

Bodyplethysmographie und Spirometrie

Pneumologische Praxistage



Lungenfunktion als Fließbandarbeit:

Einatmen, ausatmen, einatmen, ausatmen,
einatmen, auuuusatmen...

**Mehr Spaß macht es, wenn ich weiß was ich
wann wie messe und was das aussagt!**

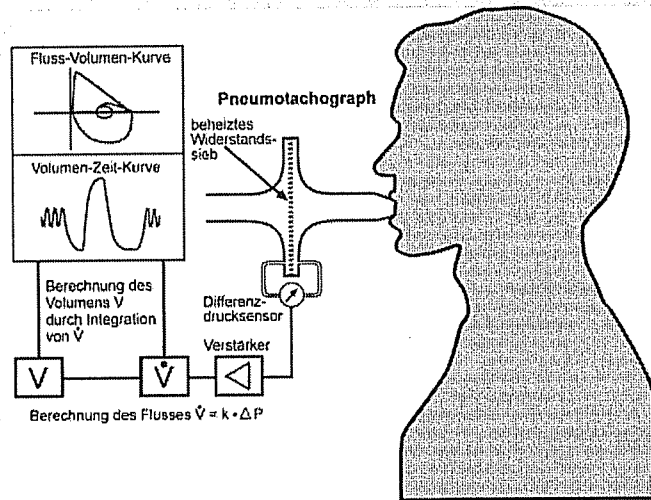


PS: Und mein Chef schätzt meine Kompetenz

Pneumologische Praxistage



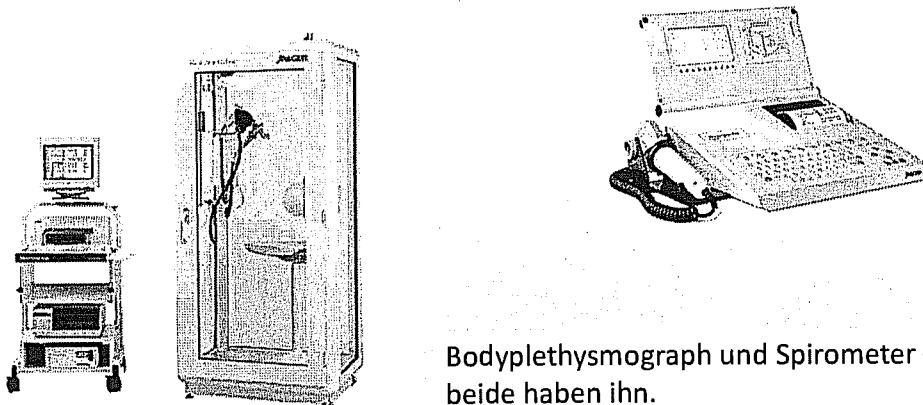
Der Pneumotachograph



Der Faktor k wird mit der Volumeneichung festgelegt.

Pneumologische Praxistage

Der Pneumotachograph

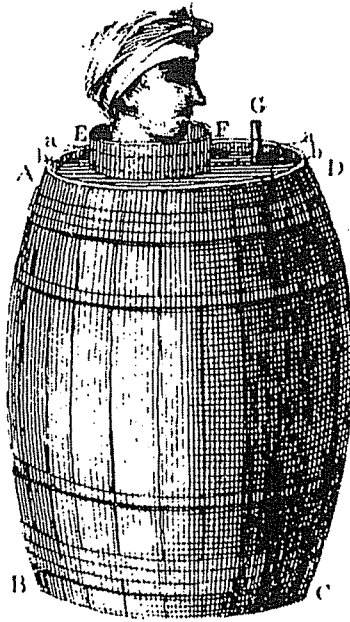


Bodyplethysmograph und Spirometer – beide haben ihn.

Warum dann Bodyplethysmographie?

Pneumologische Praxistage

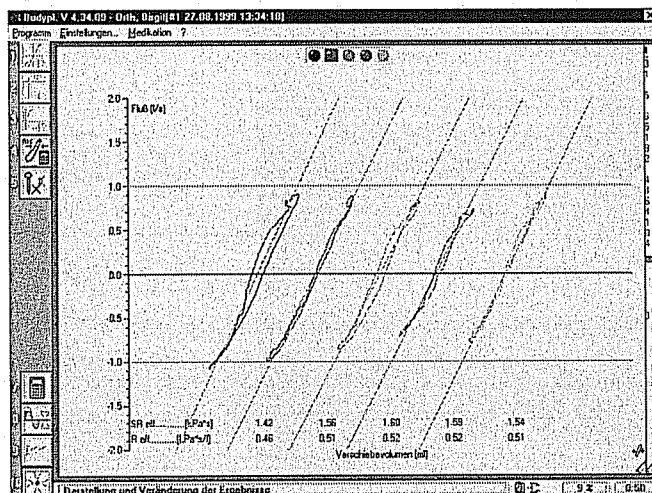
... was hat das damit zu tun?



Pneumologische Praxistage

Atemwegswiderstand

In erster Linie stellt der Atemwegswiderstand den Strömungswiderstand der zentralen Atemwege dar.

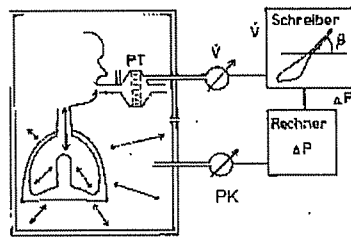


Je mehr Druck, d.h. Kraft, für einen bestimmten Atemstrom benötigt wird, desto größer ist der Widerstand.

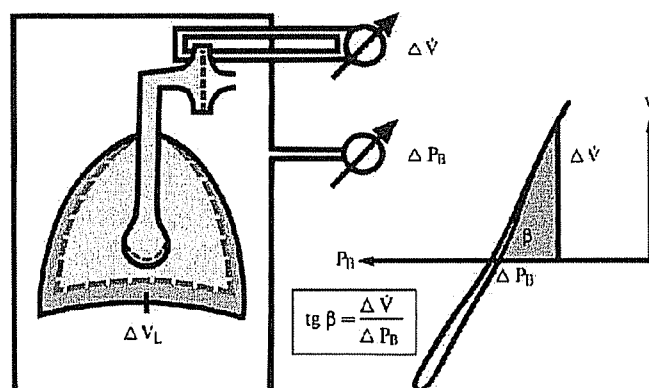
Pneumologische Praxistage

Atemwegswiderstand

- Der Atemwegswiderstand ergibt sich aus den Flussänderungen $\Delta \dot{V}$, die über einen Pneumotachographen gemessen werden, und den synchron über einen Druckwandler gemessenen Kammerdruckänderungen ΔP_K . (K
- Es gilt: $sRaw = K_p \times \Delta P_K / \Delta \dot{V}$ bzw. $\cotan \beta = \Delta P_K / \Delta \dot{V}$
(K_p =Eichfaktor, geräteabhängiger Kalibrierfaktor)

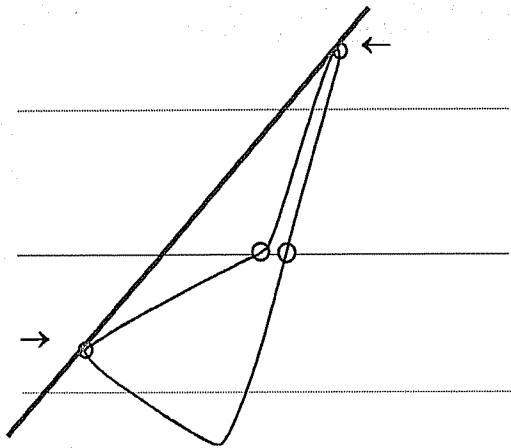


Atemwegswiderstand

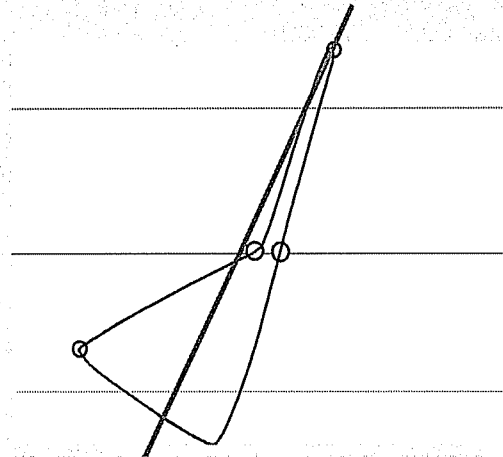


Primäre Messgröße der Atemschleifen ist der spezifische Atemwegswiderstand $sRaw$!

Atemwegswiderstand



sR_{tot} (nach Ulmer):
Verbindung der maximalen
Kabinendruckpunkte



sR_{eff} (nach Matthys):
Leitet sich aus der Fläche der
Atemarbeitskurve dividiert durch
die Fläche der F/V-Kurve der
Normalatmung ab

Pneumologische Praxistage



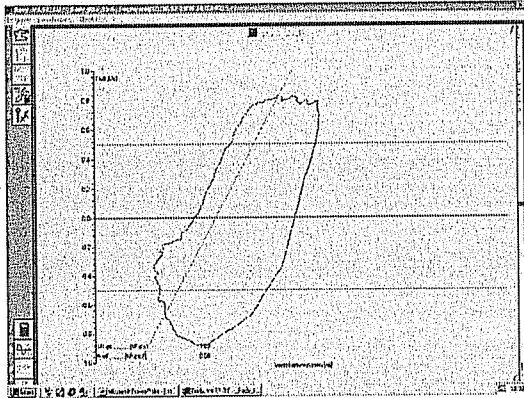
Bestimmung der Atemschleifen

- Die Atemzüge sollten weder zu tief (falsch hohe Widerstände) noch zu flach sein (ungenauere Messung)
- Gewisse Beschleunigung ist dagegen in der Regel angebracht.
- Bei Patienten mit schwergradiger Atemwegsobstruktion dürfen die Manöver nicht zu lange hingezogen werden
- Schleifenkompensation überprüfen, offene Schleifen bei Atemwegsgesunden zeigen eine inadäquate Kompensation an

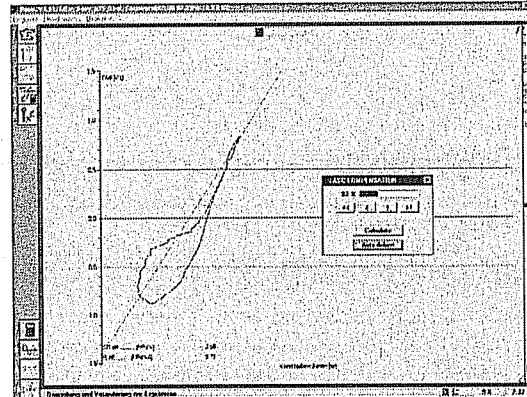
Pneumologische Praxistage



Schleifenkompensation



Korrektur zu gering



Korrektur optimal

Pneumologische Praxistage



Atemwegswiderstand

Laut Definition gibt der Raw den Druck an, der vom Patienten aufgebracht werden muss, um seinen Atemstrom zu erzeugen.

Er ist unabhängig davon, wie viel Volumen tatsächlich bewegt wird. Damit sagt der Raw nichts über die tatsächliche Atemarbeit aus.

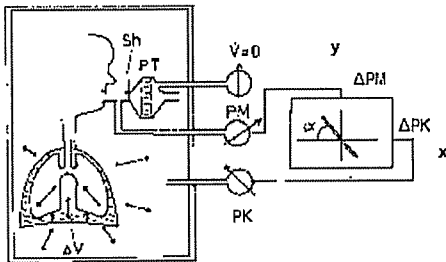
$$Raw = sRaw / ITGV$$

Pneumologische Praxistage



Intrathorakales Gasvolumen ITGV

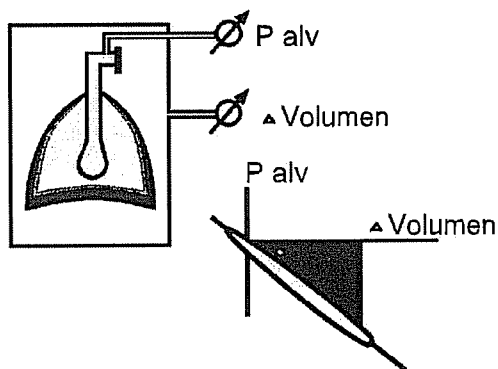
- Das ITGV oder auch FRC_{pleth} entspricht dem Luftvolumen, das nach normaler Expiration im Thorax verbleibt.
- Aus dem Verhältnis der während des Verschlusses gemessenen Druckänderung am Mund (ΔPM) und der Kammerdruckänderung (ΔPK) lässt sich das ITGV zum Zeitpunkt des Verschlusses ermitteln.



Dabei gilt:
 $\cotan \alpha = \Delta PM / \Delta PK$

Pneumologische Praxistage

Intrathorakales Gasvolumen ITGV



Boyle-Mariotte-Gesetz:

$$P \times V = \text{konstant}$$

Pneumologische Praxistage

Intrathorakales Gasvolumen ITGV

Nach vielerlei Einsetzen und Umstellen ergibt sich daraus:

$$FRC_{\text{pleth}} = K_V \times \left| \frac{\Delta V_{\text{box}}}{\Delta P_{\text{mouth}}} \right|$$

Das heißt: Eine gegebene Schwankung des Kabinendrucks entspricht einer damit ebenfalls gegebenen, aber gegenläufigen Volumenschwankung von Kabine und Lunge (ΔV_{box}). Die Volumenschwankung ruft bei einem kleinerem FRC_{pleth} eine größere Schwankung des Munddrucks (ΔP_{mouth}) und damit einen steileren Winkel der Verschlussdruckkurve hervor. Ebenso resultiert aus einem größeren FRC_{pleth} ein flacherer Winkel.

Pneumologische Praxistage

Praktische Durchführung der Verschlussdruckmessung

- Patient sollte ohne zusätzliche Kraftanstrengung gegen den Verschluss atmen und auf keinen Falle versuchen, diesen durch Saugen oder Pressen zu öffnen, Atemfrequenz sollte gleich der bei der Aufzeichnung der Atemschleifen sein
- Jedes Verschlussdruckmanöver sollte 2 bis 5 technisch zufriedenstellende Atemexkursionen umfassen, ohne Öffnung und Krümmung
- Empfehlung mindestens 3 Verschlüsse nacheinander ohne maximale Atemmanöver dazwischen

Pneumologische Praxistage

Expiratorisches Reservevolumen und Residualvolumen

- ITGV setzt sich zusammen aus dem expiratorischen Reservevolumen (ERV) und dem Residualvolumen (RV).
- Für die plausible Bestimmung des RV ist daher eine optimale und zeitnah zum Verschluss stattfindende Messung des ERV unerlässlich. Optimal heißt: Ausatmung über mindestens 6 Sekunden aber nicht forciert.

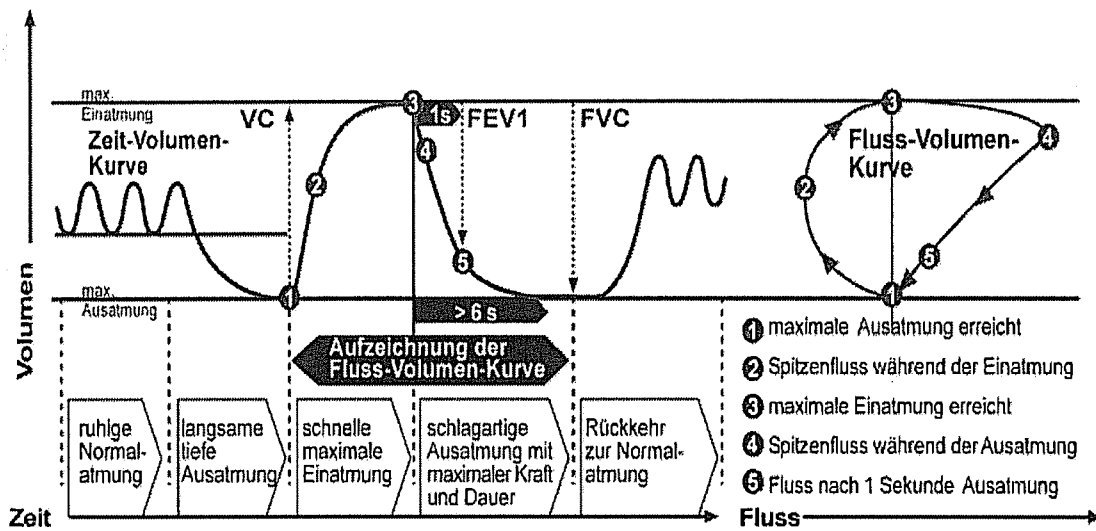


Die Spirometrie

- Die forcierten Atemmanöver der Spirometrie sollten stets am Ende der Bodyplethysmographie stattfinden.
- Das Optimum: Drei annähernd gleiche Spirometrikurven, daher Werte für FEV1 und FVC sollten um nicht mehr als 5% differieren.
- Den Patienten führen und motivieren!



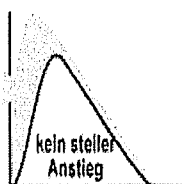
Ablauf der Spirometrie



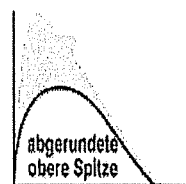
Pneumologische Praxistage

Fehlerzeichen in der Fluss-Volumen-Kurve

zögerlicher Start der Ausatmung



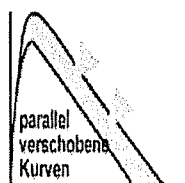
geringe Anstrengung



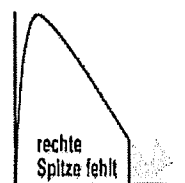
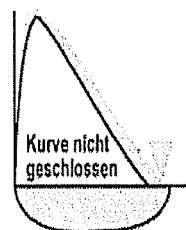
Husten während der Ausatmung



vorher nicht maximal eingeatmet



unvollständige Ausatmung & frühzeitiger Abbruch der Ausatmung



Pneumologische Praxistage

Ursachen für offene Fluss-Volumen-Kurven

Unvollständige Ausatmung

- **Maßnahme:** Patienten bitten, so lange wie möglich auszuatmen.

Undichtigkeit am Mundstück.

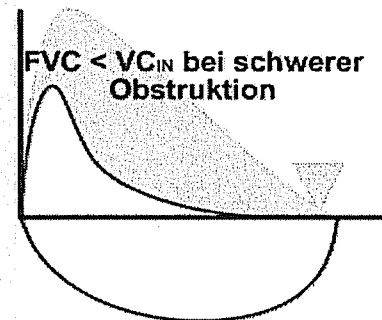
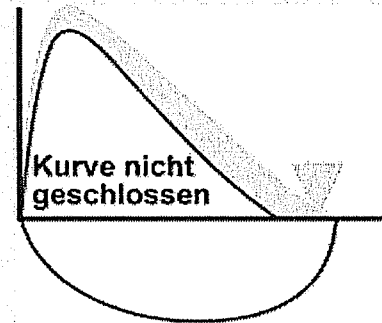
- **Maßnahme:** Patienten die richtige Position des Mundstücks erklären

fehlerhafte Kalibration

- **Maßnahme:** Patient soll bei erneuter Messung erst nach der automatischen Nullpunkt-Kalibration ans Mundstück gehen. Falls der Fehler weiterhin auftritt, ist die Volumen-Kalibration zu wiederholen

Schwere Obstruktion mit $FVC < VC_{IN}$

- In diesem Fall liegt kein Fehler vor. Der fehlende Kurvenschluss entsteht dadurch, dass bei forcierter Ausatmung weniger Luft ausgeatmet werden kann als in Ruhe. **Kennzeichen:** flacher Verlauf am Ende der Ausatmung

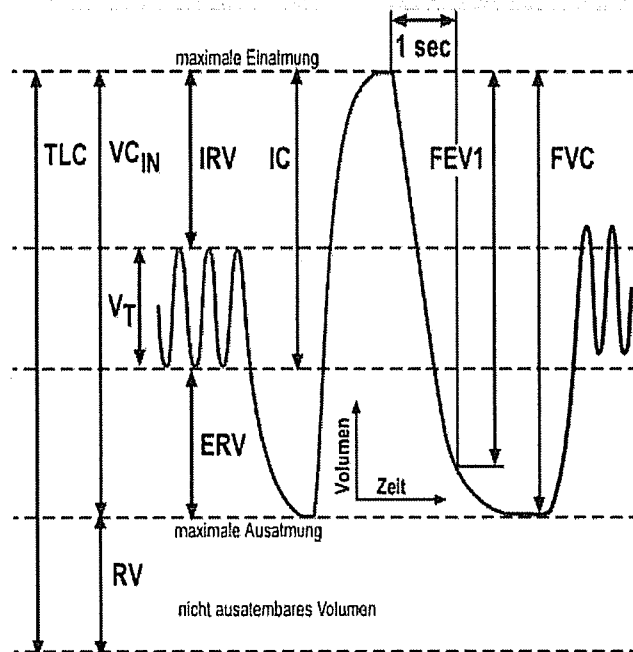


Welche Parameter werden gemessen?

- VC_{IN} = inspiratorische Vitalkapazität (Summe $VT + IRV + ERV$)
- V_T = Atemzugvolumen
- IRV = inspiratorisches Reservevolumen
- ERV = expiratorisches Reservevolumen
- IC = inspiratorische Kapazität
- FEV_1 = forciertes expiratorisches Ein-Sekunden-Volumen

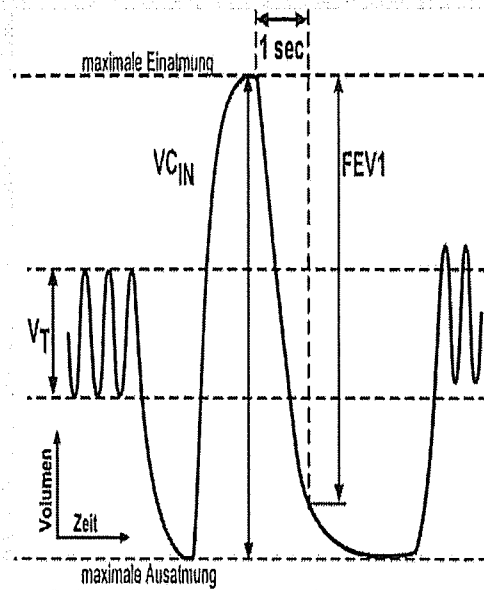
Nicht gemessen werden

- RV = Residualvolumen, nicht ausatembares Volumen
- TLC = totale Lungenkapazität



Der Tiffeneau-Index ($FEV1\%VC_{IN}$) als Kriterium einer Obstruktion

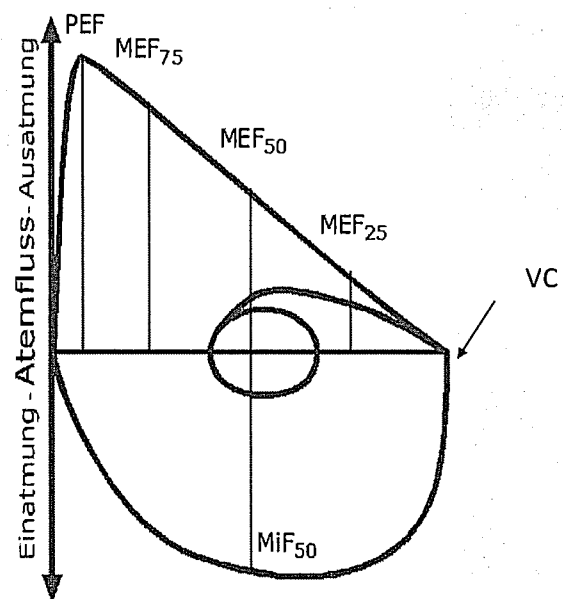
- 1947 wurde von Tiffeneau die **relative Einsekundenkapazität** d.h. der Quotient $FEV1:VC_{IN}$ eingeführt. Dieser Quotient wird auch heute noch zur Beurteilung einer spirometrischen Untersuchung verwendet.
- $FEV1\%VC_{IN} < 70\%$ wird häufig als Kriterium für eine **obstruktive Lungenerkrankung** verwendet. $FEV1$ dient meist dazu, den Schweregrad der Obstruktion zu klassifizieren.
- Abweichend von dieser ursprünglichen Definition wird häufig der Quotient $FEV1/FVC$ verwendet. FVC kann bei schweren Obstruktionen bis zu 1 Liter kleiner sein als VC_{IN} .



Pneumologische Praxistage

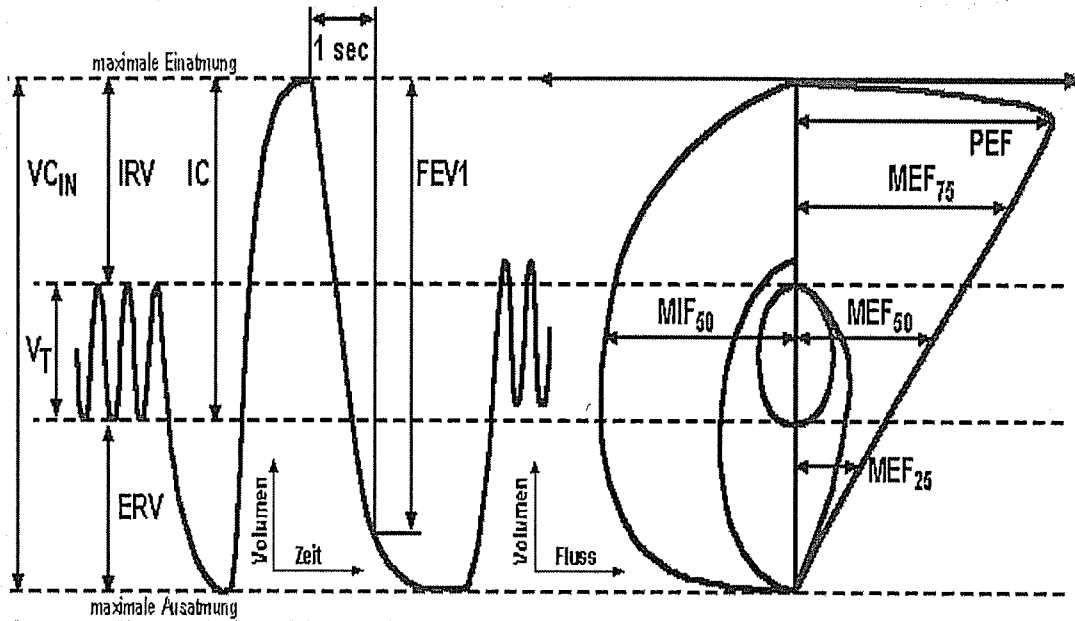
Die wichtigsten Messparameter der Fluss-Volumen-Kurve

- **MEF₇₅** Maximaler expiratorischer Fluss bei noch 75% auszuatmender Vitalkapazität
- **MEF₅₀** Maximaler expiratorischer Fluss bei noch 50% auszuatmender Vitalkapazität
- **MEF₂₅** Maximaler expiratorischer Fluss bei noch 25% auszuatmender Vitalkapazität
- **PEF** Peak-flow; Maximaler expiratorischer Spitzenfluss bei forcierter Ausatmung nach maximaler Einatmung, gemessen am Mund.
- **MIF₅₀** Maximaler inspiratorischer Fluss bei forcierter Einatmung bei noch 50% einzuatmender Vitalkapazität



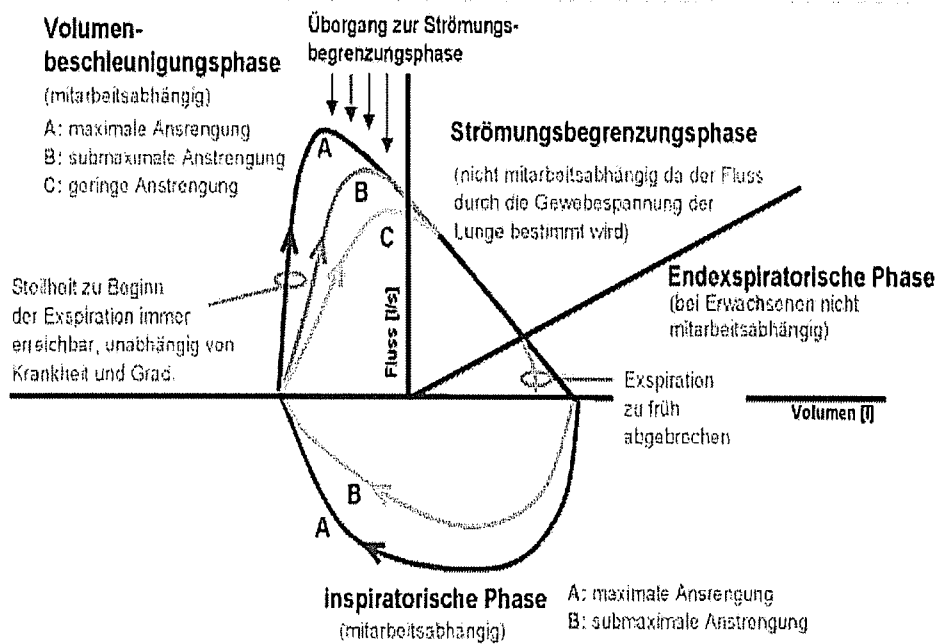
Pneumologische Praxistage

Vergleich: Zeit-Volumen-Kurve und Fluss-Volumen-Kurve



Pneumologische Praxistage

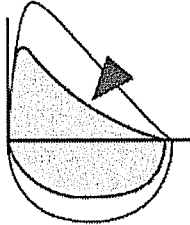
Mitarbeitsabhängigkeit der Fluss-Volumen-Kurve



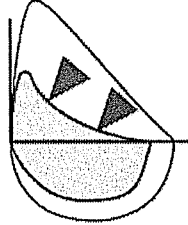
Pneumologische Praxistage

Blickdiagnosen aus der Fluß-Volumenkurve

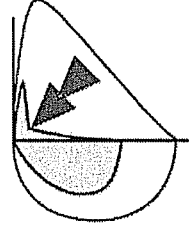
leichte Obstruktion
z.B. Asthma, COPD



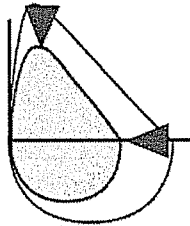
deutliche Obstruktion
z.B. Asthma, COPD



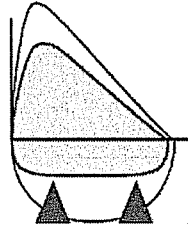
Atemwegskollaps
z.B. Emphysem



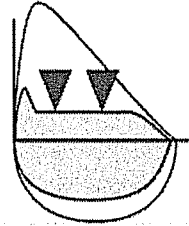
Restriktion
z.B. Lungenfibrose



variable extrathorakale Stenose
z.B. Stimmband-Lähmung



variable intrathorakale Stenose
z.B. Tracheomalazie



Pneumologische Praxistage

