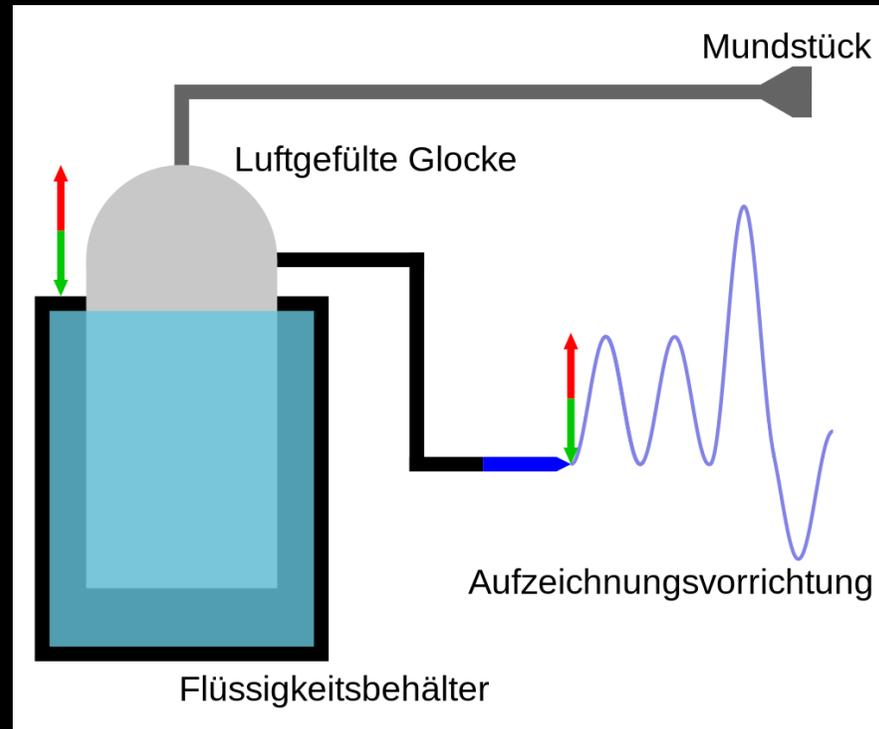


# Lungenfunktion: Indikation, Interpretation



**Univ. Prof. Dr. Mehrdad Baghestanian**

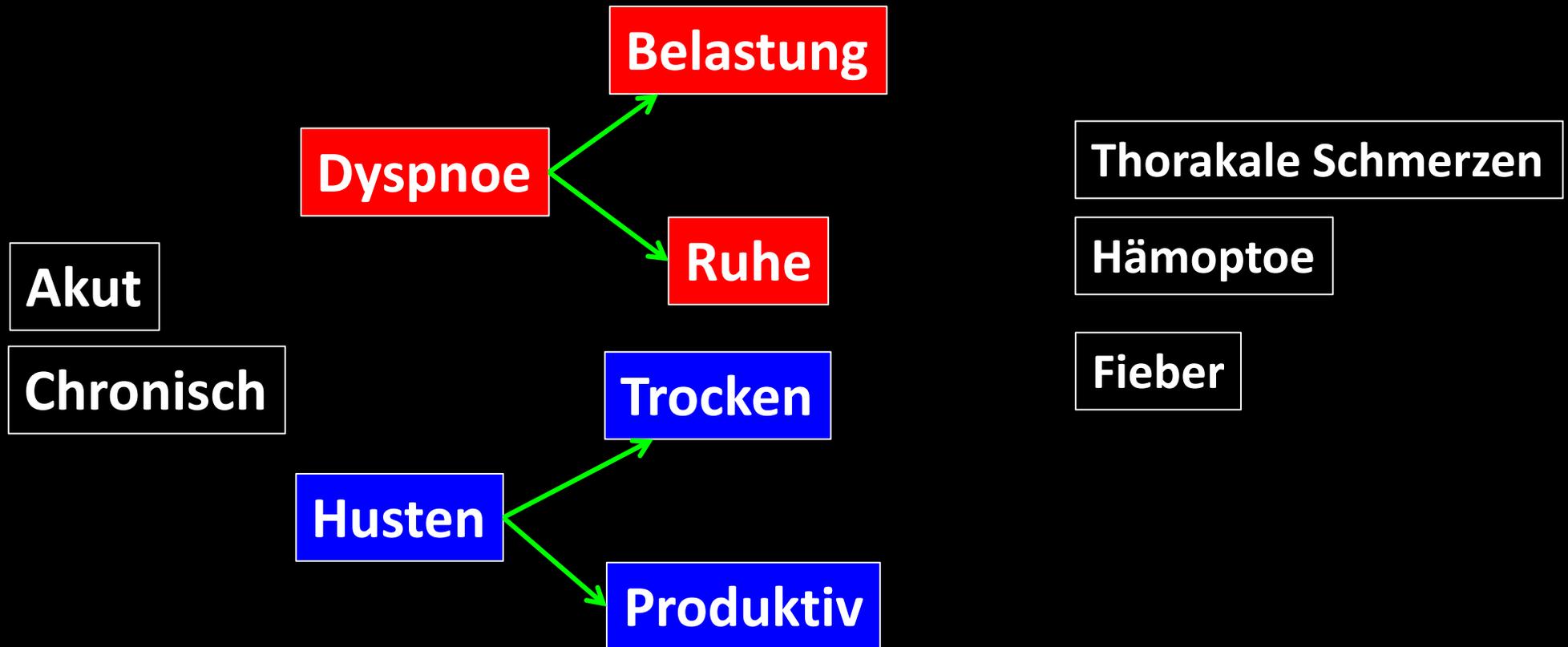
*Klinische Abteilung für Pulmologie*

*Univ.-Klinik für Innere Medizin II,*

# Diagnostische Verfahren in der Pulmologie

- Anamnese

- Physikalische Untersuchung



# Diagnostische Verfahren in der Pulmologie

- Anamnese

- Physikalische Untersuchung

## Morphologische Beurteilung

- Lungenröntgen

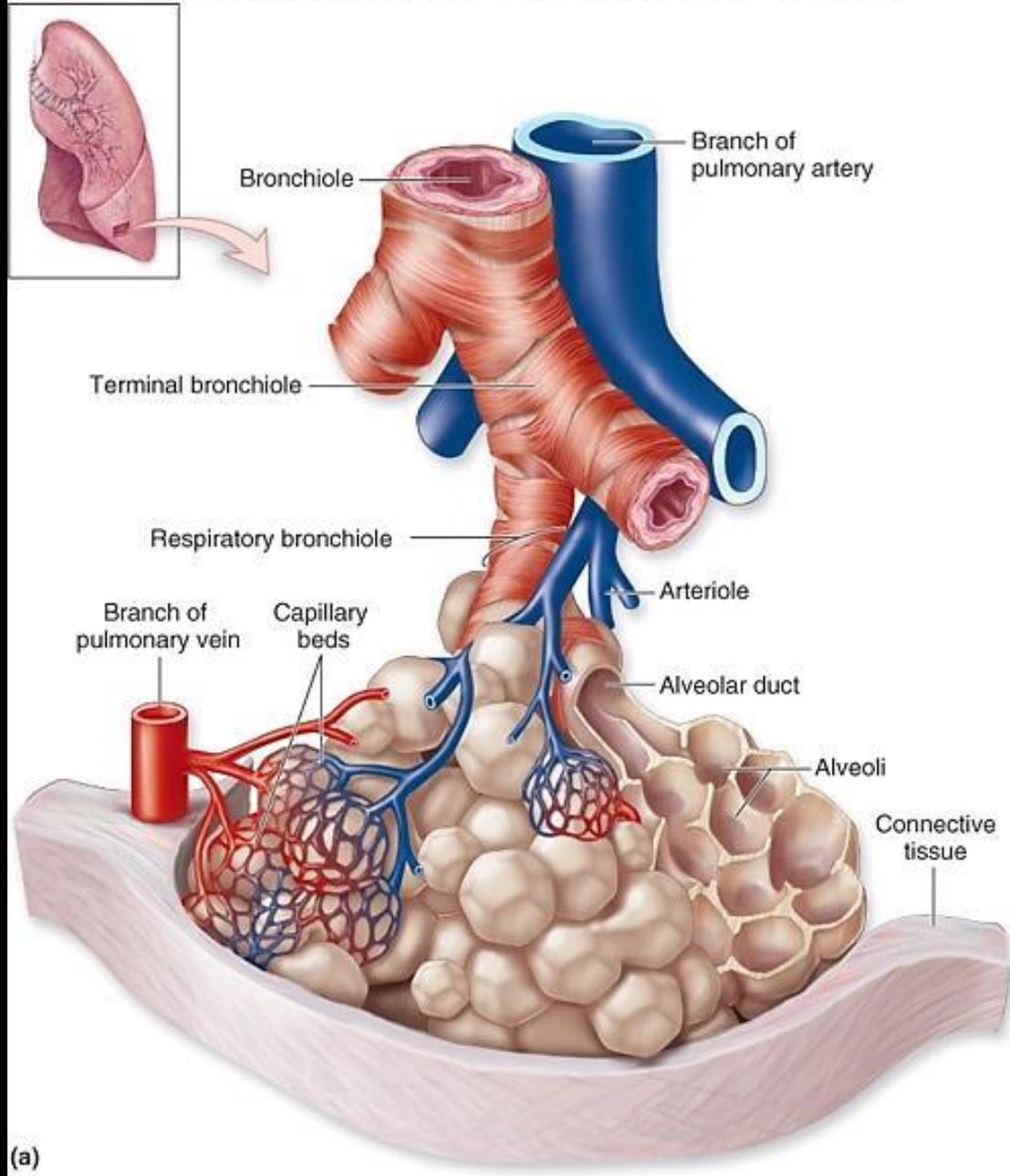
- CT-Thorax

## Funktionelle Untersuchung

- Spirometrie/  
• Body Plethysmografie

- Spiroergometrie

- (Arterielle)  
Blutgas-Analyse



# Spirometrie

Die Registrierung (= Spirografie) & Messung der **ventilatorisch mobilisierbaren Atemvolumina.**

- i) Betrifft nicht das gesamte Lungenvolumen
- ii) Der apparative Aufwand ist gering →

**Die kleine Lungenfunktionsprüfung**

# Bodyplethysmografie

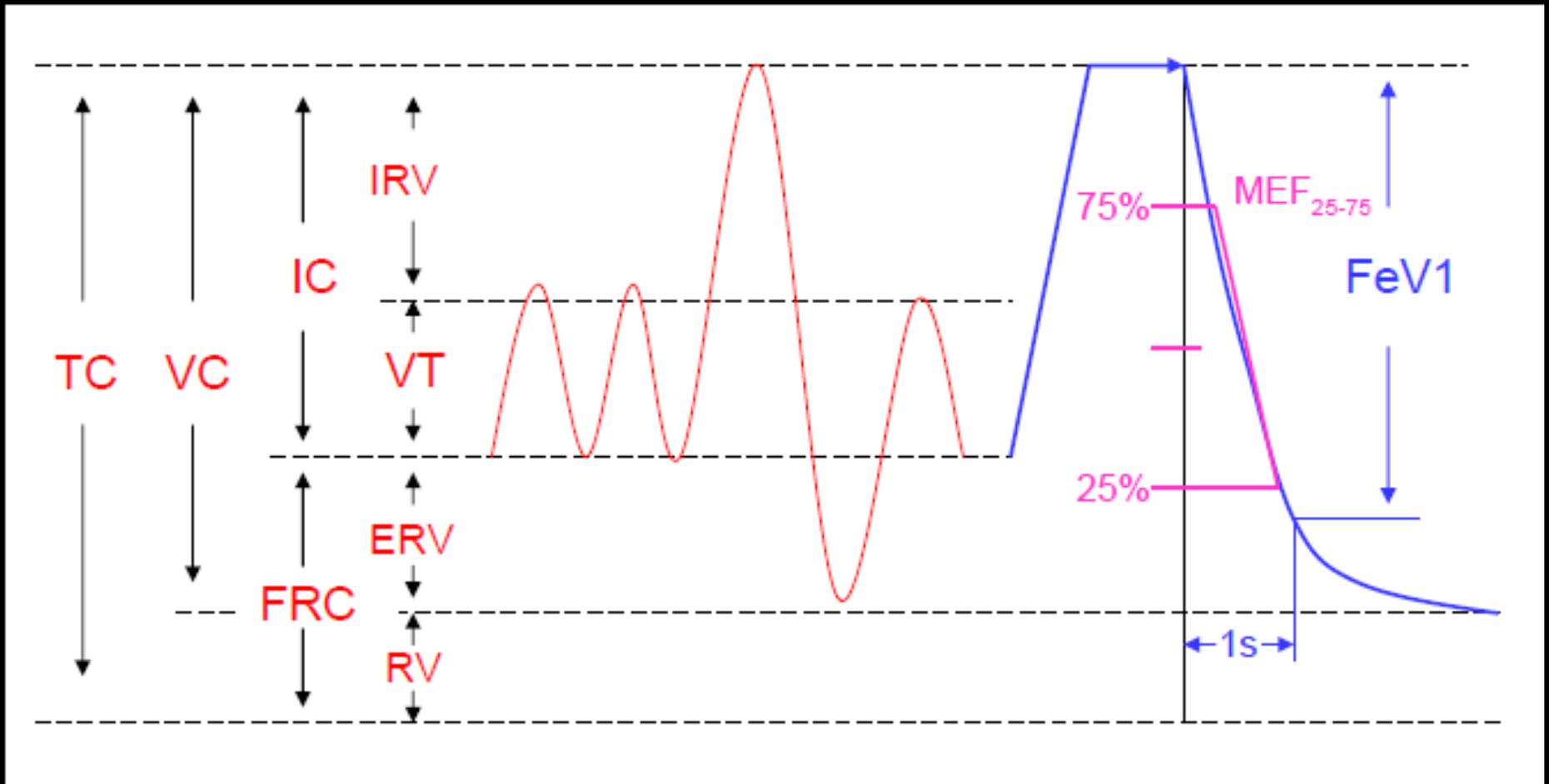
Eine Methode, um **die gesamte** zum Zeitpunkt der Messung im Thorax befindliche **Luftmenge** zu bestimmen, also inklusive des **Residualvolumens**.

Eine **luftdichte Kammer** mit bekanntem Volumen und einer Vorrichtung zur Druckmessung in der Kammer, in der der Proband angeschlossen an einen Messkopf sitzt.



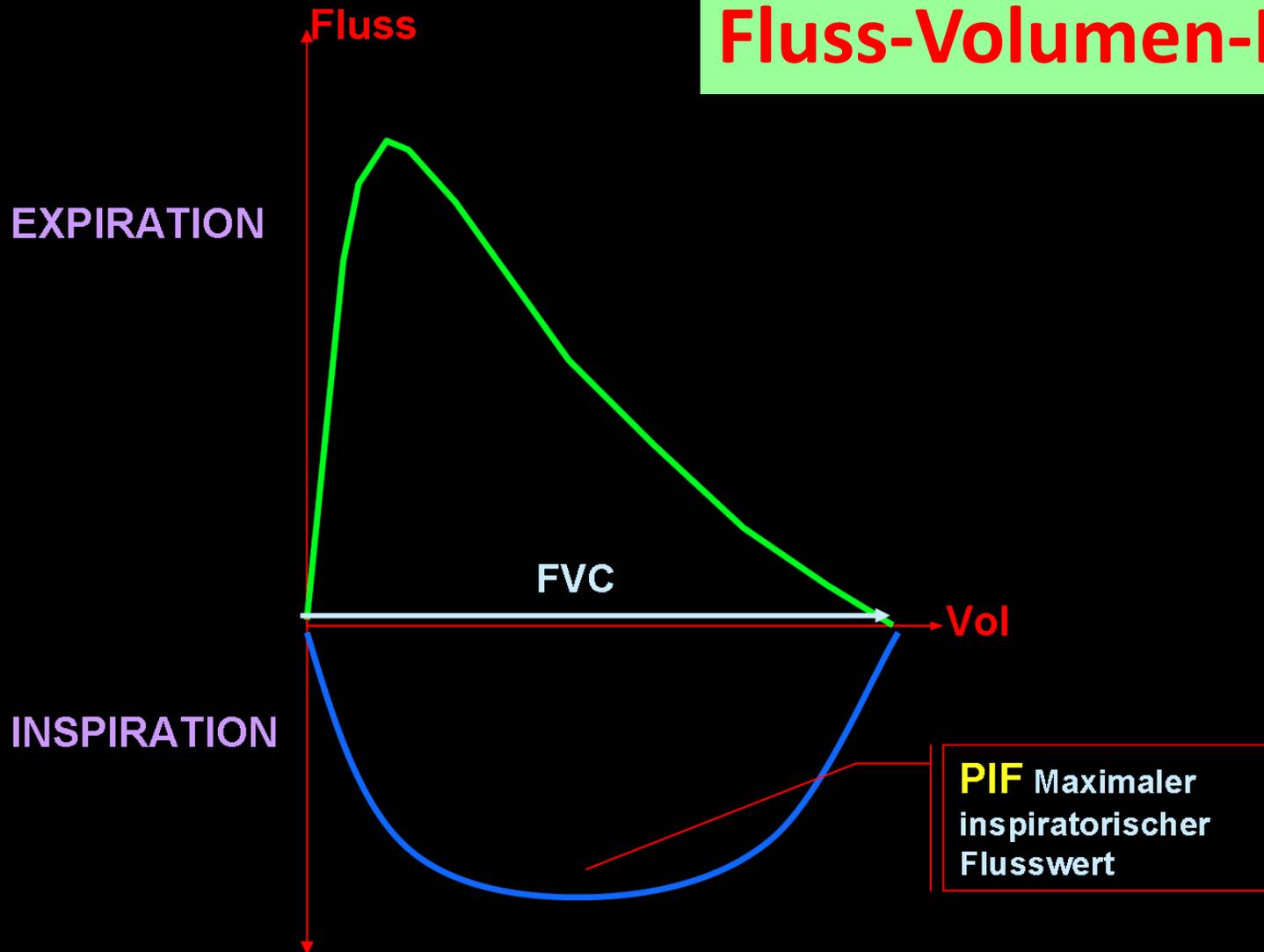
# Darstellungsmöglichkeiten

## Zeit-Volumen-Kurve



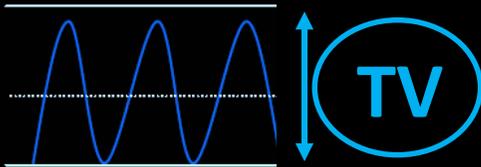
# Darstellungsmöglichkeiten

## Fluss-Volumen-Kurve



# Statische Lungenvolumina

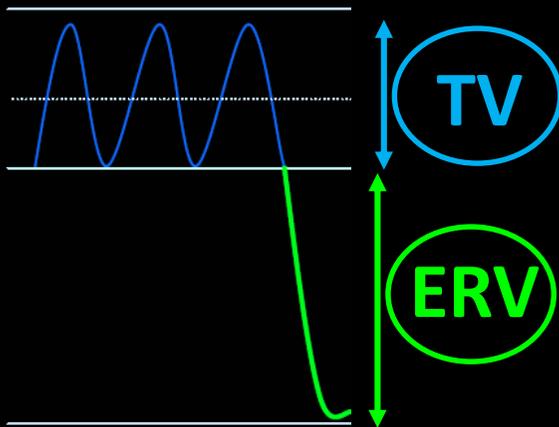
TV: Atemzugvolumen



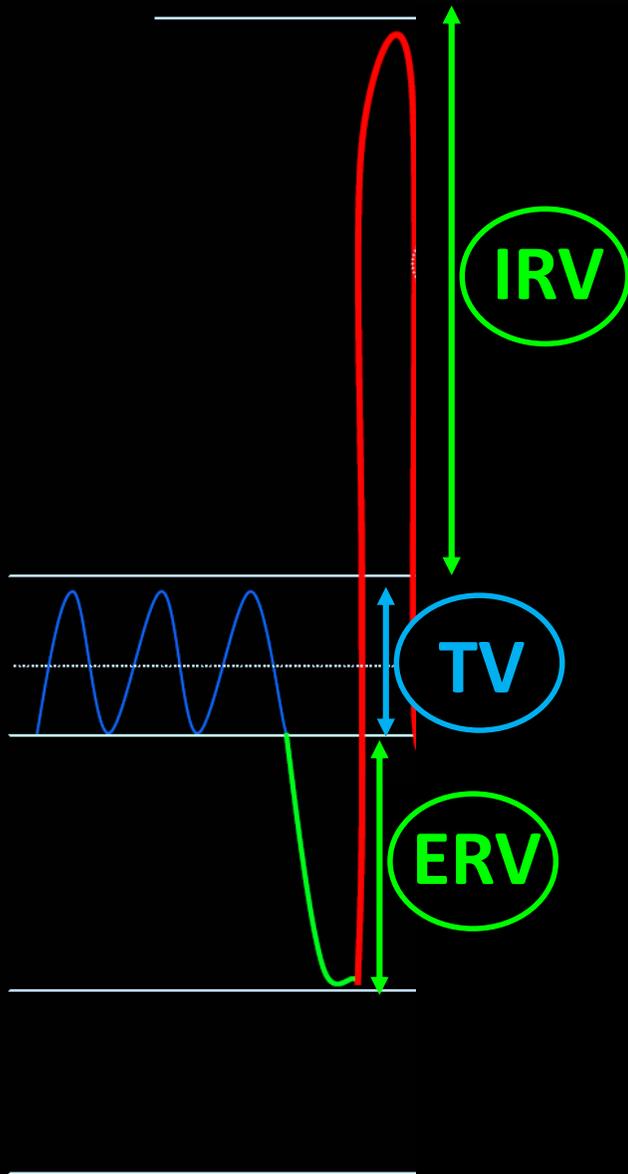
# Statische Lungenvolumina

**TV:** Atemzugvolumen

**ERV:** Exsp. Res. Volumen



# Statische Lungenvolumina

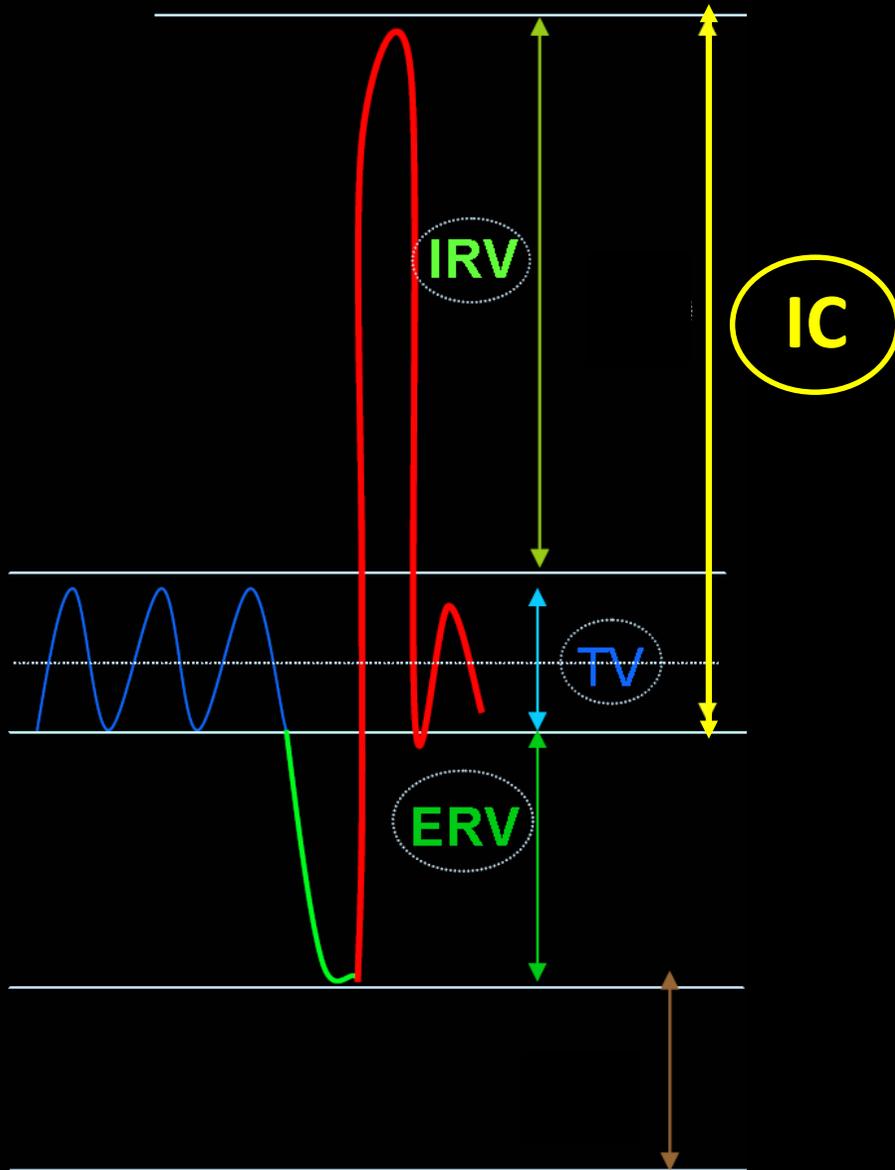


**TV:** Atemzugvolumen

**ERV:** Exsp. Res. Volumen

**IRV:** Insp. Res. Volumen

# Statische Lungenvolumina



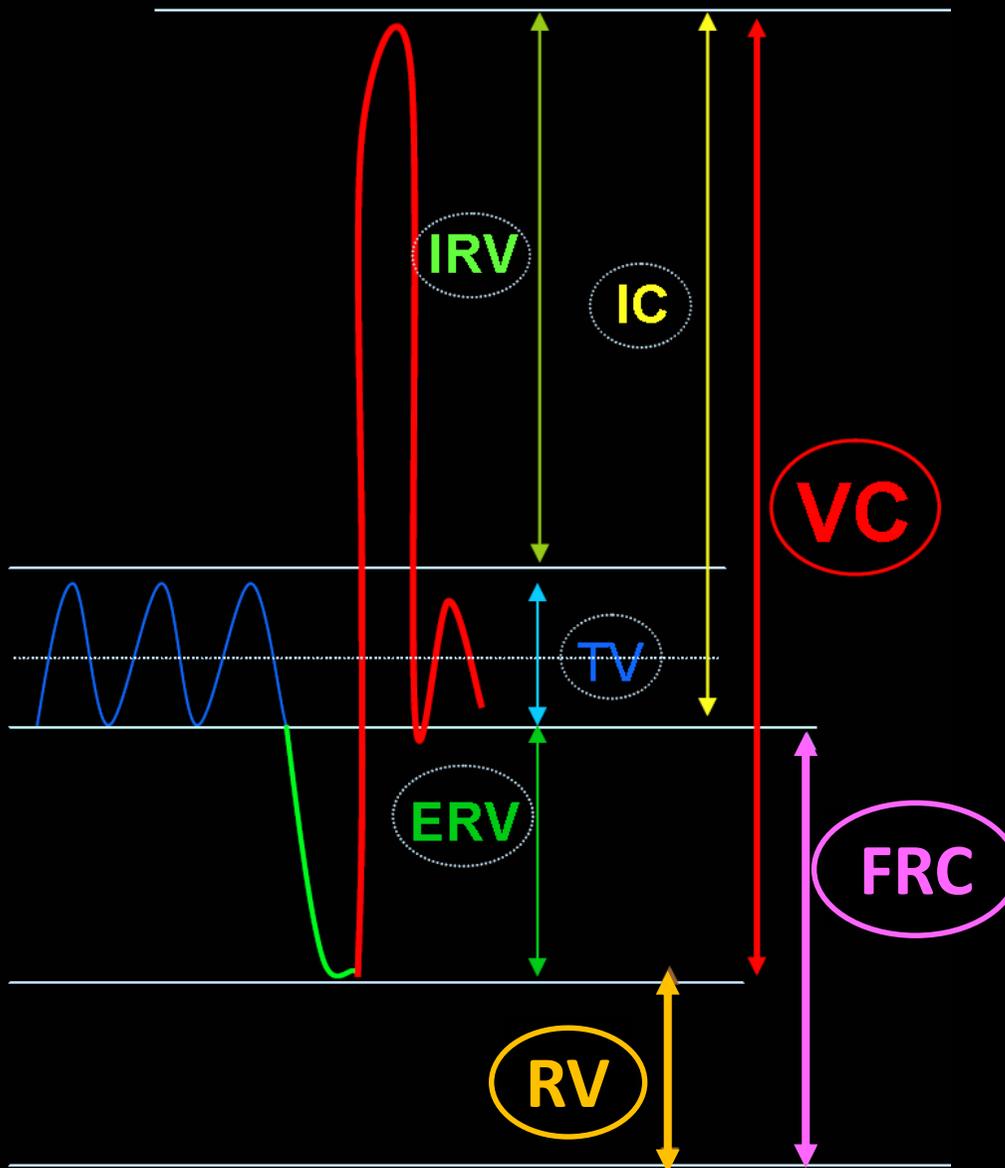
**TV:** Atemzugvolumen

**ERV:** Exsp. Res. Volumen

**IRV:** Insp. Res. Volumen

**IC:** Insp. Kapazität

# Statische Lungenvolumina



**TV:** Atemzugvolumen

**ERV:** Exsp. Res. Volumen

**IRV:** Insp. Res. Volumen

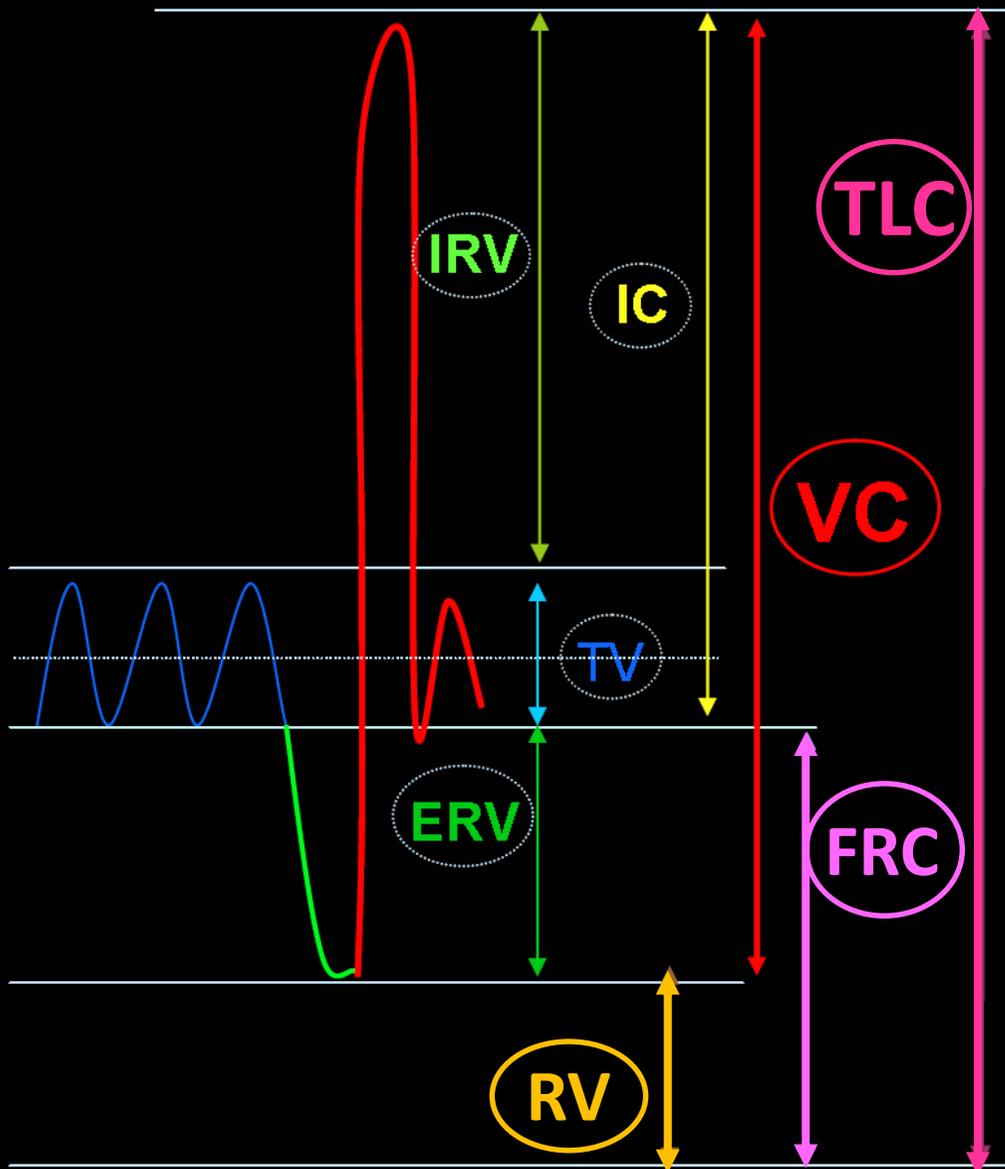
**IC:** Insp. Kapazität

**VC:** Vital Kapazität

**RV:** Residualvolumen

**FRC:** Funkt. Residualkapazität

# Statische Lungenvolumina



**TV:** Atemzugvolumen

**ERV:** Exsp. Res. Volumen

**IRV:** Insp. Res. Volumen

**IC:** Insp. Kapazität

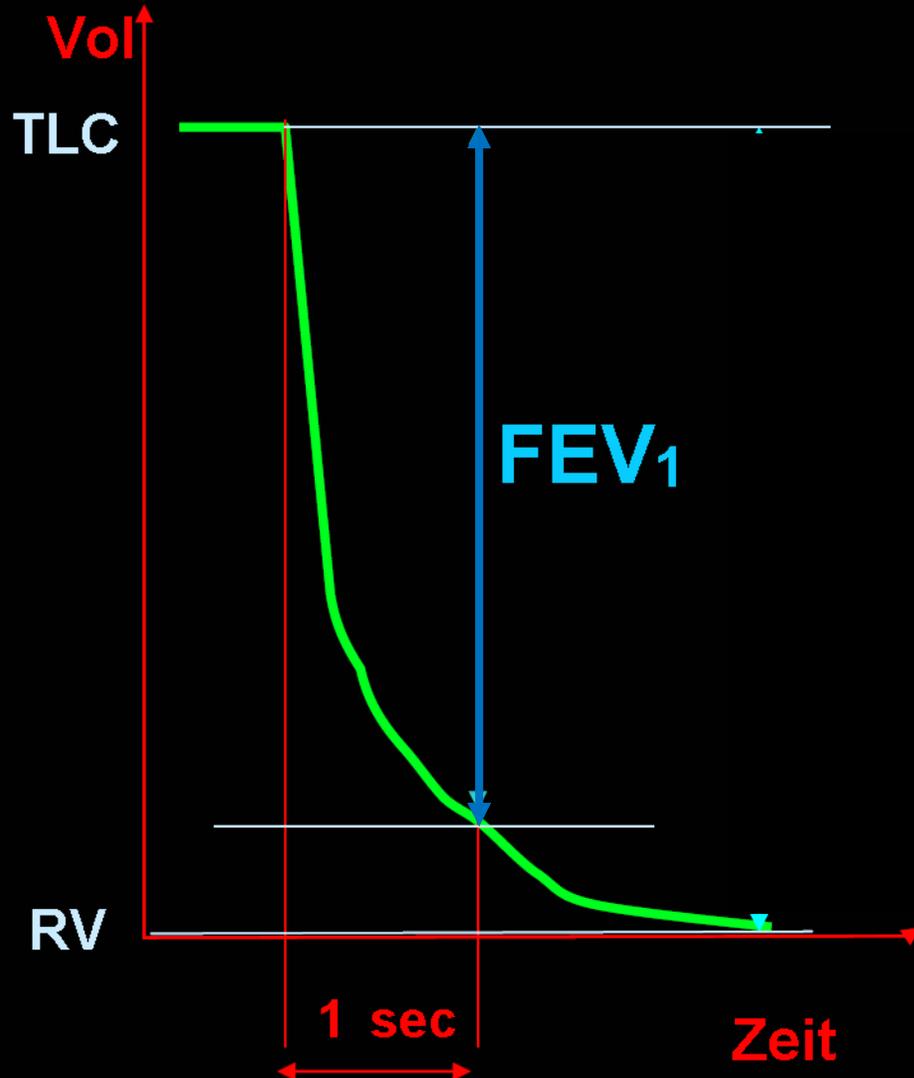
**VC:** Vital Kapazität

**RV:** Residualvolumen

**FRC:** Funkt. Residualkapazität

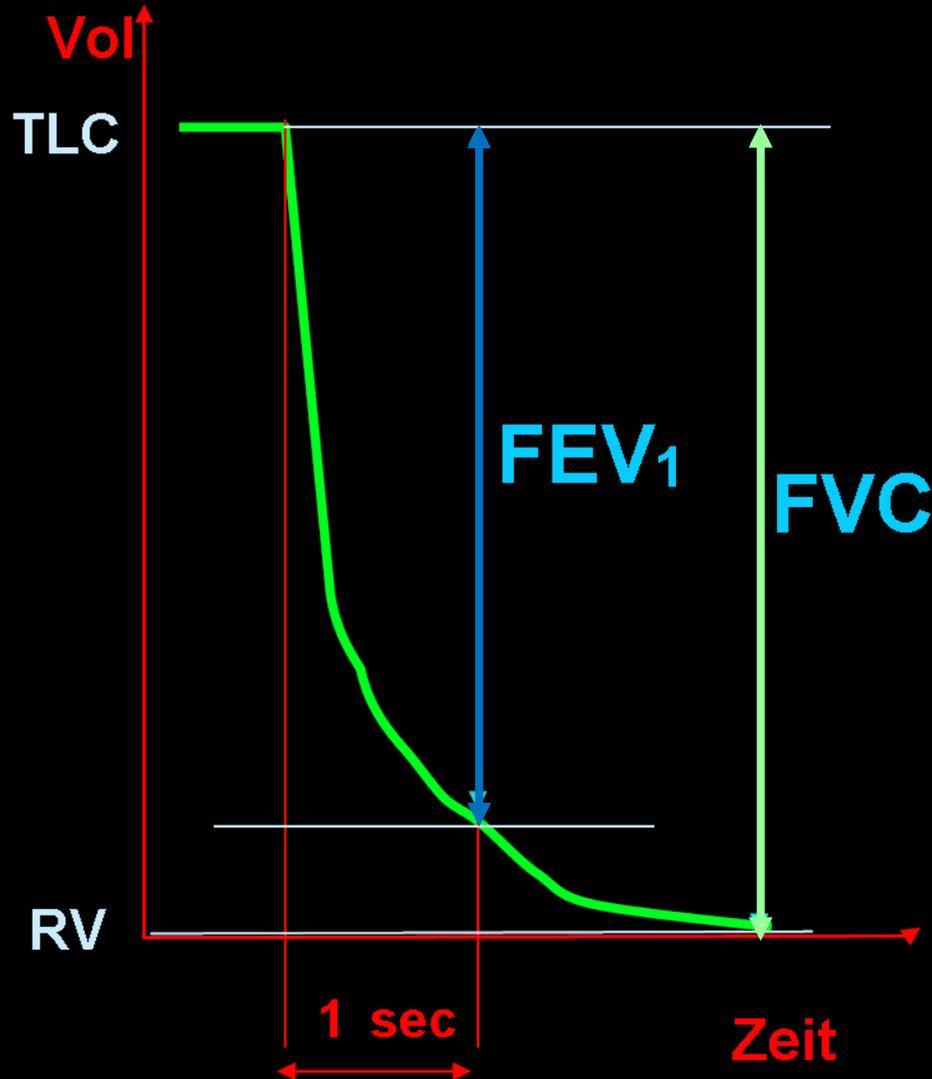
**TLC:** Totale Lungenskapazität

# Dynamische Lungenvolumina



**Einsekundenvolumen FEV<sub>1</sub>:**  
Luftmenge, die forciert nach maximaler  
Inspiration in der ersten Sekunde  
ausgeatmet werden kann

# Dynamische Lungenvolumina

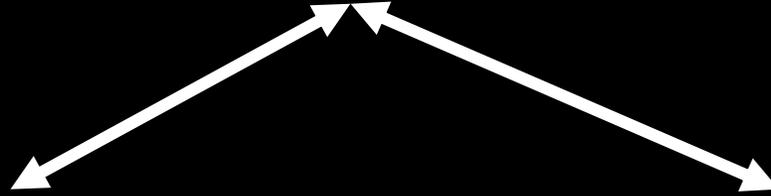


**Einsekundenvolumen FEV<sub>1</sub>:**  
Luftmenge, die forciert nach maximaler Inspiration in der ersten Sekunde ausgeatmet werden kann

**Forcierte Vitalkapazität FVC:**  
Maximale Luftmenge, die **forciert** nach maximaler Inspiration ausgeatmet werden kann

**FEV<sub>1</sub>/FVC:**  
Einsekundenvolumen in % der FVC

**Forcierte Vitalkapazität: FVC**



**Inspiratorische Vitalkapazität:**

**IVC**

**Expiratorische Vitalkapazität:**

**EVC**

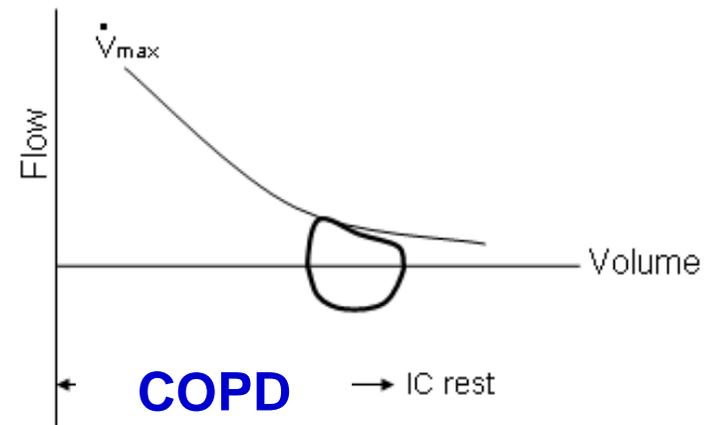
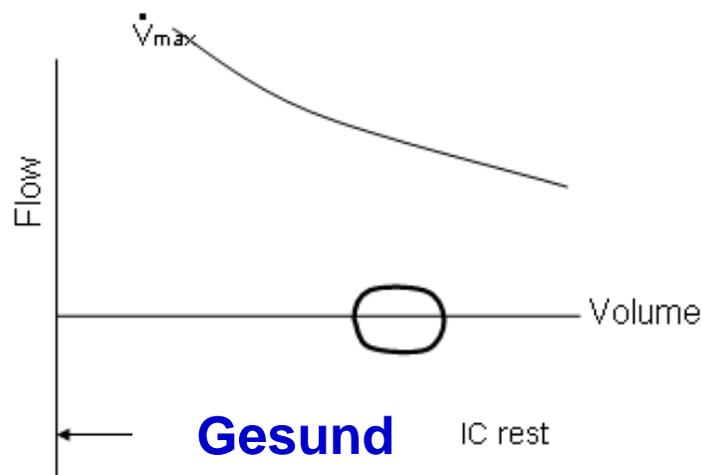
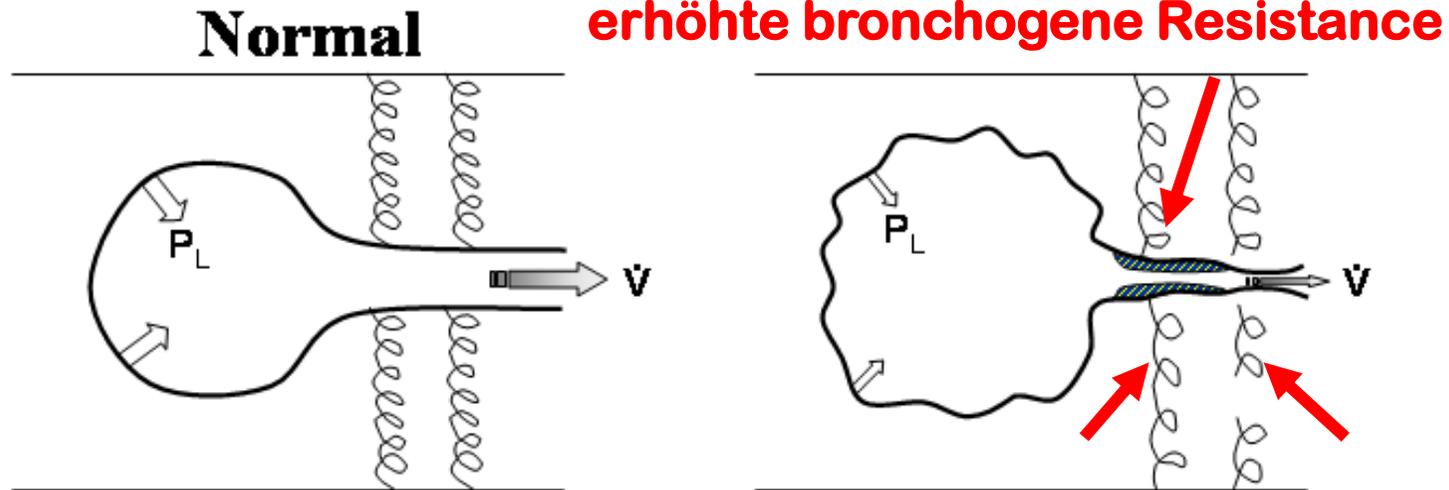
**Bei gesunden Probanden unterscheiden sich die gemessenen Werte nicht signifikant**

**Bei Patienten mit obstruktiver Lungenerkrankung ergibt sich folgender Befund:**

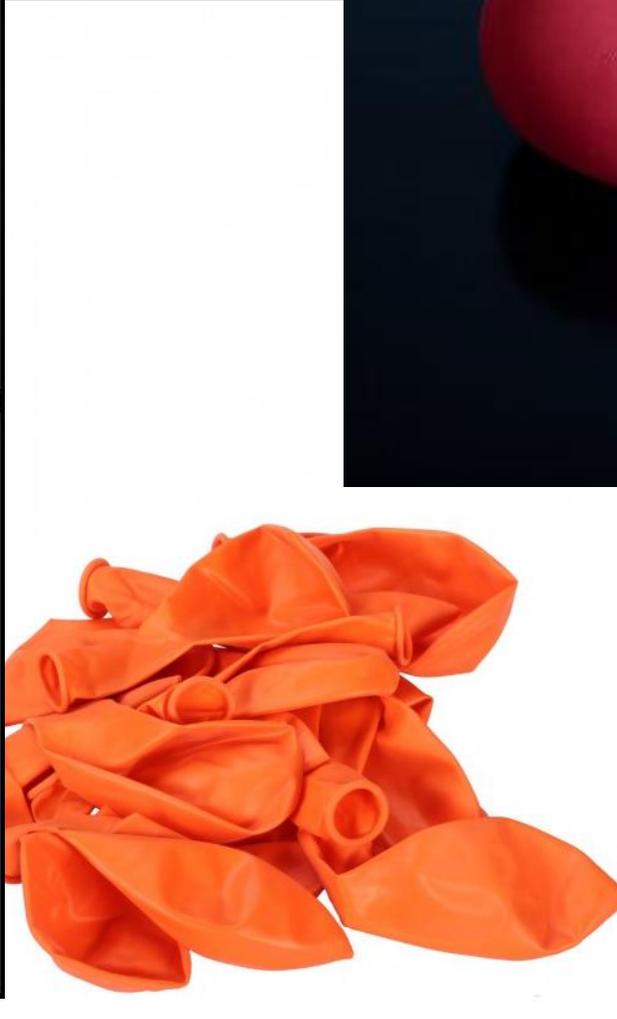
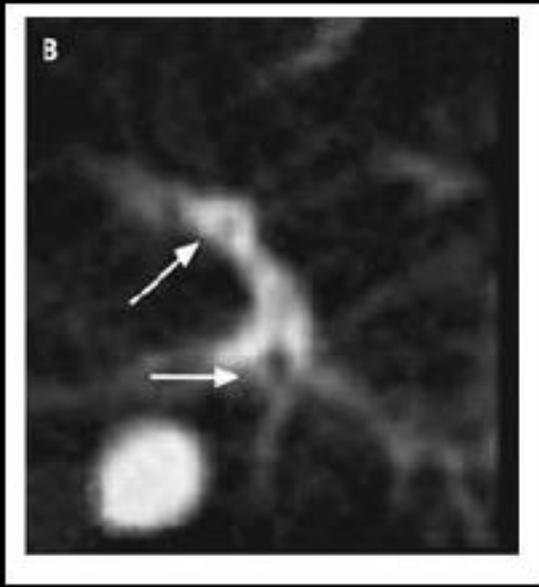
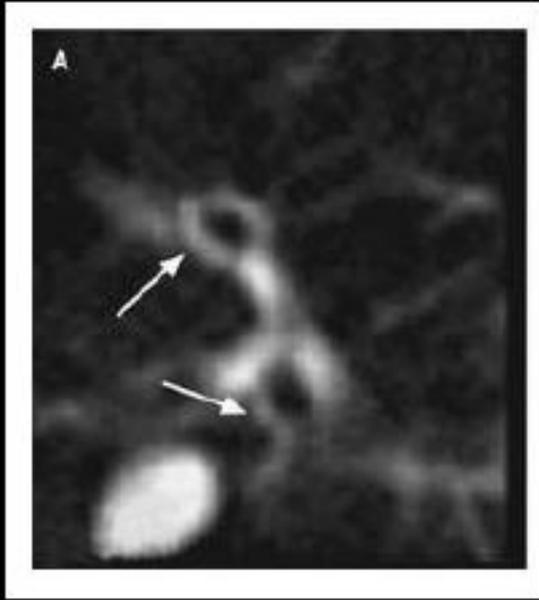
**IVC > EVC > FVC**

# Expiratorische Flow-Limitierung bei COPD

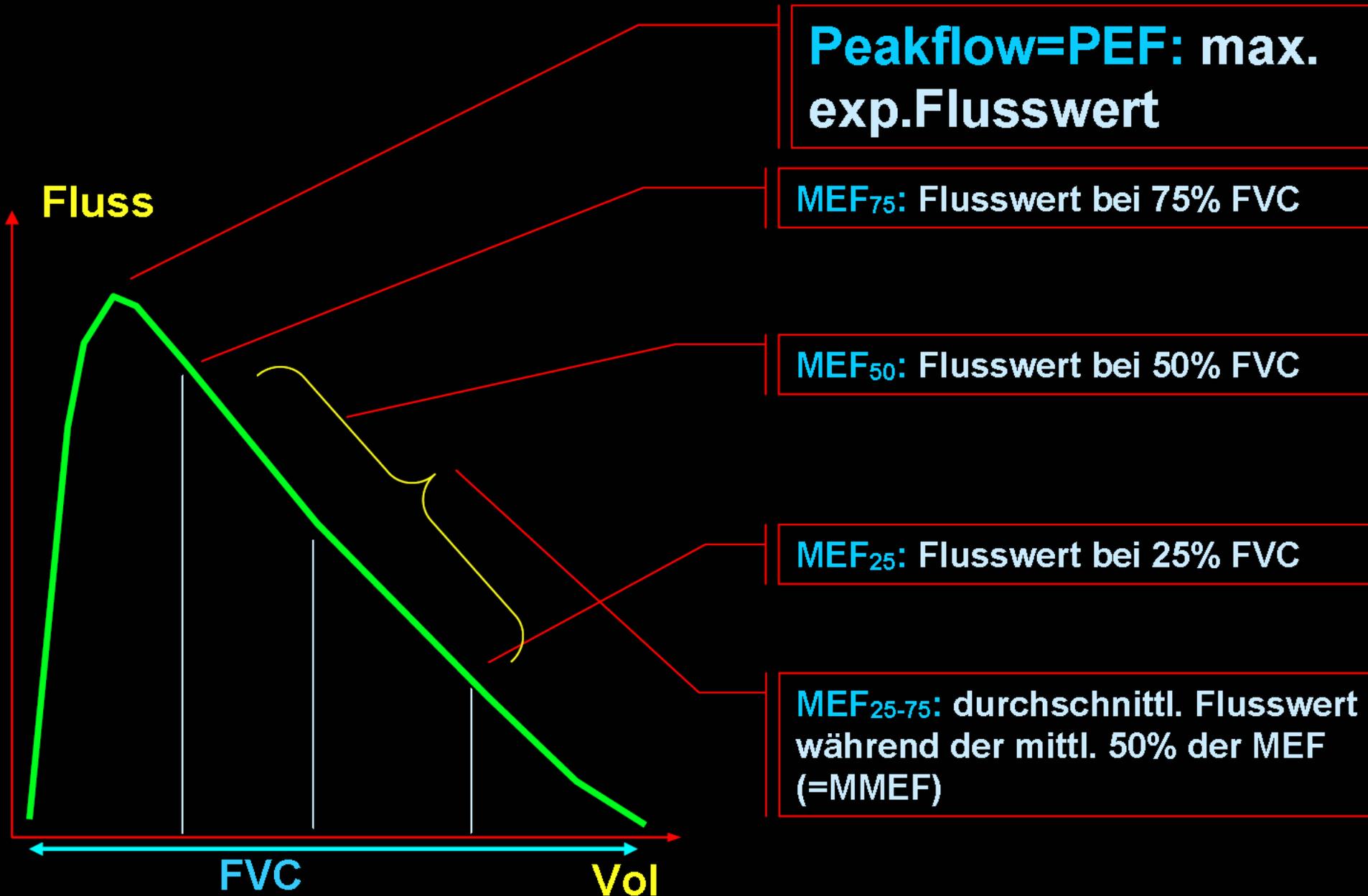
## Schädigung des bronchialen Aufhängeapparats



# Expiratorischer Bronchialkollaps

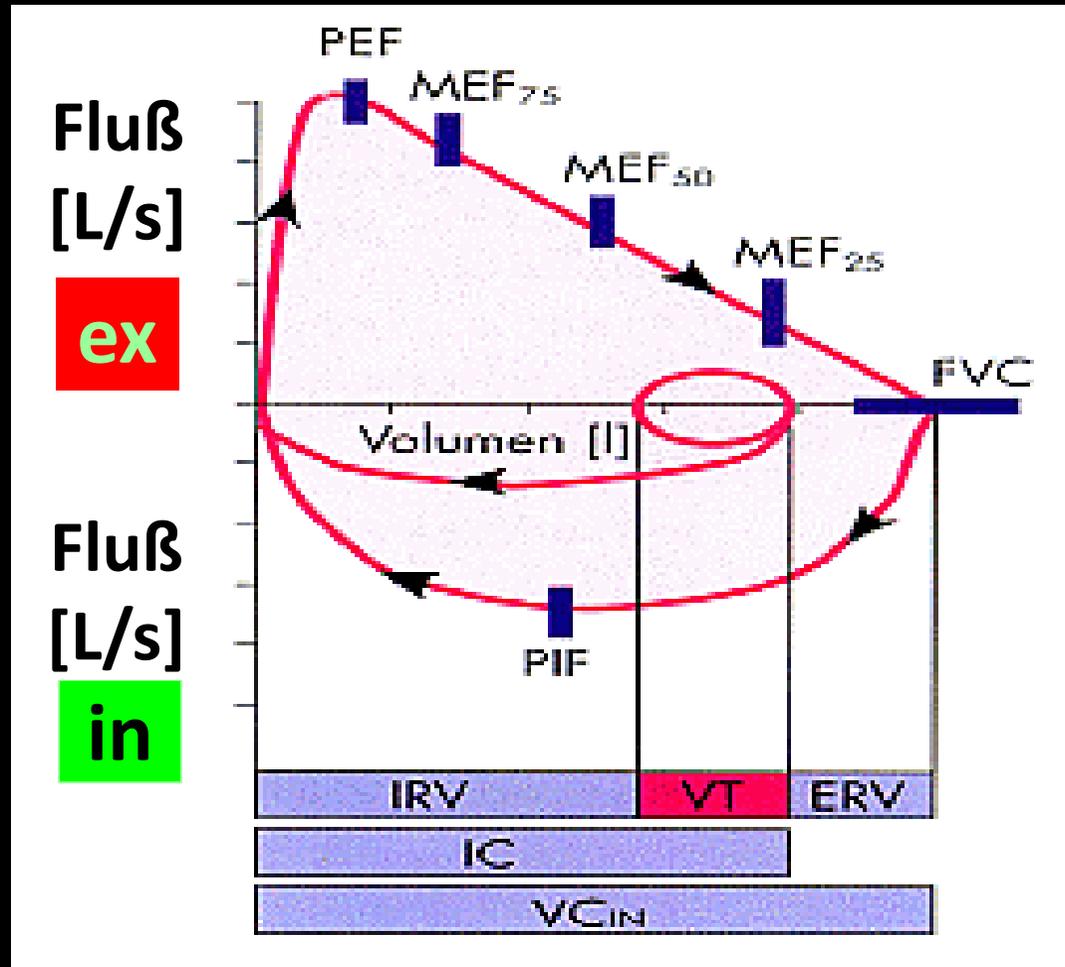


# Flussvolumenkurve



# Fluss-Volumen-Kurve für **Expiration (ex)** und **Inspiration (in)**

Atemschleife der Ruheatmung mit folgender maximaler Inspiration, forcierter maximaler Expiration und kompletter maximaler Inspiration



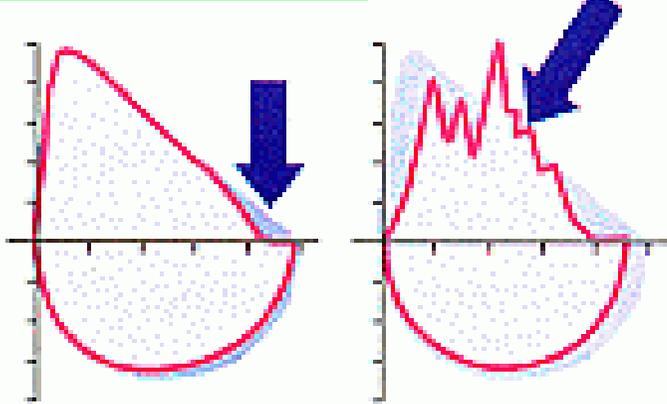
PEF (Peak-flow, max. Spitzenfluss); FVC (Forcierte Vitalkapazität)

MEF<sub>75</sub>/MEF<sub>50</sub>/MEF<sub>25</sub> (Maximaler exp. Fluss, gemessen bei einem definierten Lungenvolumen)

# Kurven bei Fehlern

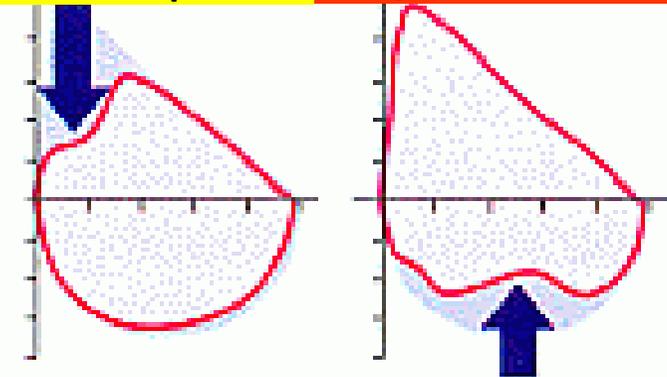
Keine maximale Expiration

Husten bei Expiration



Keine forcierte Expiration

mangelnde forcierte Inspiration



a. **Treppenkurve ohne maximale Expiration**

b. **Deformierung im expiratorischen Teil durch Husten**

c. **mangelnde forcierte Expiration**

d. **mangelnde forcierte Inspiration**

# Parameter der ventilatorischen Lungenfunktionsmessung und Geräte für deren Erfassung

Parameter		Spirometer	Bodyplethysmograph
Vitalkapazität		X	
Totalkapazität			
Residualvolumen			
FEV <sub>1</sub> in l/sec		X	
FEV <sub>1</sub> %VC		X	
Resistance			

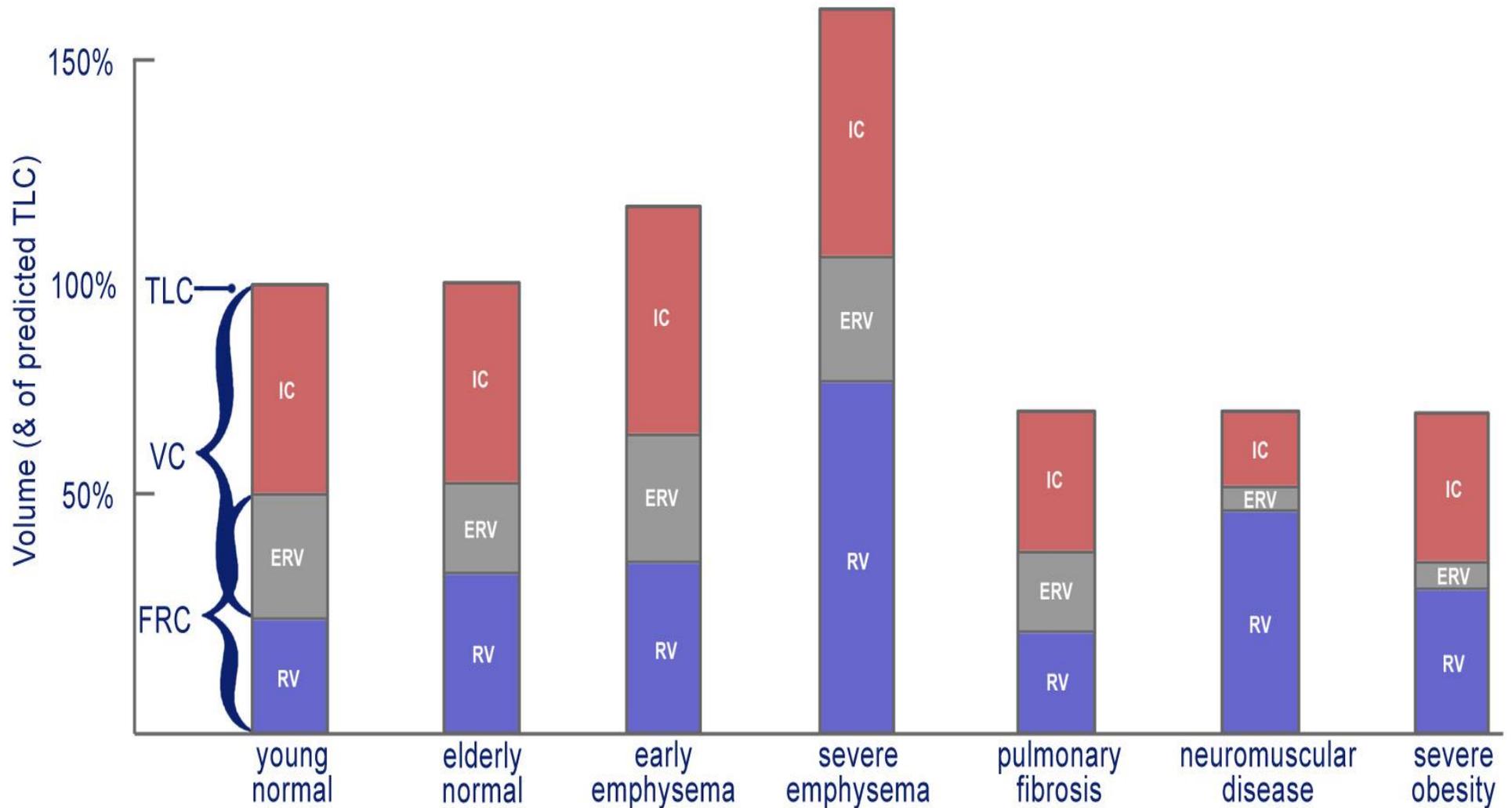
# Parameter der ventilatorischen Lungenfunktionsmessung und Geräte für deren Erfassung

Parameter	Maß für	Spirometer	Bodyplethysmograph
Vitalkapazität		X	
Totalkapazität			
Residualvolumen			
FEV <sub>1</sub> in l/sec	Obstruktion/Verlauf/Lyse	X	
FEV <sub>1</sub> %VC	Obstruktion	X	
Resistance			

# Parameter der ventilatorischen Lungenfunktionsmessung und Geräte für deren Erfassung

Parameter	Maß für	Spirometer	Bodyplethysmograph
Vitalkapazität		X	X
Totalkapazität	Restriktion		X
Residualvolumen			X
FEV <sub>1</sub> in l/sec	Obstruktion/Verlauf/Lyse	X	X
FEV <sub>1</sub> %VC	Obstruktion	X	X
Resistance	Obstruktion		X

# lung volumes in health and in disease: various lung subdivisions



# Spirometrie

Geburtsdatum: 29.7.1996; Größe: 1.85 m; Gewicht: 70.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: Va.HBS

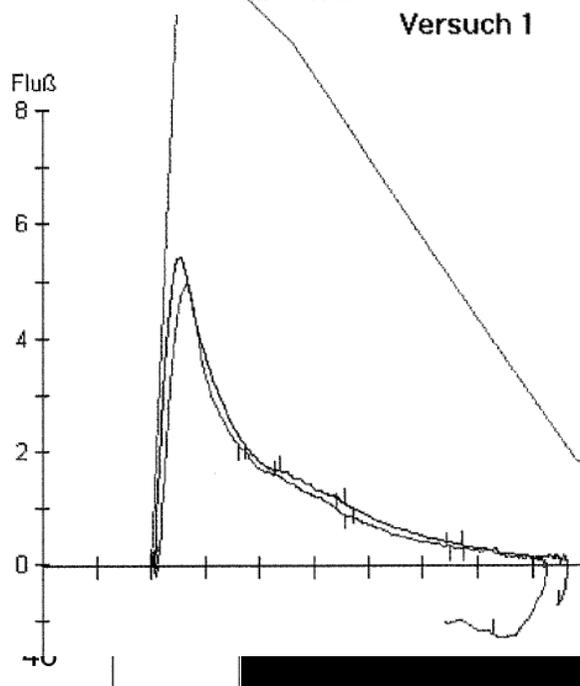
		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	<b>5.85</b>	<b>5.26</b>	<b>90</b>		
<b>FVC</b>	I		5.26			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	<b>5.09</b>	<b>4.49</b>	<b>88</b>		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	<b>87</b>	<b>85</b>	<b>98</b>		
<b>PEF</b>	I/s	<b>11.29</b>	8.95	79		
<b>MEF50%FVC</b>	I/s	<b>6.00</b>	5.66	94		
<b>MEF25%FVC</b>	I/s	<b>3.01</b>	2.47	82		
<b>Raw</b>	kPa/l/s	<b>0.30</b>	<b>0.25</b>	<b>83</b>		
<b>TLC</b>	I	<b>7.29</b>	<b>7.02</b>	<b>96</b>		
<b>FRC PI</b>	I		3.74			
<b>FRC%TLC</b>	%		<b>53</b>			
<b>RV</b>	I		<b>1.77</b>			
<b>RV%TLC</b>	%		<b>25</b>			

		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	<b>83</b>	<b>97</b>
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	<b>36-45</b>	<b>39</b>
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	<b>16</b>	<b>5</b>
<b>pH</b>		<b>7.4±0.05</b>	<b>7.45</b>
<b>BE</b>	mmol/l	<b>±3</b>	<b>3.0</b>

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion. Kein Hinweis auf eine Obstruktion. Es besteht ein normaler pulmonaler Gasaustausch. Völlig normale Lungenfunktion.

Geburtsdatum: 18.8.1963; Größe: 1.82 m; Gewicht: 100.0 kg  
 Zuweiser: St. 14J  
 Fragestellung: GvHD, Kontrolle

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
VC	l	5.22	<u>3.93</u>	75		
FVC	l		3.83			
FEV <sub>1</sub>	l	4.27	<u>1.83</u>	43		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	83	<u>47</u>	57		
PEF	l/s	11.27	5.46	48		
MEF50%FVC	l/s	5.49	0.89	16		
MEF25%FVC	l/s	1.88	<u>0.33</u>	18		
Raw	kPa/l/s	0.30	<u>0.49</u>	163		
TLC	l	7.30	<u>7.38</u>	101		
FRC PI	l		4.55			
FRC%TLC	%		62			
RV	l		<u>3.45</u>			
RV%TLC	%		<u>47</u>			



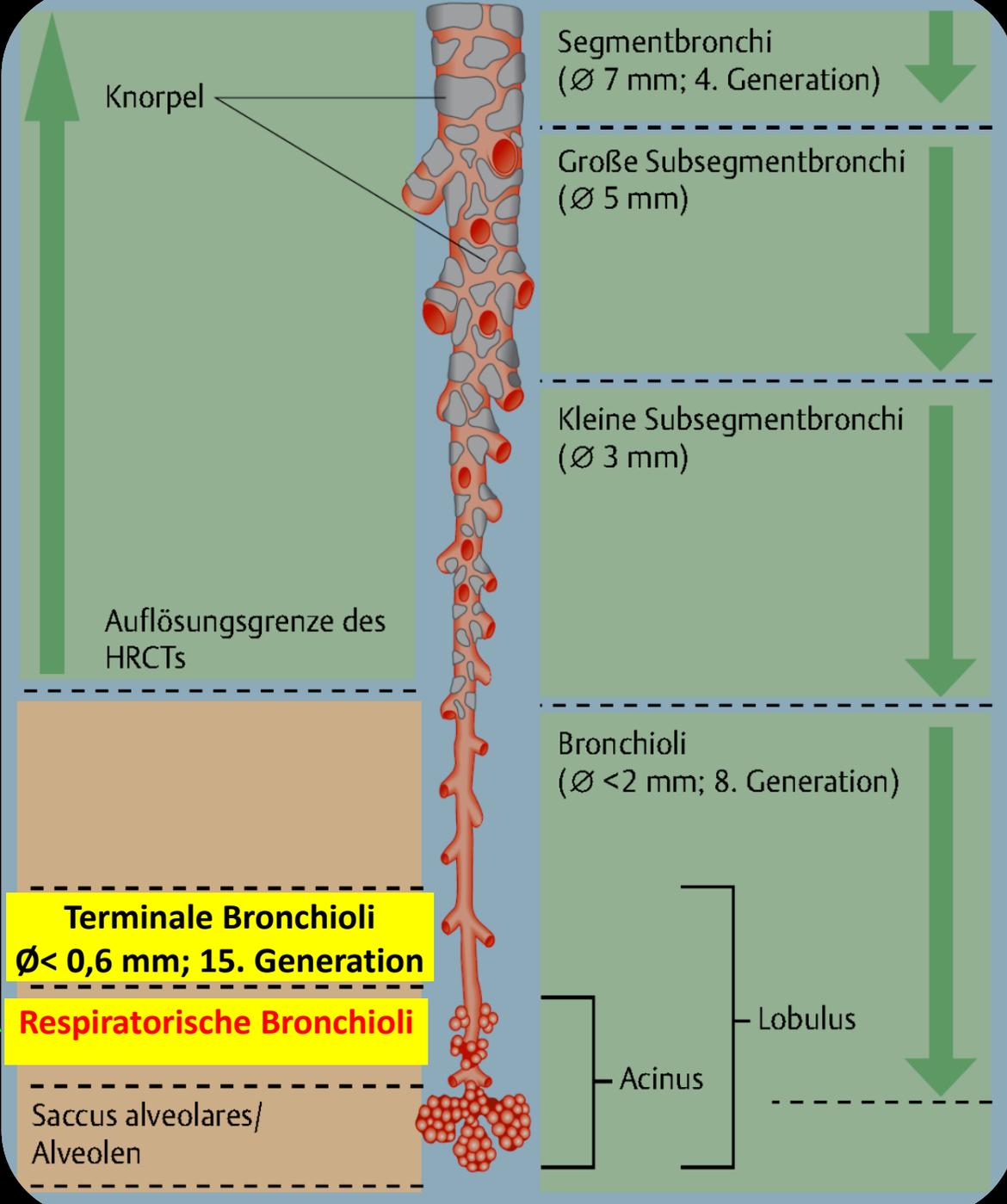
		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
DLCO	$\frac{\text{mmol}}{\text{min kPa}}$	10.91	9.03	83
DLCO/VA	$\frac{\text{mmol}}{\text{min kPa}}$	1.89	1.83	97

		Grenzw.	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	70	<u>60</u>
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	<u>39</u>
AaDO <sub>2</sub>	mmHg		41
pH		7.4±0.05	7.45
BE	mmol/l		3.0

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen der Überblähung. Mittelgradige, akut nicht reversible Obstruktion. Leichtgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer leichtgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine deutliche arterielle Ruhehypoxämie.

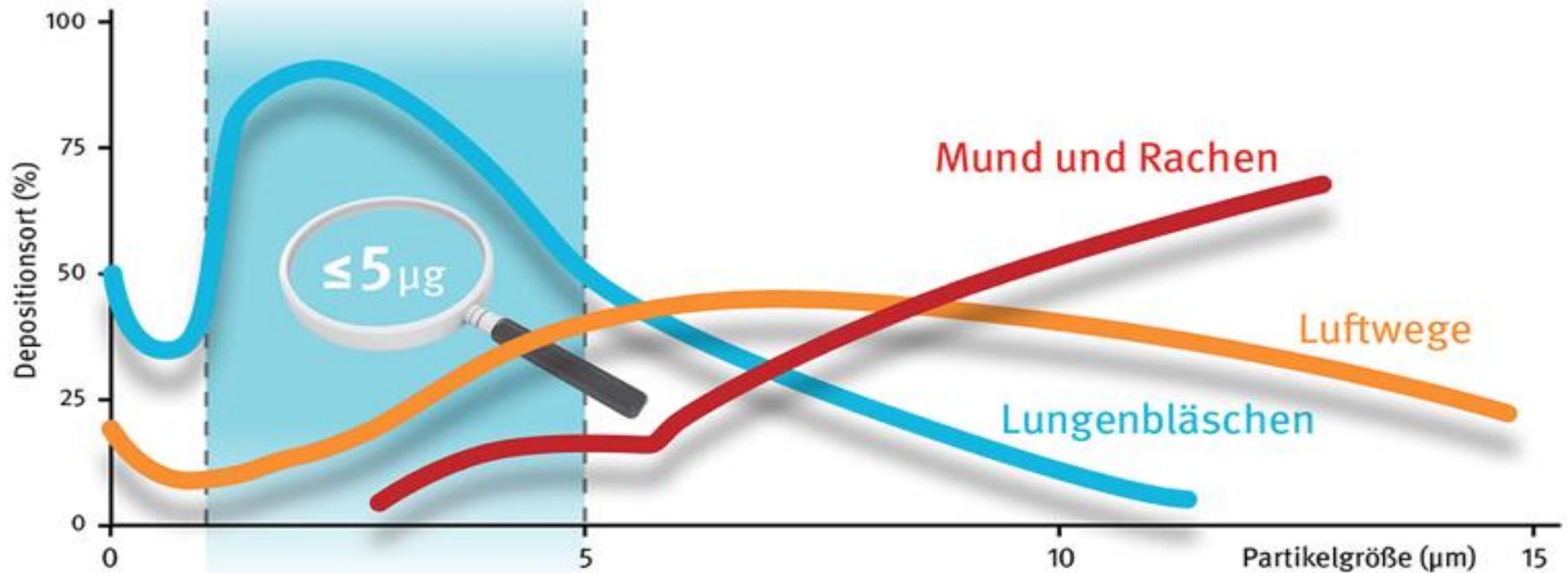
# Aufbau der Atemwege mit Bronchien, Bronchioli und Alveolen

**COPD fängt hier an**



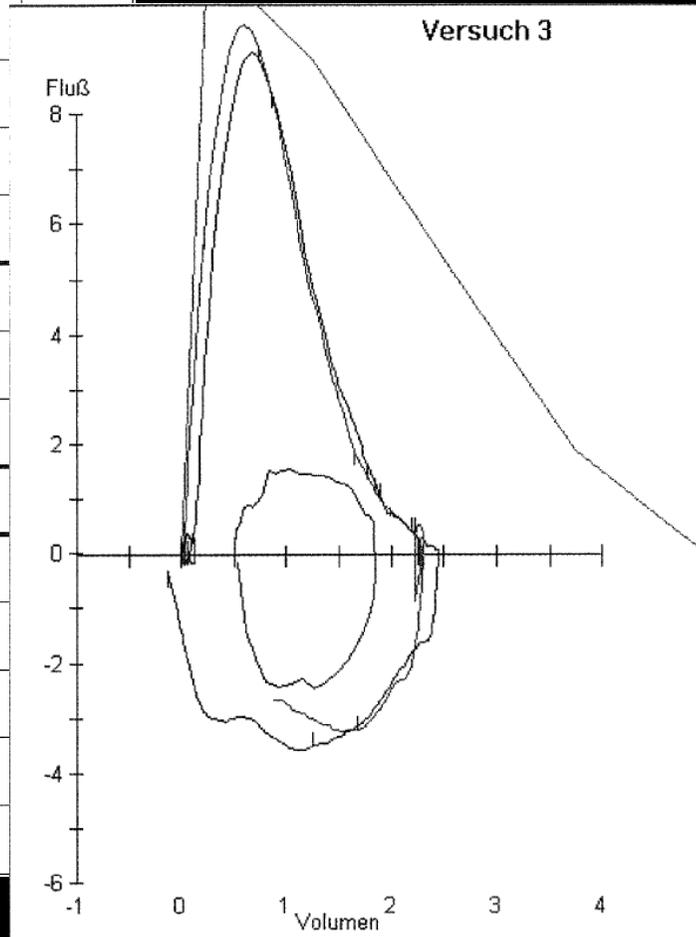
# Gezielte Lungendeposition durch kleine Partikel

Nur **kleine Partikel** sind lungengängig



Geburtsdatum: 6.11.1966; Größe: 1.77 m; Gewicht: 93.0 kg  
 Zuweiser: Lungenambulanz  
 Fragestellung: Lungenfibrose, Kontrolle

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	4.99	2.95	<u>59</u>		
<b>FVC</b>	I		2.45			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	4.14	2.22	<u>54</u>		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	83	<u>75</u>	90		
<b>PEF</b>	l/s	11.00	9.73	88		
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	5.44	7.17	132		
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.90	1.45	76		
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.47	<u>0.31</u>	66		
<b>TLC</b>	I	6.90	3.79	<u>55</u>		
<b>FRC PI</b>	I		2.05			
<b>FRC%TLC</b>	%		54			
<b>RV</b>	I		<u>0.84</u>			
<b>RV%TLC</b>	%		<u>22</u>			



		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
<b>DLCO</b>	mmol minkPa	10.55	3.48	<u>33</u>
<b>DLCO/VA</b>	mmol minkPa	1.92	0.83	<u>43</u>
		Grenzw.	Ruhe	Belastg
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	71	<u>53</u>	
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	<u>27</u>	
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	28	<u>63</u>	
<b>pH</b>		7.4±0.05	<u>7.52</u>	
<b>BE</b>	mmol/l	±3	<u>0.7</u>	

**ZUSAMMENFASSUNG:** Mittelgradige Restriktion vom Typ der kleinen Lunge. Kein Hinweis auf eine Obstruktion. Es besteht eine deutliche arterielle Ruhehypoxämie.

# Diffusionsparameter

Neben der **Ventilation** stellt die **Diffusion der Atemgase** einen wichtigen Baustein in der Beurteilung der Lungenfunktion dar.

---

Dies ist im klinischen Alltag durch **Messung der Aufnahme von CO** (Kohlenstoffmonoxid) ins Blut möglich und wird als **Transferfaktor (TLCO)** bezeichnet

---

Folgende Einteilung wird zur Beurteilung einer **Diffusionsstörung/**  
**Reduktion des Transferfaktors** im klinischen Alltag häufig verwendet:

		TLCO (% des Solls)
	keine	$\geq 80$
I	leicht	61 – 79
II	mittel	40 – 60
III	schwer	$< 40$

# Diffusionsparameter

Neben der Ventilation stellt die **Diffusion der Atemgase** einen wichtigen Baustein in der Beurteilung der Lungenfunktion dar.

Die **ventilationsabhängige Bestimmung des Alveolarvolumens (VA)** mittels Helium kann in Bezug zum TLCO gesetzt werden und wird dann als **Transferkoeffizient** oder Krogh-Index ( $\text{TLCO}/\text{VA}$ ) bezeichnet

# Diffusionsparameter

**VA** ermöglicht in Kombination mit dem **TLCO** die Differenzierung zwischen echten **Diffusionsstörungen** und **Verteilungsstörungen**:

Eine **gleichsame Verminderung von TLCO und TLCO/VA** spricht für Vorliegen einer **echten Reduktion des Transferfaktors** →  
**Diffusionsstörung**

Eine **im Vergleich zur TLCO/VA deutlich verminderte TLCO** spricht jedoch für das Vorliegen einer relevanten →  
**Verteilungsstörung**

## Ventilatorische Verteilungsstörung:

- COPD mit inhomogener Bronchialobstruktion
  - **Asthma bronchiale**
- 

## Diffusionsstörung:

- **Emphysem**
- Chronisch thromboembolische Erkrankung
- **Lungenödem**
- Alveolitis
- **Lungenfibrose**
- **Pulmonale Hypertonie**

Geburtsdatum: 4.8.1948; Größe: 1.72 m; Gewicht: 86.0 kg  
 Zuweiser: KMT-Amb. 6l  
 Fragestellung: AML

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	l	4.03	3.13	78	3.20	79
FVC	l		2.81		3.03	
FEV <sub>1</sub>	l	3.28	1.76	54	1.81	55
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	56	68	57	70
PEF	l/s	9.22	7.74	84	7.05	76
MEF50%FVC	l/s	4.33	0.95	22	1.08	25
MEF25%FVC	l/s	1.33	0.35	26	0.27	20
Raw	kPa/l/s	0.36	0.42	117	0.37	103
TLC	l	5.96	4.54	76	4.31	72
FRC PI	l		2.36		2.16	
FRC%TLC	%		52		50	
RV	l		1.41		1.12	
RV%TLC	%		31		26	

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
DLCO	mmol minkPa	8.81	4.54	52
DLCO/VA	mmol minkPa	1.72	1.25	73
		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	67	62	73
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	44	38
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	34	36	34
pH		7.4±0.05	7.39	7.36
BE	mmol/l	+3	1.8	1.5

**Verteilungsstörung**

ZUSAMMENFASSUNG: Leichtgradige Restriktion vom Typ der kleinen Lunge. Leichtgradige, überwiegend nicht reversible Obstruktion. Es besteht eine mäßige arterielle Ruhehypoxämie.

Geburtsdatum: 6.1.1956; Größe: 1.71 m; Gewicht: 67.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: Kontrolle

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	I	3.51	2.65	75		
FVC	I		2.65			
FEV <sub>1</sub>	I	2.90	1.88	65		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	71	87		
PEF	l/s	7.25	5.13	71		
MEF50%FVC	l/s	3.93	1.78	45		
MEF25%FVC	l/s	1.24	0.44	35		
Raw	kPa/l/s	0.30	0.29	97		
TLC	I	5.09	5.02	99		
FRC PI	I		3.10			
FRC%TLC	%		62			
RV	I		2.37			
RV%TLC	%		47			

## Belastungsdyspnoe

		Bezugs- wert	Gemessen	
			Ist	%Bzw
DLCO	mmol minkPa	8.40	4.13	49
DLCO/VA	mmol minkPa	2.02	0.97	48

		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	72	70	
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	39	
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	29	35	
pH		7.4±0.05	7.47	
BE	mmol/l	±3	4.5	

Geburtsdatum: 6.1.1956; Größe: 1.71 m; Gewicht: 67.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: Kontrolle

		Bezugs-	Gemessen		Lyse	
		wert	Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	l	3.51	2.65	75		
FVC	l		2.65			
FEV <sub>1</sub>	l	2.90	1.88	65		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	71	87		
PEF	l/s	7.25	5.13	71		
MEF50%FVC	l/s	3.93	1.78	45		
MEF25%FVC	l/s	1.24	0.44	35		
Raw	kPa/l/s	0.30	0.29	97		
TLC	l	5.09	5.02	99		
FRC PI	l		3.10			
FRC%TLC	%		62			
RV	l		2.37			
RV%TLC	%		47			

## Belastungsdyspnoe

		Bezugs-	Gemessen		
		wert	Ist	%Bzw	
DLCO	mmol minkPa	8.40	4.13	49	
DLCO/VA	mmol minkPa	2.02	0.97	48	

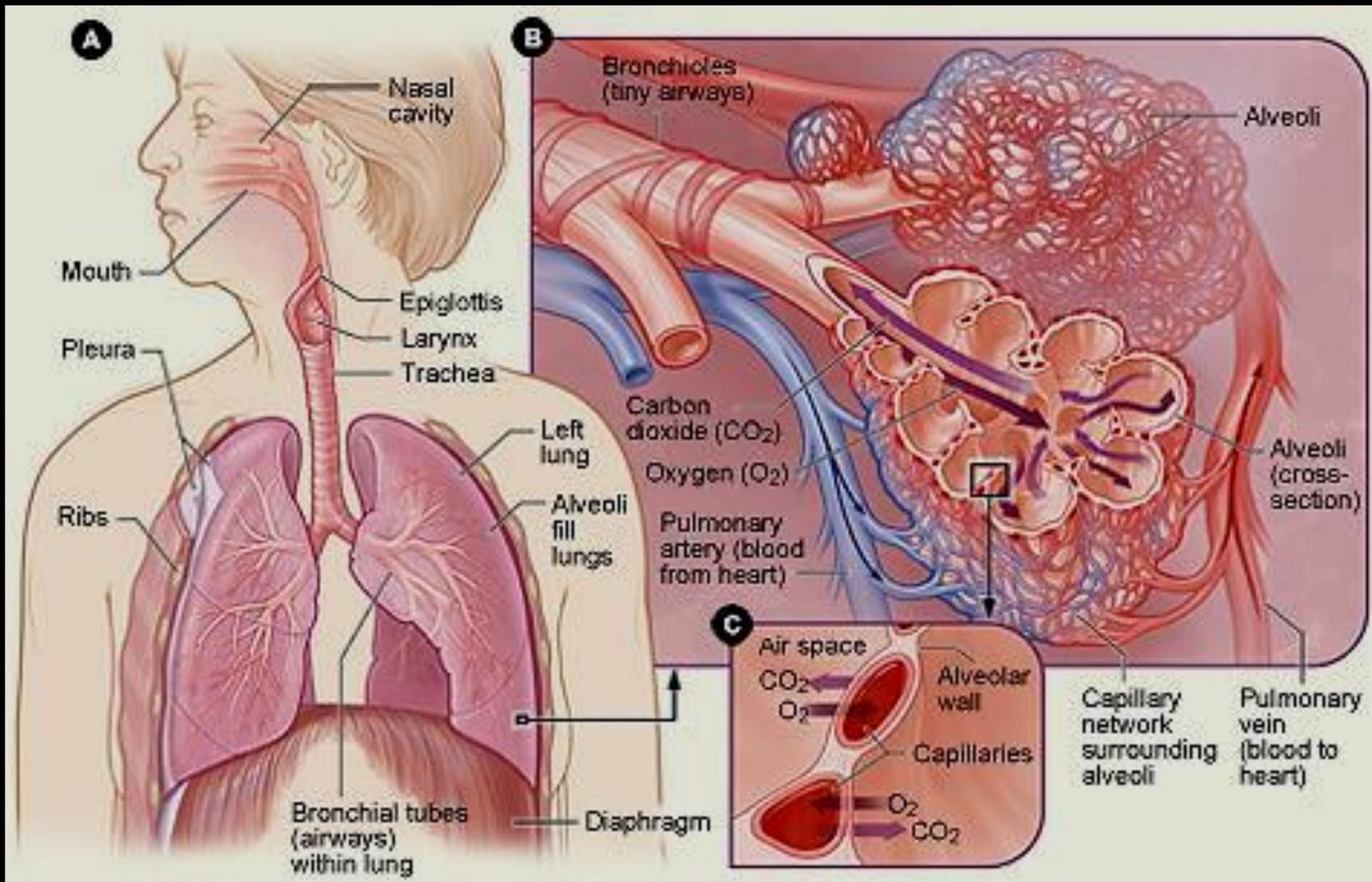
**Belastung: 70 Watt**

		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	72	<u>70</u>	<u>53</u>
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	39	37
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	29	35	54
pH		7.4±0.05	7.47	7.47
BE	mmol/l	±3	4.5	3.4

**Diffusionsstörung**

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen der Überblähung. Kein Hinweis auf eine Obstruktion. Leichtgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer leichtgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine deutliche Ruhe- und Belastungshypoxämie aufgrund einer Diffusionsstörung.

# Wann / warum fällt PaO<sub>2</sub> unter Belastung?



Erythrozytenkontakt mit dem alveolaren (Kontaktzeit): **0,7 Sec**,  
minimal erforderliche Kontaktzeit: **0,2 Sec**

Geburtsdatum: 17.10.1952; Größe: 1.68 m; Gewicht: 46.0 kg

Zuweiser: Prof. Keussl/ Nierenamb.

Fragestellung: prä NTX

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	I	3.27	1.82	56		
FVC	I		1.78			
FEV <sub>1</sub>	I	2.69	0.64	24		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	35	43		
PEF	I/s	6.87	1.77	26		
MEF50%FVC	I/s	3.71	0.24	6		
MEF25%FVC	I/s	1.14	0.13	11		
Raw	kPa/l/s	0.30	1.41	470		
TLC	I	4.78	5.15	108		
FRC PI	I		4.08			
FRC%TLC	%		79			
RV	I		3.33			
RV%TLC	%		65			

		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	73	76	
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	44	
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	27	22	
pH		7.4±0.05	7.25	
BE	mmol/l	±3	-8.0	

Geburtsdatum: 17.10.1952; Größe: 1.68 m; Gewicht: 46.0 kg  
 Zuweiser: Prof. Keussl/ Nierenamb.  
 Fragestellung: prä NTX

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
VC	I	3.27	1.82	56		
FVC	I		1.78			
FEV <sub>1</sub>	I	2.69	0.64	24		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	35	43		
PEF	I/s	6.87	1.77	26		
MEF50%FVC	I/s	3.71	0.24	6		
MEF25%FVC	I/s	1.14	0.13	11		
Raw	kPa/l/s	0.30	1.41	470		
TLC	I	4.78	5.15	108		
FRC PI	I		4.08			
FRC%TLC	%		79			
RV	I		3.33			
RV%TLC	%		65			

## Belastung 20 Watt

Nach einer Minute wegen akuter  
 Dyspnoe abgebrochen

		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	73	76	58
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	44	50
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	27	22	32
pH		7.4±0.05	7.25	7.21
BE	mmol/l	±3	-8.0	-8.2

**Diffusionsstörung**

ZUSAMMENFASSUNG: Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen der Überblähung. Hochgradige Obstruktion. Hochgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer mittelgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine deutliche Belastungshypoxämie aufgrund einer Diffusionsstörung. Hinweis auf das Bestehen eines Emphysems.

Geburtsdatum: 17.10.1952; Größe: 1.68 m; Gewicht: 46.0 kg  
 Zuweiser: Prof. Keussl/ Nierenamb.  
 Fragestellung: prä NTX

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
VC	I	3.27	1.82	56		
FVC	I		1.78			
FEV <sub>1</sub>	I	2.69	0.64	24		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	35	43		
PEF	I/s	6.87	1.77	26		
MEF50%FVC	I/s	3.71	0.24	6		
MEF25%FVC	I/s	1.14	0.13	11		
Raw	kPa/l/s	0.30	1.41	470		
TLC	I	4.78	5.15	108		
FRC PI	I		4.08			
FRC%TLC	%		79			
RV	I		3.33			
RV%TLC	%		65			

**Würden Sie diese Patientin für die OP  
 unter Vollnarkose freigeben?**

		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	73	76	58
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	44	50
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	27	22	32
pH		7.4±0.05	7.25	7.21
BE	mmol/l	±3	-8.0	-8.2

# Evaluierung des Operationsrisikos an Hand der Lungenfunktion

Die Grundlage der Beurteilung ist die Überlegung, dass in der postoperativen Phase die **Beanspruchung der Ventilation**, infolge **Erhöhung des Ruheenergieumsatzes** durch Fieber, Schmerzen u. a., um bis zu 100 % gegenüber der Ruheatmung steigen kann

Die Basisuntersuchung zur Beurteilung des Risikos eines **postoperativen respiratorischen Versagens** ist die Spirometrie mit dem **FEV1**

Unterstützend ist die **Blutgasanalyse**

# Evaluierung des Operationsrisikos an Hand der Lungenfunktion

- Für Männer:
  - Normales Risiko:  $FEV_1 \geq 20 \text{ ml/kg}$
  - Erhöhtes Risiko:  $FEV_1 < 20 \text{ ml/kg}$
  - Sehr hohes Risiko:  $FEV_1 < 14 \text{ ml/kg}$

Für einen Mann mit **70 kg** Körpergewicht ergeben sich also Werte über oder unter **1,4 l** bzw. **unter 0,98 l**

# Evaluierung des Operationsrisikos an Hand der Lungenfunktion

Da der Grundumsatz bei Frauen um **10 % niedriger** ist als bei Männern, kann auch das FEV<sub>1</sub> entsprechend reduziert werden.

- Für Frauen:
  - Normales Risiko:  $FEV_1 \geq 18 \text{ ml/kg}$
  - Erhöhtes Risiko:  $FEV_1 < 18 \text{ ml/kg}$
  - Sehr hohes Risiko:  $FEV_1 < 12 \text{ ml/kg}$

Geburtsdatum: 17.10.1952; Größe: 1.68 m; Gewicht: 46.0 kg  
 Zuweiser: Prof. Keussl/ Nierenamb.  
 Fragestellung: prä NTX

## Würden Sie diese Patientin für die OP unter Vollnarkose freigeben?

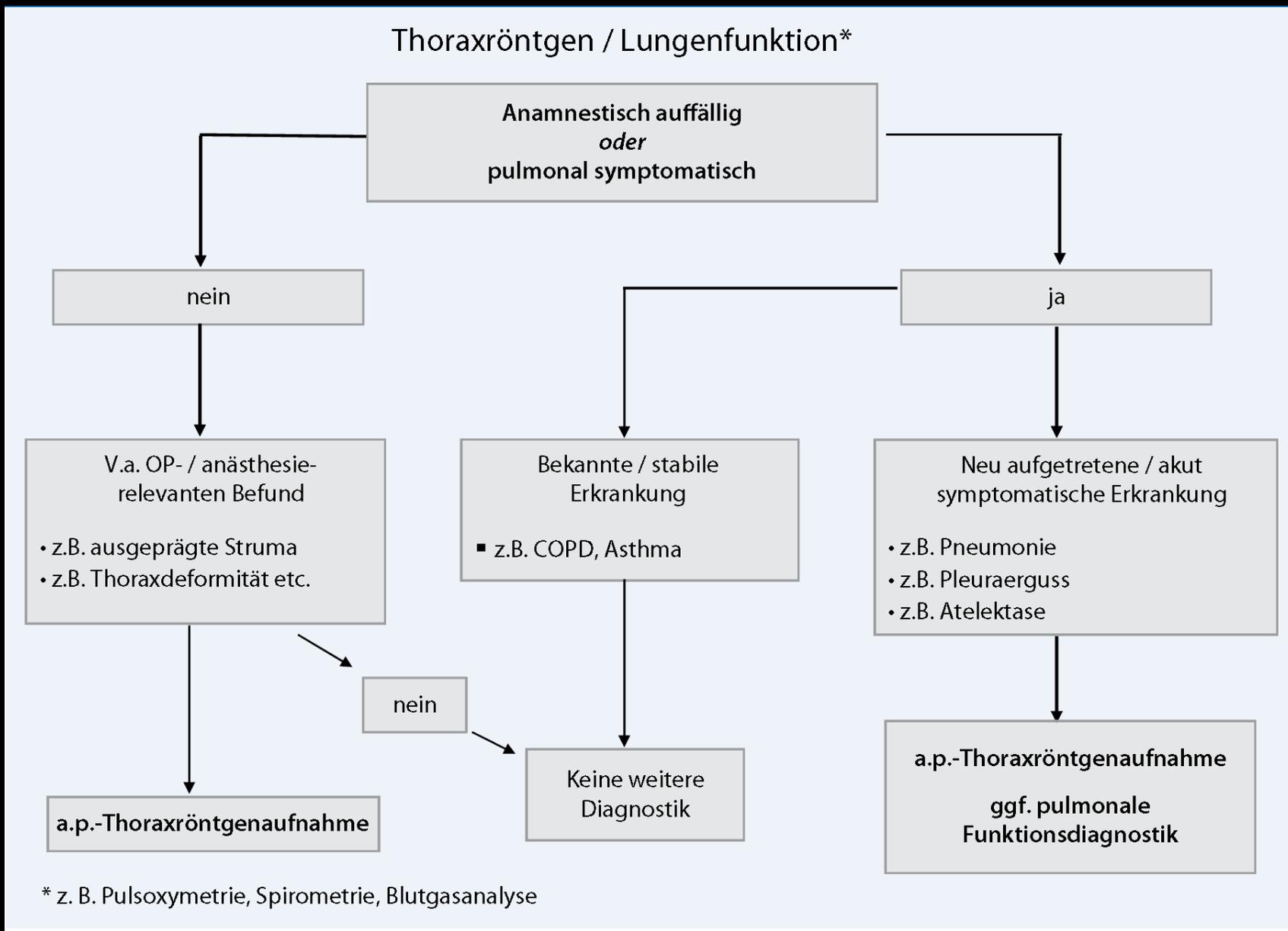
		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
VC	l	3.27	1.82	56		
FVC	l		1.78			
FEV <sub>1</sub>	l	2.69	0.64	24		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	35	43		
PEF	l/s	6.87	1.77	26		
MEF50%FVC	l/s	3.71	0.24	6		
MEF25%FVC	l/s	1.14	0.13	11		
Raw	kPa/l/s	0.30	1.41	470		
TLC	l	4.78	5.15	108		
FRC PI	l		4.08			
FRC%TLC	%		79			
RV	l		3.33			
RV%TLC	%		65			

		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	73	76	58
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	44	50
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	27	22	32
pH		7.4±0.05	7.25	7.21
BE	mmol/l	±3	-8.0	-8.2

**Nein!**

**Was nun?**

# Empfehlungen zur präoperativen Durchführung einer a.p.-Thoraxröntgen-Aufnahme bzw. einer Lungenfunktionsdiagnostik



Geburtsdatum: 06.08.1980 Größe: 1,76m Gewicht: 72kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: :

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	l	5,29	<u>3,27</u>	62		
FVC	l	5,29	2,87	54		
FEV <sub>1</sub>	l	4,46	<u>2,42</u>	54		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	84	<u>74</u>	88		
PEF	l/s	11,28	5,32	47		
MEF50%FVC	l/s	5,72	2,24	39		
MEF25%FVC	l/s	2,28	1,33	58		
Raw	kPa/l/s	0,30	<u>0,42</u>	140		
TLC	l	6,95	<u>5,03</u>	72		
FRCPI	l		2,66			
FRC%TLC	%		53			
RV	l		1,76			
RV%TLC	%		35			

		Grenz- wert	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	76	95
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	40
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	29	7
pH		7.4±0.05	7,44
BE	mmol/l	±3	2,3
SaO <sub>2</sub>	%		97

**ZUSAMMENFASSUNG:** Leichtgradige Restriktion vom Typ der kleinen Lunge sowie Hinweis auf einen funktionell wirksamen Zwerchfellhochstand. Es wird empfohlen, eine Messung der DLCO durchzuführen. Grenzwertige Obstruktion. Grenzwertig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer mittelgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht ein normaler pulmonaler Gasaustausch.

Geburtsdatum: 06.08.1980 Größe: 1,76m Gewicht: 72kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: St.p.Pneumektomie

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	l	5,29	<u>3,27</u>	62		
FVC	l	5,29	2,87	54		
FEV <sub>1</sub>	l	4,46	<u>2,42</u>	54		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	84	<u>74</u>	88		
PEF	l/s	11,28	5,32	47		
MEF50%FVC	l/s	5,72	2,24	39		
MEF25%FVC	l/s	2,28	1,33	58		
Raw	kPa/l/s	0,30	<u>0,42</u>	140		
TLC	l	6,95	<u>5,03</u>	72		
FRCPI	l		2,66			
FRC%TLC	%		53			
RV	l		1,76			
RV%TLC	%		35			

		Grenz- wert	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	76	95
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	40
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	29	7
pH		7.4±0.05	7,44
BE	mmol/l	±3	2,3
SaO <sub>2</sub>	%		97

**ZUSAMMENFASSUNG:** Leichtgradige Restriktion vom Typ der kleinen Lunge sowie Hinweis auf einen funktionell wirksamen Zwerchfellhochstand. Es wird empfohlen, eine Messung der DLCO durchzuführen. Grenzwertige Obstruktion. Grenzwertig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer mittelgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht ein normaler pulmonaler Gasaustausch.

Geburtsdatum: 30.12.1984; Größe: 1.60 m; Gewicht: 55.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: Prov. erbeten - allerg. Asthma, Studie

	Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
		Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>		3.74	<u>2.56</u>	68	
<b>FVC</b>			2.53		
<b>FEV<sub>1</sub></b>		3.28	<u>1.32</u>	40	
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	88	<u>52</u>	59	
<b>PEF</b>	l/s	7.71	3.24	42	
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	4.52	0.77	17	
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.97	0.36	18	
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	<u>0.91</u>	303	
<b>TLC</b>		5.03	6.56	130	
<b>FRC PI</b>			5.13		
<b>FRC%TLC</b>	%		78		
<b>RV</b>			4.00		
<b>RV%TLC</b>	%		<u>61</u>		

		Grenzw.	Ruhe	Belastg	100%O <sub>2</sub>
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	80	86		
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	<u>30</u>		
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	17	25		
<b>pH</b>		7.4±0.05	<u>7.45</u>		
<b>BE</b>	mmol/l	±3	<u>-2.2</u>		

# Bronchospasmolysetestung

Die Bronchospasmolysetestung dient der **Beurteilung der Reversibilität** einer zuvor spirometrisch / ggf. bodyplethysmographisch nachgewiesenen Obstruktion.

---

Nach Inhalation eines **schnellwirksamen Bronchospasmolytikums** ( $\beta$ 2-Sympathomimetikum, Anticholinergikum) wird die Lungenfunktion wiederholt und die Rückbildung der vormals beschriebenen Obstruktion beurteilt.

# Bronchospasmolysetestung

Eine **Zunahme der FEV1** von **mind. 15%** bzw. **200ml** wird als signifikante **Reversibilität** beurteilt

---

An der **Reversibilitätsreaktion** der Obstruktion lässt sich häufig zwischen einem Asthma bronchiale & einer COPD unterscheiden:

Während das **Asthma bronchiale** unter Bronchospasmolyse **komplett reversibel** ist, ist die Obstruktion bei **COPD irreversibel** bzw. **maximal partiell reversibel**

Geburtsdatum: 30.12.1984; Größe: 1.60 m; Gewicht: 55.0 kg

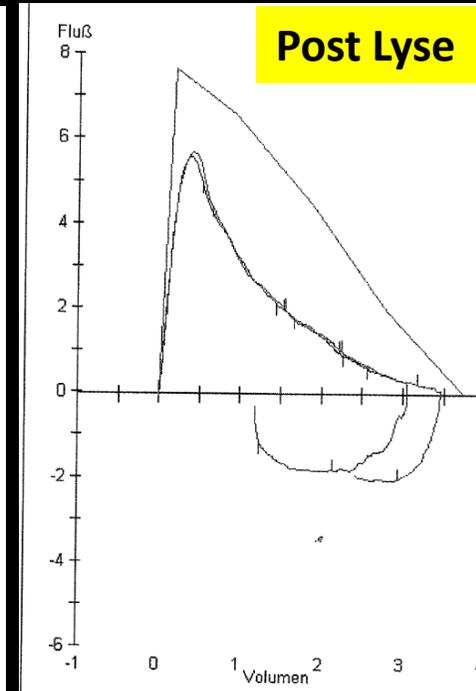
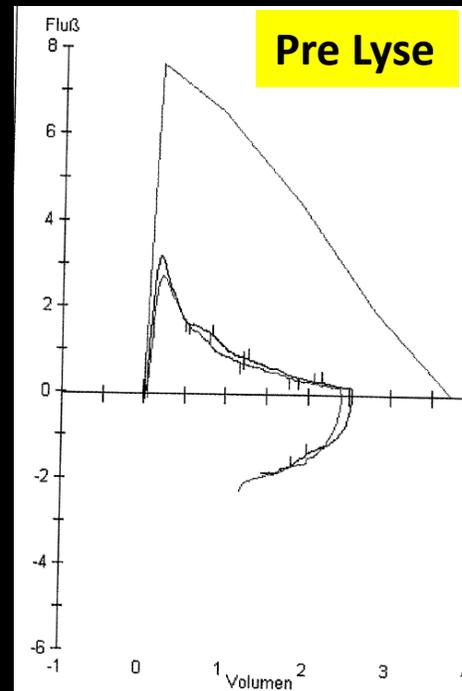
Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: Prov. erbeten - allerg. Asthma, Studie

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	l	3.74	2.56	68	3.46	93
<b>FVC</b>	l		2.53		3.46	
<b>FEV<sub>1</sub></b>	l	3.28	1.32	40	2.28	70
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	88	52	59	66	75
<b>PEF</b>	l/s	7.71	3.24	42	5.76	75
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	4.52	0.77	17	1.67	37
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.97	0.36	18	0.62	31
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.91	303	0.38	127
<b>TLC</b>	l	5.03	6.56	130	5.65	112
<b>FRC PI</b>	l		5.13		3.45	
<b>FRC%TLC</b>	%		78		61	
<b>RV</b>	l		4.00		2.19	
<b>RV%TLC</b>	%		61		39	

		Grenzw.	Ruhe	Belastg	100%O <sub>2</sub>
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	80	86		
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	30		
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	17	25		
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.45		
<b>BE</b>	mmol/l	±3	-2.2		

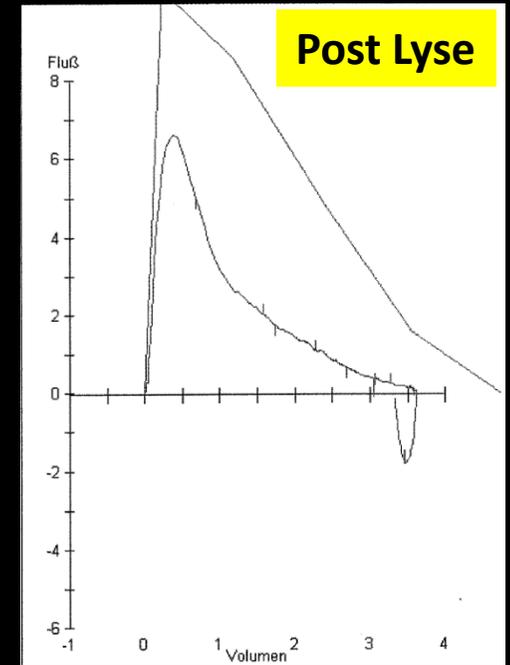
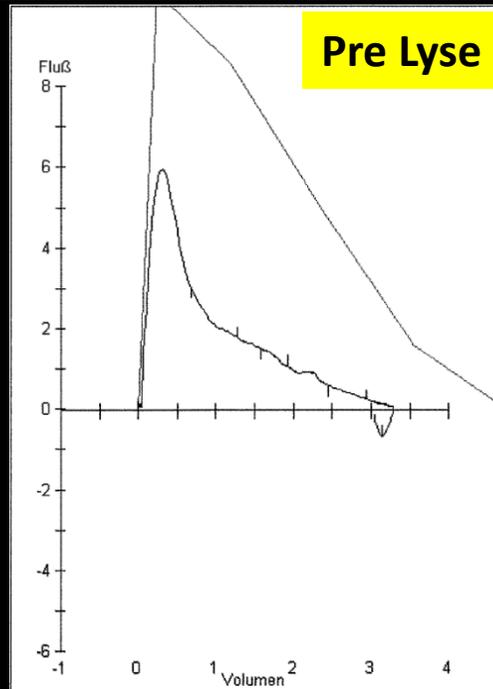
### Fluß/Volumen-Kurve



Geburtsdatum: 18.9.1954; Größe: 1.80 m; Gewicht: 70.0 kg  
 Zuweiser: Lungenamb.  
 Fragestellung: Nikotinabusus

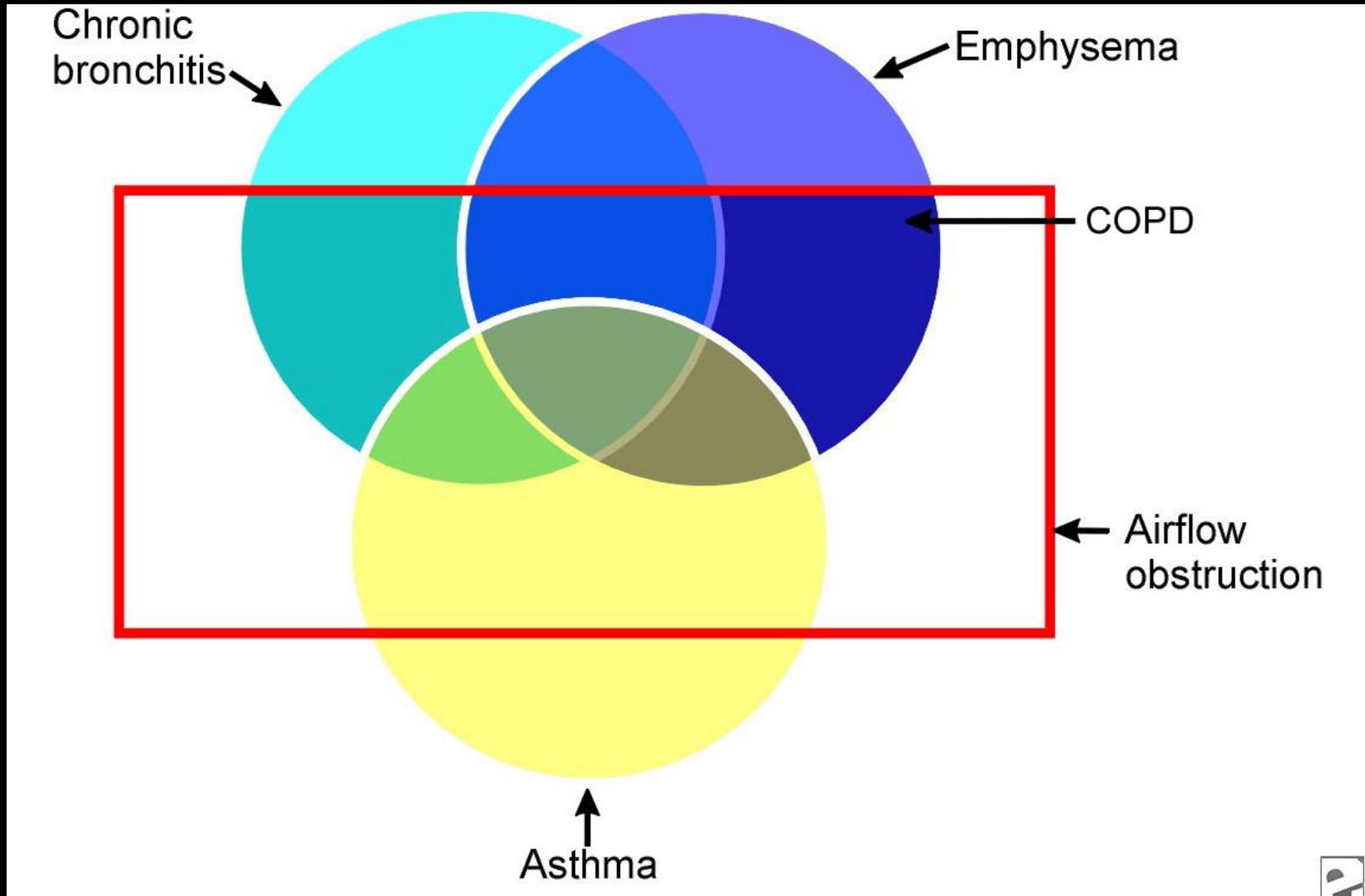
		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
VC	l	4.75	<u>3.34</u>	70	<u>3.62</u>	76
FVC	l		3.34		3.62	
FEV <sub>1</sub>	l	3.85	<u>1.96</u>	51	<u>2.31</u>	60
FEV <sub>1</sub> %(FVC)	%	82	<u>59</u>	72	<u>64</u>	78
PEF	l/s	10.44	6.03	58	6.70	64
MEF50%FVC	l/s	4.96	1.34	27	1.59	32
MEF25%FVC	l/s	1.59	0.53	33	0.61	38
Raw	kPa/l/s	0.30	<u>0.78</u>	260	<u>0.50</u>	167
TLC	l	6.87	<u>8.99</u>	131	<u>9.03</u>	131
FRC PI	l		6.46		6.11	
FRC%TLC	%		72		68	
RV	l		<u>5.66</u>		<u>5.40</u>	
RV%TLC	%		<u>63</u>		<u>60</u>	

### Fluß/Volumen-Kurve



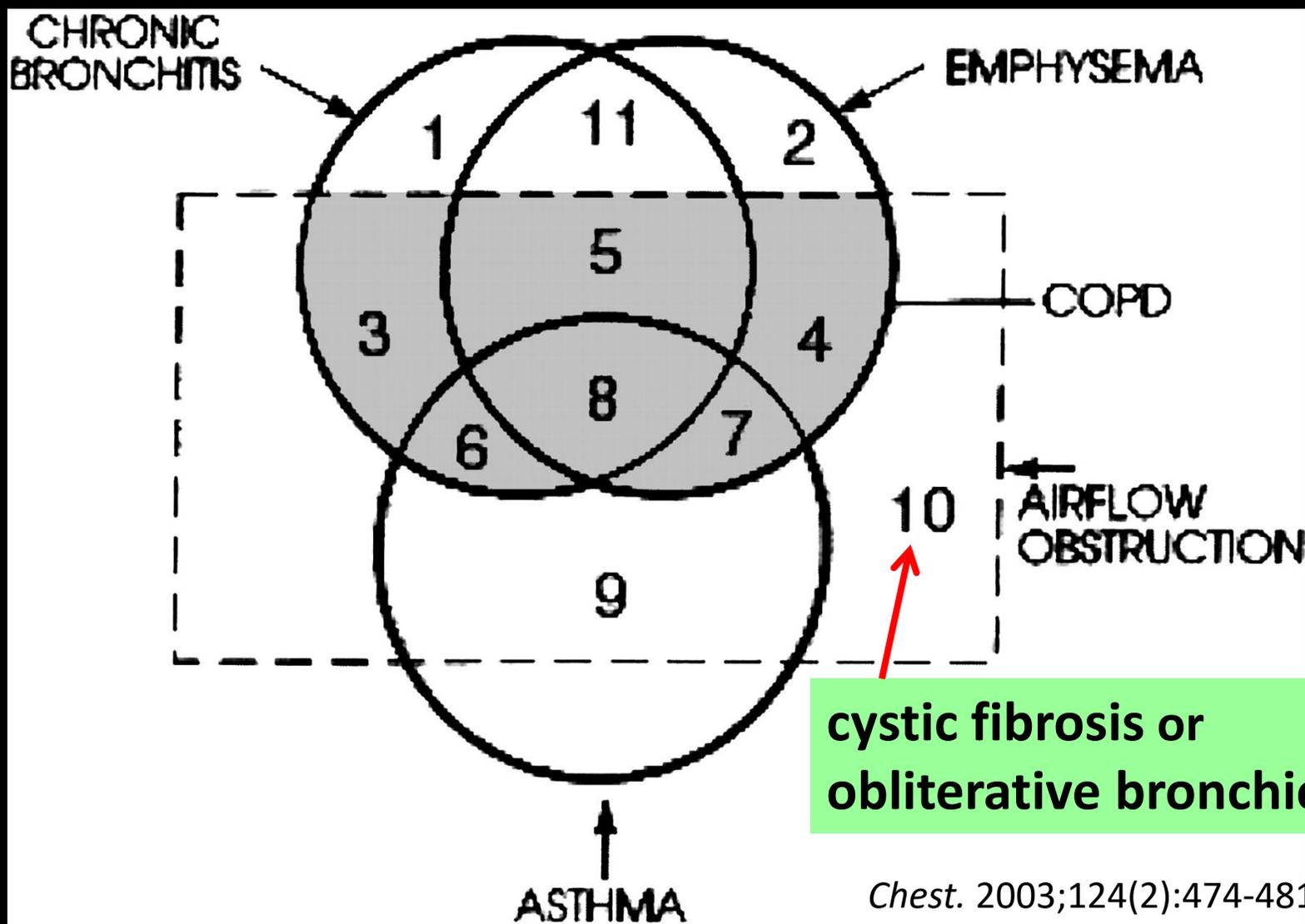
		Grenzw.	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	71	62
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	40
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	28	40
pH		7.4±0.05	7.41
BE	mmol/l	±3	0.6

# Venn diagram of COPD



Chronic obstructive lung disease is a disorder in which subsets of patients may have **dominant features** of chronic bronchitis, emphysema, or asthma → **irreversible airflow obstruction**

# Nonproportional Venn diagram of COPD showing subsets of patients with chronic bronchitis, emphysema, and asthma



# Proportional Venn diagram of OLD in the United States (NHANES III surveys from 1988 to 1994) and United Kingdom (GPRD 1998) for all ages



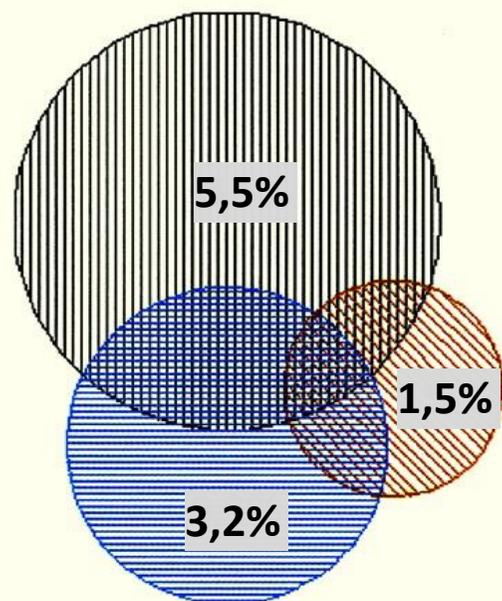
Asthma



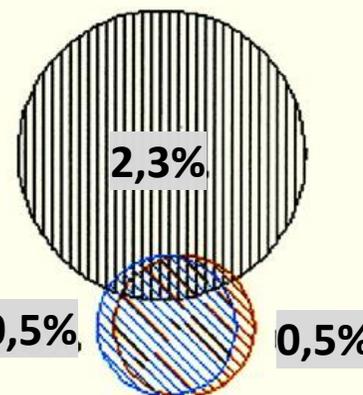
Chronic Bronchitis



Emphysema



**NHANES III (USA)**



**GPRD (GB)**

## Provokationstestung.

Die Provokationstestung dient dem Nachweis einer **bronchialen Hyperreaktivität**.

---

Bei der unspezifischen **Metacholin-Provokation** erfolgt die standardisierte Inhalation eines Metacholin-Aerosols in **steigender Konzentration**

---

Eine unter Provokation auftretende Obstruktion mit einem **FEV1-Abfall um mindestens 20%** spricht für das Vorliegen einer sog. **unspezifischen bronchialen Hyperreaktivität** als Ausdruck der asthmatischen Komponente

Geburtsdatum: 19.2.1990; Größe: 1.71 m; Gewicht: 66.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

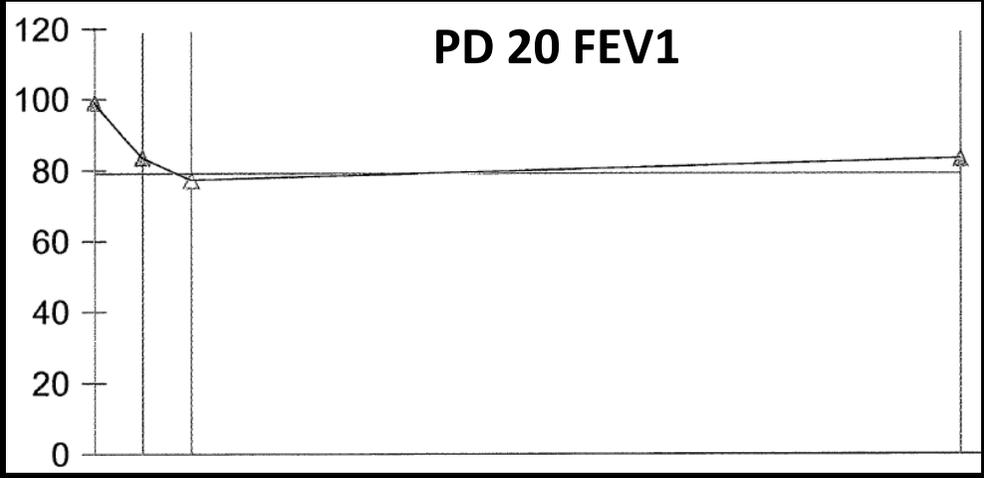
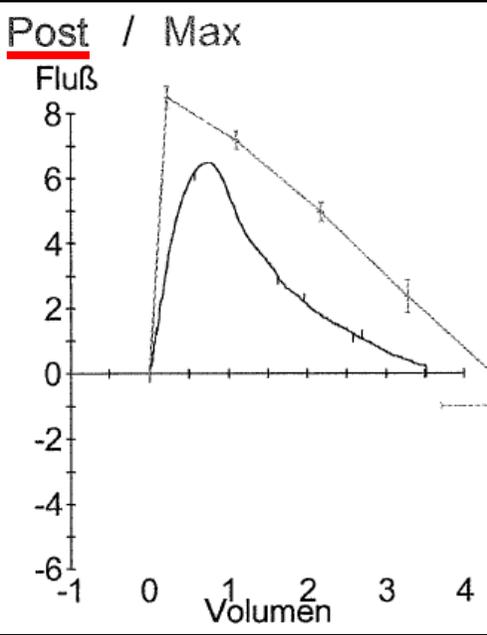
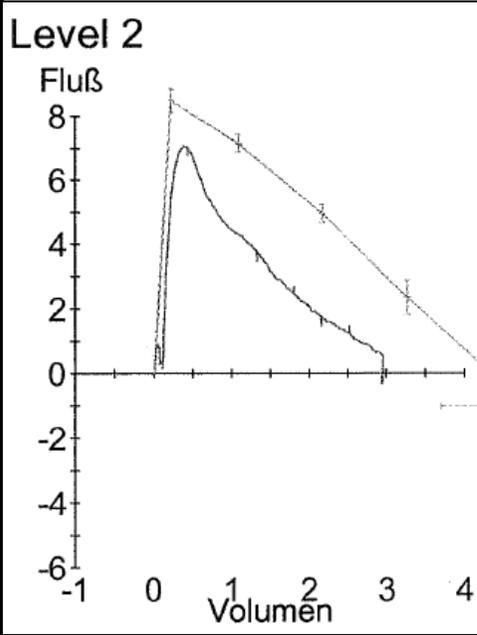
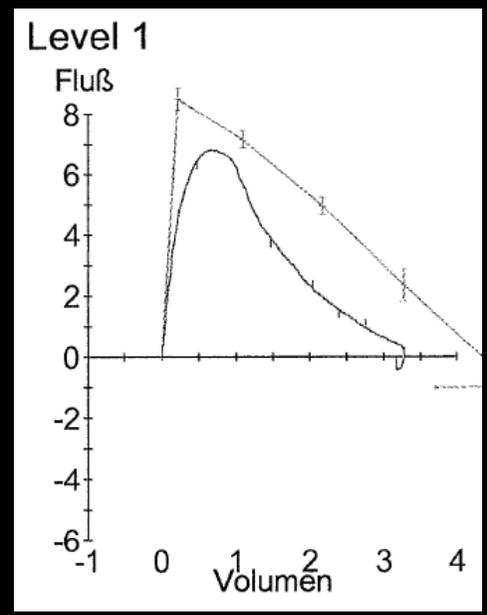
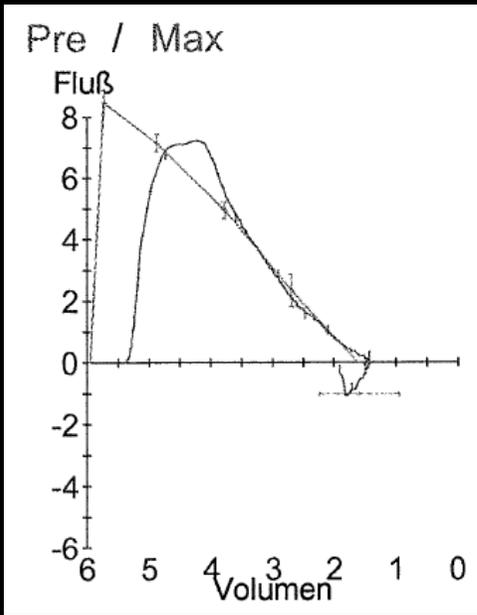
Fragestellung: Vd.A.bronch.

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	4.36	3.94	90		
<b>FVC</b>	I		3.94			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	3.82	3.31	87		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	88	84	95		
<b>PEF</b>	l/s	8.45	7.25	86		
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	4.93	4.54	92		
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	2.34	1.63	70		
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.35	117		
<b>TLC</b>	I	5.79	5.37	93		
<b>FRC PI</b>	I		2.78			
<b>FRC%TLC</b>	%		52			
<b>RV</b>	I		1.44			
<b>RV%TLC</b>	%		27			

		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	81	94
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	37
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	18	11
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.41
<b>BE</b>	mmol/l	±3	-0.5

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion. Grenzwertige Obstruktion. Es besteht ein normaler pulmonaler Gasaustausch.

	Ref	Pre	Level 1	Level 2	Level 3	Post
	Meas	Meas	Meas	Meas	Meas	Meas
Dosis						
FVC Liter	4.36	3.94	3.28	2.97		3.51
% Normwert		90	75	68		81
% Änderung			-17	-25		-11
Dosis						
FEV1 Liter	3.82	3.31	2.78	2.57		2.77
% Normwert		87	73	67		73
% Änderung			-16	-22		-16
Dosis						
PEF l/sek	8.45	7.25	6.80	7.06		7.02
% Normwert		86	81	84		83
% Änderung			-6	-3		-3



**PD: Provokationsdosis 20%**

Geburtsdatum: 19.2.1990; Größe: 1.71 m; Gewicht: 66.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: Vd.A.bronch.

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	4.36	3.94	90		
<b>FVC</b>	I		3.94		3.51	
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	3.82	3.31	87	2.77	73
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	88	84	95	79	90
<b>PEF</b>	l/s	8.45	7.25	86	7.02	83
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	4.93	4.54	92	2.77	56
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	2.34	1.63	70	1.14	49
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.35	117		
<b>TLC</b>	I	5.79	5.37	93		
<b>FRC PI</b>	I		2.78			
<b>FRC%TLC</b>	%		52			
<b>RV</b>	I		1.44			
<b>RV%TLC</b>	%		27			

		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	81	94
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	37
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	18	11
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.41
<b>BE</b>	mmol/l	±3	-0.5

Es besteht der Hinweis für ein hyperreagibles Bronchialsystem. (22 % FEV<sub>1</sub> Abfall, bei 1mg/ml Metacholin)

Geburtsdatum: 14.12.1967; Größe: 1.70 m; Gewicht: 96.0 kg

Zuweiser: \_\_\_\_\_

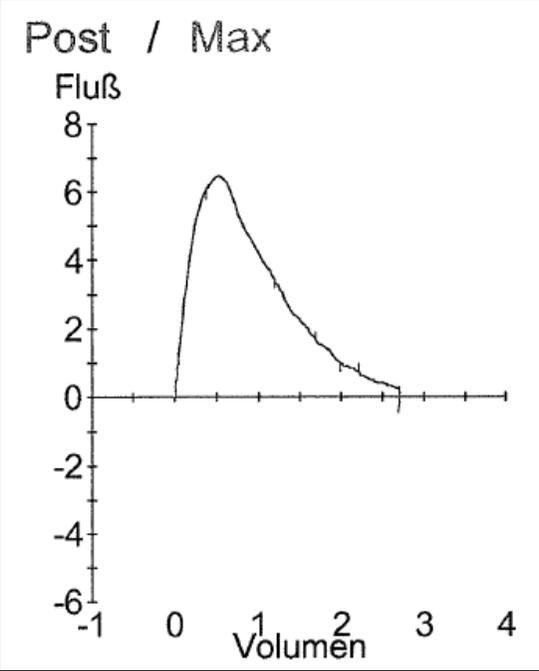
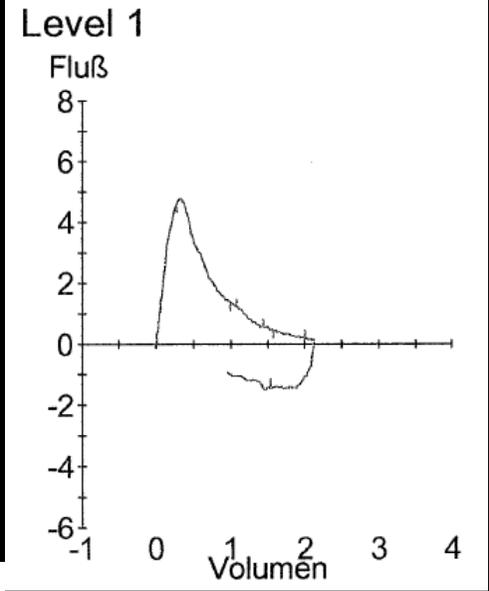
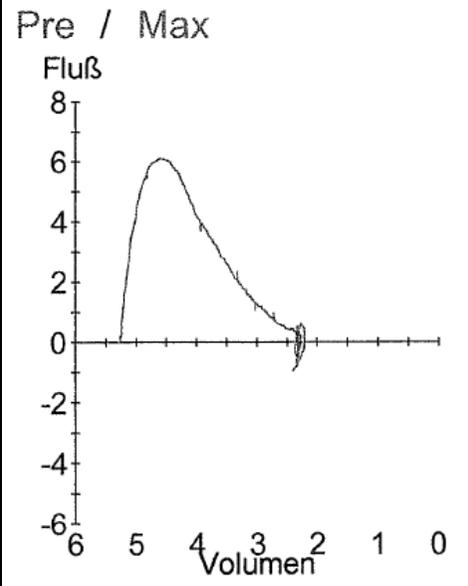
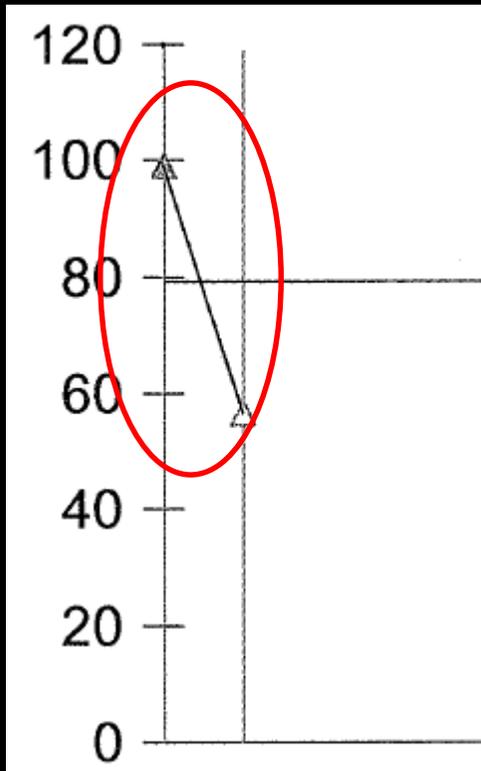
Fragestellung: \_\_\_\_\_

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	3.90	3.27	84		
<b>FVC</b>	I		3.08			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	3.27	2.58	79		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	84	79	94		
<b>PEF</b>	I/s	7.85	6.23	79		
<b>MEF50%FVC</b>	I/s	4.39	3.73	85		
<b>MEF25%FVC</b>	I/s	1.55	1.27	82		
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.40	133		
<b>TLC</b>	I	5.49	5.28	96		
<b>FRC PI</b>	I		3.10			
<b>FRC%TLC</b>	%		59			
<b>RV</b>	I		2.01			
<b>RV%TLC</b>	%		38			

		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	72	76
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	34
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	27	32
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.41
<b>BE</b>	mmol/l	+3	-2.0

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen eines funktionell wirksamen Zwerchfellhochstandes, im Rahmen des Übergewichtes. Grenzwertige Obstruktion. Grenzwertig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer grenzwertig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine Normoxämie bei erhöhter AaDO<sub>2</sub>.

# PD 20 FEV1



Geburtsdatum: 14.12.1967; Größe: 1.70 m; Gewicht: 96.0 kg

Zuweiser:

Fragestellung:

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	3.90	3.27	84		
<b>FVC</b>	I		3.08			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	3.27	2.58	79		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	84	79	94		
<b>PEF</b>	I/s	7.85	6.23	79		
<b>MEF50%FVC</b>	I/s	4.39	3.73	85		
<b>MEF25%FVC</b>	I/s	1.55	1.27	82		
<b>Raw</b>	kPa/I/s	0.30	0.40	133		
<b>TLC</b>	I	5.49	5.28	96		
<b>FRC PI</b>	I		3.10			
<b>FRC%TLC</b>	%		59			
<b>RV</b>	I		2.01			
<b>RV%TLC</b>	%		38			

	Ref	Pre	Level 1	Level 2	Level 3
		Meas	Meas	Meas	Meas
<b>Dosis</b>					
FVC Liter	3.90	3.08	2.13		
% Normwert		79	55		
% Änderung			-31		
<b>Dosis</b>					
FEV1 Liter	3.27	2.58	1.46		
% Normwert		79	45		
% Änderung			-43		
<b>Dosis</b>					
PEF I/sek	7.85	6.23	4.75		
% Normwert		79	60		
% Änderung			-24		

Es besteht der Hinweis für ein hyperreagibles Bronchialsystem. (43% FEV1-Abfall bei 0.5 mg/ml Metacholin)  
 PC20 = 0.23 mg/ml

Geburtsdatum: 29.7.1996; Größe: 1.85 m; Gewicht: 70.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung: Va.HBS

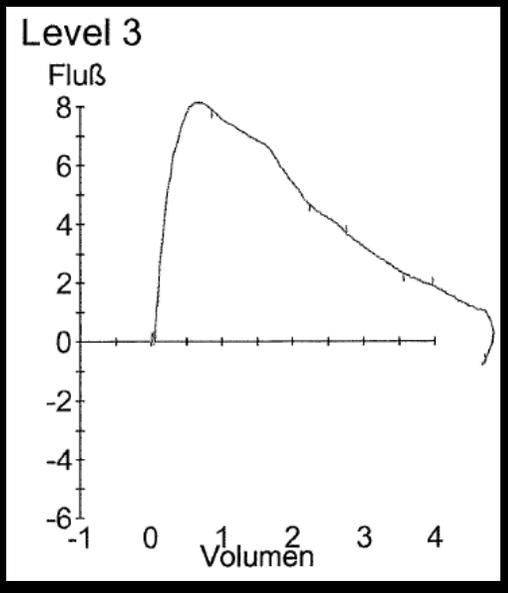
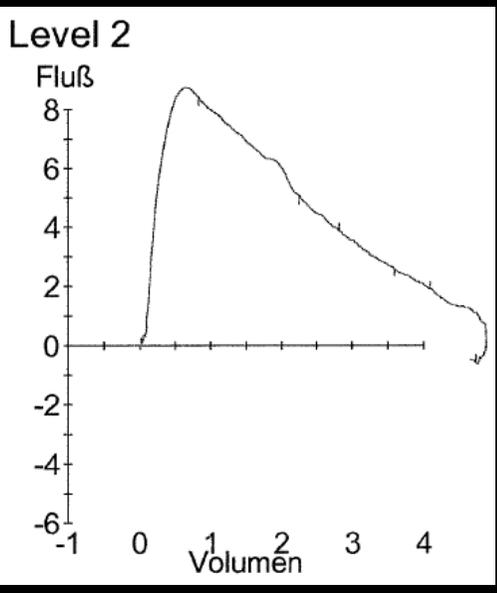
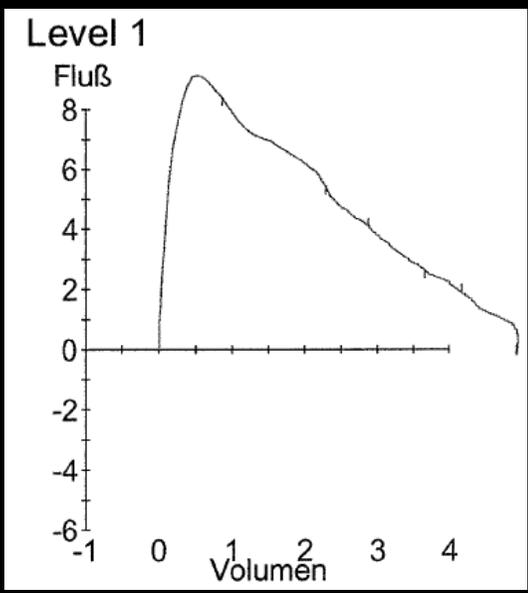
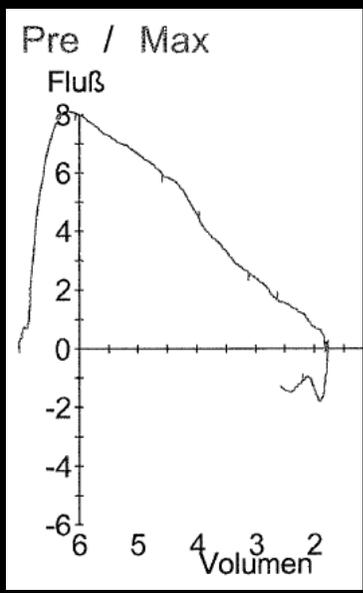
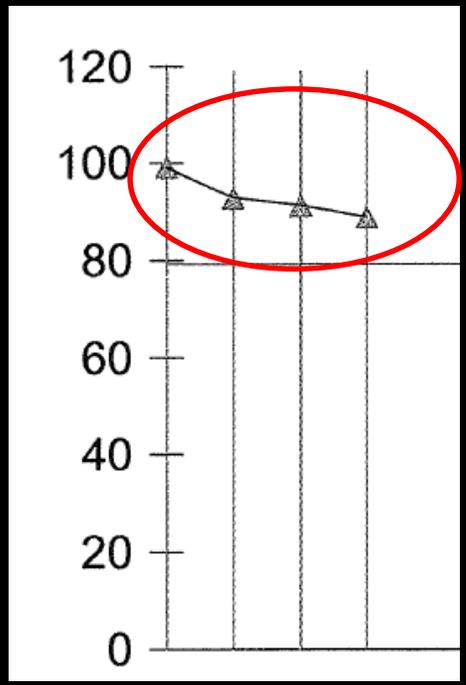
		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	<b>5.85</b>	5.26	<b>90</b>		
<b>FVC</b>	I		5.26			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	<b>5.09</b>	4.49	88		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	<b>87</b>	<b>85</b>	98		
<b>PEF</b>	I/s	<b>11.29</b>	8.95	79		
<b>MEF50%FVC</b>	I/s	<b>6.00</b>	5.66	94		
<b>MEF25%FVC</b>	I/s	<b>3.01</b>	2.47	82		
<b>Raw</b>	kPa/I/s	<b>0.30</b>	<b>0.25</b>	83		
<b>TLC</b>	I	<b>7.29</b>	7.02	<b>96</b>		
<b>FRC PI</b>	I		3.74			
<b>FRC%TLC</b>	%		<b>53</b>			
<b>RV</b>	I		1.77			
<b>RV%TLC</b>	%		<b>25</b>			

		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	<b>83</b>	97
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	<b>36-45</b>	39
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	<b>16</b>	5
<b>pH</b>		<b>7.4±0.05</b>	7.45
<b>BE</b>	mmol/l	<b>±3</b>	3.0

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion. Kein Hinweis auf eine Obstruktion. Es besteht ein normaler pulmonaler Gasaustausch. Völlig normale Lungenfunktion.

	Ref	Pre	Level 1	Level 2	Level 3
		Meas	Meas	Meas	Meas
<b>Dosis</b>					
FVC Liter	5.85	5.26	4.96	4.90	4.83
% Normwert		90	85	84	83
% Änderung			-6	-7	-8
<b>Dosis</b>					
FEV1 Liter	5.09	4.49	4.20	4.13	4.01
% Normwert		88	83	81	79
% Änderung			<u>-6</u>	<u>-8</u>	<u>-11</u>
<b>Dosis</b>					
PEF l/sek	11.29	8.95	9.16	8.76	8.80
% Normwert		79	81	78	78
% Änderung			2	-2	-2

**PD 20 FEV1**



Geburtsdatum: 29.7.1996; Größe: 1.85 m; Gewicht: 70.0 kg  
 Zuweiser: Lungenambulanz  
 Fragestellung: Va.HBS

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	l	5.85	5.26	90		
FVC	l		5.26			
FEV <sub>1</sub>	l	5.09	4.49	88		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	87	85	98		
PEF	l/s	11.29	8.95	79		
MEF50%FVC	l/s	6.00	5.66	94		
MEF25%FVC	l/s	3.01	2.47	82		
Raw	kPa/l/s	0.30	0.25	83		
TLC	l	7.29	7.02	96		
FRC PI	l		3.74			
FRC%TLC	%		53			
RV	l		1.77			
RV%TLC	%		25			

		Grenzw.	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	83	97
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	39
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	16	5
pH		7.4±0.05	7.45
BE	mmol/l	±3	3.0

Kein Hinweis für ein hyperreagibles Bronchialsystem. (11% FEV<sub>1</sub>-Abfall bei 2mg/ml Metacholin)  
 pO<sub>2</sub> nach Prov. = 78 mmHg

# Störungen im Säure- Basen-Haushalt (SBS)

Es gibt nur zwei globale Störungen im SBS, die beide durch den pH identifiziert werden:

1. Eine Azidose liegt vor, wenn der pH  $<7,4$  ist.

2. Eine Alkalose liegt vor, wenn der pH  $>7,4$  ist

# Störungen im Säure- Basen-Haushalt (SBS)

Zwei mögliche Ursachen für diese Störungen:

## 1. Respiratorische Störungen

Sie werden **durch die Abweichungen des  $p\text{aCO}_2$**  vom Normalbereich identifiziert.

## 2. Metabolische Störungen

Sie werden **durch den BE** identifiziert.

**Es sind daher insgesamt nur vier Störungen des SBS möglich**

# Respiratorische Alkalose

pH  $>7,40 \uparrow$

$p_a\text{CO}_2$   $<36 \text{ mmHg} \downarrow$

BE  $<0 (-) \downarrow$

## Respiratorische Azidose

pH

$<7,40 \downarrow$

$p_a\text{CO}_2$

$>44 \text{ mmHg} \uparrow$

BE

$>0 (+) \uparrow$

## Metabolische Alkalose

pH  $>7,40 \uparrow$

BE  $>0 (+) \uparrow$

$p_a\text{CO}_2$   $>45 \uparrow$

## Metabolische Azidose

pH <7,40 ↓

BE <0 (-) ↓

$p_a\text{CO}_2$  <36 mmHg ↓

Geburtsdatum: 10.7.1978; Größe: 1.69 m; Gewicht: 58.0 kg  
 Zuweiser: Lungenambulanz  
 Fragestellung: Va.Asthma br.

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	I	4.14	3.73	90		
FVC	I		3.72			
FEV <sub>1</sub>	I	3.54	3.01	85		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	86	81	94		
PEF	l/s	8.17	6.79	83		
MEF50%FVC	l/s	4.69	3.99	85		
MEF25%FVC	l/s	1.89	1.48	78		
Raw	kPa/l/s	0.30	0.27	90		
TLC	I	5.66	5.97	105		
FRC PI	I		3.65			
FRC%TLC	%		61			
RV	I		2.24			
RV%TLC	%		38			

		Grenzw.	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	79	99
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	<u>31</u>
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	21	14
pH		7.4±0.05	<u>7.45</u>
BE	mmol/l	+3	<u>-1.2</u>

Es besteht eine primär respiratorische, kompensierte Alkalose.

Geburtsdatum: 23.3.1967; Größe: 1.83 m; Gewicht: 95.0 kg  
 Zuweiser: KMT- Ambulanz 6l  
 Fragestellung: Kontrolle

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	l	5.39	5.66	105		
FVC	l		5.53			
FEV <sub>1</sub>	l	4.42	4.33	98		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	83	77	93		
PEF	l/s	11.52	10.02	87		
MEF50%FVC	l/s	5.64	6.09	108		
MEF25%FVC	l/s	1.99	1.35	68		
Raw	kPa/l/s	0.30	0.33	110		
TLC	l	7.45	7.64	103		
FRC PI	l		3.33			
FRC%TLC	%		44			
RV	l		1.98			
RV%TLC	%		26			

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
DLCO	mmol minkPa	11.22	7.73	69
DLCO/VA	mmol minkPa	1.92	1.05	55
		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	72	103	
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	33	
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	28	8	
pH		7.4±0.05	7.36	
BE	mmol/l	±3	-6.0	

Es besteht eine primär metabolische, respiratorisch kompensierte Azidose.

Geburtsdatum: 10.11.1929; Größe: 1.74 m; Gewicht: 62.0 kg  
 Zuweiser: St.151  
 Fragestellung: Zungenca., OPKI

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	I	3.36	3.09	92		
FVC	I		3.09			
FEV <sub>1</sub>	I	2.63	2.15	82		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	81	70	86		
PEF	l/s	7.10	3.70	52		
MEF50%FVC	l/s	2.95	1.92	65		
MEF25%FVC	l/s	0.87	0.60	69		

		Grenzw.	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	65	77
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	<u>30</u>
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	35	36
pH		7.4±0.05	<u>7.50</u>
BE	mmol/l	±3	<u>1.2</u>

Es besteht eine primär respiratorische, nicht kompensierte Alkalose.

Geburtsdatum: 17.10.1952; Größe: 1.68 m; Gewicht: 46.0 kg  
 Zuweiser: Prof. Keussl/ Nierenamb.  
 Fragestellung: prä NTX

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	I	3.27	1.82	56		
FVC	I		1.78			
FEV <sub>1</sub>	I	2.69	0.64	24		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	82	35	43		
PEF	I/s	6.87	1.77	26		
MEF50%FVC	I/s	3.71	0.24	6		
MEF25%FVC	I/s	1.14	0.13	11		
Raw	kPa/l/s	0.30	1.41	470		
TLC	I	4.78	5.15	108		
FRC PI	I		4.08			
FRC%TLC	%		79			
RV	I		3.33			
RV%TLC	%		65			

		Grenzw.	Ruhe	Belastg
PaO <sub>2</sub>	mmHg	73	76	58
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	44	50
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	27	22	32
pH		7.4±0.05	7.25	7.21
BE	mmol/l	±3	-8.0	-8.2

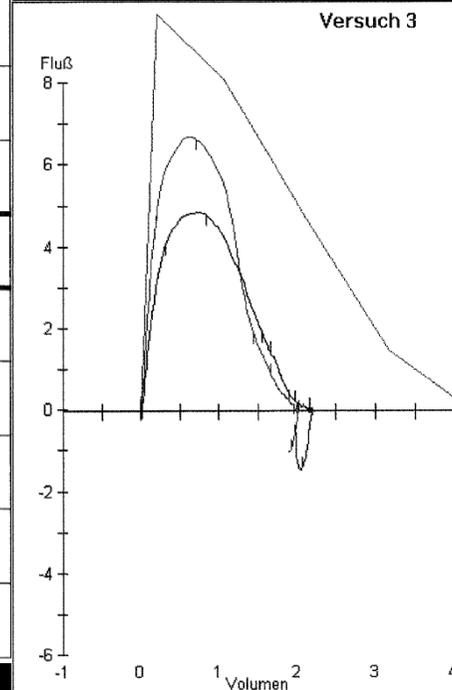
Es besteht eine primär metabolische, nicht kompensierte Azidose.

Geburtsdatum: 3.4.1956; Größe: 1.71 m; Gewicht: 85.0 kg

Zuweiser: Lungenambulanz

Fragestellung:

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	4.23	<u>2.19</u>	52		
<b>FVC</b>	I		2.19			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	3.49	<u>1.98</u>	57		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	82	<u>90</u>	110		
<b>PEF</b>	l/s	9.77	6.74	69		
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	4.73	4.71	100		
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.51	1.81	120		
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.36	<u>0.24</u>	67		
<b>TLC</b>	I	6.10	<u>3.70</u>	61		
<b>FRC PI</b>	I		2.36			
<b>FRC%TLC</b>	%		64			
<b>RV</b>	I		1.51			
<b>RV%TLC</b>	%		41			



		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
<b>DLCO</b>	mmol minkPa	9.16	1.34	15
<b>DLCO/VA</b>	mmol minkPa	1.80	0.53	29
		Grenzw.	Ruhe	Belastg
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	68	<u>40</u>	
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	<u>34</u>	
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	32	69	
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.44	
<b>BE</b>	mmol/l	±3	-0.2	

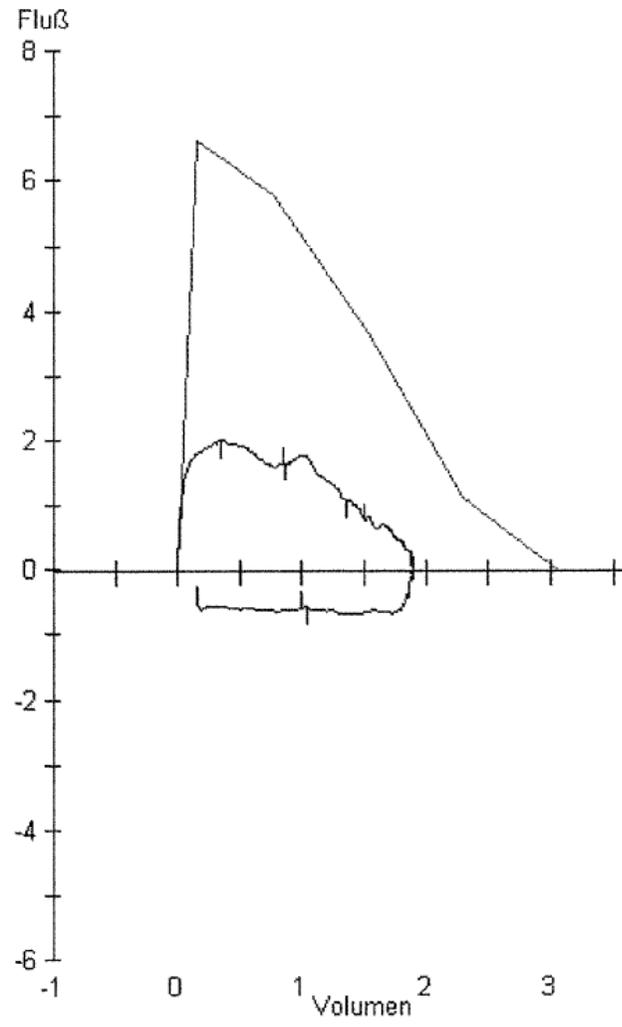
**ZUSAMMENFASSUNG:** Mittelgradige Restriktion vom Typ der gefesselten Lunge. Kein Hinweis auf eine Obstruktion. Leichtgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer mittelgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine deutliche arterielle Ruhehypoxämie.

Geburtsdatum: 13.6.1958; Größe: 1.58 m; Gewicht: 78.0 kg

Zuweiser: HNO-Ambulanz 8J / L.A.

Fragestellung: Recurrensparese bds.

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lys Ist
<b>VC</b>	I	3.06	2.93	96	
<b>FVC</b>	I		1.90		
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	2.56	1.57	61	
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	84	54	64	
<b>PEF</b>	l/s	6.66	2.14	32	
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	3.70	1.68	45	
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.15	1.06	92	
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.70	233	
<b>TLC</b>	I	4.40	5.51	125	
<b>FRC PI</b>	I		3.39		
<b>FRC%TLC</b>	%		62		
<b>RV</b>	I		2.58		
<b>RV%TLC</b>	%		47		



		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	70	85
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	42
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	29	15
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.40
<b>BE</b>	mmol/l	±3	1.0

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen der Überblähung. Mittelgradige Obstruktion. Es besteht ein normaler pulmonaler Gasaustausch.

Auf Grund der Formanalyse der Resistanceschleife und der inspir.F/V-Kurve Hinweis für eine extrathorakale Stenose

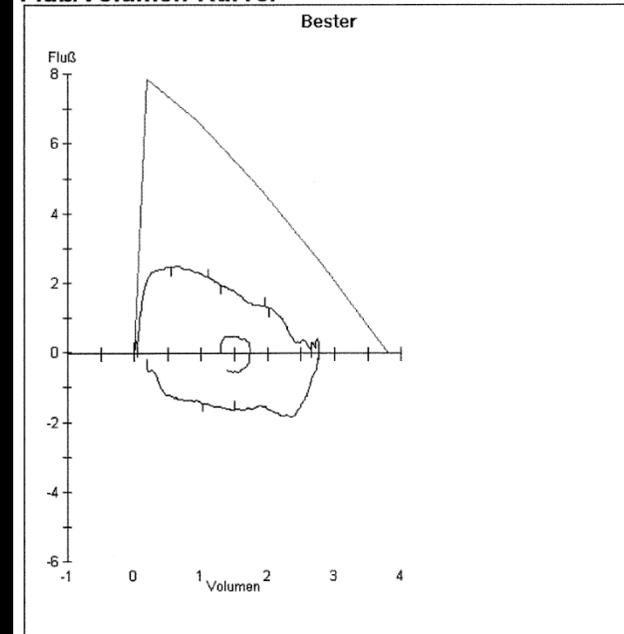
# Extrathorakale Stenose

Geburtsdatum: 26.9.1995; Größe: 1.63 m; Gewicht: 48.0 kg  
 Zuweiser: HNO-Amb. 8J  
 Fragestellung: Stimmlippenbeweg. störung

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw	Lyse Ist	%Bzw
VC	l	3.81	2.77	73		
FVC	l		2.77			
FEV <sub>1</sub>	l	3.48	1.99	57		
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	91	72	79		
PEF	l/s	7.92	2.54	32		
MEF50%FVC	l/s	4.72	1.92	41		
MEF25%FVC	l/s	2.46	1.30	53		
Raw	kPa/l/s	0.30	0.55	183		
TLC	l	4.98	4.72	95		
FRC PI	l		2.80			
FRC%TLC	%		59			
RV	l		1.94			
RV%TLC	%		41			

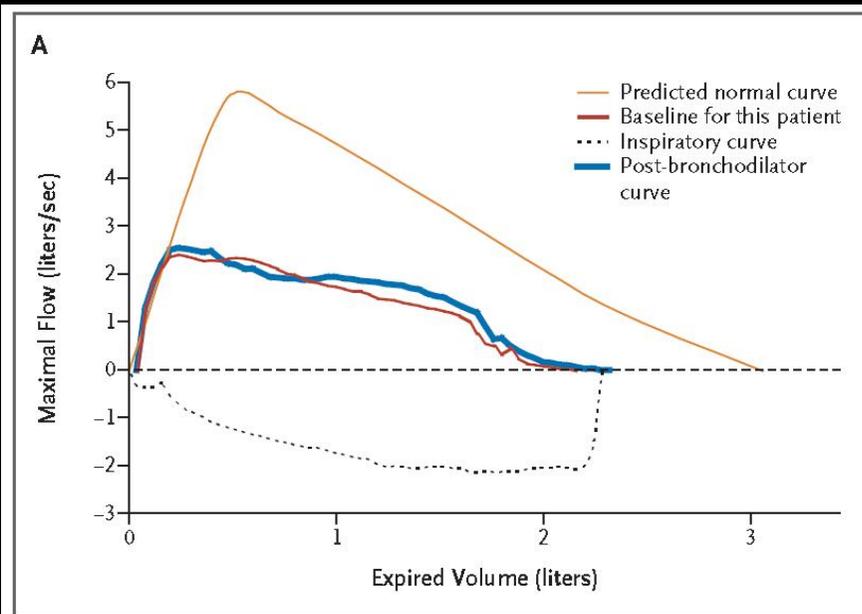
		Grenzw.	Ruhe
PaO <sub>2</sub>	mmHg	84	97
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	33
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	15	12
pH		7.4±0.05	7.43
BE	mmol/l	±3	-1.8

Fluß/Volumen-Kurve. -



**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen eines funktionell wirksamen Zwerchfellhochstandes. Leichtgradige Obstruktion. Leichtgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer leichtgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine Normoxämie bei Zeichen alveolärer Hyperventilation.

# Intratracheal Melanoma Metastases: A 42-year-old woman with metastatic melanoma presented with a 1-month history of dyspnea and wheezing

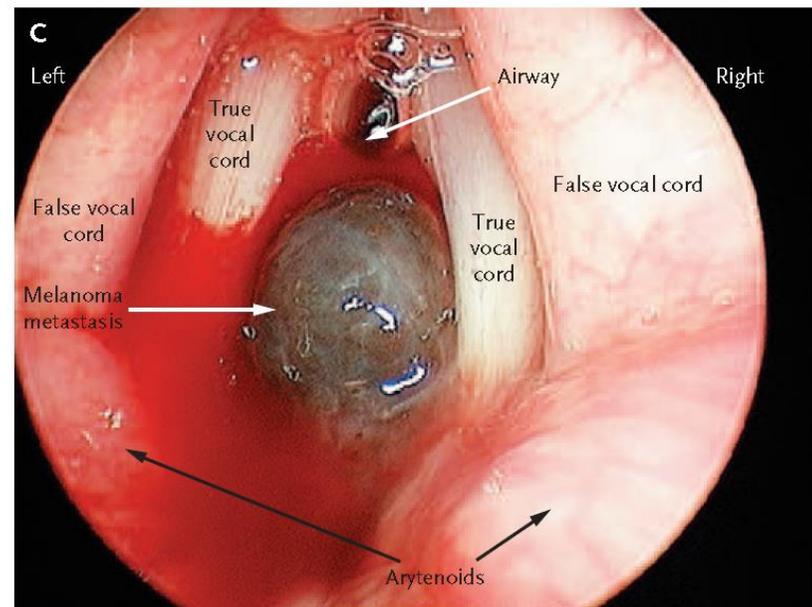
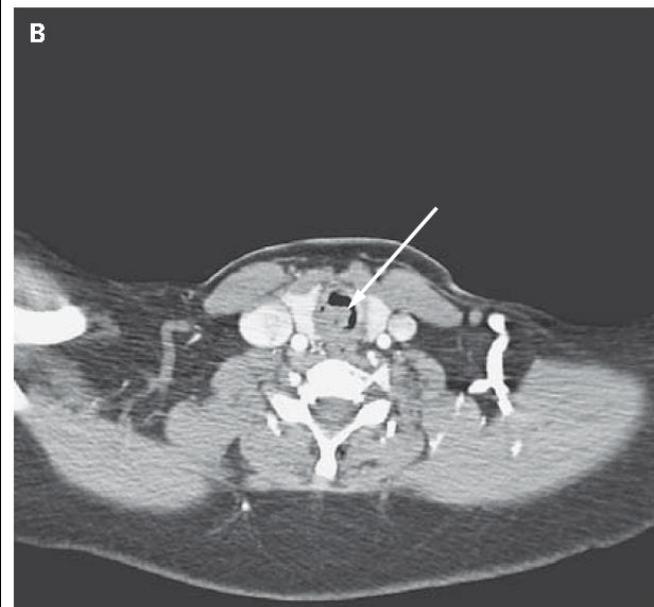


## Intratracheal Melanoma Metastases

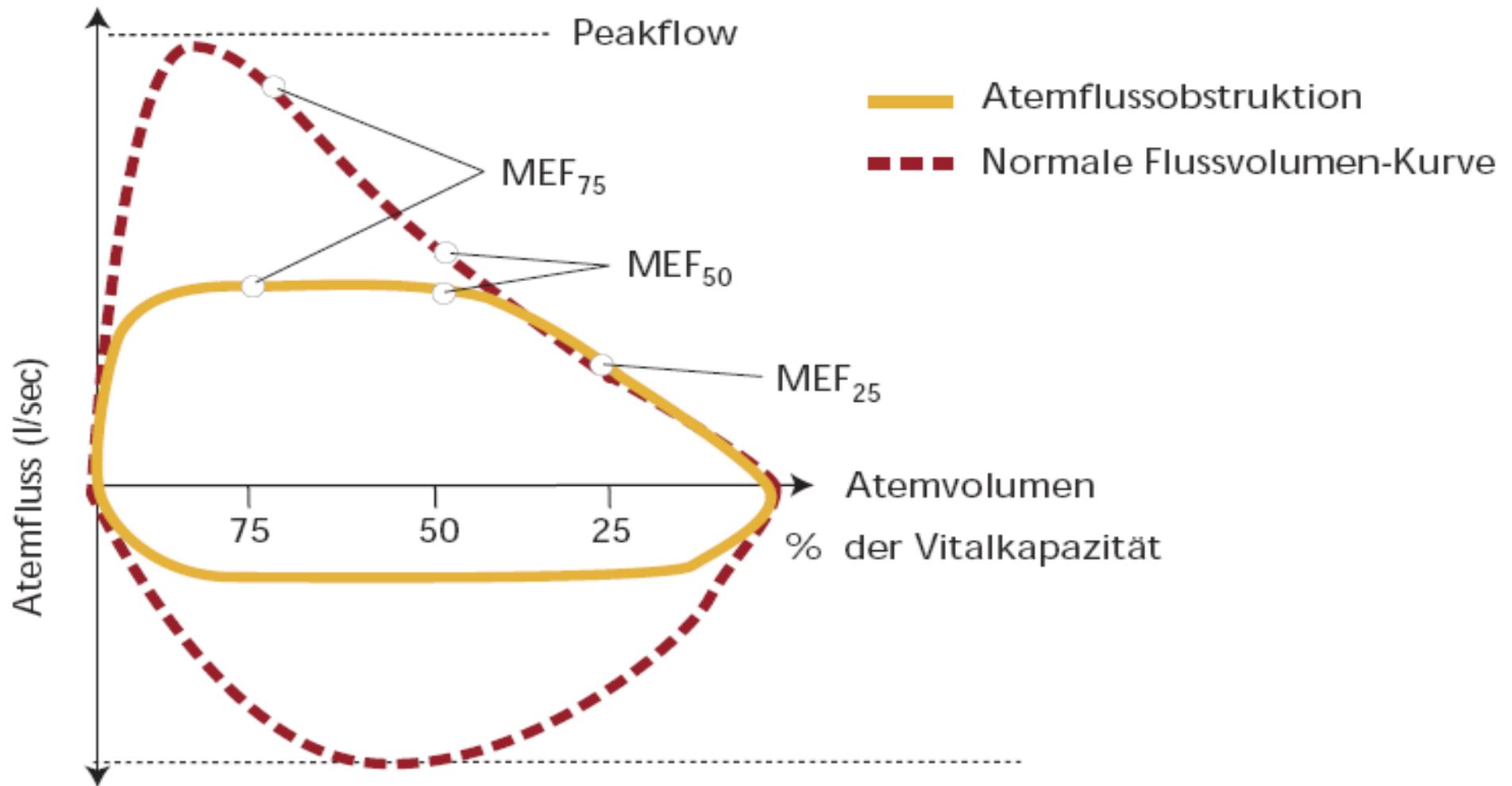
N Engl J Med 355;13 2006

Aditya Bardia, M.D., M.P.H.  
Ravi D. Rao, M.D.

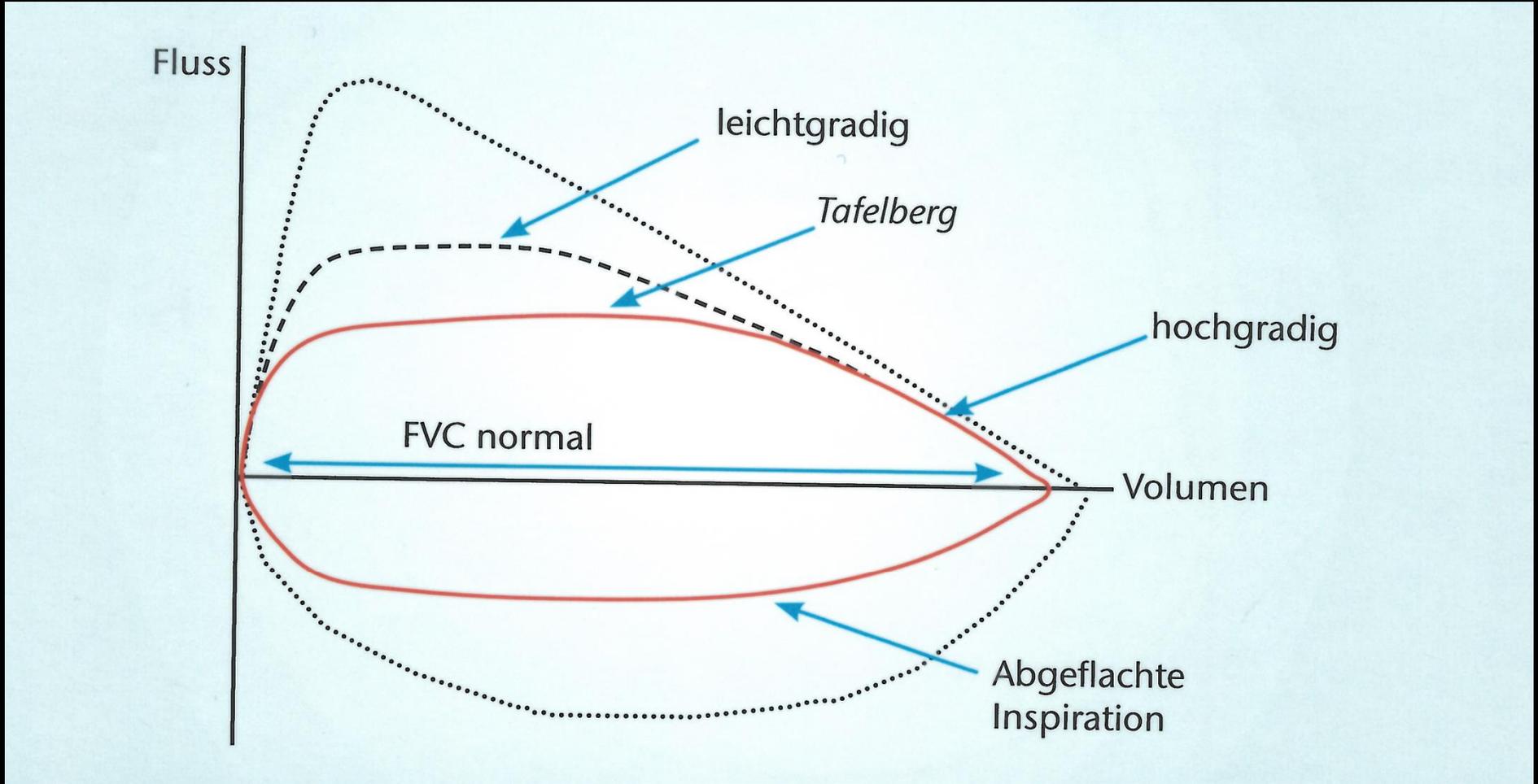
Mayo Clinic  
Rochester, MN 55905  
rao.ravi@mayo.edu



# Flussvolumen-Kurve bei extrathorakaler Obstruktion



# Abgeflachte Fluss-Volumen-Kurve, Abgeflachte Inspiration



Mitarbeit überprüfen!

Zentrale Atemwegsstenose bei Abgeflachter Fluss-Volumen-Kurve intrathorakal,

bei abgeflachter Inspirationskurve auch **extrathorakal**

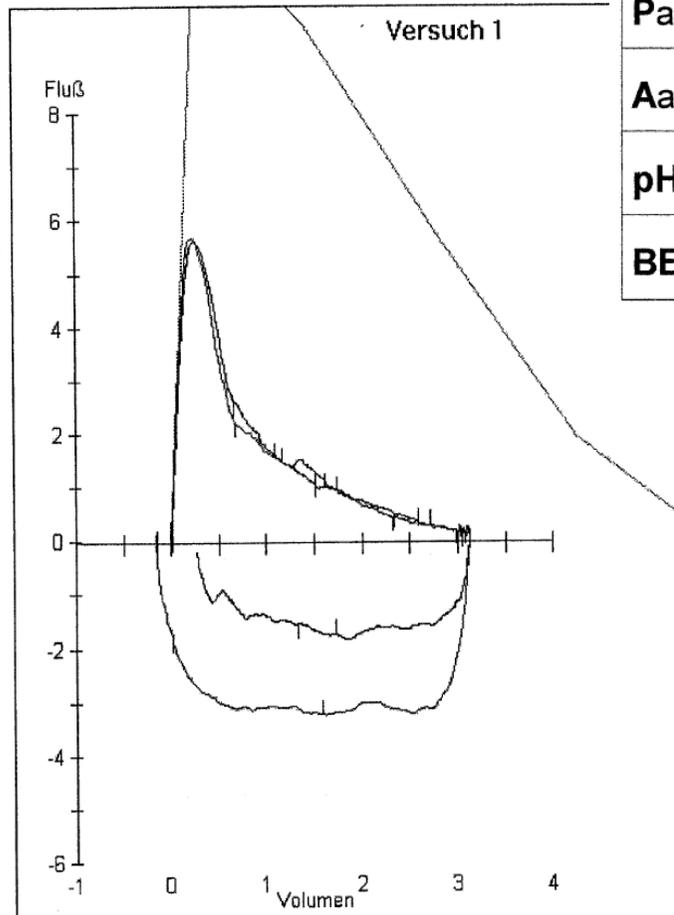
Geburtsdatum: 13.5.1963; Größe: 1.89 m; Gewicht: 105.0 kg

Zuweiser: 15 J

Fragestellung: Recurrensparese, St.p. Pneumektomie, OPKI

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	5.67	3.45	61		
<b>FVC</b>	I		3.14			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	4.60	1.77	38		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	82	51	62		
<b>PEF</b>	l/s	11.86	5.77	49		
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	5.72	1.12	20		
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.98	0.46	23		
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.53	177		
<b>TLC</b>	I	7.93	6.80	86		
<b>FRC PI</b>	I		4.01			
<b>FRC%TLC</b>	%		59			
<b>RV</b>	I		3.35			
<b>RV%TLC</b>	%		49			

Fluß/Volumen-Kurve. --



		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	71	87
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	37
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	28	18
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.45
<b>BE</b>	mmol/l	±3	2.0

Auf Grund der Formanalyse der Resistanceschleife und der inspir.F/V-Kurve Hinweis für eine extrathorakale Stenose

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen eines funktionell wirksamen Zwerchfellhochstandes. Mittelgradige Obstruktion. Leichtgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer mittelgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht ein normaler pulmonaler Gasaustausch.

Geburtsdatum: 14.3.1953; Größe: 1.66 m; Gewicht: 100.0 kg  
 Zuweiser: Lungenambulanz  
 Fragestellung: Va.Sarkoidose

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	3.82	3.33	87		
<b>FVC</b>	I		3.33			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	3.17	2.34	74		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	82	70	85		
<b>PEF</b>	I/s	9.10	7.72	85		
<b>MEF50%FVC</b>	I/s	4.39	2.03	46		
<b>MEF25%FVC</b>	I/s	1.36	0.56	41		
<b>Raw</b>	kPa/I/s	0.30	<u>0.40</u>	133		
<b>TLC</b>	I	5.57	5.94	107		
<b>FRC PI</b>	I		3.00			
<b>FRC%TLC</b>	%		51			
<b>RV</b>	I		2.61			
<b>RV%TLC</b>	%		44			

		Bezugs- wert	Gemessen	
			Ist	%Bzw
<b>DLCO</b>	mmol minkPa	8.40	7.90	94
<b>DLCO/VA</b>	mmol minkPa	1.76	1.62	92

		Grenzw.	Ruhe	Belastg	100%O <sub>2</sub>
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	65	72		
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	35		
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	35	35		
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.46		
<b>BE</b>	mmol/l	±3	1.7		

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen eines funktionell wirksamen Zwerchfellhochstandes, im Rahmen des Übergewichtes. Grenzwertige Obstruktion. Es besteht eine Normoxämie bei Zeichen alveolärer Hyperventilation.

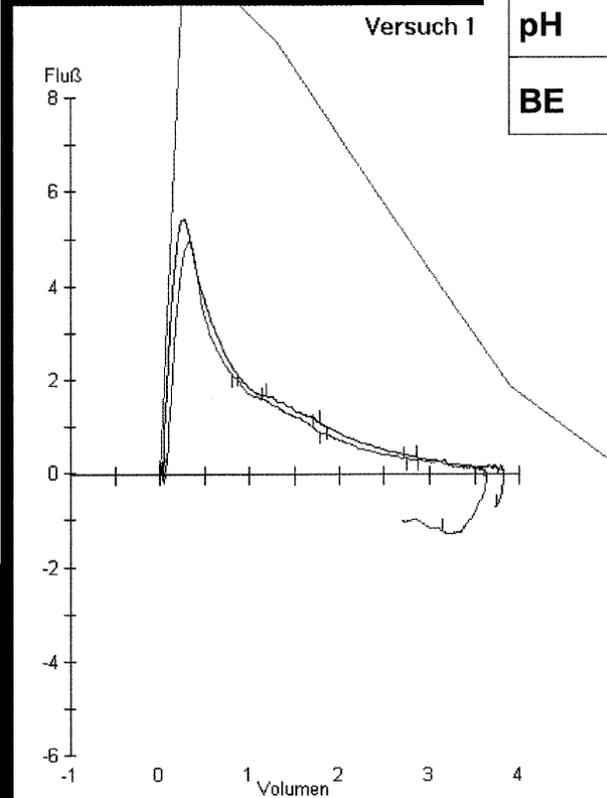
Geburtsdatum: 18.8.1963; Größe: 1.82 m; Gewicht: 100.0 kg

Zuweiser: St. 14J

Fragestellung: GvHD, Kontrolle

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	l	5.22	3.93	75	3.85	74
<b>FVC</b>	l		3.83		3.85	
<b>FEV<sub>1</sub></b>	l	4.27	1.83	43	1.85	43
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	83	47	57	48	58
<b>PEF</b>	l/s	11.27	5.46	48	5.60	50
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	5.49	0.89	16	0.80	15
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.88	0.33	18	0.33	18
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.49	163	0.43	143
<b>TLC</b>	l	7.30	7.38	101	7.19	98
<b>FRC PI</b>	l		4.55		4.50	
<b>FRC%TLC</b>	%		62		63	
<b>RV</b>	l		3.45		3.34	
<b>RV%TLC</b>	%		47		46	

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
<b>DLCO</b>	mmol minkPa	10.91	9.03	83
<b>DLCO/VA</b>	mmol minkPa	1.89	1.83	97
		Grenzw.	Ruhe	Belastg
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	70	60	
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	39	
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	28	41	
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.45	
<b>BE</b>	mmol/l	±3	3.0	



# Bedeutung von Alveolo-arterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz **AaDO<sub>2</sub>**

$$\text{Refrenzwert: AaDO}_2 = (\text{Alter [in Jahren]} + 10)/2$$

- Ist die **AaDO<sub>2</sub> erhöht**, liegt auch dann eine **Störung der Oxygenisierung** vor, wenn der paO<sub>2</sub> durch kompensatorische Hyperventilation im Normalbereich ist (**latente Hypoxämie**).
- Ist die **AaDO<sub>2</sub> hingegen normal**, dann liegt **keine Störung** des **Gasaustausches** von der Alveole zum Blut vor, auch dann nicht, wenn der paO<sub>2</sub> vermindert ist.

Geburtsdatum: 3.1.1942; Größe: 1.72 m; Gewicht: 96.0 kg  
 Zuweiser: 14 J  
 Fragestellung: COPD,KO

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
VC	l	2.99	1.95	65	1.99	67
FVC	l		1.61		1.82	
FEV <sub>1</sub>	l	2.44	1.10	45	1.11	45
FEV <sub>1</sub> %(F)VC	%	81	56	69	56	69
PEF	l/s	6.33	4.69	74	4.26	67
MEF50%FVC	l/s	3.29	0.78	24	0.67	20
MEF25%FVC	l/s	0.97	0.46	47	0.25	26
Raw	kPa/l/s	0.30	0.63	210	0.58	193
TLC	l	4.48	4.47	100	4.45	99
FRC PI	l		3.17		3.12	
FRC%TLC	%		71		70	
RV	l		2.52		2.46	
RV%TLC	%		56		55	

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
DLCO	$\frac{\text{mmol}}{\text{min kPa}}$	7.85	3.21	41
DLCO/VA	$\frac{\text{mmol}}{\text{min kPa}}$	1.96	0.88	45

**Aufsättigungsblutgase arteriell!**

		Grenzw.	Ruhe	Belastg	100%O <sub>2</sub>
PaO <sub>2</sub>	mmHg	66	47		<u>326</u>
PaCO <sub>2</sub>	mmHg	36-45	45		50
AaDO <sub>2</sub>	mmHg	35	52		<u>330</u>
pH		7.4±0.05	7.44		7.40
BE	mmol/l	±3	5.4		4.3

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen der Überblähung. Mittelgradige, akut nicht reversible Obstruktion. Mittelgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer leichtgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine deutliche arterielle Ruhehypoxämie. Weiters Zeichen eines pathologisch erhöhten Rechts-Links-Shuntes bei einem geschätzten Shuntvolumen von 22%.

## Die 4 Funktionsstörungen sind:

1. Alveolare Hypoventilation

2. Ventilatorische Verteilungsstörung / Ventilations-Perfusions ( $\dot{V}/\dot{Q}$ )-Mismatch

3. Diffusionsstörung

4. Anatomischer Rechts-links-Shunt

# alveolaren Hypoventilation

Das **BGA-Muster** für die **alveolare Hypoventilation** ist:

- Verminderter  $p_aO_2$
- **Normale  $AaDO_2$**
- Erhöhter  $p_aCO_2$

Das primäre und **unbedingte Kennzeichen** der alveolaren Hypoventilation ist daher eine **arterielle Hyperkapnie**. Das heißt umgekehrt, dass **jede arterielle Hyperkapnie**, ohne Ausnahme, eine **alveolare Hypoventilation** ist.

# alveolaren Hypoventilation

Die **Hypoxämie** ist lediglich die **Folge der Hyperkapnie** und nicht die Folge einer Veränderung der Lunge. Es besteht somit, wenn keine weitere Funktionsstörung vorliegt, **keine eigentliche Gasaustauschstörung** von der Alveole ins Blut und daher ist **die AaDO<sub>2</sub> normal**.

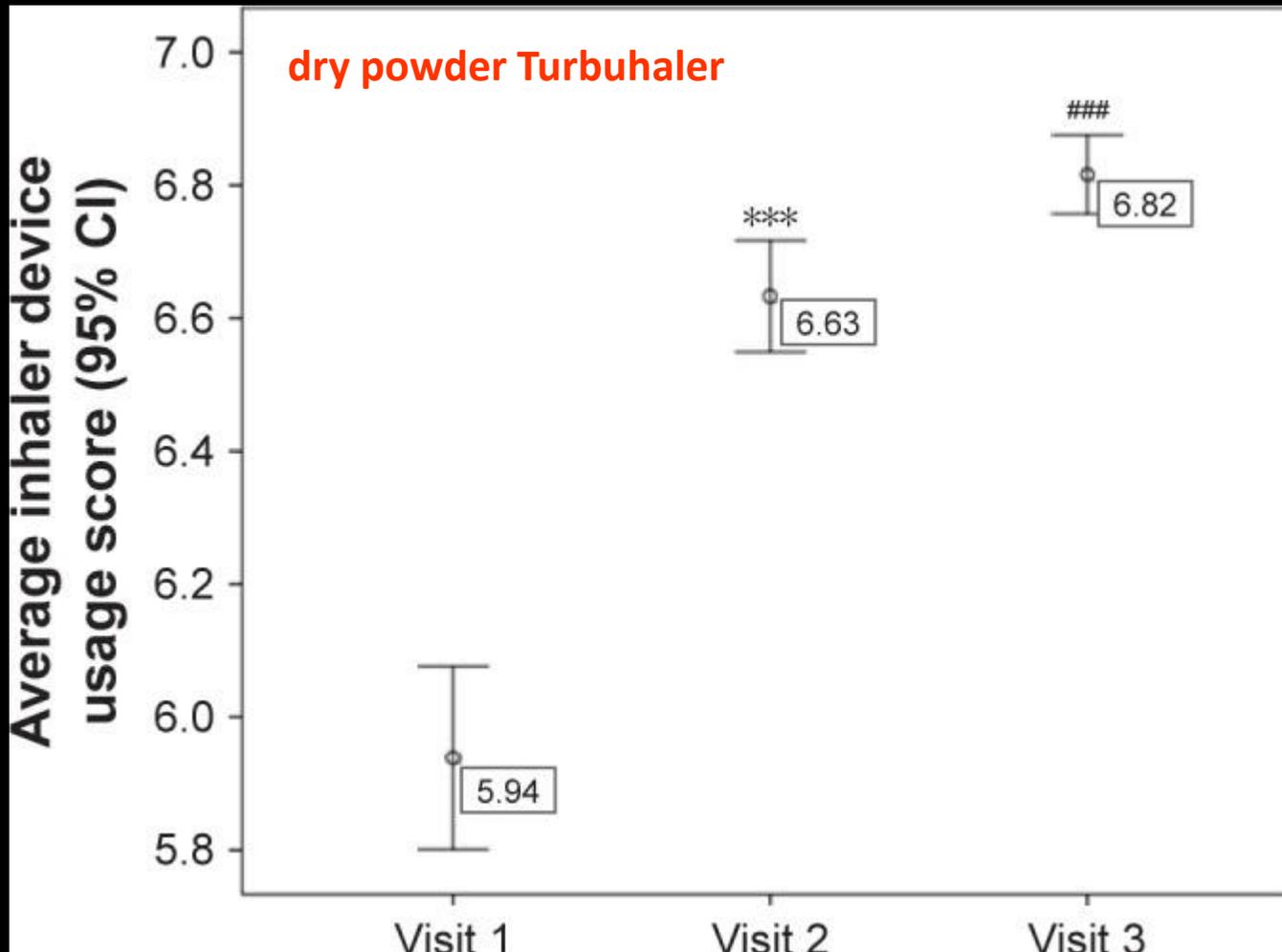
Durch **therapeutische O<sub>2</sub>-Gabe** kann wohl die Hypoxämie, nicht aber die Hyperkapnie behoben werden.

Hyperkapnie ist nur durch eine **Verstärkung der Ventilation** korrigierbar.

# alveolaren Hypoventilation

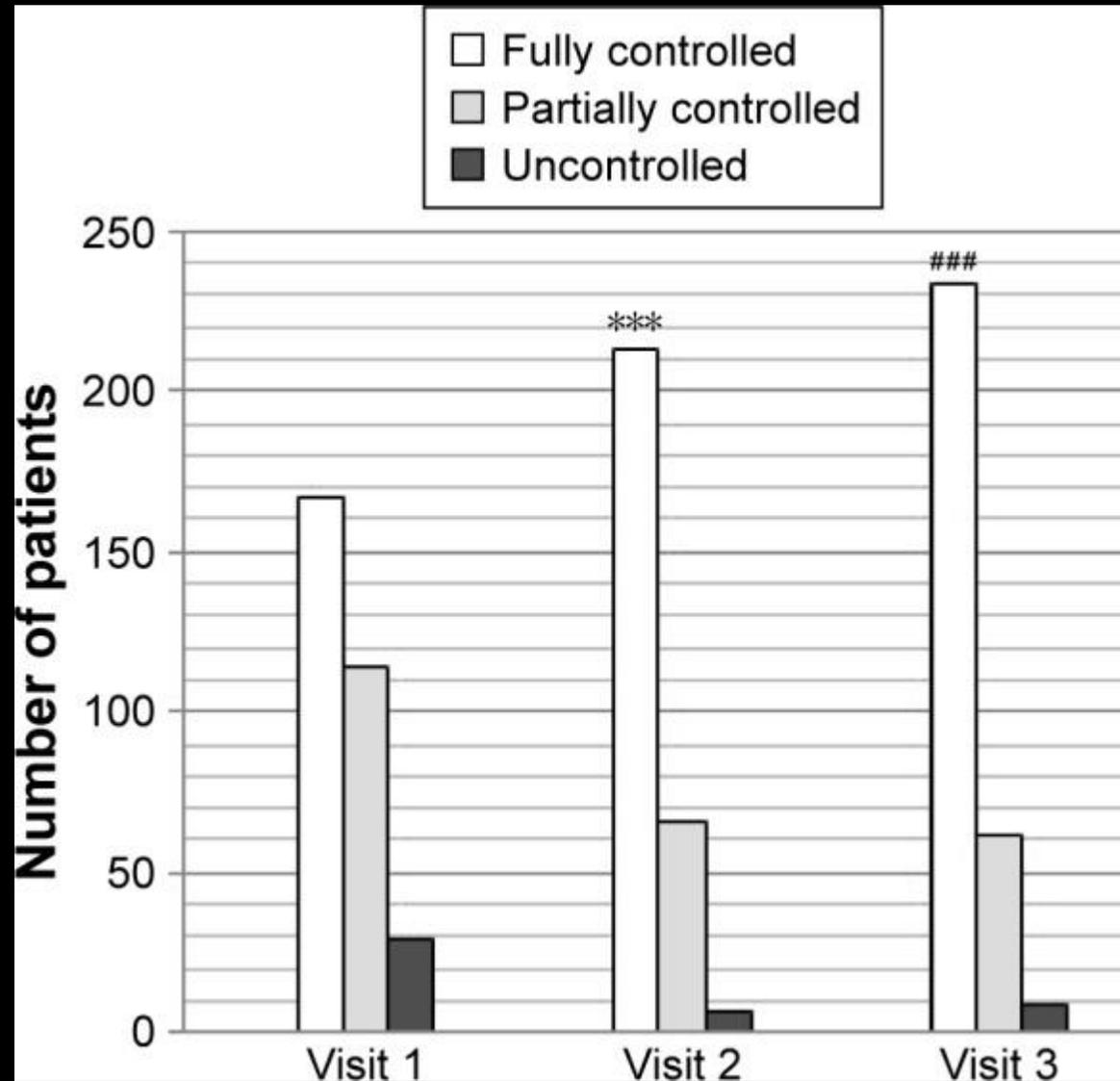
---

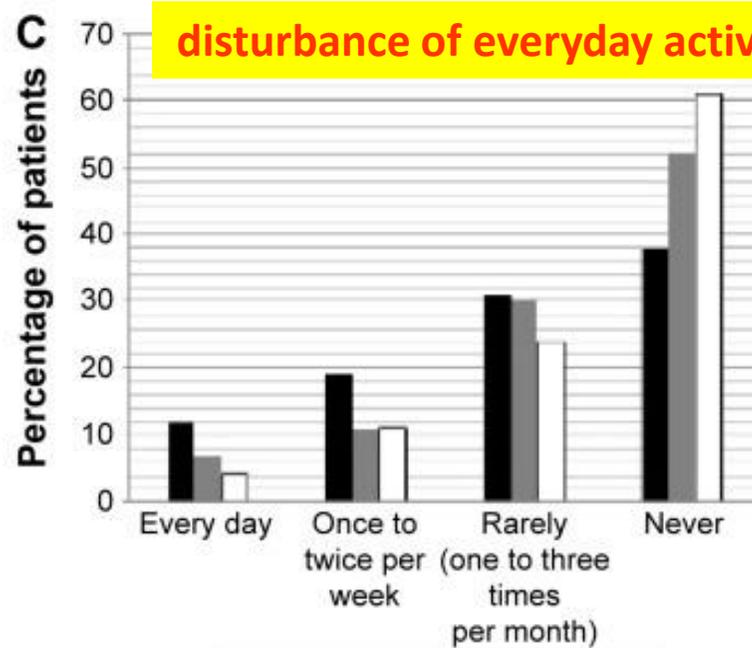
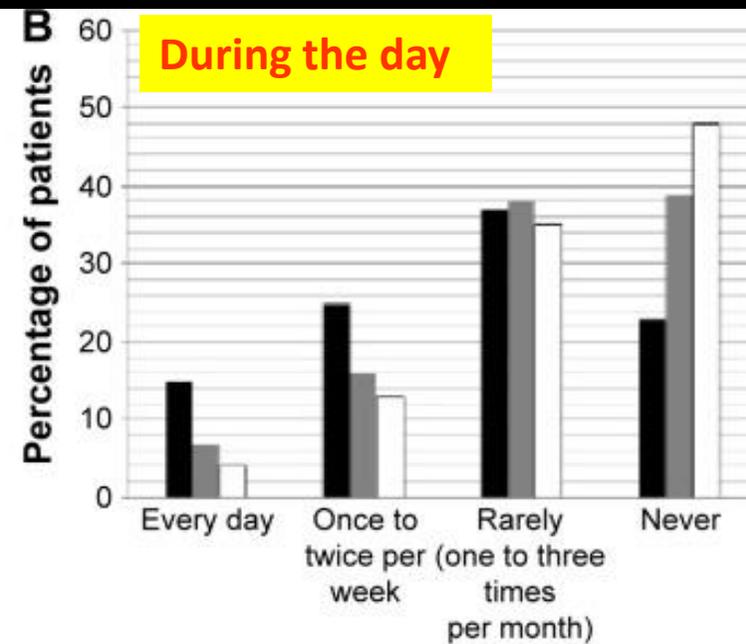
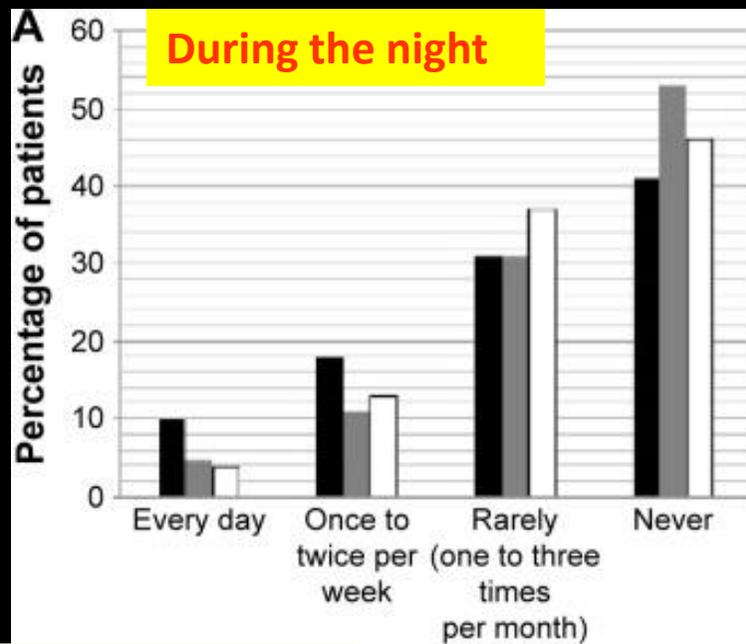
# Comparison of mean values of inhaler device usage score between visit 1 and visit 2, and visit 1 and visit 3.



observational study: 312 patients with asthma or COPD. Three visits (once a month); Training was given in seven-step inhalation technique

# Comparison of global assessment of disease control between visit 1 and visit 2, and visit 1 and visit 3



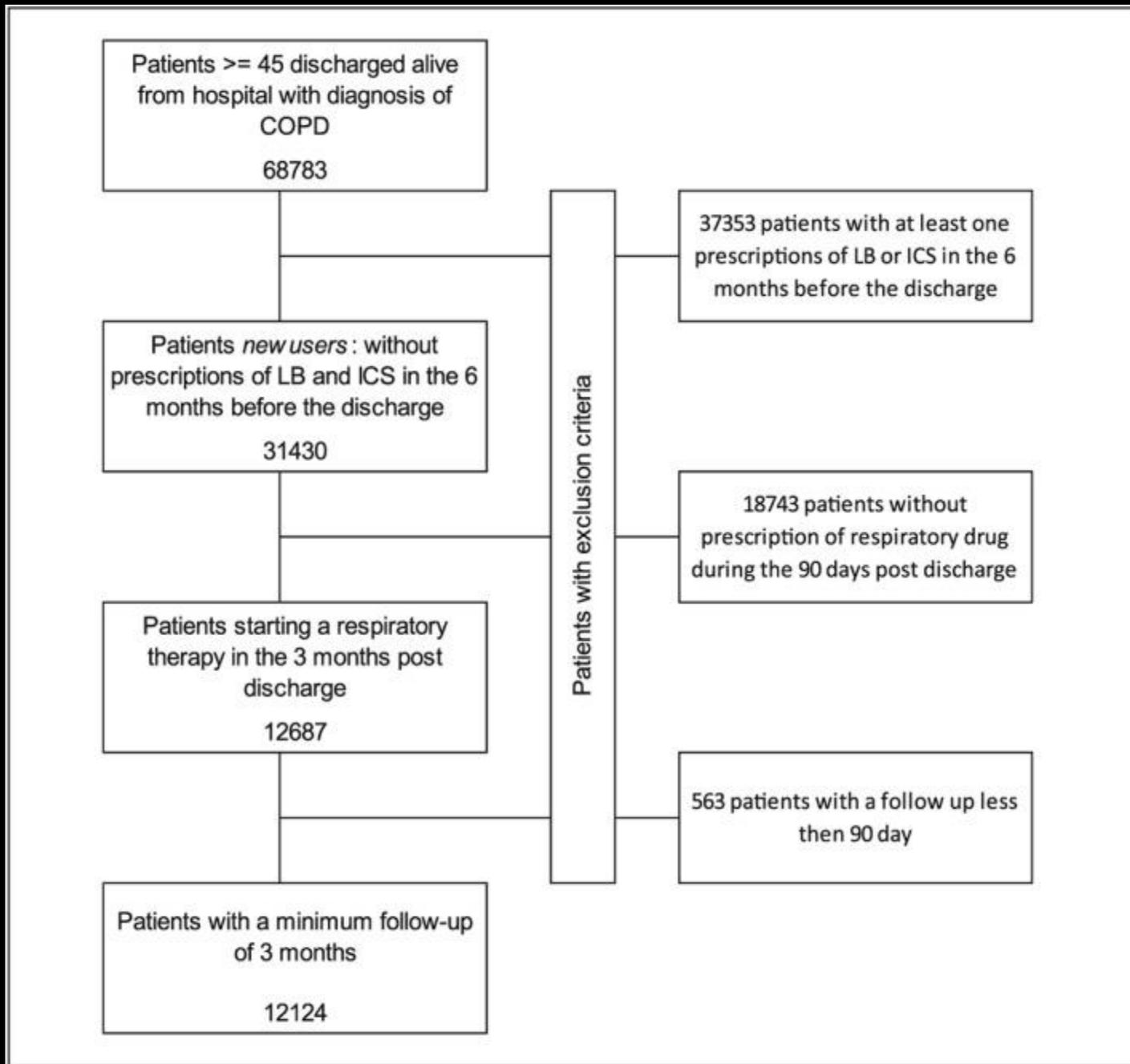


■ Visit 1   ■ Visit 2   □ Visit 3

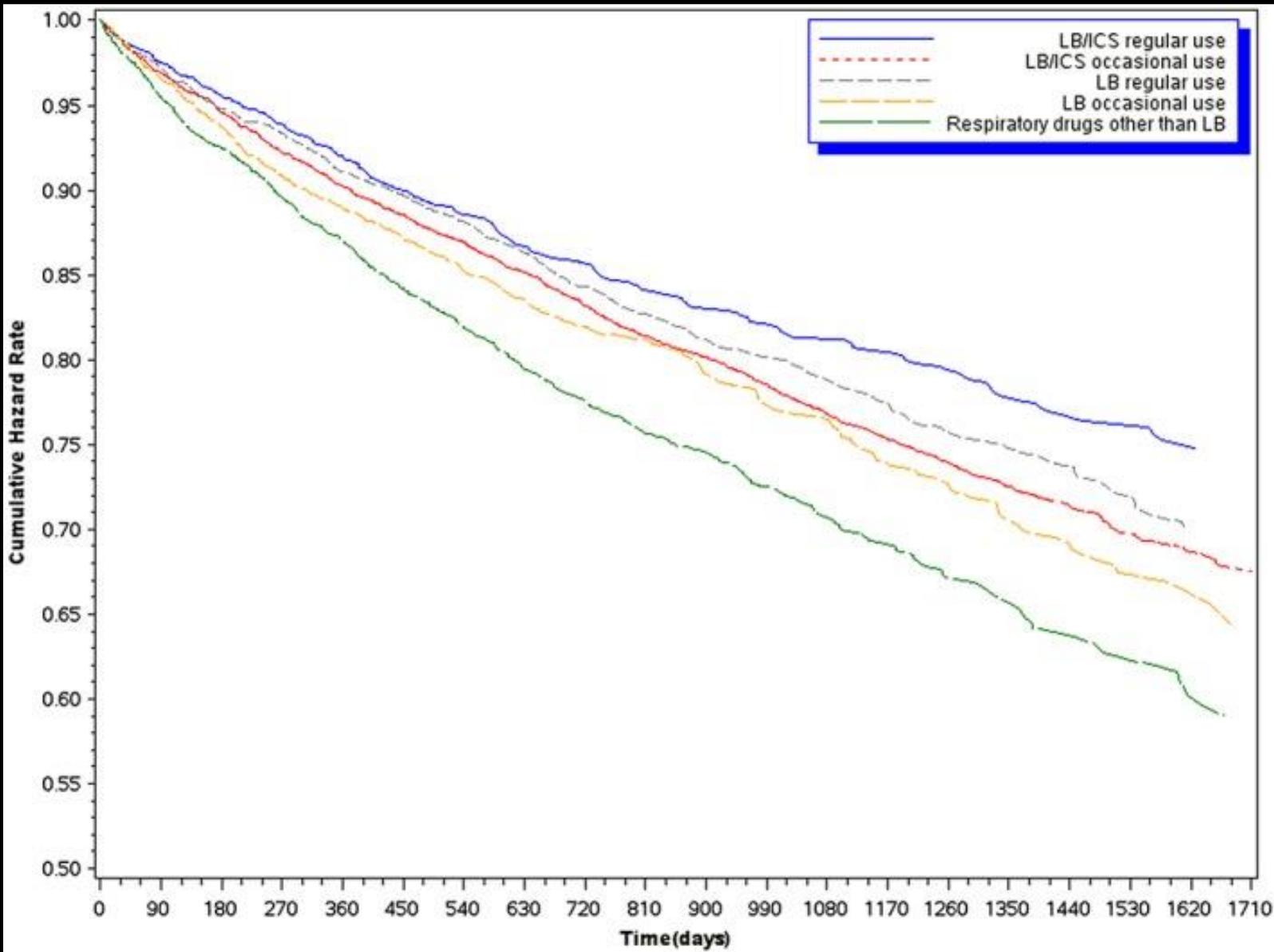
## Respiratory disease symptoms

- wheezing,
- coughing,
- shortness of breath)

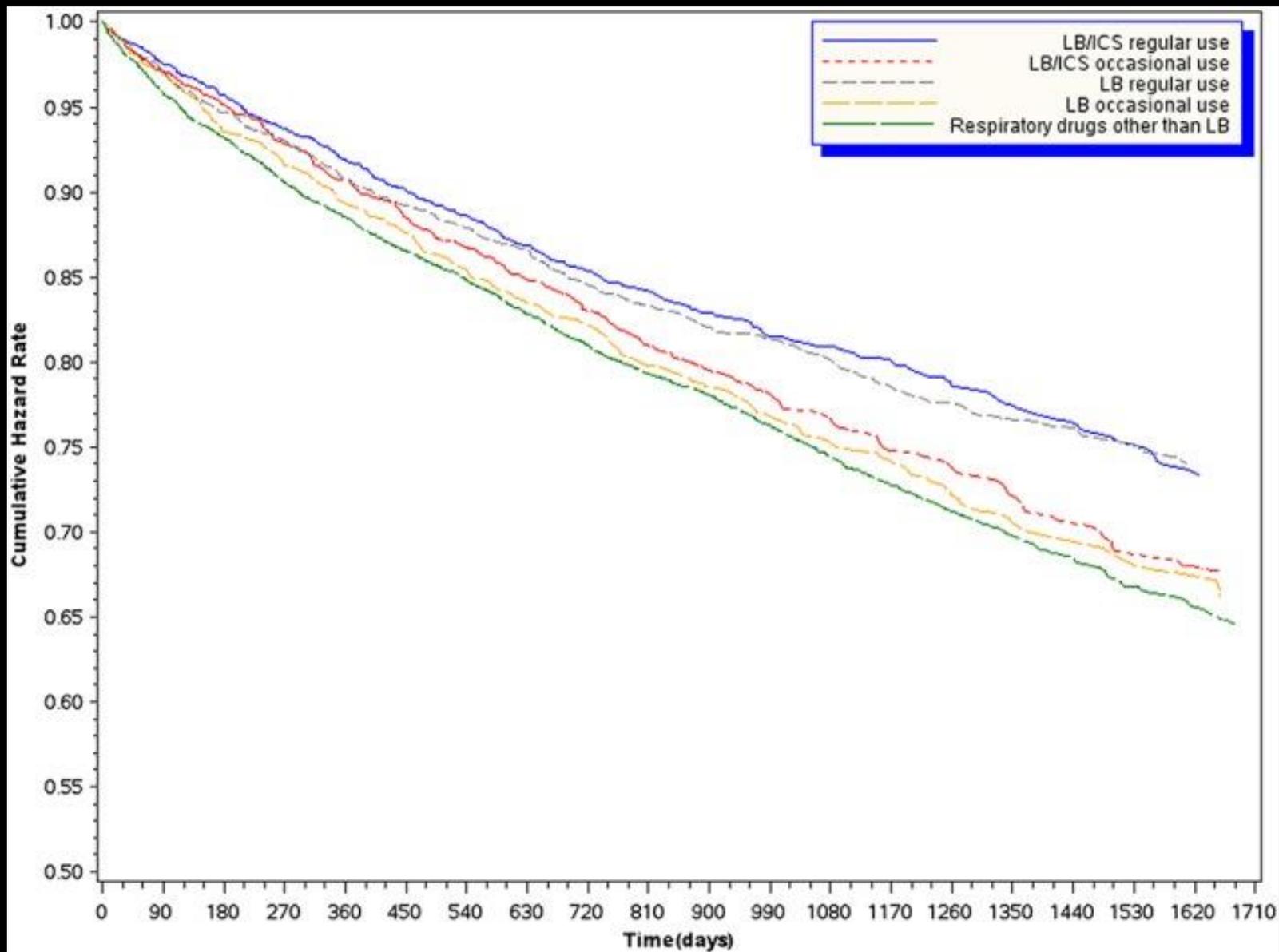
# Flow chart of inclusion and exclusion criteria



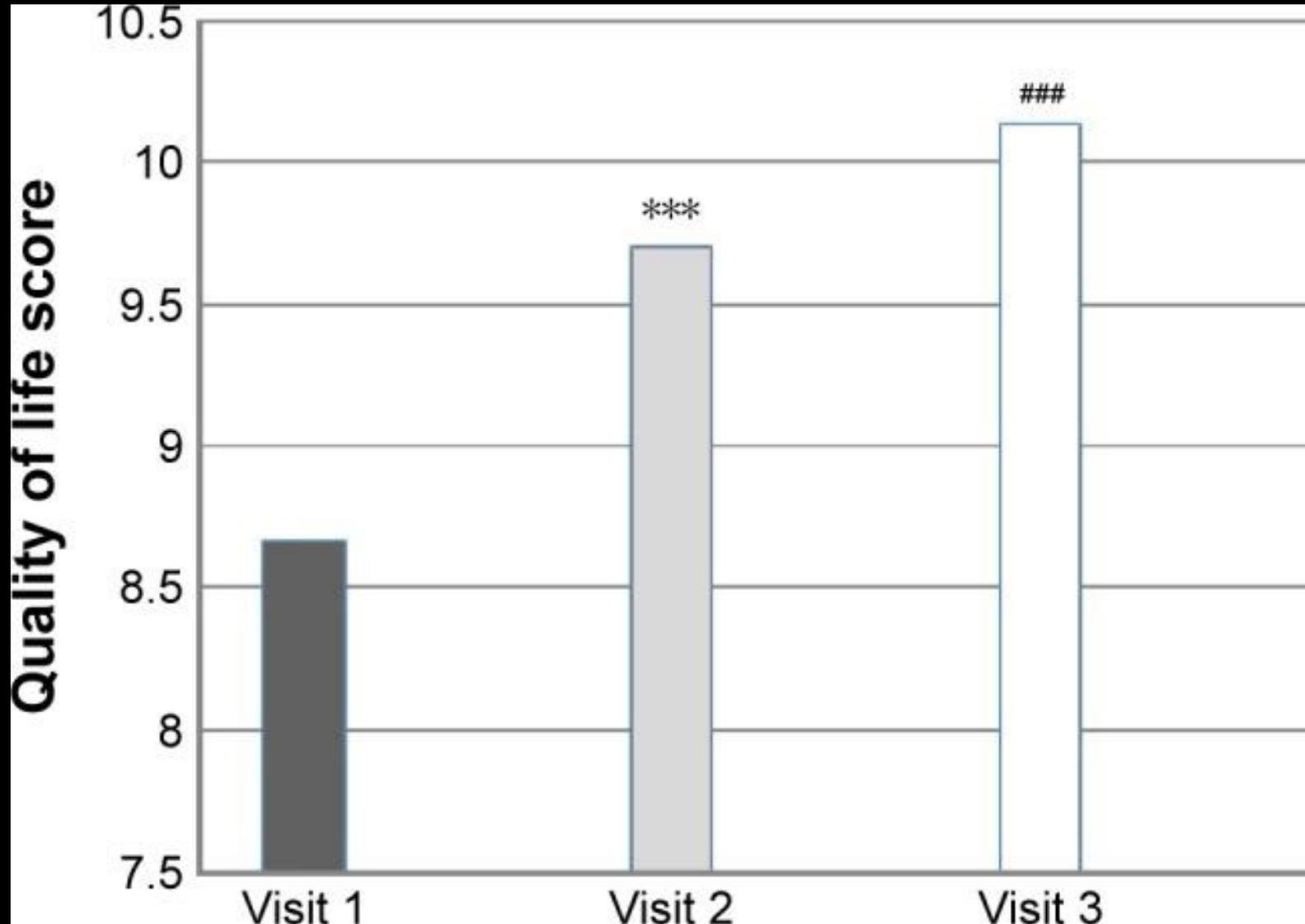
# Survival Cox curves according to the different categories of time-dependent exposure to inhaled drugs



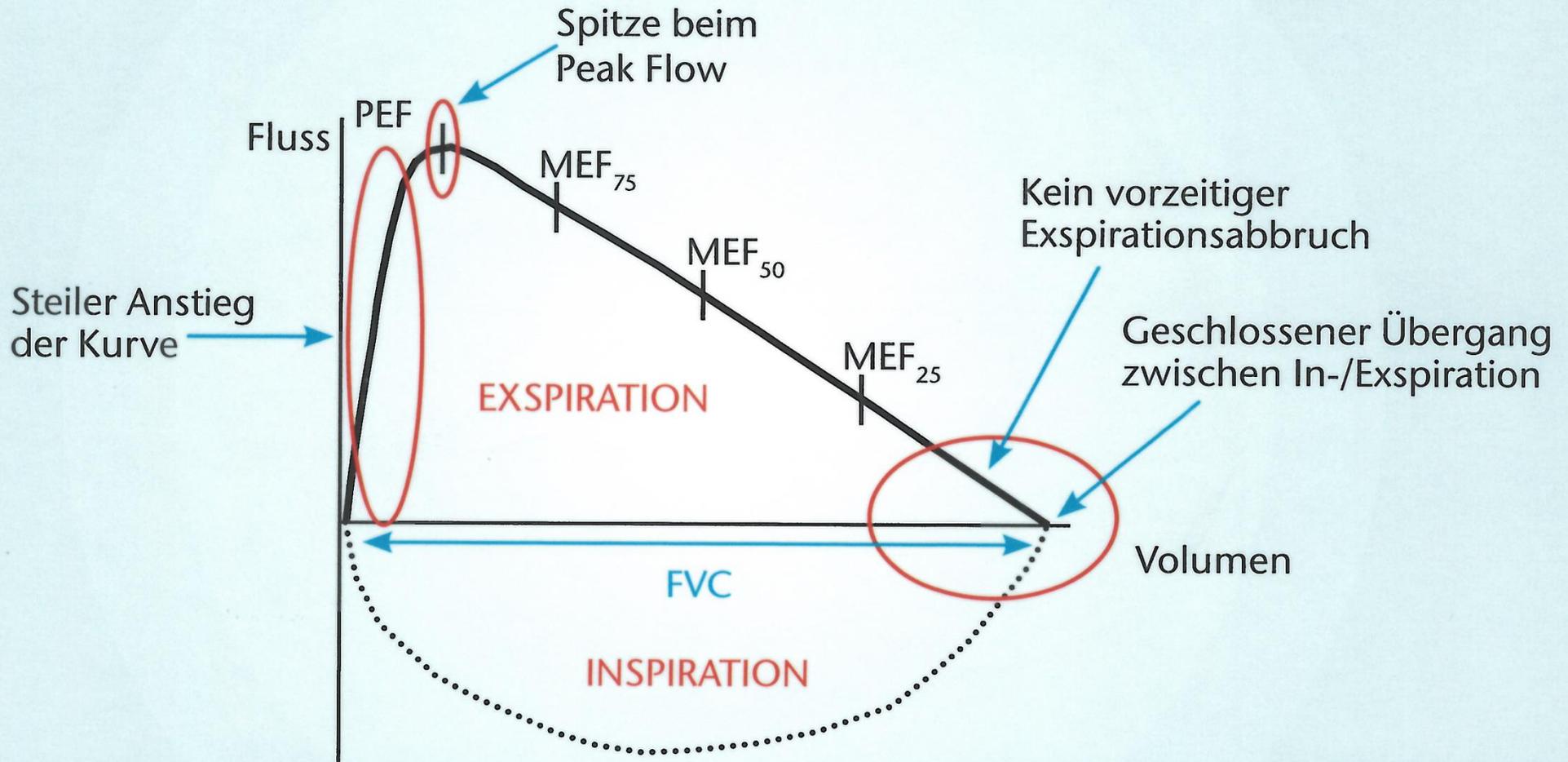
# Survival Cox curves according to the different categories of time-dependent exposure to inhaled drugs, measuring the exposure in a mobile window of 90-day preceding each day of follow-up



Comparison of **quality of life score** between visit 1 and visit 2, and visit 1 and visit 3.



# Normale Fluss-Volumen-Kurve und Qualitätskriterien



Typischer dreieckiger Verlauf der Fluss-Volumen-Kurve bei der forcierten Expiration mit Erfüllung der Qualitätskriterien, harmonisch „halbrunder“ Verlauf der Inspirationskurve.

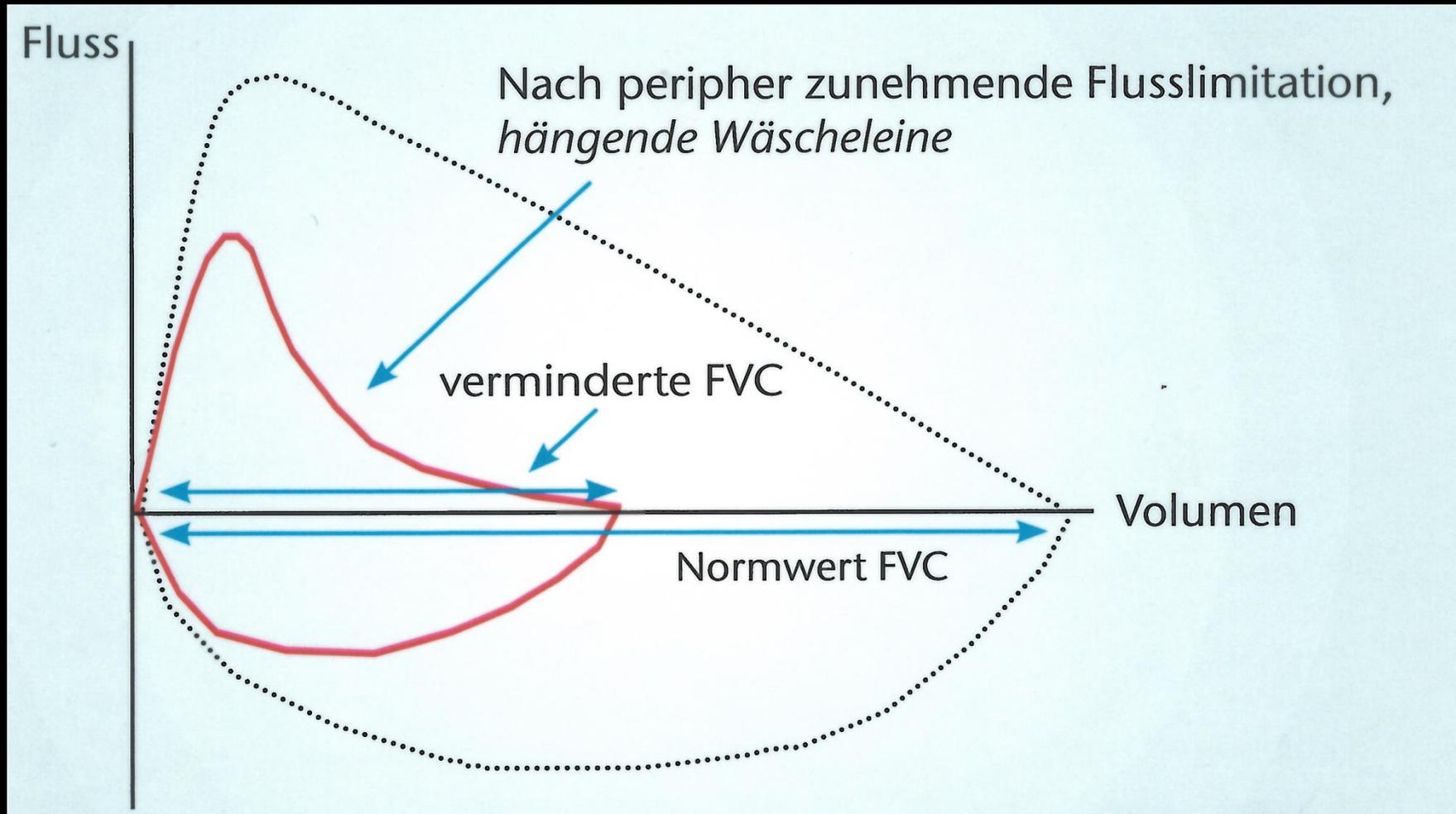
# 1. Qualitätskriterien

- Steiler Anstieg der Fluss-Volumen-Kurve
- „Spitze“ bei Peak-Flow
- Kein vorzeitiger Abbruch der Expiration
- Übergang In-/Expiration geschlossen
- Mindestens 3 reproduzierbare Messungen
- Zwischen den beiden besten Messungen soll die Differenz max. 5 % betragen
- Expirationsdauer mindestens 6 Sekunden bei Kindern über 10 Jahren ( $\geq 3$  Sekunden bei Kindern unter 10 Jahren)

# 3. CAVE: häufige Fehlerquellen

- Fehlende Kalibration bzw. fehlerhafte Eingaben von Alter, Gewicht, verschmutzter Sensor etc.
- Mangelnde Mitarbeit des Patienten
- Husten während der Messung
- In- und Expiration vertauscht

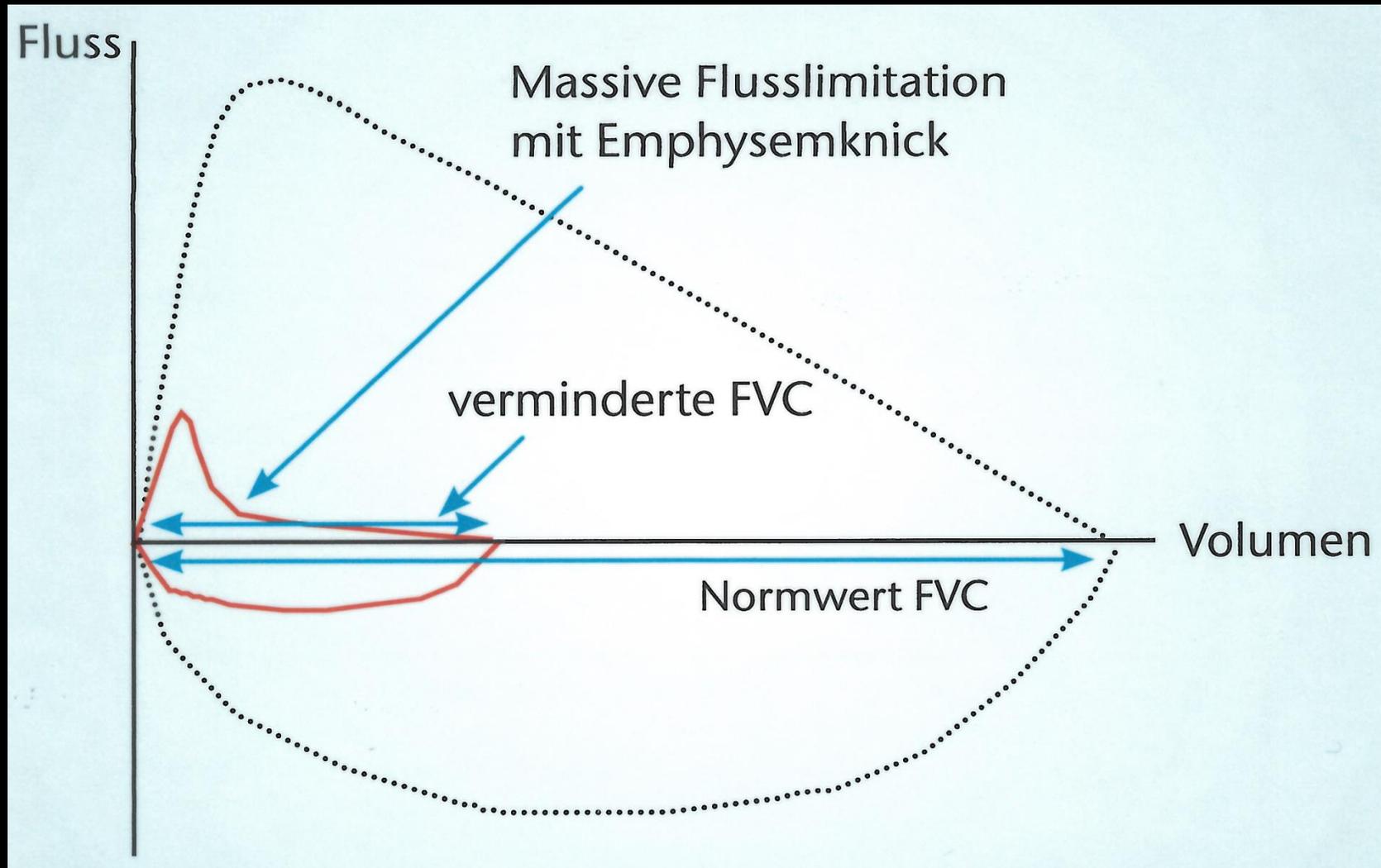
# Obstruktive und restriktive Ventilationsstörung



**Bronchospasmolyse / Bronchodilatationstest**

**DD: Asthma bronchiale, Mukoviszidose, etc.**

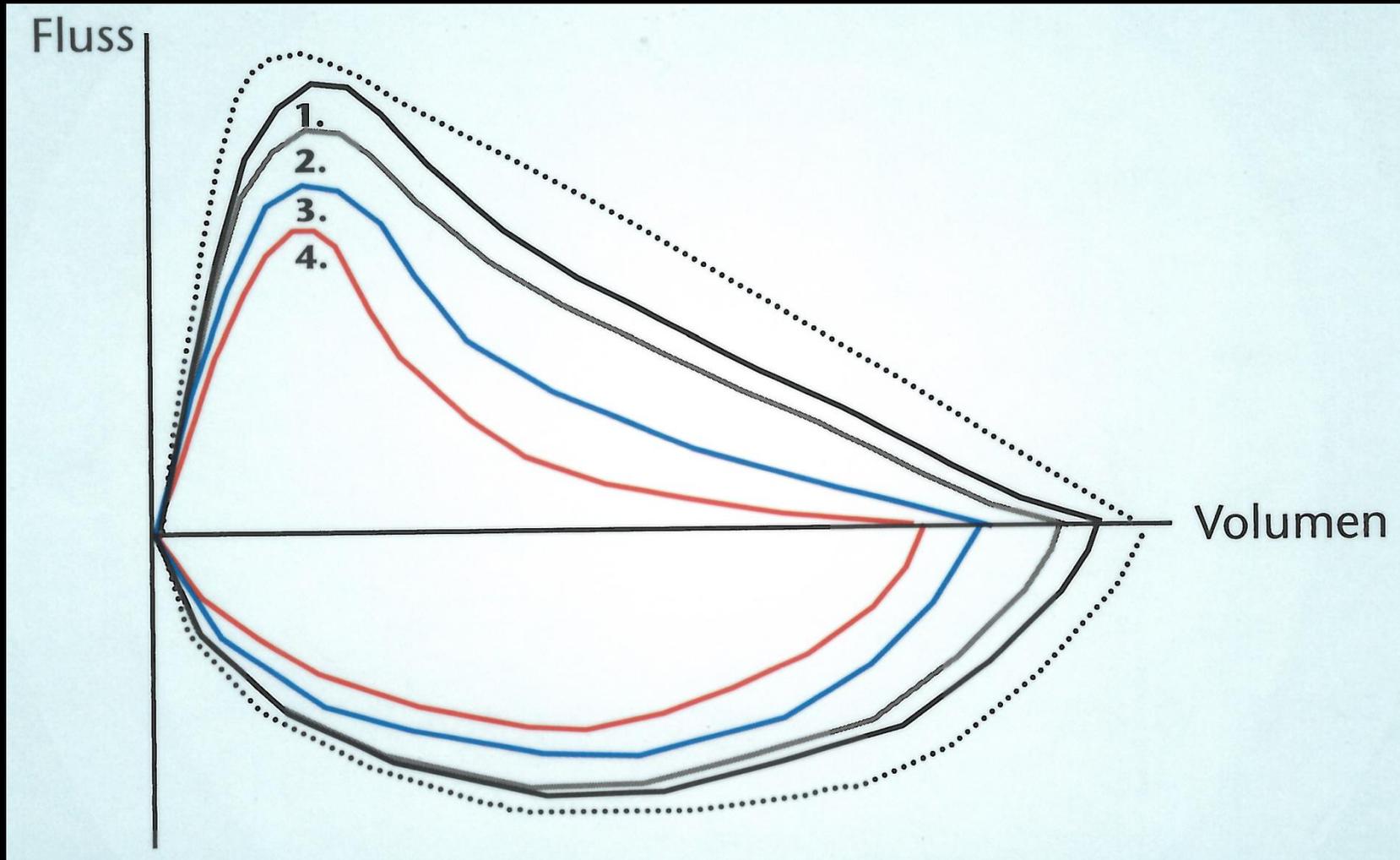
# Schwere obstruktive und restriktive Ventilationsstörung



**Bronchospasmolyse / Bronchodilatationstest +Dignostik**

**DD: Mukoviszidose, EAA, etc.**

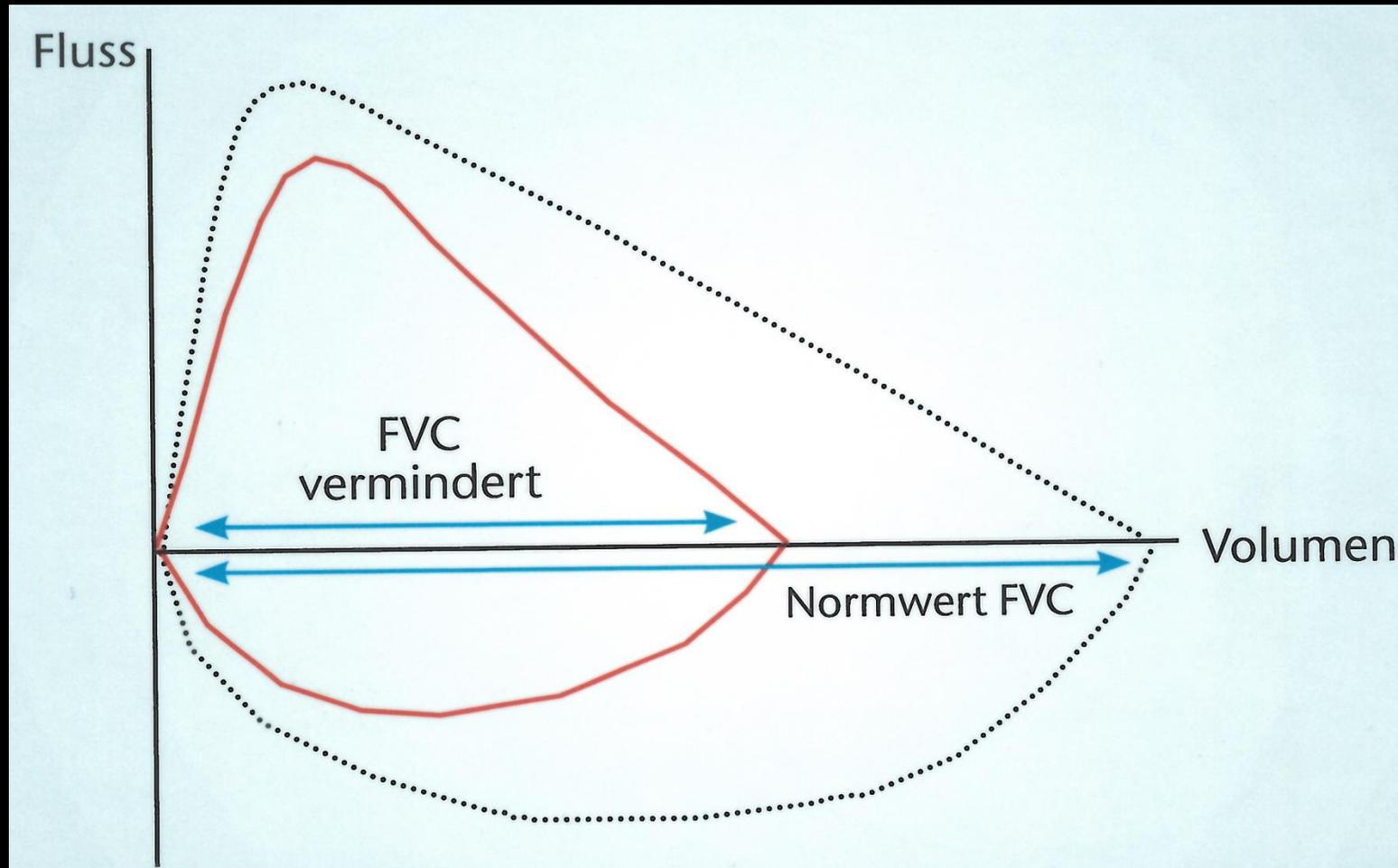
# „Spirometer-Asthma“



**Zunehmend hängende Fluss-Volumen-Kurve bei häufiger Durchführung der der Messung!**

**Über häufige forcierte Expiration kann zu Bronchokonstriktion**

# Restriktive Ventilationsstörung



**Mitarbeit Überprüfen und ggf. Bronchodilatationstest durchführen. Diagnostik bei Restriktiver Ventilationsstörung**

# alveolaren Hypoventilation

- Zentrale Atemregulationsstörungen (z. B. Schlafmittelvergiftungen),
- Versagen der Atemmuskulatur (z. B. bei neuromuskulären Erkrankungen),
- Verlust von Lungengewebe (z. B. durch Operation, Tumor),
- Verkleinerung des Thoraxraumes (z. B. bei Skoliose),
- Tracheolaryngeale Atembehinderung (z. B. Tracheomalazie bei Struma)

# ventilatorische Verteilungsstörung

Die ventilatorische Verteilungsstörung kann durch folgende klinische Krankheitsbilder verursacht werden:

- COPD mit inhomogener Bronchialobstruktion
- Asthma bronchiale

# Die Vitalkapazität kann in verschiedenen Varianten bestimmt werden

## 3.1 Expiratorische Vitalkapazität

Die expiratorische Vitalkapazität (EVC) ist das Lungenvolumen, das nach maximaler Einatmung (Inspiration) auf einmal *ausgeatmet* werden kann.

## 3.2 Inspiratorische Vitalkapazität

Die inspiratorische Vitalkapazität (IVC) ist das Lungenvolumen, das nach maximaler Ausatmung (Expiration) auf einmal *eingeatmet* werden kann.

## 3.3 Forcierte expiratorische Vitalkapazität

Die forcierte expiratorische Vitalkapazität (FVC) ist das Lungenvolumen, das nach maximaler Einatmung (Inspiration) auf einmal forciert *ausgeatmet* werden kann.

## 3.4 Forcierte inspiratorische Vitalkapazität

Die forcierte inspiratorische Vitalkapazität (FIVC) ist das Lungenvolumen, das nach maximaler Ausatmung (Expiration) auf einmal *forciert eingeatmet* werden kann.

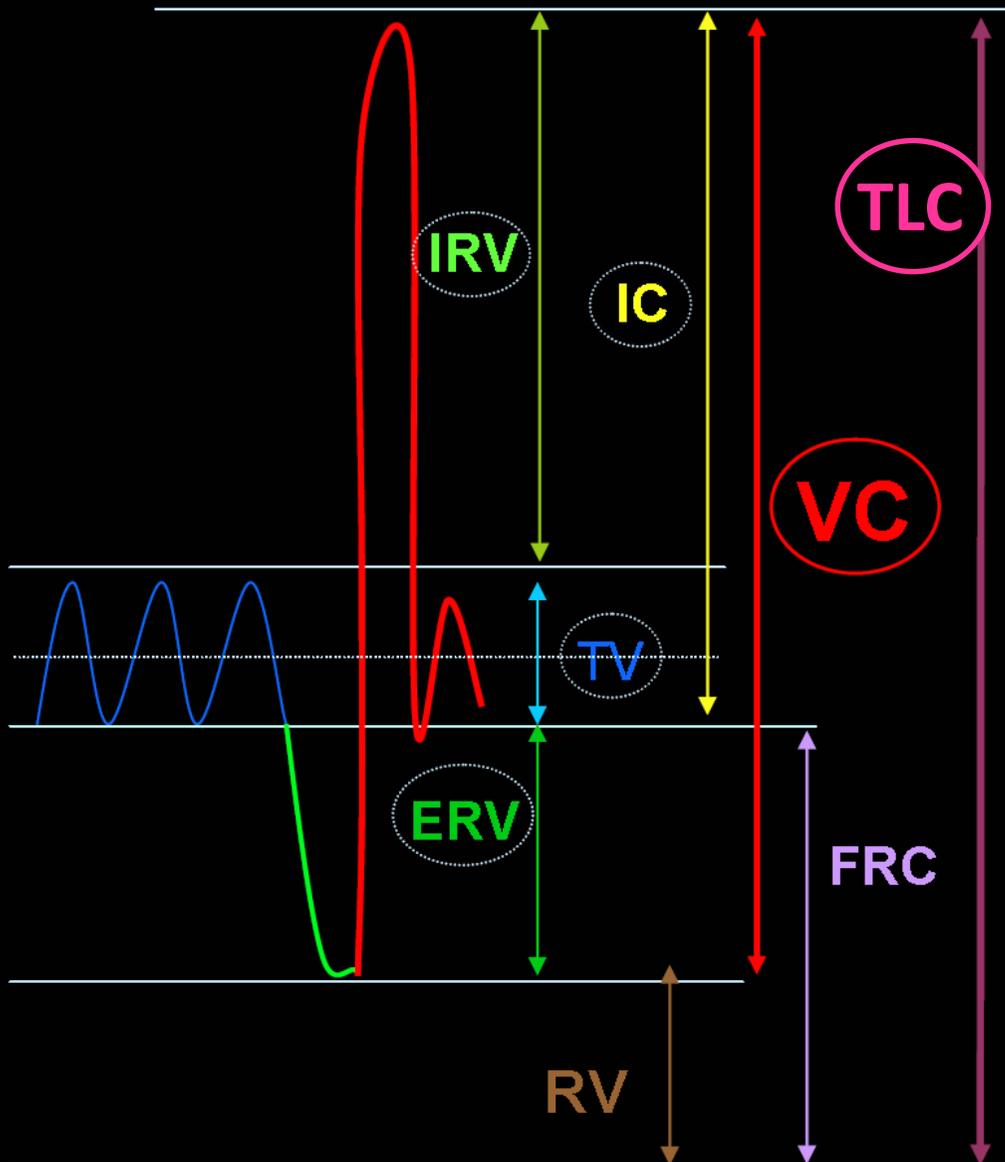
## 4 Interpretation

Bei gesunden Probanden unterscheiden sich die gemessenen Werte nicht signifikant.

Bei Patienten mit obstruktiver Lungenerkrankung ergibt sich folgender Befund:

$$IVC > EVC > FVC$$

# Statische Lungenvolumina



**TV:** Atemzugvolumen

**ERV:** Exsp. Res. Volumen

**IRV:** Insp. Res. Volumen

**IC:** Insp. Kapazität

**VC:** Vital Kapazität

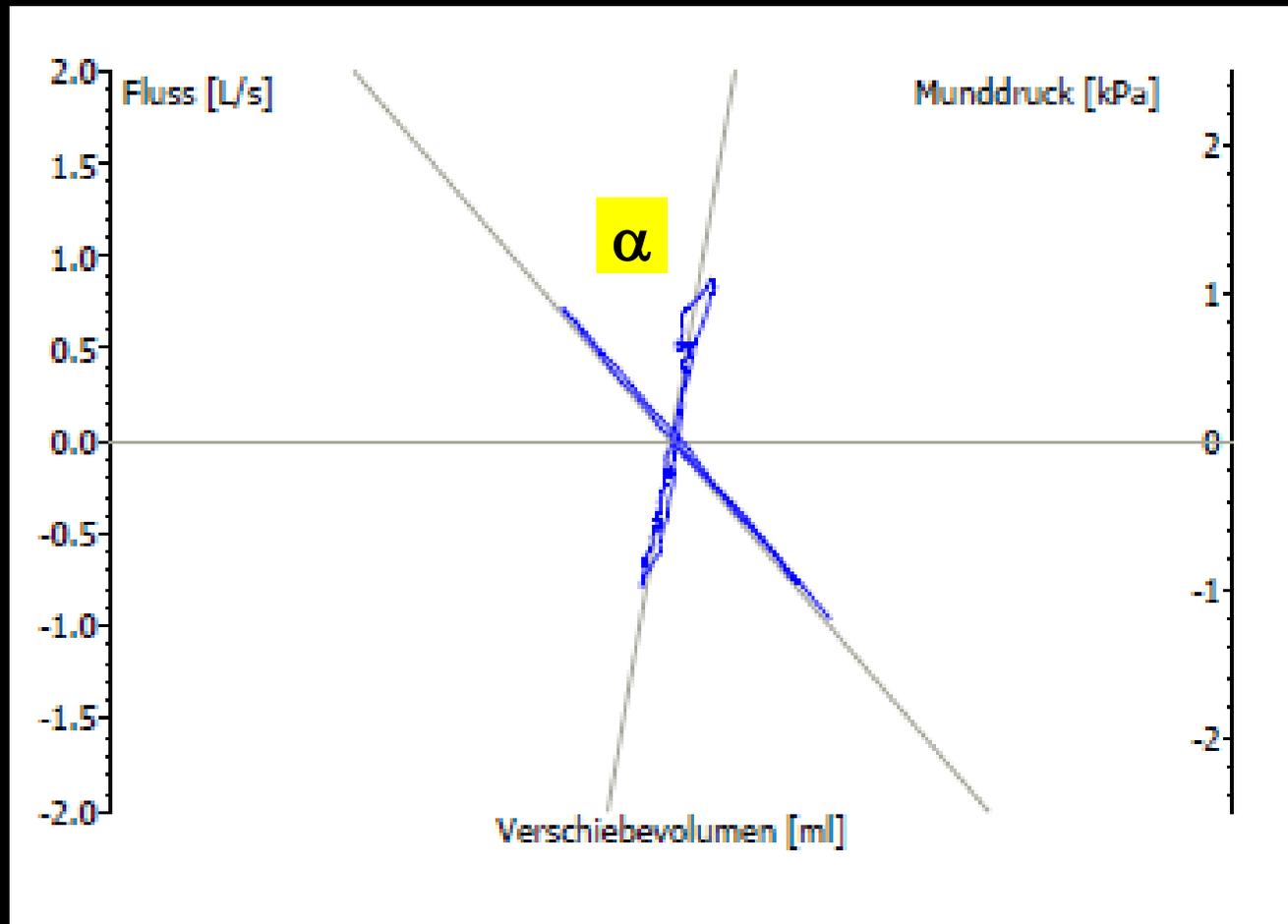
**RV:** Residualvolumen

**FRC:** Funkt. Residualkapazität

**TLC:** Totale Lungenskapazität

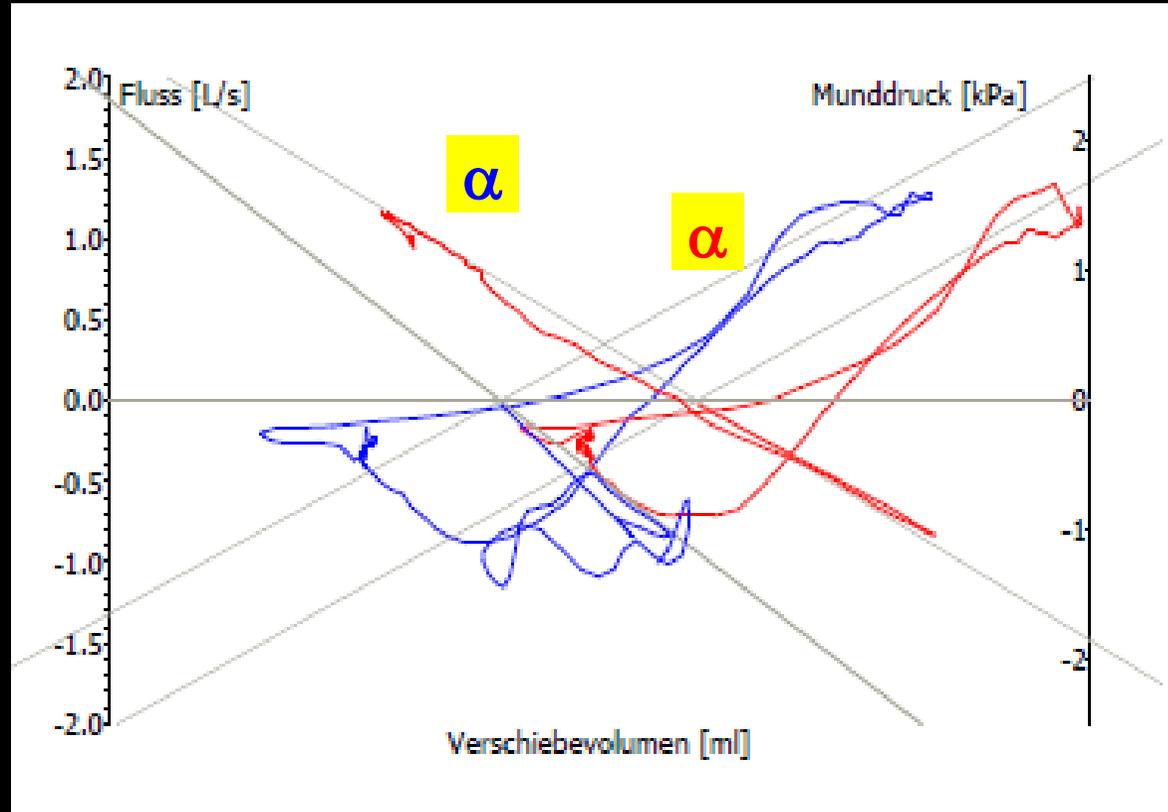
Wichtig für die Differenzierung obstruktiver Ventilationsstörungen sind  $FEV_1$ ,  $FEV_1/VC$ , Residualvolumen und Atemwegswiderstand.

Residualvolumen und Atemwegswiderstand lassen sich nur in der Bodyplethysmographie messen. Zur Bestimmung des Widerstandes wird der Munddruck gemessen. Dieser wird dann graphisch in der Fluss-Druck-Kurve (= Atemschleife) dargestellt. Es werden Fluss und Munddruck gegen das Verschiebevolumen aufgetragen, wodurch zwei Schleifen entstehen.



Bei einer Obstruktion schneiden sich die beiden Schleifen in einem Winkel von größer als  $90^\circ$ . Bei fehlender Obstruktion (Gesunde und Restriktive) ist der Winkel kleiner als  $90^\circ$ . Liegt zusätzlich ein Emphysem vor, so kommt es zur **typischen Keulenform der Atemschleife**.

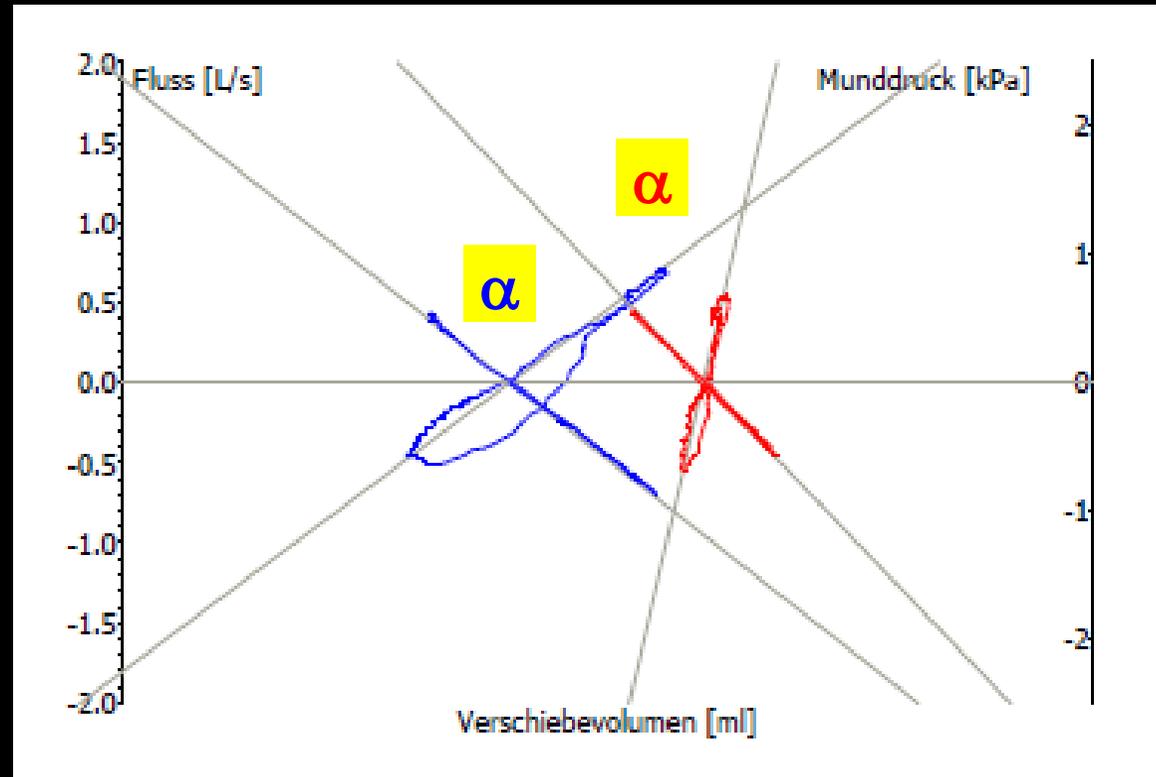
67-jährige Patientin.



Schnittwinkel der Schleifen  $> 90^\circ$  als Zeichen der Obstruktion. Ausgeprägte **Keulenform als Zeichen eines Emphysems**. Kaum ein Unterschied **vor (blau)** und **nach (rot) Broncholyse**.

**Schnittwinkel der Schleifen  $> 90^\circ$**  als Zeichen der Obstruktion. Geringe Keulenform als Zeichen eines erhöhten Residualvolumens

55-jährige Patientin



Unter **Broncholyse (rot)** normale Atemscheife als Zeichen einer **reversiblen Obstruktion** und eines **Air Trappings**

Geburtsdatum: 16.5.1957; Größe: 1.68 m; Gewicht: 63.0 kg

Zuweiser: KMT-Amb. 6I

Fragestellung: St.p. SZT, Kontrolle

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	I	3.42	3.61	106	3.67	107
<b>FVC</b>	I		3.41		3.47	
<b>FEV<sub>1</sub></b>	I	2.83	2.46	87	2.50	88
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	83	68	82	68	82
<b>PEF</b>	l/s	7.14	6.58	92	6.79	95
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	3.89	2.39	61	2.54	65
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.23	0.67	54	0.61	50
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.34	113	0.26	87
<b>TLC</b>	I	4.95	5.61	113	5.90	119
<b>FRC PI</b>	I		3.09		3.22	
<b>FRC%TLC</b>	%		55		55	
<b>RV</b>	I		2.00		2.23	
<b>RV%TLC</b>	%		36		38	

		Bezugs- wert	Gemessen Ist	%Bzw
<b>DLCO</b>	$\frac{\text{mmol}}{\text{min kPa}}$	8.21	5.87	71
<b>DLCO/VA</b>	$\frac{\text{mmol}}{\text{min kPa}}$	2.02	1.23	61

		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	72	107
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	31
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	26	4
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.47
<b>BE</b>	mmol/l	±3	-0.5

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen eines funktionell wirksamen Zwerchfellhochstandes  
Grenzwertige, überwiegend nicht reversible Obstruktion. Es besteht eine Normoxämie bei Zeichen alveolärer  
Hyperventilation.

# Zwerchfellhochstand

## a. Befundmuster der statischen Volumina

- ☐ TLC normal
- ☐ VC vermindert
- ☐ Normale Atemruhelage (IGV%TLC normal)
- ☐ RV%TLC erhöht
- ☐ ERV ist <30 % der IC

## b. Befundmuster der Flussparameter

- ☐ FEV1 normal
- ☐ Flusswerte normal
- ☐ Raw normal oder erhöht. In letzterem Fall ist nur der expiratorische Anteil der Raw-Kurve betroffen, mit der typischen dreiecksförmigen Deformierung

## c. Funktionsdiagnose

- ☐ Keine Restriktion
- ☐ Isolierte Erhöhung des RV zu Lasten der VC
- ☐ Keine Obstruktion

## d. Klinische Zuordnung

- ☐ Zwerchfellhochstand (häufig in Folge von Adipositas)

**Zur *Erniedrigung* der TLCO führen:**

**COPD/Emphysem,**

**Herzinsuffizienz, Lungenödem, Anämie, Lungenembolie, pulmonale Hypertonie,  
Lungengerüsterkrankungen, Pneumonie, Muskelerkrankungen, Lungenresektion,**

**Sarkoidose Rauchen (HbCO)**

**reduziertes Alveolarvolumen**

**reduzierter pulmonaler Blutfluss**

**Zur *Erhöhung* der TLCO führen**

**Asthma bronchiale, Polyglobulie,**

**Erkrankungen mit Links-rechts-Shunt**

**Hämoptysen (Grund: auch Hämoglobin, das sich in Form einer Blutung im Bronchiallumen  
befindet,**

**bindet CO und beeinflusst so den TLCO)**

**erhöhter pulmonaler Blutfluss**

Geburtsdatum: 19.12.1958; Größe: 1.79 m; Gewicht: 95.0 kg  
 Zuweiser: Neuroamb. 6A  
 Fragestellung: Nikotinabusus

		Bezugs- wert	Gemessen		Lyse	
			Ist	%Bzw	Ist	%Bzw
<b>VC</b>	l	4.84	3.33	69		
<b>FVC</b>	l		3.33			
<b>FEV<sub>1</sub></b>	l	3.96	2.36	60		
<b>FEV<sub>1</sub>%(F)VC</b>	%	82	71	87		
<b>PEF</b>	l/s	10.68	4.64	43		
<b>MEF50%FVC</b>	l/s	5.15	2.79	54		
<b>MEF25%FVC</b>	l/s	1.69	0.53	31		
<b>Raw</b>	kPa/l/s	0.30	0.27	90		
<b>TLC</b>	l	6.90	5.90	86		
<b>FRC PI</b>	l		3.81			
<b>FRC%TLC</b>	%		65			
<b>RV</b>	l		2.57			
<b>RV%TLC</b>	%		44			

		Grenzw.	Ruhe
<b>PaO<sub>2</sub></b>	mmHg	69	66
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	mmHg	36-45	35
<b>AaDO<sub>2</sub></b>	mmHg	29	40
<b>pH</b>		7.4±0.05	7.44
<b>BE</b>	mmol/l	±3	-0.1

Atemmanöver eingeschränkt durchführbar.

(VC, F/V)

**ZUSAMMENFASSUNG:** Kein Hinweis auf eine Restriktion, Zeichen der Überblähung. Kein Hinweis auf eine Obstruktion. Leichtgradig erhöhtes Residualvolumen zu Lasten einer leichtgradig eingeschränkten Vitalkapazität. Es besteht eine mäßige arterielle Ruhehypoxämie.

**Limitationen auf der X-Achse (Volumen) sprechen für Behinderungen der Lungenausdehnung und damit für restriktive Ventilationsstörungen. Limitationen auf der Y-Achse (Fluss) spiegeln Verminderte expiratorische Flussgeschwindigkeiten wider und erlauben hierüber eine Abgrenzung von zentralen und peripheren obstruktiven Ventilationsstörungen.**

**Ergänzt wird die Spirometrie durch die Bodyplethysmographie, die die Bestimmung des spezifischen Atemwegwiderstandes mit Atemschleife, des intrathorakalen Gasvolumens und aller davon ableitbaren zusätzlichen Volumenparameter erlaubt. Der Patient nimmt in einer luftdicht zu verschließenden Kabine Platz, deren Volumen bekannt ist. Mittels Verschlussdruckmessung wird kurzzeitig am Mundstück des Patienten der Atemstrom verschlossen und hierüber der spezifische Atemwegwiderstand als Ausdruck der hierfür aufzubringenden Atemarbeit ermittelt. Die bodyplethysmographisch erhobenen Parameter erlauben insbesondere eine genauere Quantifizierung von restriktiven Ventilationsstörungen und Überblähungsgraden**

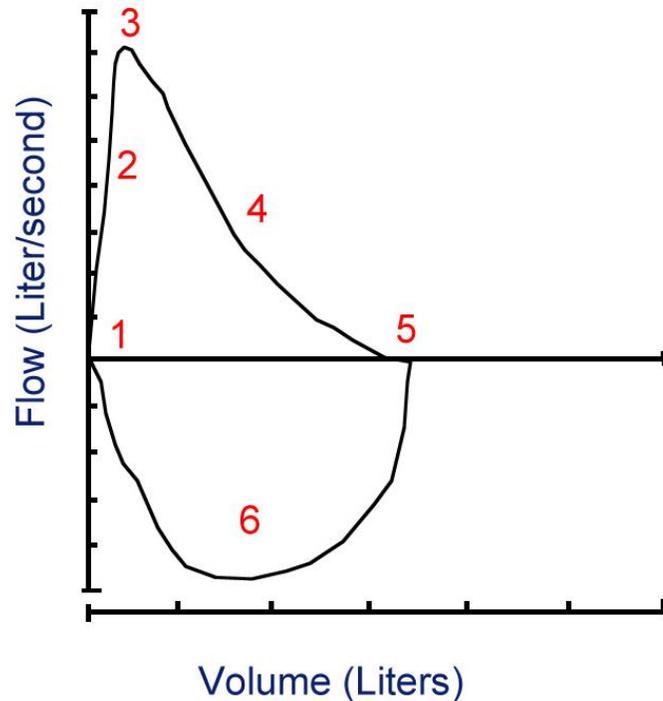
**Table 2** Alterations in body plethysmographic measures as observed in major disorders (see also Fig. 4).

	FRC	RV	TLC	<i>Raw</i>	<i>sRaw</i>
Obstructive airway diseases	Normal or elevated	Normal or elevated	Normal	Elevated	Elevated
Hyperinflation	Elevated	Elevated	Normal or elevated	Normal	Elevated
Restrictive disorders	Reduced	Reduced or normal	Reduced	Normal	Normal

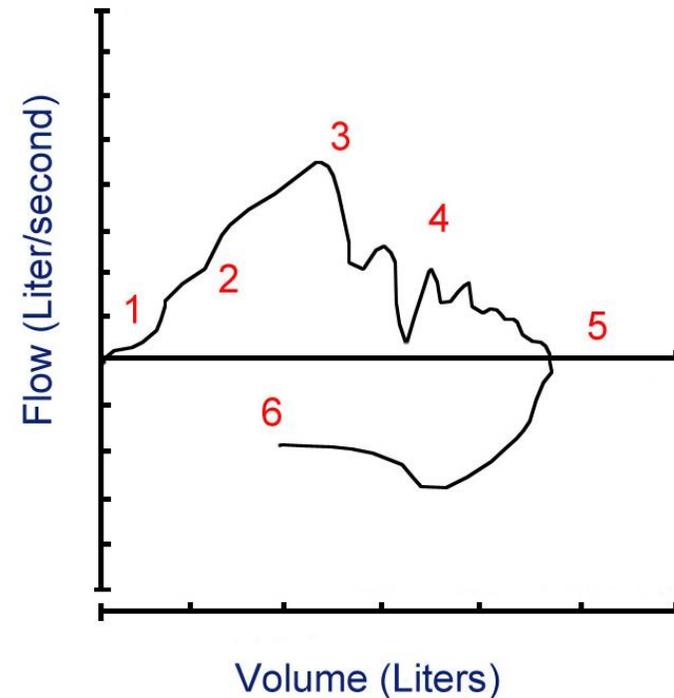
Die Diffusionstestung erfolgt unter Verwendung des Testgases Kohlenmonoxid (CO), das – abgesehen bei Rauchern - in der natürlichen Umgebung und damit im Blut der Patienten nicht vorkommt. Mittels Ein- Atemzug- Methode (Single-Breath-Methode) wird ein Gasgemisch (Kohlenmonoxid, Helium, Raumluft) maximal eingeatmet. Während einer anschließenden Atemanhaltezeit von 10sec kann das Gasgemisch ins Blut diffundieren; der verbliebene intraalveoläre Gasanteil wird in der nachfolgenden Expiration bestimmt. Der hierdurch ermittelte Transferfaktor (TL) kann zum Alveolarvolumen (VA) korreliert werden und ergibt den Transferkoeffizienten ( $K=TL/VA$ ), der eine Unterscheidung von konkomitanten pulmonalen oder extrapulmonalen Restriktionen erlaubt.

# Flow-volume characteristics of technically correct and technically deficient spirometry

## Flow-volume Characteristics of Acceptable and Unacceptable Spirometry



1. Instantaneous start of exhalation
2. Rapid rise in flow to peak flow
3. Sharp peak occurring early in exhalation
4. Smooth continuous fall in flow without interruptions
5. Gradual fall in low flow to IV
6. Smooth continuous inhalation to TLC
7. Reproducible shape



1. Slow start
2. Slow rise in flow
3. Broad late peak
4. Erratic flow (cough or vocal cord dysfunction)
5. Abrupt return to zero flow
6. Incomplete inhalation
7. Non-reproducible

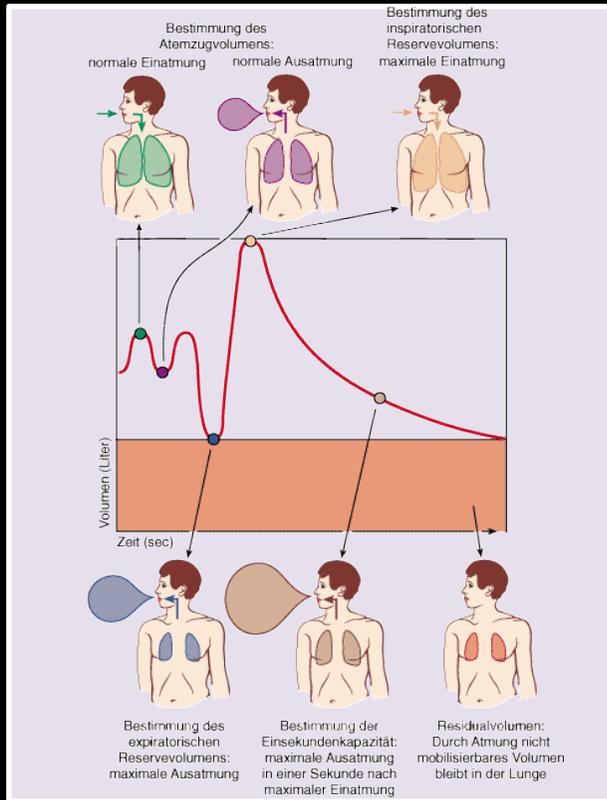
**PEF („Peak flow“) = Maximaler expiratorischer Spitzenfluss**

Er lässt sich aus der sogenannten expiratorischen Fluss-Volumen-Kurve ermitteln. Es wird die höchste Luftströmung beim schlagartigen und heftigen Ausatmen gemessen. Die Angabe des Wertes erfolgt in Litern pro Sekunde oder Litern pro Minute.

Da die Atemwegsweite den maximal zu erreichenden Fluss beim Ausatmen bestimmt, lässt der PEF-Wert auf das Ausmaß der Atemwegsverengung schließen. Bei Asthma ist er erniedrigt.

**MEF 25,50, 75 = Maximaler expiratorischer Fluss bei 25, 50, 75 Prozent der forcierten Vitalkapazität (FVC).**

Auch dieser Wert ist aus der expiratorischen Fluss-Volumen-Kurve ersichtlich. Für die Beurteilung der asthmatischen Erkrankung ist besonders der  $MEF_{50\%}$ -Wert wichtig. Synonym wird auch die Bezeichnung  $FEF_{50\%}$  verwendet. Eine isolierte Verminderung des MEF25-Wertes spricht für eine periphere Verengung der kleinen Atemwege. Dies ist ein typischer Befund bei Rauchern.



## Medikamentöse Therapie

### Inhalativ

### Oral

#### Empfehlung:

- LABA vs. Plazebo
- LAMA vs. Plazebo
- ICS/LABA-Kombination vs. Plazebo
- LABA (LAMA oder SAMA oder ICS) oder LAMA Monotherapie

#### Alternative:

- SAMA + SABA vs. SABA
- SAMA + LABA vs. LABA
- SAMA vs. SABA
- LAMA vs. SAMA
- LABA/LAMA/ICS vs. Plazebo

#### Alternative:

- Langzeit-Makrolide
- PDE 4-Hemmer
- Theophyllin
- N-Acetylcystein
- Carbocystein

#### Nicht empfohlen:

- Systemische Kortikosteroide  
Als Versuch zur Verminderung von akuten Exazerbationen > 30 Tage nach ursprünglicher Exazerbation
- Statine

modifiziert nach Criner G et al.: Prevention of Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: American College of Chest Physicians and Canadian Thoracic Society Guideline. Chest 2014, published online October 16