

Musterlösung Atemvolumina

Bitte ausdrucken, ausfüllen und zusammenheften!

Datum:

Name:

Vorname:

KGr:

Email-Adresse:

Zu 1.1 und 1.2:

- Messen Sie aus den Spirogrammen folgende Parameter: ERV, IRV, VC_E , VC_I , FEV1 und tragen Sie alle Werte in die Tabelle P2 ein.
- Jede Größe ist als arithmetisches Mittel aus 3 nacheinander durchgeführten Messungen zu bestimmen und auf Körperbedingungen (BTPS)¹ umzurechnen, d.h. die gemessenen Werte werden auf BTPS-Bedingungen korrigiert:

$$V_{BTPS} = k_{BTPS} * V_{Glocke}$$

k_{BTPS} : Normierungsfaktor

V_{Glocke} : bei Raumtemperatur gemessenes Volumen in der Spirometerglocke

- Ermitteln Sie den Sollwert für VC anhand der unter 1.1.3 angegebenen Sollwertformel und vermerken diesen in Tabelle P2.

$$6,103 \times 1,75m - 0,028 \times 24 \text{ Jahre} - 4,654 = 5,35$$

- Vergleichen Sie die bei simulierter Obstruktion ermittelten Werte für ERV, IRV, VC_E , VC_I , FEV1 mit den unter Normalbedingungen ermittelten Werten (in % dieser Werte angeben). Schätzen Sie den simulierten Schweregrad anhand Tabelle P1 ein und vermerken diesen in Tabelle P2.

Diagnostische Grenze	FEV1rel (in % von VC)
Normal	$\geq 80 \%$
Verdacht	75 – 80 %
Leichte Obstr.	65 – 75 %
Mittelgradige Obstr.	50 – 65 %
Schwere Obstr.	$< 50 \%$

Tabelle P1: Schweregrad der Obstruktion

- Welcher Unterschied besteht zwischen der simulierten Obstruktion gegenüber realen obstruktiven Atemwegserkrankungen (im Anfangsstadium)? Welche Parameter (PEF, MEF 75/50/25) sind jeweils verändert?

Bei *simulierter* Obstruktion ist die Verengung der Atemwege schon im Mundbereich. → v.a. PEF ist stark herabgesetzt, MEF 75 und MEF 50 sind ebenfalls verringert.

Beachten Sie hierzu die drastische Verringerung des PEF in der gemessenen Kurve (zu 1.3)!

Im Gegensatz dazu ergibt sich bei *realer* obstruktiver Ventilationsstörung im Anfangsstadium eine konkave Form der Expirationskurve, durch Behinderung der Atemwege zuerst in den kleinsten Bronchiolen. → MEF 25 ist verringert, erst bei fortschreitender Obstruktion sind auch die anderen Flusswerte (MEF 50, MEF 75 bzw. PEF) erniedrigt.

¹ BTPS: Body Temperature, Pressure, Saturated = Körpertemperatur, Luftdruck, Wasserdampfsättigung bei 37°C.

Datum:	12.08.2020	Vp-Geschlecht:	männlich		
Raumtemp:	24°C	Vp-Alter:	24 Jahre		
Luftdruck:	754 mmHg	Vp-Größe:	175 cm		
BTPS-Faktor (k_{BTPS}):	1,0802	Vp-Gewicht:	62 kg		
Spirometrie-Ergebnisse unter Normalbedingungen					
	ERV	IRV	VCE	VCI	FEV1
Wert 1 [cm]	6,4	10,9	19	18,7	14,8
Wert 2 [cm]	8,2	11,1	19,2	18,4	14,2
Wert 3 [cm]	8,8	9,6	19,2	18,6	15,5
Mittelwert [Liter]	2,34	3,16	5,74	5,57	4,45
Mittelwert (BTPS korrigiert)	2,53	3,41	6,2	6,02	4,807
in % der Vitalkapazität (VC)	40,8 %	55 %	-----		77,5 %
Sollwert VC [Liter]	-----	-----	5,35		-----
Spirometrie-Ergebnisse unter simulierter Obstruktion					
Schweregrad (normal ... schwere Obstr.): schwere Obstruktion (22,8%)					
	ERV	IRV	VCE	VCI	FEV1
Wert 1 [cm]	8,3	10,2	18,5	16,8	3,6
Wert 2 [cm]	7,9	9,5	18,8	17,3	4,3
Wert 3 [cm]	8,4	9,9	19,1	17	5,0
Mittelwert [Liter]	2,46	2,96	5,64	5,1	1,29
Mittelwert (BTPS korrigiert)	2,66	3,2	6,1	5,5	1,39
in % der VC (simul. Obstruktion)	43,6 %	52,5 %	-----		22,8 %
in % vom jeweiligen Mittelwert unter Normalbedingung	108,1 %	93,8 %	98,3 %	91,7 %	29 %

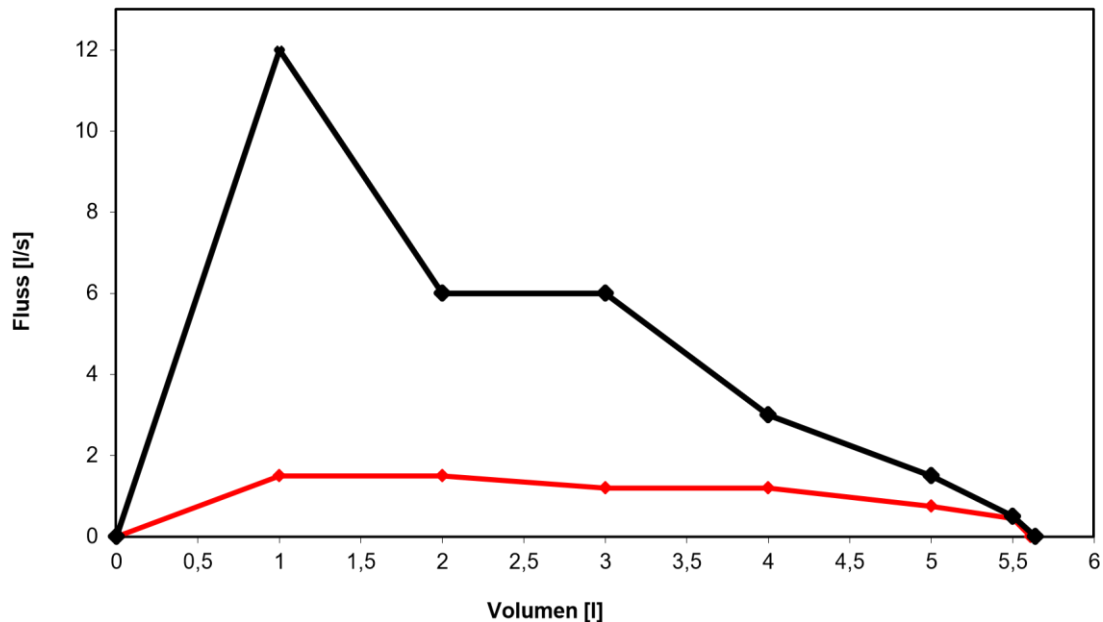
Tabelle P2: Ergebnisse der Glockenspirometrie

Zu 1.3:

- Füllen Sie die Tabelle P3 aus.

normal				mit Stopfen			
V [l]	ΔV [l]	Δt [s]	V [l/s]	V [l]	ΔV [l]	Δt [s]	V [l/s]
1	0,6	0,05	12	1	0,6	0,4	1,5
2	0,3	0,05	6	2	0,3	0,2	1,5
3	0,3	0,05	6	3	0,3	0,25	1,2
4	0,3	0,1	3	4	0,3	0,25	1,2
5	0,3	0,2	1,5	5	0,3	0,4	0,75
5,5	0,3	0,6	0,5	5,5	0,3	0,66	0,45
5,64	–	–	0	5,61	–	–	0

Tabelle P3: Werte für das Fluss-Volumen Diagramm □ Konstruieren Sie ein Fluß-Volumen-Diagramm der forcierten Expiration aus Ihrem Spirogramm unter Normalbedingungen und bei simulierter Obstruktion. Nutzen Sie hierfür die Werte aus Tabelle P3 und die Anleitung unter 1.3!



Zu 2:

- Übertragen und vergleichen Sie die Ergebnisse aus Glockenspirometer-Messungen (Normal-Werte aus Tabelle P2) und Pneumotachograph („Best“-Werte aus den PDFs „Spirometrie“ und „Fluss_Volumen“) in Tabelle P4. Abweichungen von etwa 10% zwischen den Methoden sind als normal anzusehen.

	Glockenspirometer	Pneumotachograph
ERV	2,53	2,69
IRV	3,41	2,86
VCE	6,2	6,05
VCI	6,02	6,25
FEV1	4,807	4,91

Tabelle P4: Vergleich der Ergebnisse aus Glockenspirometer-Messungen und Pneumotachographie

Die durch Glockenspirometrie und Pneumotachographie gewonnenen Werte sind weitgehend identisch. Abweichungen treten beim IRV auf. Generell sollte das IRV (um etwa 1 bis 1,5 Liter) größer als das ERV sein, was insbesondere aus der pneumotachographischen Messung nicht hervorgeht. Die Ursache könnte eine unmittelbar vor dem Atemmanöver bereits vertiefte „Ruheatmung“ sein, die von der unbeeinflussten (außerhalb der Testung stattfindenden) Ruheatmung abweicht.

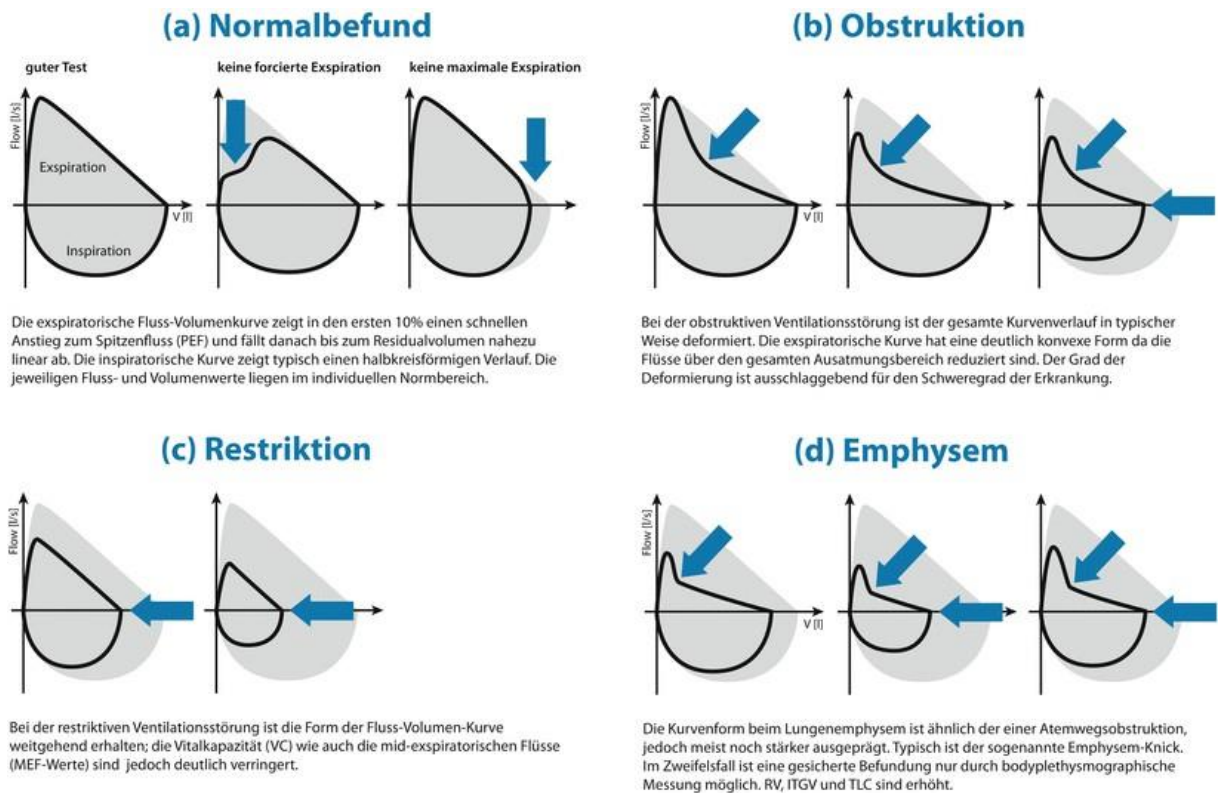
- Skizzieren Sie grob den typischen Verlauf der Fluss-Volumen-Kurve bei einer obstruktiven sowie bei einer restriktiven Ventilationsstörung! Zeichnen Sie zur Verdeutlichung jeweils den Normalverlauf mit ein.

Obstruktion:

Bei der simulierten Obstruktion (siehe Tabelle P2) sind ERV, IRV und VC nahezu unverändert. Diagnostisches Merkmal ist die Verringerung des FEV1-Werts ($FEV1_{rel}$) (siehe Tabelle P1). Bei realer Obstruktion ist zunächst meist MEF25 verringert (wenn vor allem die kleinsten Atemwege betroffen sind, wie es typisch für COPD ist). Bei fortgeschrittenen Zuständen nehmen dann auch MEF50, MEF75, PEF und VC ab (siehe Abbildung (b) unten).

Restriktion:

Bei einer Restriktion ist stets die VC erniedrigt, während die Form der Atemkurve weitgehend erhalten bleibt (siehe Abbildung (c) unten).



Quelle: Buess C., Schlegelmilch R.M., Kramme R. (2017) Lungenfunktionsdiagnostik. In: Kramme R. (eds) Medizintechnik. Springer Reference Technik. Springer, Berlin, Heidelberg.

- Nennen Sie Beispiele obstruktiver und restriktiver Atemwegserkrankungen / -einschränkungen!

Obstruktion:

- Asthma bronchiale
- Bronchitis
- chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD), „Endstadium“
- Mukoviszidose
- Tumore
- Fremdkörper oder Sekret in Atemwegen
- Sonderform: Lungenemphysem

Restriktion:

- Lungenfibrose (Interstitielle Lungenerkrankungen)
- Verlust von Lungengewebe
- Verwachsungen der Pleura, Pleuraergüsse
- Skoliose (verminderte Beweglichkeit des Thorax)
- Tumore
- „physiologisch“/reversibel: Schwangerschaft, Übergewicht

Zu 3:

Lesen Sie den Abschnitt „Informationen zum Ganzkörperplethysmographen und zur Bestimmung der Diffusionskapazität“ und beantworten Sie folgende Fragen:

- Die Strömungsverhältnisse in welchen Atemwegen werden durch die Messung der Resistance (R; Atemwegswiderstand) bzw. des FEV1 vorrangig erfasst?

Der Atemwegswiderstand wird hauptsächlich durch die oberen Atemwege bestimmt (bis 7. Generation, Bronchien), währenddessen FEV1 durch Verengungen aller Atemwege (unabhängig von der Generation) verringert werden kann. Verengungen der kleinen Atemwege (terminale Bronchien und Bronchiolen) werden durch FEV1 gut angezeigt; der Atemwegswiderstand ist hierfür wenig sensitiv.

- Warum tragen die kleinen Atemwege (Bronchioli) bei Ruheatmung wenig zum Atemwegswiderstand bei?

Der Atemwegswiderstand wird hauptsächlich von den Strömungsverhältnissen in den großen Atemwegen bestimmt, da der Beitrag der kleinen Atemwege (Bronchiolen) durch Zunahme des Gesamtquerschnittes gering ist (s. 2. Kirchhoff'sche Regel: R_{ges} bei parallelgeschalteten Bronchiolen:

$$1/R_{ges} = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n).$$

- Warum eignet sich Kohlenmonoxid (CO) zur Bestimmung der Diffusionskapazität der Lunge, und warum nimmt man nicht direkt Sauerstoff?

CO tritt genauso wie Sauerstoff von der Lunge ins Blut über. Die Diffusionskapazität D_{LCO} entspricht etwa der D_{LO_2} . Infolge der hohen Affinität (> 200 fach gegenüber Sauerstoff) und der schnellen Reaktion mit Hämoglobin hängt die Bindung nicht von der Durchblutungsrate der Lunge ab.

CO eignet sich gut zur Bestimmung der Diffusionskapazität, da dieses Gas in der Atemluft normalerweise nicht vorhanden ist und damit definierte Mengen eingeatmet werden können und aus der Differenz zur CO-Konzentration in der Ausatemluft die Menge an diffundiertem Gas bestimmt werden kann.

Sauerstoff ist ungeeignet, da im Residualvolumen immer noch geringe Mengen an O_2 vorhanden sind (ca. 200 ml; berechenbar aus alveolärer O_2 -Konzentration * RV).

- Nennen Sie Beispiele für Erkrankungen bzw. pathologische Zustände, bei denen D_{LCO} verringert ist!

Verringerung der D_{LCO} ist ein Hinweis auf Diffusionsstörungen, die z.B. verursacht werden durch:

- Verdickung der Alveolarwand → Vergrößerung der Diffusionsstrecke (Lungenfibrose, Alveolitis, Ödeme)
- Verkleinerung der Austauschfläche (Lungenemphysem, Resektion eines Lungensegmentes)

- **Veränderte O₂-Transportkapazität: kapilläres Blutvolumen, Hb-Konzentration**
Beispiel: Verringerte O₂-Transportkapazität bei Hämoglobinmangel: weniger Sauerstoff kann gebunden werden, folglich ist das Hb schon bei geringeren O₂-Mengen gesättigt. Damit erreicht der pO₂ im Plasma den Wert von 100 mmHg und damit Gleichheit mit dem alveolären O₂-Partialdruck bereits bei geringerer O₂-Konzentration im Blut.