa bis zur dritten Lebenswoche des Embryos. Zu diesem Zeitpunkt hat Ihr Nachwuchs die Form einer Kugel. Stellen Sie sich eine Praline vor, außen eine harte Schale aus Schokolade, innen eine weiche Nougatfüllung. Aus dieser Praline entstehen drei Höhlen, wie bei einem Schneemann: Kopf, Brust und Bauch. So weit, so einfach. Wie aber kommen die vielen Röhren für Luft und Nahrung in den Körper? Das passiert so: Die Praline stülpt sich an einer Stelle von außen nach innen ein – ziemlich weit sogar. Als würde man mit dem Zeigefinger einen schlaffen Luftballon eindrücken. Ein Teil der äußeren Schokohülle liegt jetzt wie ein kurzes Rohr mit stumpfem Ende innen, umgeben von der Nougatfüllung. Dieses Rohr ist der gemeinsame Ursprung des Magen-Darm-Trakts und der Atemwege. Nach ein paar Tagen Längenwachstum trennt sich das Rohr in einen vorderen und einen hinteren Teil. Aus dem vorderen wird die Luftröhre, aus dem hinteren die Speiseröhre, später der Magen und der daran hängende Darm. Ist diese Trennung fehlerhaft, können Kurzschlüsse zwischen Speiseröhre und Luftröhre entstehen – sogenannte »Fisteln«. Diese sind für Neugeborene gefährlich, da Nahrung aus der Speiseröhre über die Fistel in die Luftröhre gelangen kann, und sie müssen direkt nach der Geburt operativ verschlossen werden. Wie für alle Organe sind auch für die Entwicklung der Lunge die ersten vier Wochen der Schwangerschaft äußerst kritisch. Organfehlbildungen in dieser Phase werden vom Embryo meistens nicht überlebt.

Läuft diese erste Phase problemlos ab, kann man etwa 25 Tage nach der Befruchtung am unteren Ende der Luftröhre erstmals kleine Knospen erkennen: rechter und linker Lungenflügel. In den nächsten vier Wochen sprießen aus diesen Atemwegsknospen feine Tentakeln und bilden die ersten Verzweigungen der röhrenförmigen Bronchien. Die erste Aufteilung rechts ist ausnahmsweise eine dreifache (daher hat die rechte Lunge drei Lappen, die linke nur zwei), ansonsten teilt sich jeder Spross nach einem exakten Programm am Ende genau zweimal. Immer wenn einer dieser Kanäle eine bestimmte Länge erreicht, teilt er sich erneut, Teilung um Teilung, Generation um Generation. Die feinen Kanäle der Bronchien bohren sich durch die Nougatfüllung und verdrängen sie allmählich. Doch die Nougatmasse selbst erfüllt auch einen wichtigen Zweck für die Reifung der Lunge. Sie ist zum einen die Ausgangssubstanz für Stütz- und Bindegewebe der Atemwege – aus ihr bildet sich um die Bronchien herum die charakteristische ringförmige Schicht aus Knorpel und Muskelzellen, die die Atemwege stabil hält. Zum anderen ist sie die Geburtshelferin unserer zweiten Liebenden, der Blutgefäße der Lunge. Diese stammen nämlich nicht aus dem Lungenrohr, sondern wachsen etwa am 30. Tag der Schwangerschaft aus dem winzigen Herzen aus, das sich abseits der Lungen sprossung in der Nougatmasse geformt hat. Sofort begibt sich dieses kleine Gefäßknäuel auf die Suche nach seinem Bräutigam. Wie Fühler,

völlig blind, tastet es sich durch das Dunkel der Füllung, auf der Suche nach seiner Richtschnur, den heranwachsenden Atemwegen. Es ist ein mühseliges Blinde-Kuh-Spiel. Es dauert. Und dauert. Warm. Kalt. Noch kälter. Wärmer. Warm. Heiß! Endlich, in der siebten Schwangerschaftswoche, hat das blinde Herumtasten ein Ende. Es kommt zum ersten Kontakt zwischen Blutgefäßen und Atemwegen. Wie zufällig, beiläufig, vielleicht von keinem der Partner bemerkt oder gewürdigt – denn es dauert noch, bis unsere zwei Liebenden endgültig ein Paar werden. Diese unbemerkte Berührung ist der Moment, den die englische Dichterin Christina Rossetti (1830-1894) in einem ihrer schönsten Gedichte beschreibt.

*I wish I could remember that first day,
First hour, first moment of your meeting me.*

Ich wünschte, ich könnte mich erinnern
an die erste Stunde, den ersten Moment,
als Du mich getroffen hast. (Eigene Übersetzung)

Erinnern Sie sich? An die erste Begegnung mit Ihrem Mann, Partner, Ihrer Frau, Partnerin? Nicht das erste Date oder der erste Kuss. Das wäre zu einfach. Wann genau haben Sie sie zum ersten Mal bewusst gesehen? Auf »Tinder«, sagen Sie? Na schön, Ihr Punkt, Sie Romantik-Allergiker. Im Mutterleib zählt jedenfalls nur wahre Treue, sonst klappt es nicht mit der Menschwerdung.

Nach dieser ersten Begegnung folgen die Blutgefäße treu den Atemwegen, wachsen mit und an ihnen, wie Reben am Stock. Immer leicht dahinter, immer zwei Schritte zurück. Wer unvorsichtig ist und vom Weg abkommt, wird bestraft. Wie bei der »Reise nach Jerusalem« findet nicht jede Braut einen Bräutigam: Es gibt in der fertigen Lunge etwa 20 Prozent mehr Blutgefäße als Atemwege.

Auch abseits davon ereignen sich Wunder – das Zwerchfell wächst! Dieses Organ aus Muskeln und Sehnen entstammt ebenfalls der Nougatmasse in der Mitte der Embryonalkugel und teilt ab der vierten Schwangerschaftswoche langsam die Brust- von der Bauchhöhle. In der zehnten Woche passiert es dann: Das Zwerchfell bewegt sich zum allerersten Mal! Diese ersten, noch unkoordinierten und zuckenden Bewegungen lassen Fruchtwasser in die Atemwege des Kindes einströmen und sorgen dafür, dass es wieder ausströmt. Das Zwerchfell »übt« schon mal Atmen – mit Flüssigkeit, wie ein Fisch! Dabei geschieht etwas Bemerkenswertes: Die ersten Atemzüge des Ungeborenen führen zu einer starken Ausschüttung von Serotonin, dem »Glückshormon«. Kann es einen schöneren Beleg dafür geben, dass Atmung und Glück zusammenhängen? Außer dass sie Ihren kleinen Sprössling in Euphorie versetzen, sind diese frühen Zwerchfellübungen aber vor allem deshalb wichtig, weil das Zwerchfell zum Zeitpunkt der Geburt von einem auf den anderen Moment voll einsatz-, sprich: atembereit sein muss. Aus biologischer Sicht ist diese abrupte Umstellung der Versorgung des Kindes von der mütterlichen Gebärmutter auf die