


Lungenfunktionsparameter

- 2.1 Allgemeines – 4
- 2.2 Statische und dynamische Volumina – 4
- 2.3 Atemflussparameter – 7
- 2.4 Resistance-Parameter – 7
- 2.5 Diffusionsparameter – 8
- 2.6 Mundverschlussdruckparameter – 8
- 2.7 Blutgasanalyseparameter – 8

2.1 Allgemeines

Die genaue Kenntnis der Bedeutung der einzelnen Messwerte und ihrer Zusammenhänge ist eine Grundvoraussetzung für die Interpretation der Lungenfunktionsprüfung.

Man unterscheidet die statischen Volumina, also die zeitunabhängigen einzelnen Teilvolumina der Totalkapazität (z. B. die Vitalkapazität), von den dynamischen Volumina, die in forcierten Atemmanövern in Bezug zur Zeit ermittelt werden (z. B. die Einsekundenkapazität). Des Weiteren können Atemstromstärken bzw. Atemflussparameter (z. B. der Peakflow), Munddruckverhältnisse, Diffusionsparameter und Blutgaswerte gemessen werden. Die einzelnen Parameter werden nachfolgend erläutert und in den  Abb. 2.1, 2.2 und 2.3 veranschaulicht.

Die einzelnen Werte sind jeweils als Ist-Wert (also gemessener Wert) und meist als Soll-Wert (also Normal- oder Referenzwert) mit entsprechender prozentualer Abweichung des Messwertes vom Sollwert angegeben.

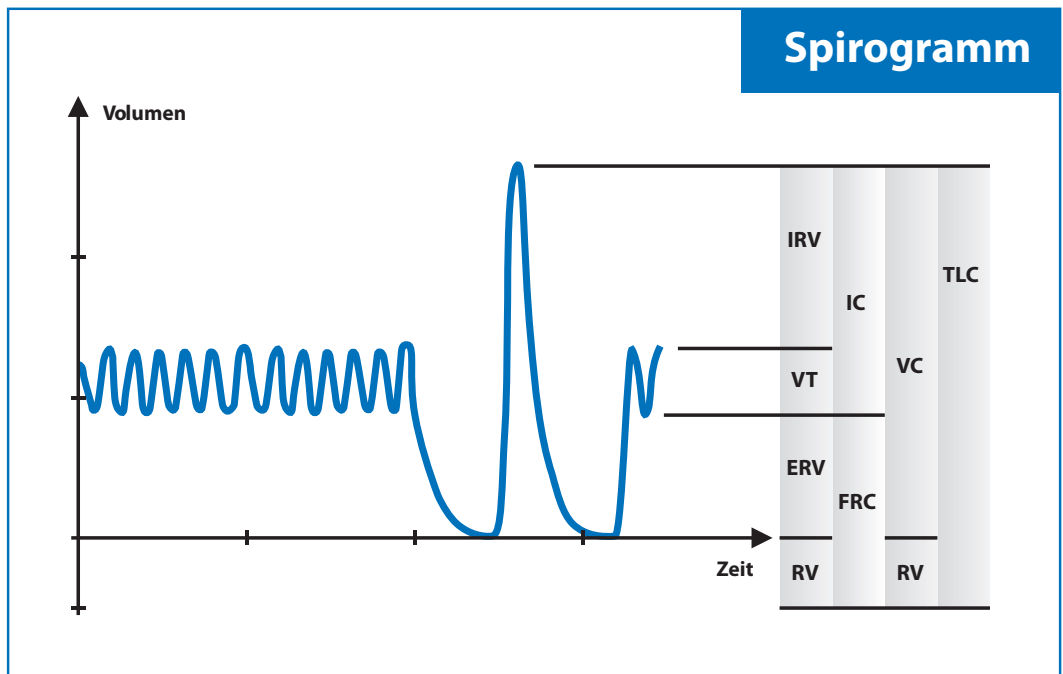
Sollwerte beziehen sich auf eine bestimmte Kohorte gesunder Referenzpersonen. Gewisse Schwankungen zwischen den einzelnen Personen sind normal und ohne Krankheitswert. Der eigentliche Sollwert ist also vielmehr der Mittelwert innerhalb der zugrunde liegenden Kohorte. Das als normal zu bezeichnende Referenzintervall wurde definiert als Sollwert-Mittelwert $\pm 1,64$ RSD (residuale Standardabweichung) und beinhaltet 90% der gemessenen gesunden Population. Die unteren und oberen 5% der normalen Population liegen definitionsgemäß außerhalb der 5. Perzentile-Grenze (lower bzw. upper limit of normal) und werden fälschlicherweise als falsch-positiv definiert.

2.2 Statische und dynamische Volumina

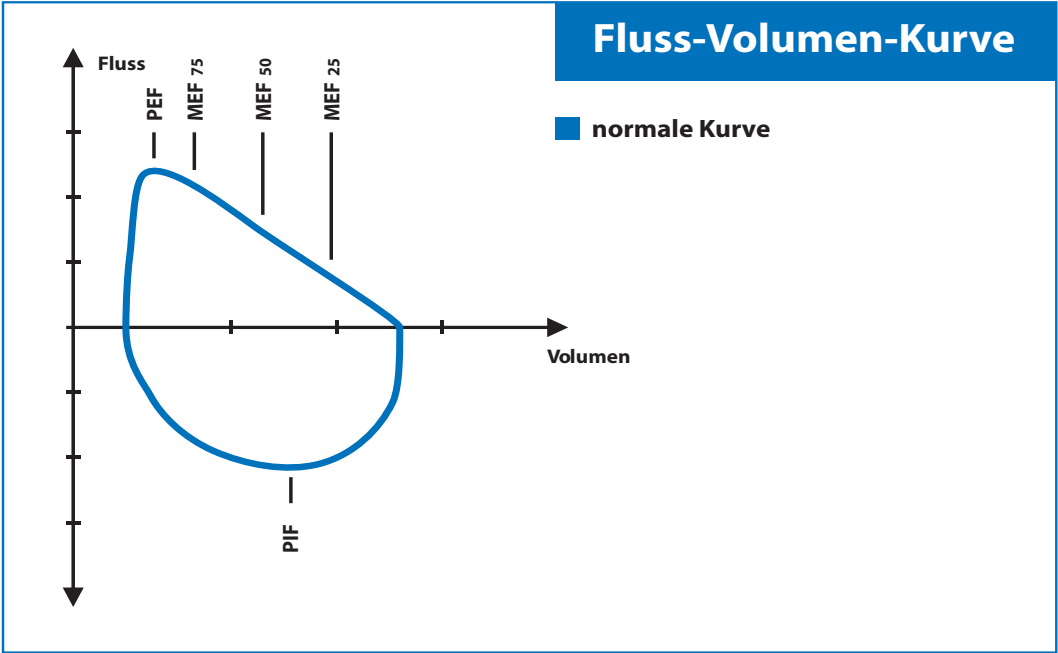
VT	Atemzugvolumen/Tidalvolumen: das pro (Ruhe-)Atemzug ein- bzw. ausgeatmete Volumen. Der Wendepunkt zwischen Aus- und Einatmung bezeichnet die Atemmittellage.
▼	

IRV	Inspiratorisches Reservevolumen: das Volumen, das nach normaler Inspiration noch zusätzlich maximal eingeatmet werden kann.
IC	Inspiratorische Kapazität: das Volumen, das aus der Atemruhelage heraus noch maximal eingeatmet werden kann, also VT+IRV.
ERV	Expiratorisches Reservevolumen: das Volumen, das nach normaler Expiration noch zusätzlich maximal ausgeatmet werden kann.
VC _{in}	Inspiratorische Vitalkapazität (IVC): das Volumen, das nach maximaler Expiration maximal eingeatmet werden kann.
VC _{ex}	Expiratorische Vitalkapazität (EVC): das Volumen, das nach maximaler Inspiration maximal ausgeatmet werden kann. Es kann zwischen einer langsamen (»relaxed«) Expiration und einer forcierten Expiration (FVC) unterschieden werden. Bei gesunden Probanden besteht keine systematische Differenz zwischen IVC und EVC; nur bei obstruktiven Lungenerkrankungen kann die IVC größer sein als EVC und FVC. EVC ist in der Regel größer als FVC.
FVC	Forcierte Vitalkapazität: das nach kompletter Inspiration unter stärkster Anstrengung schnellstmöglich ausgeatmete maximale Volumen (Tiffenau-Manöver).
FRC	Funktionelle Residualkapazität: das Volumen, das sich nach normaler Expiration (endexpiratorisch) noch in der Lunge befindet, also ERV+RV. Bestimmung nur der ventilierten Anteile mittels Heliumdilutionsmethode. Entspricht physiologisch dem TGV.
TGV	(Intra-)Thorakales Gasvolumen (=ITGV): das Volumen, das sich nach normaler Expiration (endexpiratorisch) noch in der Lunge befindet, also ERV+RV. Bestimmung mittels Bodyplethysmographie – neben den ventilierten Anteilen
▼	

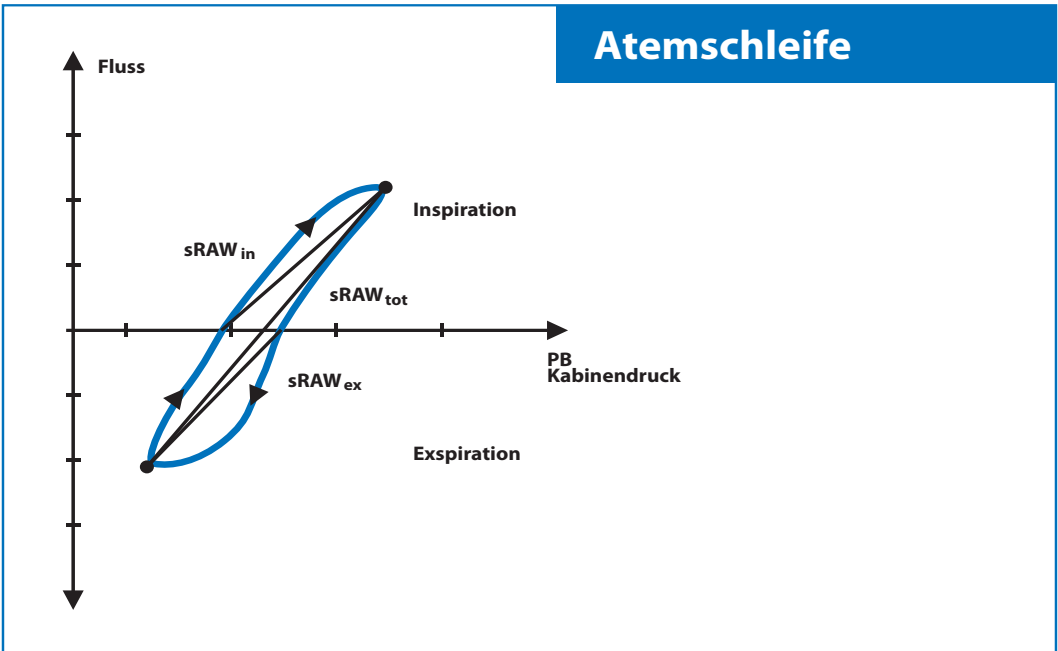
	werden auch die gasgefüllten Anteile erfasst. Entspricht physiologisch der FRC, die mittels Heliumdilution ermittelt wird, jedoch nur den ventilerten Anteil erfasst. Bei intrathorakalen Lufteinschlüssen (z. B. »trapped air« oder Emphysembullae) kann die TGV größer sein als die FRC.	FEV_1	Einsekundenkapazität (forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde): das nach maximaler Inspiration unter stärkster Anstrengung schnellstmöglich ausgeatmete Volumen der ersten Sekunde.
RV	Residualvolumen: das Volumen, das nach maximaler Expiration noch in der Lunge verbleibt und nicht ausgeatmet werden kann.	$FEV_1\%$	Relative Einsekundenkapazität: das nach maximaler Inspiration unter stärkster Anstrengung, schnellstmöglich ausgeatmete Volumen der ersten Sekunde im Verhältnis zur Vitalkapazität (FVC oder VC_{IN} , s. oben). Ausgedrückt als Prozentanteil der FEV_1 an der FVC bzw. VC_{IN} .
TLC	Totale Lungenkapazität: das Volumen, das sich nach maximaler Inspiration in der Lunge befindet, also $VC+RV$.		



■ Abb. 2.1. Übersicht der Volumina



■ Abb. 2.2. Übersicht der Atemflussparameter



■ Abb. 2.3. Atemschleife mit spezifischem Atemwegwiderstand

2.3 Atemflussparameter

PEF	Peak Expiratory Flow: maximale expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit, die bei forcierter Expiration nach kompletter Inspiration erreicht werden kann.
PIF	Peak Inspiratory Flow: maximale inspiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit, die bei forcierter Inspiration nach kompletter Expiration erreicht werden kann.
MEF ₇₅	Maximale expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) zu dem Zeitpunkt, bei dem noch 75% der VC auszuatmen sind.
MEF ₅₀	Maximale expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) zu dem Zeitpunkt, bei dem noch 50% der VC auszuatmen sind.
MEF ₂₅	Maximale expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) zu dem Zeitpunkt, bei dem noch 25% der VC auszuatmen sind.
MEF ₇₅₋₂₅	Maximale expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) im Volumenabschnitt 75–25% der noch auszuatmenden FVC.
FEF ₂₅	Maximale (forcierte) expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) zu dem Zeitpunkt, bei dem 25% der VC ausgeatmet wurden (=MEF ₇₅).
FEF ₅₀	Maximale (forcierte) expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) zu dem Zeitpunkt, bei dem 50% der VC ausgeatmet wurden (=MEF ₅₀).
FEF ₇₅	Maximale (forcierte) expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) zu dem Zeitpunkt, bei dem 75% der VC ausgeatmet wurden (=MEF ₂₅).
FEF ₂₅₋₇₅	Maximale expiratorische Atemstromstärke bzw. Flussgeschwindigkeit (Flow) im Volumenabschnitt 25–75% der ausgeatmeten FVC (=MEF ₇₅₋₂₅).

MEF und FEF unterscheiden sich lediglich hinsichtlich ihrer Nomenklatur voneinander. Während sich die MEF jeweils auf das noch auszuatmende Volumen (des Tiffeneau-Manövers bzw. FVC) bezieht, ist es bei der FEF das bereits ausgeatmete Volumen (angegeben als Prozent der FVC). MEF wird vornehmlich im europäischen Raum angewandt, während FEF überwiegend im angloamerikanischen Raum Anwendung findet.

Bei **Bewertung des forcierten Expirationsmanövers (Tiffeneau-Manöver)** sind 2 Phänomene zu berücksichtigen:

- Es besteht eine deutliche **Atemabhängigkeit** («effort dependence») der expiratorischen Atemflüsse. Dies gilt insbesondere für die 1. Hälfte der ausgeatmeten Vitalkapazität. Bei unzureichender Mitarbeit des Patienten sind die Atemflüsse entsprechend niedriger. Andererseits sind die maximalen (forcierten) Atemflüsse bei maximaler Anstrengung, bedingt durch die Kompression der Atemwege, häufig etwas geringer als bei submaximaler Anstrengung. Bei schlechter Reproduzierbarkeit einer submaximalen Anstrengung ist jedoch stets ein maximal forciertes Manöver zu fordern.
- Das 2. Phänomen ist die **Zeitabhängigkeit** («time dependence»). Bei langsamer Inspiration (bis zum TLC-Niveau) mit zusätzlicher Pause (>1 s) vor der forcierten Expiration sind die Atemflüsse bis zu 25% geringer als bei schneller Inspiration ohne Pause vor der forcierten Expiration. Ursächlich hierfür sind unterschiedliche viskoelastische Eigenschaften der Lunge und eine unterschiedlich gute Aktivierung der Expirationsmuskulatur abhängig vom zeitlichen Verlauf.

2.4 Resistance-Parameter

Über die Atemschleife lässt sich der sog. spezifische Atemwegwiderstand (sRAW) ermitteln. Durch zusätzliche Messung des thorakalen Gasvolumens (TGV) im Verschlussmanöver lässt sich dann im Weiteren der eigentliche Atemwegwiderstand (RAW) errechnen.

Die Ermittlung des effektiven spezifischen Atemwegwiderstandes (sR_{eff}) erfolgt über das

Verhältnis von der Fläche der Atemschleife zur Fläche der Fluss-Volumen-Kurve. Der effektive Atemwegswiderstand (R_{eff}) wird analog zu RAW in einem zweiten Schritt im Wesentlichen über Berücksichtigung des TGV bestimmt.

Bei etwas geringerer Sensitivität von R_{eff} bzgl. vornehmlich peripherer funktioneller Veränderungen ist R_{eff} weniger anfällig gegenüber Störeinflüssen bzw. intra- und interindividuellen Variabilitäten im Vergleich zu RAW.

RAW_{tot}	Totaler Atemwegswiderstand (Resistance) bzw. Strömungswiderstand. Berechnung: $RAW = sRAW/TGV$.
$sRAW_{\text{tot}}$	Spezifischer totaler Atemwegswiderstand. Gerade zwischen maximalem in- und expiratorischem Druckpunkt der Atemschleife
sR_{eff}	Spezifischer effektiver Atemwegswiderstand. Ermittelt über die Fläche von Atemschleife und Fluss-Volumen-Kurve.
R_{eff}	Effektiver Atemwegswiderstand. Berechnung: $sR_{\text{eff}} / (TGV+VT/2)$.

2.5 Diffusionsparameter

FRC-He	Funktionelle Residualkapazität (mittels Heliumdilution); s. FRC, TGV.
RV-He	Residualvolumen (mittels Heliumdilution); s. RV.
TL_{CO}	Transferfaktor (auch DL_{CO} -Diffusionskapazität). Produkt aus K_{CO} und V_A , beschreibt die Gesamtaufnahme von CO durch die Lunge nach vollständiger Inspiration.
K_{CO}	Krogh-Faktor (auch TL_{CO}/V_A oder DL_{CO}/V_A -Transferkoeffizient bzw. Diffusionskoeffizient). Primäre Messgröße, beschreibt die CO-Aufnahme als Konzentrationsabfall pro Zeiteinheit und in Abhängigkeit der alveolokapillären Druckdifferenz.
V_A	Alveolarvolumen: $V_A + \text{Totraumvolumen}$ entspricht weitestgehend der TLC. Messung mittels Heliumdilution.

2.6 Mundverschlussdruckparameter

$P_{0,1}$	Inspiratorischer Mundverschlussdruck 0,1 s nach Beginn der Inspiration, bei Ruheatmung.
$P_{I_{\text{max}}}$	Maximaler inspiratorischer Mundverschlussdruck bei forcierter Inspiration nach vorheriger kompletter Expiration bis zum Residualvolumen.
$P_{0,1}/P_{I_{\text{max}}}$	Mundverschlussdruck $P_{0,1}$, bezogen auf den maximalen statischen Inspirationsdruck.
$P_{0,1}/MV$	Mundverschlussdruck $P_{0,1}$, bezogen auf das Atemminutenvolumen.
$P_{0,1}/(VT/t_i)$	Mundverschlussdruck $P_{0,1}$, bezogen auf die mittlere Inspirationsgeschwindigkeit bei Ruheatmung.

2.7 Blutgasanalyseparameter

CO-Hb	Carboxyhämoglobin: Hämoglobinfraktion die mit Kohlenmonoxid gebunden ist.
Met-Hb	Methämoglobin: Hämoglobinfraktion mit dreiwertig oxidiertem Eisen im Hb.
pH	pH-Wert: aktueller Gehalt an freien Protonen (H^+ -Ionenkonzentration).
pO_2	Sauerstoffpartialdruck: Teildruck des Sauerstoffs am Gesamtgasgemisch.
pCO_2	Kohlendioxidpartialdruck: Teildruck des Kohlendioxids am Gesamtgasgemisch.
HCO_3	Bikarbonat: Konzentration an Bikarbonat bzw. Standardbikarbonat (berechnet für normoventilatorische Verhältnisse).
BE	Basenüberschuss (»base excess«): Abweichung der Pufferbasen.
SaO_2	Sauerstoffsättigung: Hämoglobinanteil, der mit Sauerstoff gesättigt (oxygeniert) ist.



<http://www.springer.com/978-3-642-34941-6>

Lungenfunktionsprüfung

Durchführung - Interpretation - Befundung

Bösch, D.; Criée, C.-P.

2013, XI, 195 S., Hardcover

ISBN: 978-3-642-34941-6