

Lungenfunktion

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Als **Lungenfunktion** wird die physiologische oder pathologische Funktion der Lunge als Organ für den **Gasaustausch** bei der äußeren Atmung von lungenatmenden Schnecken, Amphibien, Reptilien, Vögeln und Säugetieren einschließlich des Menschen bezeichnet. Im medizinischen Alltag hat sich der Begriff Lungenfunktion (Abk. **Lufu**) auch als Sammel- und Oberbegriff für die verschiedenen Untersuchungsverfahren der Lungenvolumina (vgl. auch Messgrößen) und anderer Kennzahlen der Lungenfunktion eingebürgert, beispielsweise der Spirometrie („*kleine Lungenfunktion*“) und der Bodyplethysmografie („*große Lungenfunktion*“).

Physiologische Lungenfunktion

Die physiologische Funktion der Lunge besteht im sogenannten Gasaustausch, der Aufnahme von Sauerstoff in den Körper und Abgabe von Kohlendioxid aus dem Körper. Damit spielt die Lunge auch in der Regulation des Säure-Basen-Haushaltes eine wichtige Rolle.

Untersuchungsverfahren

Die üblichen als Lungenfunktion benannten Untersuchungsverfahren befassen sich weniger mit dem Gasaustausch als mit der Durchgängigkeit des bronchialen Systems. In diesem System der Lunge finden sich die häufigsten Störungen. Asthma bronchiale und chronisch obstruktive Lungenerkrankung betreffen primär die Bronchien. Nur in Spezialfällen werden die Blutgase überprüft, so etwa bei apparativ beatmeten Patienten. Auch Diffusionsmessungen sind selten.

Die am häufigsten durchgeführte Lungenfunktionsmessung ist die Spirometrie. Hierbei wird mit einem Flusssensor der Luftstrom beim Atmen gemessen. Neben der Ruheatmung wird bei der Spirometrie eine maximale Aus- und Einatmung gefordert. Da hierbei ständig die Strömung gemessen wird, lassen sich neben den Strömungswerten wie Peak Flow (engl. peak expiratory flow, PEF) und verschiedene expiratorische Atemstromstärken (MEF) auch Lungenvolumina wie Vitalkapazität (VC), expiratorisches Reservevolumen (ERV) und Ruheatemzugvolumen (VT, auch TV von engl. *Tidal Volume*) bestimmen. Eine sehr beliebte Messgröße ist die Einsekundenkapazität (FEV₁). Besonders bei chronischen Lungenleiden hat die FEV₁ als Verlaufparameter eine große Bedeutung. Messwerte für die Einatmung haben dagegen nur untergeordnete Bedeutung.

Neben den Messwerten wird die Spirometrie auch graphisch dargestellt. Die geläufigste Darstellung ist die Fluss-Volumen-Kurve. Der Fluss des Atemstroms (y-Achse) wird hier nicht gegen die Zeit, sondern gegen das ausgeatmete Volumen (x-Achse) aufgetragen. Mit dieser Darstellung lassen sich besonders leicht krankhafte Veränderungen sehen. Auch ist die Graphik unerlässlich, um die Mitarbeit des Probanden bei der Messung zu bewerten.

Hier ist auch der größte Nachteil der Spirometrie. Die Messung ist stark von der optimalen Mitarbeit abhängig. Falls Menschen nicht mitarbeiten wollen (Berentungsanträge), oder können (Kleinkinder), kann die Spirometrie nicht durchgeführt werden. Jedoch lässt sich aus der Graphik meist ablesen, ob die Messwerte nur aufgrund mangelnder Mitarbeit schlecht sind.

Eine weitere Methode der Lungenfunktionsmessung ist die Bodyplethysmographie mit der Messung des Atemwegswiderstandes. Das Problem einer Widerstandsmessung der gesamten Atemwege ist, den Luftdruck in den Lungenbläschen zu bestimmen, der die gemessenen Luftströmung durch die Bronchien auslöst. Je höher dieser in den Lungenbläschen aufgebaute Druck sein muss, um eine bestimmte Strömung zu erzeugen, desto mehr muss man sich beim Atmen anstrengen und desto höher ist der Atemwegswiderstand (Resistance).

Der Bodyplethysmograph wird als eine Kabine mit einem (weitgehend) abgeschlossenem Luftvolumen ausgeführt, sie sieht wie eine kleine Telefonzelle aus. Der Aufwand des Messgerätes ist also deutlich höher. Mit diesem abgeschlossenen Luftvolumen kann man aber eine Dehnung oder Kompression des Brustkorbes bestimmen. Der Drucksensor bestimmt die Änderung des Luftdruckes in der Kabine, der sich entgegengesetzt zur Änderung des Luftdruckes im Brustkorb und damit in den Lungenbläschen verhält.

Die Bestimmung der spezifischen Resistance ist weniger mitarbeitsabhängig als die Spirometrie, da der Proband nur ruhig in das Mundstück atmen muss.

Da bei der Bodyplethysmographie das Luftvolumen in der Lunge bestimmt werden kann, sind weitere Messgrößen möglich, z. B. das maximal mögliche Luftvolumen in der Lunge (TLC) und das nicht ausatembare Restvolumen der Lunge (RV). Für diese Werte ist es aber notwendig, während der Messung auch eine Spirometrie durchzuführen. Dies wird in der Regel auch gemacht.

Es gibt noch zwei andere Möglichkeiten, den Atemwegswiderstand zu bestimmen, die Oszillometrie (heute ausgeführt als Impulsoszillometrie) und die Shuttermethode. Die Impulsoszillometrie kann den Widerstand mit Luftstößen in die Lunge feststellen. Die Shuttermethode vertraut darauf, dass bei kurzem Verschluss der Atemwege sich der Druck von den Alveolen bis in den Mundraum ausgleicht, was bei krankhaft veränderten Atemwegen aber zunehmend schlechter funktioniert.

Keine dieser Alternativmethoden kann das Lungenvolumen und damit die TLC und das RV bestimmen.

Spirometrie

Bronchospasmodysetest

Bei der Bronchospasmyse wird die Reversibilität der bronchialen Obstruktion getestet. Hierzu wird untersucht, ob man beim Patienten durch Anwendung von Atemsprays eine Verringerung des Atemwegswiderstandes (R_{tot}) erzielen kann. Diese geht mit einer Zunahme der FEV1 einher. Typischerweise ist die Obstruktion im Rahmen eines Asthma bronchiale reversibel, die Obstruktion bei einer chronisch obstruktiven Bronchitis ist niemals vollkommen reversibel.

Bei einer reversiblen Obstruktion vermindert sich durch den Bronchospasmysetest ergänzend auch das bodyplethysmographisch primär messbar erhöhte Residualvolumen; die Differenz wird als *Volumen pulmonum auctum* bezeichnet.

Ganzkörperplethysmographie/Bodyplethysmographie

Die Ganzkörperplethysmographie ist eine Methode zur exakten Messung der funktionellen Residualkapazität (FRK) und genauer als Verdünnungsmethoden. Der Proband sitzt in einer geschlossener Kammer mit bekanntem Volumen. Bei dem Versuch, durch ein verschlossenes Mundstück einzusatmen, nimmt in den Atemwegen das Volumen zu und der Druck ab; in der geschlossenen Kammer hingegen verhält es sich genau umgekehrt. Daraus lässt sich die FRK berechnen.

Blutgasanalyse

→ *Hauptartikel: Blutgasanalyse*

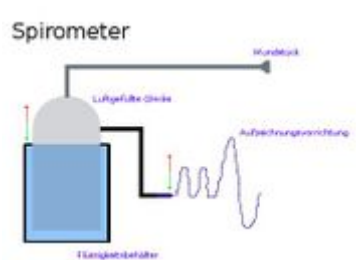
Messwerte

Vitalkapazität

→ *Hauptartikel: Vitalkapazität*

Vitalkapazität Abkürzung: VC; Einheit: Liter (l) Das Volumen, das nach maximaler Inspiration maximal ausgeatmet werden kann (maximales, willkürlich ventilierbares Volumen) Atemzugvolumen (AZV) + inspiratorisches Reservevolumen (IRV) + expiratorisches Reservevolumen (ERV).

Die Vitalkapazität stellt somit ein Maß für die Ausdehnungsfähigkeit von Lunge und Thorax dar. Es handelt sich keineswegs, wie man etwa der Bezeichnung entnehmen könnte, um eine "vitale" Größe, denn selbst bei extremen Anforderungen an die Atmung wird die mögliche Atemtiefe niemals voll ausgenutzt. Die Angabe eines "Normalwerts" für die Vitalkapazität ist kaum möglich, da diese von verschiedenen Parametern, wie Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körperposition und Trainingszustand, abhängig ist. Die Vitalkapazität beträgt für einen jüngeren, 180cm großen Mann etwa 5 Liter und nimmt mit zunehmenden Alter ab.



Darstellung Spirometer

Die Messung erfolgt gewöhnlich mit einem Spirometer, einem Gerät, das verschiedene Gasvolumina bei konstantem Druck aufnehmen kann. Eine zylindrische Glocke taucht in einen Wasserbehälter ein, der den Innenraum des Spirometers gegen den Außenraum luftdicht abschließt. Ein weitlumiger Schlauch verbindet das Mundstück des Probanden mit dem Spirometer. Die Volumenänderung bei maximaler Ausatmung nach vorheriger maximaler Einatmung, die zu einer entsprechenden Glockenbewegung führt, kann an einer kalibrierten Skala abgelesen werden. Heute wird ein Spirometer in der Regel mit einem Flusssensor ausgestattet und die abgeleiteten Volumina elektronisch ermittelt.

Einsekundenkapazität

→ *Hauptartikel: Einsekundenkapazität*

Die Einsekundenkapazität (SK) ist dasjenige Volumen, das innerhalb einer Sekunde aus maximaler Inspirationslage forciert ausgeatmet werden kann. Die Messung der SK ist eine einfache Methode um eine obstruktive Lungenfunktionsstörung zu erfassen.

Man unterscheidet die absolute von der relativen SK. Die absolute SK (Forciertes Expiratorisches Volumen in 1 Sekunde: FEV_1) wird in Volumeneinheiten angegeben. Die individuellen Messwerte werden in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht in Beziehung zu Sollwert-Standard-Tabellen der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl gesetzt.

Die relative SK ($FEV_1\%VC$), auch *Tiffeneau-Index* genannt, wird in Prozent der inspiratorisch gemessenen Vitalkapazität ($FEV_1\%IVC$) oder der bei forcierter Expiration gemessenen Vitalkapazität ($FEV_1\%FVC$) angegeben. Die relative SK darf nur zur Beschreibung einer Obstruktion benutzt werden, solange die VC im Normbereich liegt. Wenn bei schwerer Obstruktion aufgrund der vermehrten Atemarbeit auch die VC eingeschränkt ist, wird die relative SK falsch normal berechnet. In solchen Fällen muss die absolute SK zur Beurteilung herangezogen werden.

Der Nachteil der SK-Messung ist die Abhängigkeit von der Patientenmitarbeit. Besonders problematisch ist dies bei Begutachtungen ("Viel blasen - wenig Geld, wenig blasen - viel Geld").

Die Aufzeichnung der Stromstärke oder des Atemflusses gegen das Volumen bieten weitere Messgrößen, z.B. der Spitzenexpiratorische Fluss oder Peak Flow (PEF)

Maximaler expiratorischer Fluss (MEF)

MEF_{25/50/75} (Einheit l/s) Expiratorischer Fluss bei 25/50/75 % der forcierten VK:
Maximale expiratorische Atemstromstärke bei 25/50/75 % im Thorax befindlicher Vitalkapazität, d. h., wenn noch 75/50/25 % der Vitalkapazität auszuatmen sind.

Atemwegswiderstand

Resistance (Raw) kPa/l x s Strömungswiderstand in den Atemwegen bei definierter Atmung. Der Atemwegswiderstand ist ein empfindlicher Parameter für die zentrale Atemwegsobstruktion. Eine Widerstandsabnahme im Bronchospasmodolysetest deutet auf eine medikamentös beeinflussbare Reversibilität der Obstruktion hin.

Schweregrade: Raw ≤ 0,35: keine; Raw 0,36 - 0,60: leichte; Raw 0,61 - 0,90: mittelschwere; Raw > 0,90: schwere Obstruktion

Spezifischer Atemwegswiderstand

(sR) Raw/TGV kPa x s (spezifische Resistance)

Lungenvolumen

Man unterscheidet verschiedene Lungenvolumen (Atemvolumina):

statische Atemvolumina

dazu gehören:

1. **Atemzugsvolumen (AZV)** (auch: **Tidalvolumen**): beschreibt jenes Volumen, dass bei einer normalen Einatmung eingeatmet wird. (ca. 0,5l Luft)
2. **inspiratorisches Reservevolumen (IRV)**: beschreibt jenes Volumen, das nach normaler Inspiration noch zusätzlich eingeatmet werden kann.
3. **expiratorisches Reservevolumen (ERV)**: beschreibt jenes Volumen, dass nach normaler Expiration noch ausgeatmet werden kann.
4. **Vitalkapazität (VC)**: setzt sich zusammen aus Atemzugsvolumen, inspiratorischem Reservevolumen plus expiratorischem Reservevolumen.
5. **Residualvolumen (RV)**: beschreibt jenes Volumen, das nach maximaler Expiration noch in der Lunge verbleibt (nicht ausatembar). Spirometrisch nicht erfassbar.

6. Funktionelle Residualkapazität (FRC): setzt sich zusammen aus expiratorischem Reservevolumen und Residualvolumen. Die Menge Luft, die nach einer normalen Ausatmung in der Lunge verbleibt. Im Gegensatz zum Inspiratorischen Residualvolumen beinhaltet die FRC keine Gasvolumina, die nicht in direktem Kontakt mit dem Tracheobronchialraum (z. B. ein Pneumothorax) stehen. Darum sind FRC und IRV nur bedingt vergleichbar, in den meisten Fällen jedoch identisch. Die FRC wird aber nicht mittels Ganzkörperplethysmographie, sondern mit der „Gasauswaschmethode“ bestimmt.

7. Totale Lungkapazität (TLC): beschreibt jenes Volumen, das sich nach maximaler Inspiration in der Lunge befindet. Setzt sich zusammen aus Vitalkapazität + Residualvolumen.

dynamische Atemvolumina

Sie geben Verschiebung der statischen Atemvolumina pro Zeiteinheit an. dazu gehören:

1. **Atemgrenzwert** (auch: **MVV** von engl.: **Maximal Voluntary Ventilation**): maximal erreichbares Atemzeitvolumen.

2. **Einsekundenkapazität** (auch: **FEV₁** von engl.: **Forced Expiratory Volume in 1 second**)

Störungen

Ventilationsstörungen

Obstruktive Ventilationsstörung

Bei der obstruktiven Lungenfunktionsstörung ist der Atemwegswiderstand erhöht. Verursacht werden kann dies durch Sekret oder Fremdkörper in den Atemwegen - Bronchien (z.B. bei chronischer Bronchitis), durch einengenden Druck von außen (z.B. Tumor oder Ödeme) oder durch Emphyseme (Lungenüberblähung).

Die Obstruktive Lungenfunktionsstörung zeigt sich im Tiffenau-Test durch forcierte Expiration, wobei das Forcierte Expiratorische Sekundenvolumen (FEV₁) erniedrigt ist, die Forcierte Vitalkapazität (FVC) aber gleich bleibt. Ebenso kann ein erhöhtes Residualvolumen sowie eine verminderte Vitalkapazität bei länger andauernder Obstruktion diagnostiziert werden.

Restriktive Ventilationsstörung

Bei der restriktiven Lungenfunktionsstörung ist die Vitalkapazität und die totale Lungkapazität vermindert. Verursacht ist dies durch eine eingeschränkte Compliance des Atemapparats (die Dehnungsfähigkeit ist eingeschränkt). Das Auftreten einer Restriktiven Lungenfunktionsstörung kann zum Beispiel an Verwachsungen der Pleura, Lungenfibrose, Verlust von Lungengewebe oder Thorax-Beweglichkeit (z.B. Skoliose) liegen.

Respiratorische Insuffizienz

Nach GOLD wenn: Sauerstoffpartialdruck im arteriellen Blut unter 60 mmHg oder Kohlendioxidpartialdruck im arteriellen Blut über 50 mmHg

Perfusions und Diffusionsstörungen

Die **Perfusion** ist die Durchblutung der Lungenkapillaren angepasst an die Ventilation (innere Atmung).

Die **Diffusion** ist ein passiver Transportvorgang, Teilchen wandern vom Ort höherer Konzentration zum Ort niedriger Konzentration

Gasaustausch in der Lunge: O₂ gelangt aus der Luft in den Alveolen durch die Membran in die Kapillaren, CO₂ aus dem Lungenkapillarblut in die Alveole

Perfusionsstörungen:

Bei Gefäßverschlüssen ist die Perfusion im Verhältnis zur Ventilation eingeschränkt. Sie beruhen auf einem Missverhältnis von Durchblutung und Belüftung von Lungenabschnitten. Beispiele sind Lungenembolie, Lungenfibrose (Verdickung der Alveolarmembran) und Lungenemphysem (Lungenüberblähung). Bei eingeschränkter oder fehlender Perfusion wird der Totraum vergrößert (der Raum, der nicht am Gasaustausch beteiligt ist).

Diffusionsstörungen:

Sind Gasaustauschstörungen, die zu einer Lungenfunktionsstörung führen. Das können sein: verlängerter Weg des Austausches von O₂/CO₂ bei Lungenfibrose durch Verdickung der Alveolarmembran. Verlust von Alveolen: Austauschfläche ist verkleinert bei Pneumonie und Lungenemphysem. Verkürzte Kontaktzeit: bei Lungenresektion