

LUNGENFUNKTION

KD Dr. med. Urs Bürgi
Chefarzt Pneumologie LUKS Luzern



Ziele

- Basics Spirometrie
- Fallen und Limitationen
- Beispiele
- Wozu wir die Lungenfunktion auch noch brauchen können



Spirometrie - Indikation

Diagnostik	Monitoring/ Verlauf	Evaluation Einschränkung	Public health
Abklären von Symptomen , Befunden, abnorme Laborwerte	Therapieeffekt	i.R. Rehabilitation	Epidemiologie
Beeinträchtigung der Lungenfunktion durch best. Krankheiten	Krankheitsverlauf	i.R. Abklärung durch Versicherer	Definition von Referenzwerten
Screening von Risikopatienten für Lungenerkrankungen	Nach Exposition mit schädlichen Substanzen	Aus juristischen Gründen	Klinische Forschung
Perioperatives Risiko	UAW von pot. Pneumotoxischen Medikamenten		Kausalität Noxe-> Lungenerkrankung
Prognose			
Assesement vor sehr schweren körperl. Anstrengungen			

Lungenvolumen/Atmfluss: durch klinische Untersuchung nicht präzise bestimmbar

„Schaden“ durch Spirometriemanöver (Pathophysiologie)



- Erhöht Druck intrathorakal, intraabdominal
- Grosse Blutdruckschwankungen
- Ausdehnung des Thorax
- Venöse Stauung
- Erhöhter Hirndruck
- Uebertragung von Krankheiten (Tbc, Covid-19 etc)

Kontraindikation pauschal:

- Augen-OP: 1 Wo
- HNO-OP: 1 Wo
- Neurochir: 4 Wo
- THO: 4 Wo
- Abdomen: 4 Wo

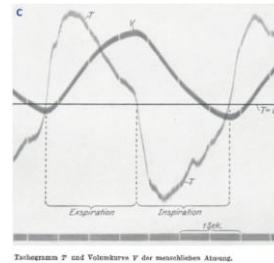
- **Aber:** Komplikationen selten; 5 von 10'000 Spirometrien (v.a. Synkopen)

Spirometrieeräte

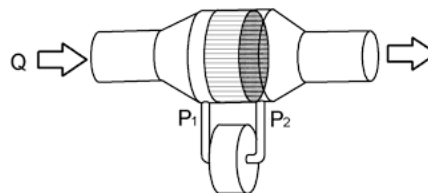


Gemeinsamkeit: Messung von **Fluss od. Volumen / Zeit**

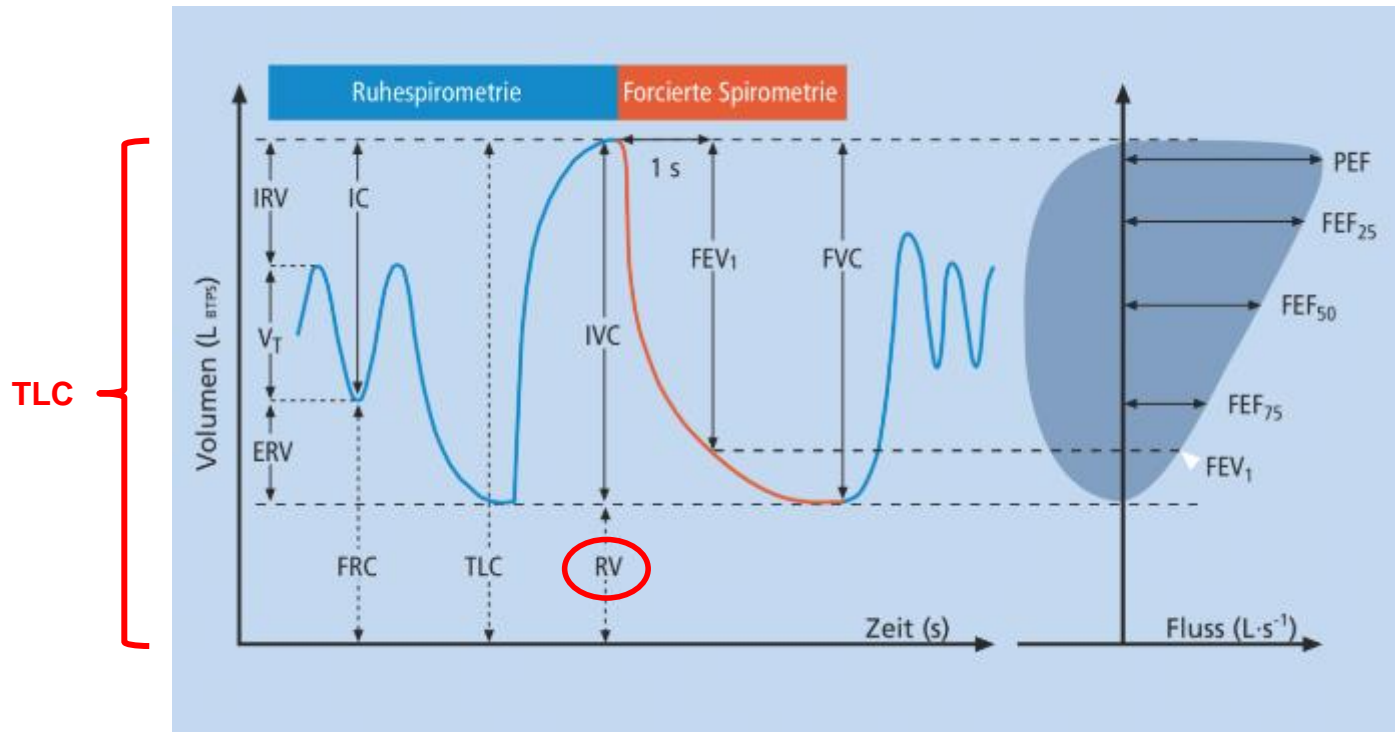
Pneumotachographie, Drehzahlmessung, Ultraschallmesstechnik



Pneumotachograph nach Alfred Fleisch 1925



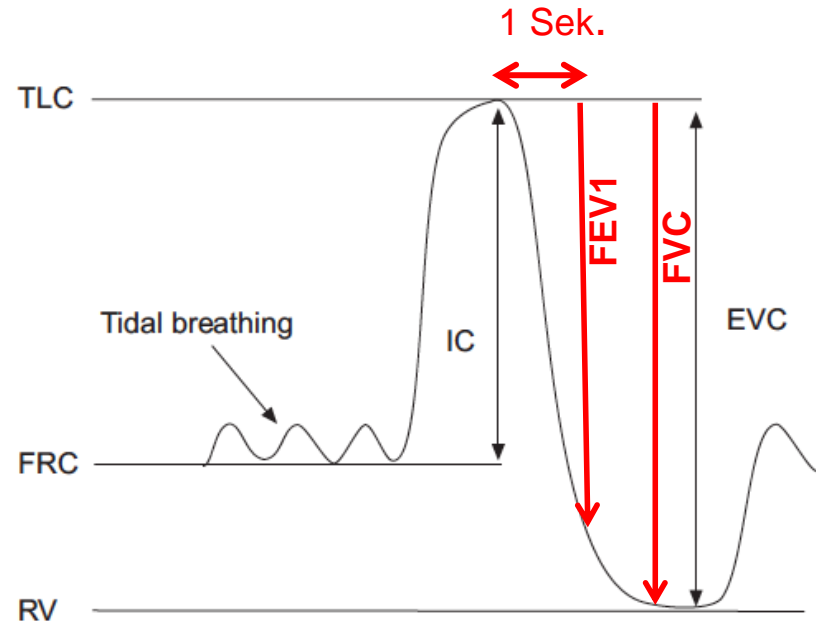
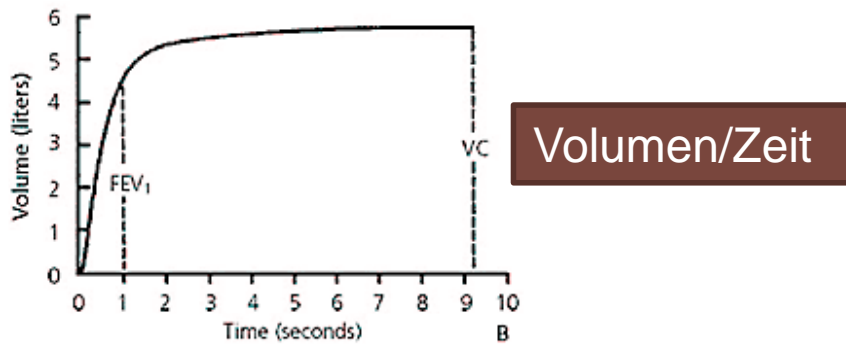
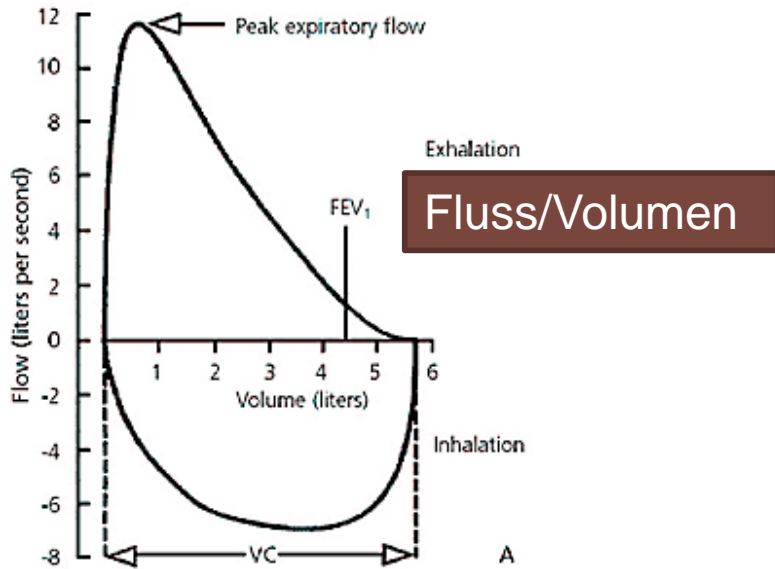
Atemmanöver bei der Spirometrie



Unbekannt bleiben:

- TLC = gesamtes Lungenvolumen
- RV = Residualvolumen

Spirometrie



Nach der Messung

- Akzeptabilitätskriterien
- Reproduzierbarkeit
- Normwerte
- Vorwerte



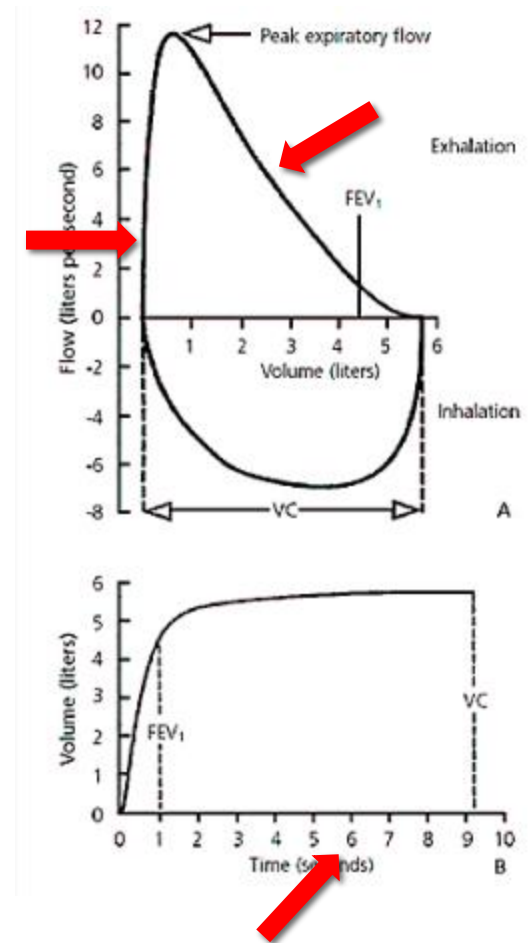
Spirometrie: Qualitätskriterien

- **Akzeptabilitätskriterien**

- Immediater Anstieg
- **Expiration > 6 sek.**,
- Plateau
- kein Valsalva, kein Husten, kein Luftholen, kein Leck
- keine Obstruktion des Mundstückes

- **Reproduzierbarkeit**

- Unterschied der beiden höchsten FVC und FEV1 max. **0.15L** (falls FVC < 1L: <0.1L)
- Manöver Max. 8 x



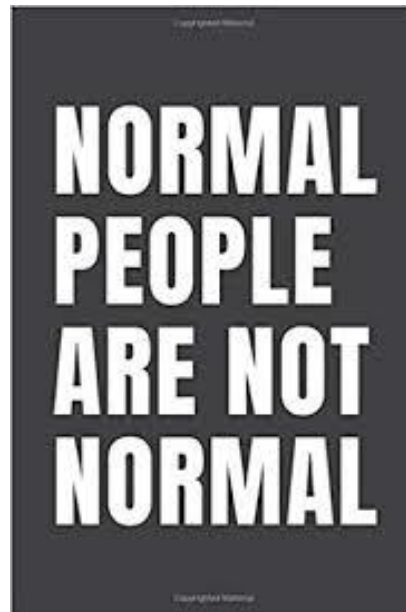
Graduierung Qualität FEV1 und FVC (ATS)

Table 1. Quality Categories for FVC or FEV₁ in Adults and Children

Grade	Criteria for Adults and Older Children and for Children Aged 2–6 Years
A	≥3 acceptable tests with repeatability within 0.150 L for age 2–6, 0.100 L, or 10% of highest value, whichever is greater
B	≥2 acceptable tests with repeatability within 0.150 L for age 2–6, 0.100 L, or 10% of highest value, whichever is greater
C	≥2 acceptable tests with repeatability within 0.200 L for age 2–6, 0.150 L, or 10% of highest value, whichever is greater
D	≥2 acceptable tests with repeatability within 0.250 L for age 2–6, 0.200 L, or 10% of highest value, whichever is greater
E	One acceptable test
F	No acceptable tests

A – C verwertbar
D – E eingeschränkt verwertbar
Beurteilung durch Computer

Spirometrie – was ist „normal“?



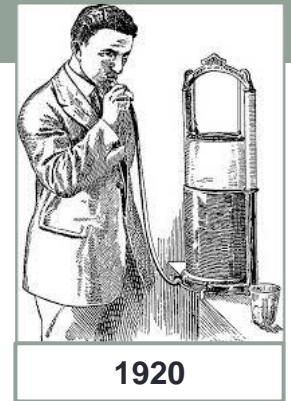
Spirometrie Normwerte

Korrigiert nach

- Alter
- Grösse
- Geschlecht
- Ethnie

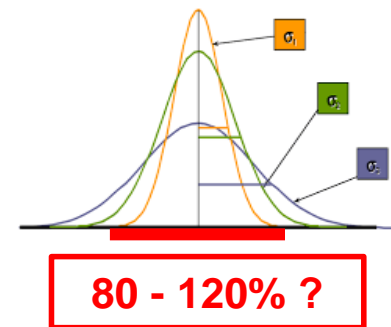
Quellen:

- **EGKS** (Europäische Gesellschaft für Kohle und Stahl)
 - bis 1993 aktualisiert (ERS)
 - Nicht repräsentativ für die Querschnittsbevölkerung
- **GLI** (Global Lung Initiative)
 - Quanier 2012
 - Repräsentativ
 - Qualitätskontrollierte Messungen
 - 74 187 gesunde Probanden, Alter 3 – 95 Jahre



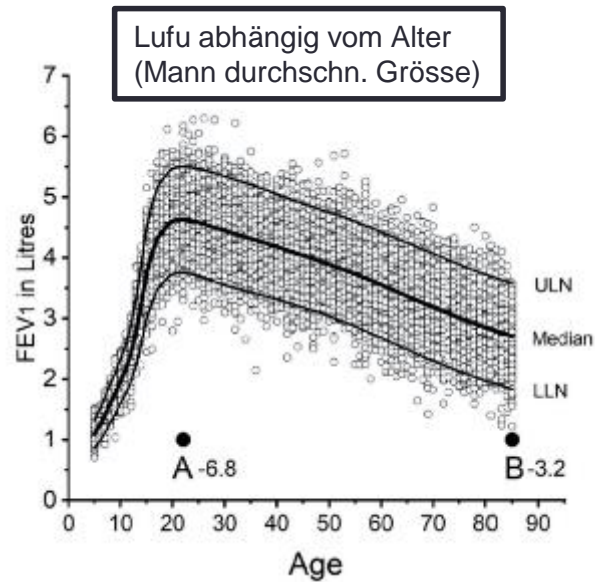
Normwerte - oder was ist der Z-Score?

- Biologisch:
 - Wahrscheinlichkeit – Normalverteilung
- „Pathologischer Wert“:
 - unwahrscheinlich, dass der Wert bei einem Gesunden vorkommt
- Faustregel 80-120% ?
 - heterogene Streubreite!
 - Im Alter grosse Streubreite, <70% oft „normal“
 - 20% misklassifiziert (!)
- LLN – Perzentilen
 - normal >5. Perzentile
 - dh nur 5% von Gesunden haben tieferen Wert
 - SD - 1.64
- Z-Score
 - Anzahl SD vom Mittelwert entfernt
 - Normal? – **“ja/nein“** bei kontinuierlichem Wert!

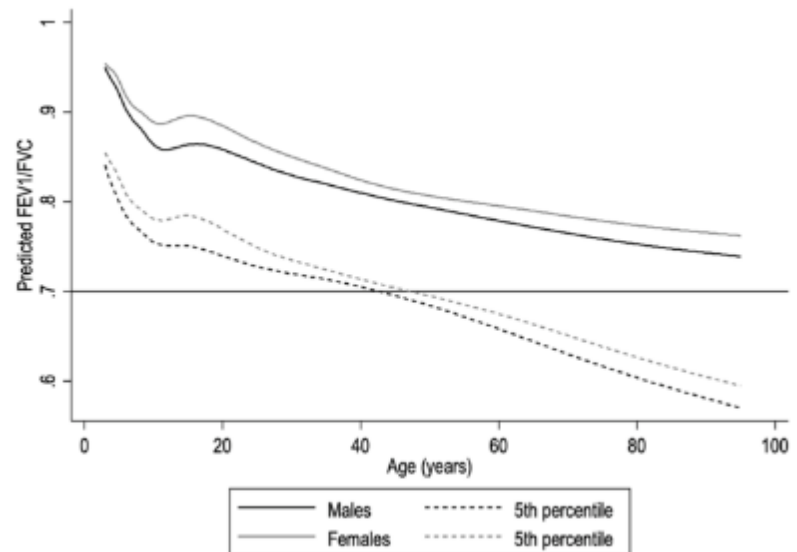


Lufu abhängig Vom Alter

Abnahme FEV1 nach 25. LJ: **-30ml / Jahr**



FEV1



FEV1/FVC – Obstruktion?

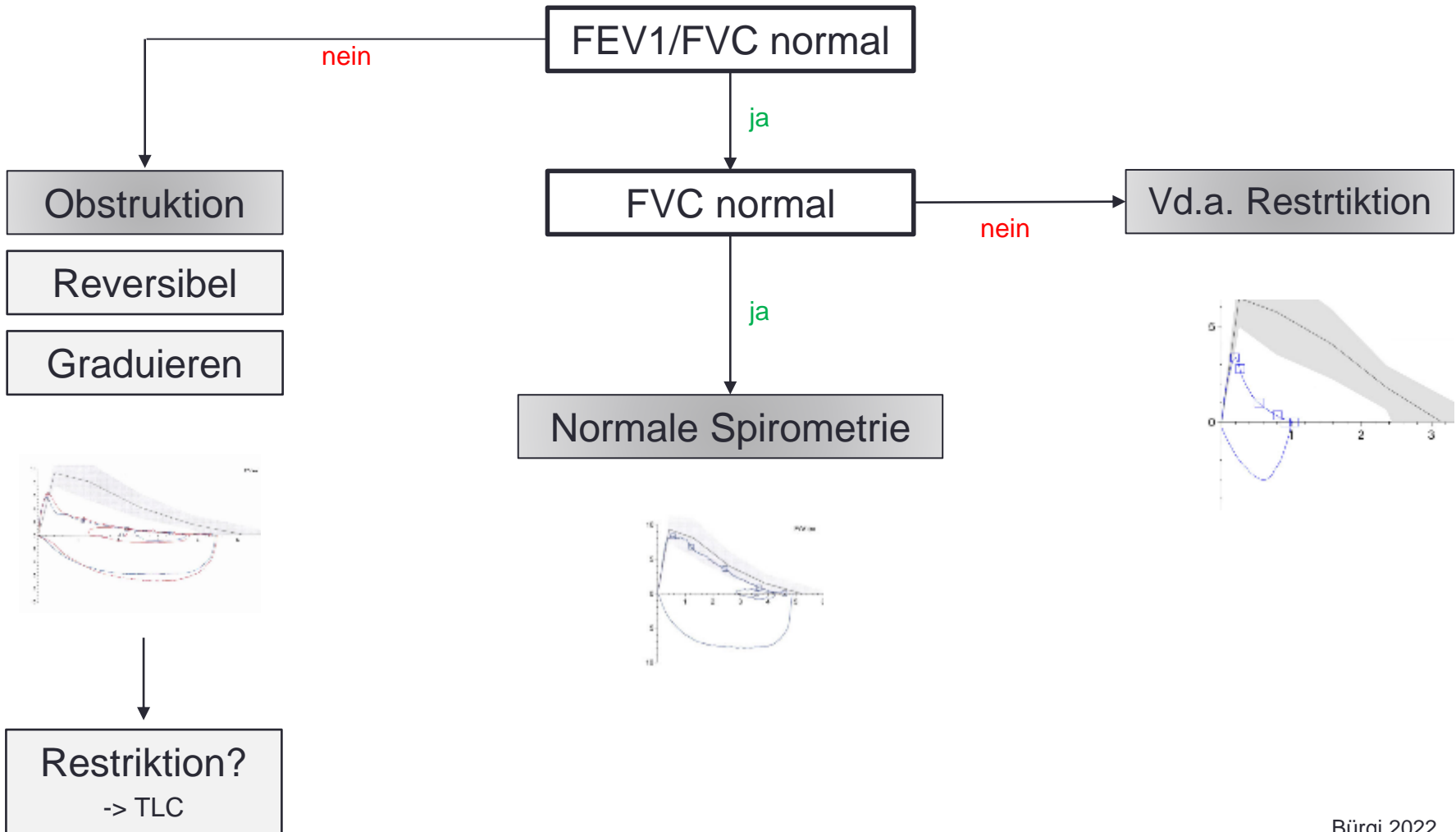
Befundung



Ablauf Befundung

1. Qualitätskriterien erfüllt?
2. Welche Ventilationsstörung („Befund“)?
3. Schweregrad
4. Bei Obstruktion: Reversibilität
5. Passt es zur Klinik / Diagnose

Ablauf Befundung Spirometrie



Spirometrie: Schweregrad der Störung

Bei Obstruktion, Restriktion und gemischten Pathologien:

Schweregrad	% FEV1 Soll
Mild	>70
Moderat	60-69
Mittelschwer	50-59
Schwer	35-49
Sehr schwer	<35%

≠ GOLD

**Table 3. Classification of Severity of Airflow Limitation in COPD
(Based on Post-Bronchodilator FEV₁)**

In patients with FEV₁/FVC < 0.70:

GOLD 1:	Mild	FEV ₁ ≥ 80% predicted
GOLD 2:	Moderate	50% ≤ FEV ₁ < 80% predicted
GOLD 3:	Severe	30% ≤ FEV ₁ < 50% predicted
GOLD 4:	Very Severe	FEV ₁ < 30% predicted

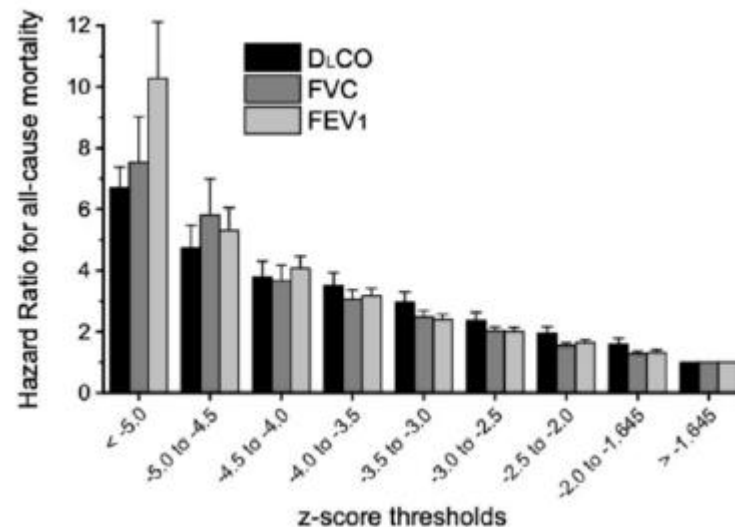
GOLD Guidelines

Bei CO-Diffusionsstörung:

Schweregrad	% DLCO Soll
Mild	>60
Mittelschwer	40-60
Schwer	<40

Spirometrie: künftig Schweregrad nach Z-Score?

- Alle Störungen (obstruktiv, restriktiv, Diffusion) eingeteilt nach **Z-Score**
 - Normal > -1.645
 - Leicht -1.65 - -2.5
 - Mittel -2.5 - -4
 - Schwer < -4
- Grund: Korrelation mit Mortalität



Obstruktion: Reversibilität, Signifikanz

Reversibilität der Obstruktion

- Zunahme des FEV1 oder FVC um $\geq 200\text{ml}$ und $\geq 12\%$
- Seit 2021 (ERS/ATS): Zunahme um **10% vom Sollwert** (FEV1 oder FVC)
- **vollständig** reversibel: FEV1, FVC und FEV1/FVC normalisiert
- **teilreversibel**: obige Bedingung nicht erfüllt

Testdatum		Soll	Vor 07.04.21	%(Vor/Soll)	Nach 07.04.21	%(Nach/Soll)	%(Nach/Vor)
VC MAX	[L]	5.12	5.08	99	5.24	102	103
FVC	[L]	5.12	4.53	88	4.75	93	105
FEV1	[L]	4.17	2.97	71	3.40	82	115
FEV1%M	[%]	82	58	71	65	79	111
MMEF 25-75	[L/s]	4.16	1.43	35	1.97	48	138
PEF	[L/s]	9.35	7.14	76	8.20	88	115



2005: +430ml UND +15%

-> signifikant

2021: +430ml \triangleq 10.3% vom Soll (4.17L)

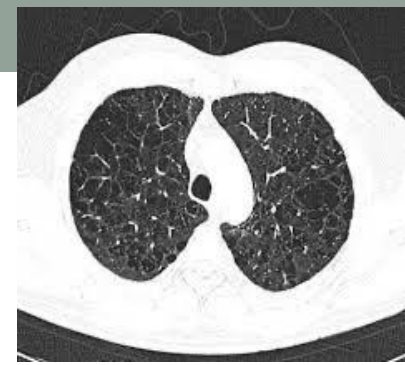
-> knapp signifikant

Spirometrie: Intraindividuelle Veränderungen

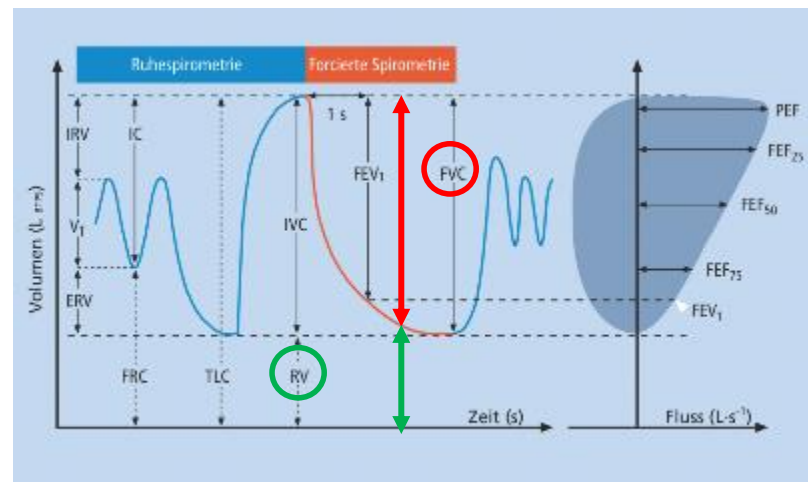
Signifikanter Unterschied oder Grundrauschen?

	FVC	FEV ₁	MEF _{25-75%}	DL _{CO}
Within a day				
Normal subjects	≥ 5	≥ 5	≥ 13	> 7%
COPD patients	≥ 11	≥ 13	≥ 23	
Week to week				
Normal subjects	≥ 11	≥ 12	≥ 21	> 6 units
COPD patients	≥ 20	≥ 20	≥ 30	> 4 units
Year to year	≥ 15	≥ 15		> 10%

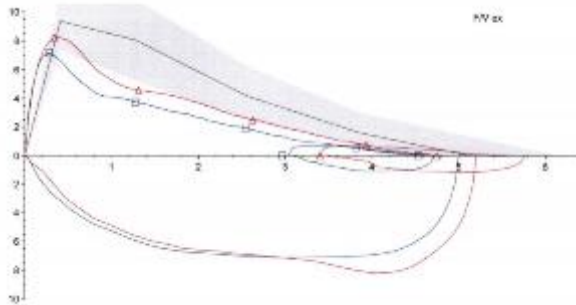
Problemfall: „Restriktion“ in der Spirometrie



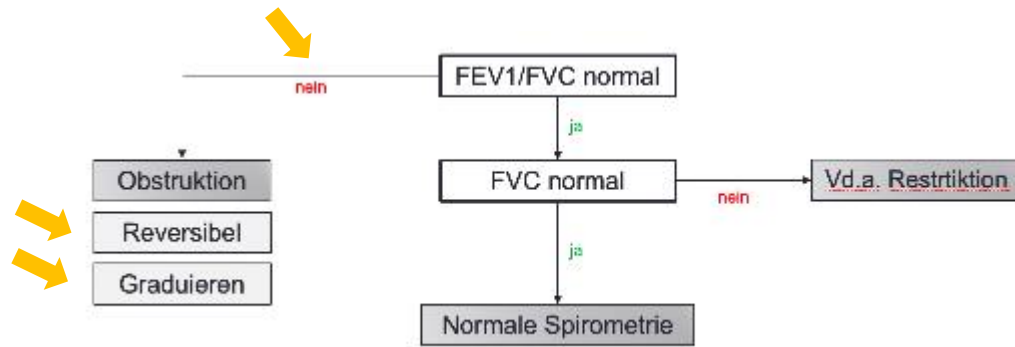
- Definition: TLC (Bodyplethysmographie)
- Erniedrigte FVC oder IVC: **Vd.a.** Resktriktion
- Kooperationsabhängig
- **Pseudorestriktion:**
 - **RV** erhöht -> FVC vermindert
 - COPD, Asthma (Dyspnoe!)
- Falls FEV1/FVC **normal** oder erhöht (dh keine Obstruktion) -> Restriktion möglich!



Befundung – Spirometrie - Beispiel



Testdatum		Soll	Vor 07.04.21	%(Vor/Soll)	Nach 07.04.21	%(Nach/Soll)	%(Nach/Vor)
VC MAX	[L]	5.12	5.08	99	5.24	102	103
FVC	[L]	5.12	4.53	88	4.75	93	105
FEV1	[L]	4.17	2.97	71	3.40	82	115
FEV1%M	[%]	82	58	71	65	79	111
MMEF 25-75	[L/s]	4.16	1.43	35	1.97	48	138
PEF	[L/s]	9.35	7.14	76	8.20	88	115



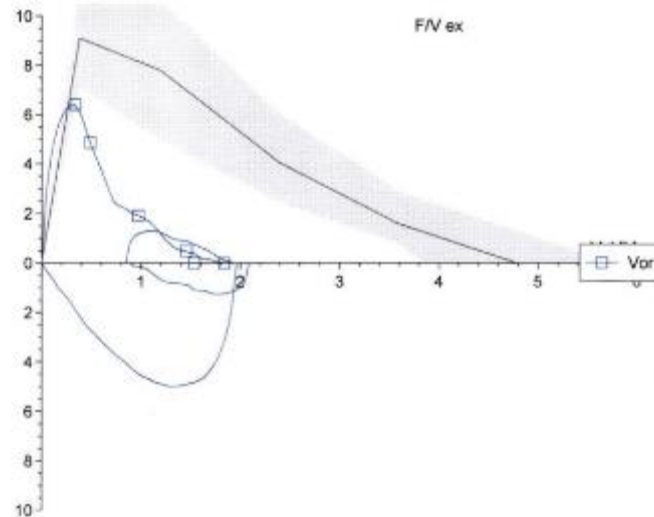
Obstruktion
teilreversibel
leicht

Beispiele



Bsp. Lufu 1

SPIROMETRIE vom 31.01.2022



34-jähriger Raucher

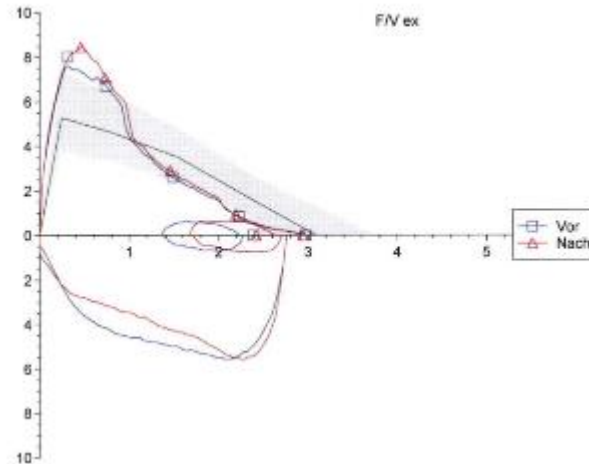
Spirometrie und Fluss/Volumen

	Soll	LLN	Vor	%Soll	Z	Z-Score
FEV 1	L 3.94	3.13	1.53	39	-4.65	
FEV1%M	% 82.60	71.87	78.97	96	-0.60	
FEV1%FVC	% 82.60	71.87	83.62	101	0.18	
VC MAX	L 4.79	3.84	1.94	41	-5.01	
FVC	L 4.79	3.84	1.83	38	-5.21	
MMEF	L/s 4.04	2.45	1.32	33	-3.19	
PEF	L/s 9.10	7.10	6.40	70	-2.23	
MEF 25	L/s 1.59	0.81	0.49	31	-2.78	
FET	s		5.80			

Schwere Restriktion

Bsp. Lufu 2

BODYPLETHYSMOGRAPHIE vom 08.02.2022



17-jährige CF-Patientin
Leichte CF-Pneumopathie

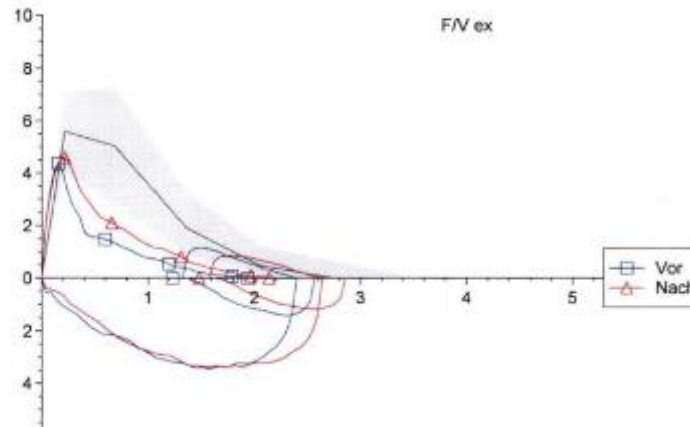
Spirometrie und Fluss/Volumen

		Soll	LLN	Vor	%Soll	Z	-3	Z ₁ Score	2	3	Nach	%Soll	Z	-3	Z ₁ Score	2	3	%V/N
FEV 1	L	2.77	2.23	2.38	86	-1.20	●				2.42	87	-1.09	●				102
FEV1%M	%	90.17	78.73	80.17	89	-1.47	●				82.27	91	-1.20	●				103
FEV1%FVC	%	90.17	78.73	80.17	89	-1.47	●				82.27	91	-1.20	●				103
VC MAX	L	3.09	2.48	2.97	96	-0.31	●				2.94	95	-0.40	●				99
FVC	L	3.09	2.48	2.97	96	-0.31	●				2.94	95	-0.40	●				99
MMEF	L/s	3.51	2.34	2.25	64	-1.78	●				2.51	72	-1.39	●				112
PEF	L/s	5.26	3.78	8.01	152	2.67	●			●	8.47	161	3.11	●			●	106
MEF 25	L/s	1.73	0.96	0.83	48	-2.00	●				0.94	54	-1.70	●				113
FET	s			4.93							4.37							88

Normale Lufu mit hochnormalem PEF

Bsp. Lufu 3

SPIROMETRIE vom 07.02.2022



67-jährige Raucherin
Allergien
50py
Exacerbationen

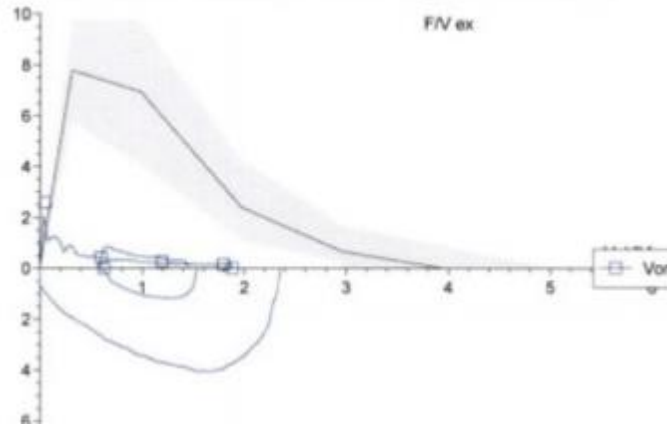
Spirometrie und Fluss/Volumen

	Soll	LLN	Vor	%Soll	Z	-3	Z ₁ Score	2	3	Nach	%Soll	Z	-3	Z ₁ Score	2	3	%V/N
FEV 1	L	2.14	1.57	1.23	58	-2.59	●			1.48	69	-1.90	●				120
FEV1%M	%	78.64	65.62	51.50	65	-3.10	●			56.39	72	-2.63	●				109
FEV1%FVC	%	78.64	65.62	63.45	81	-1.89	●			69.28	88	-1.21	●				109
VC MAX	L	2.74	2.02	2.39	87	-0.78	●			2.63	96	-0.25	●				110
FVC	L	2.74	2.02	1.94	71	-1.82	●			2.14	78	-1.36	●				110
MMEF	L/s	1.88	0.89	0.29	16	-3.24	●			0.40	22	-2.86	●				138
PEF	L/s	5.57	4.09	4.36	78	-1.34	●			4.57	82	-1.11	●				105
MEF 25	L/s	0.47	0.17	0.07	15	-3.05	●			0.08	18	-2.83	●				115
FET	s			7.92						10.80							136

Teilreversible mittelschwere Obstruktion
Asthma/COPD-Overlap

Bsp. Lufu 3

BODYPLETHYSMOGRAPHIE vom 17.01.2022



67-jähriger Raucher
Koch
60py

Spirometrie und Fluss/Volumen

	Soll	LLN	Vor	%Soll	Z	Z ₁	Z ₂	Z ₃
FEV 1	L 3.02	2.21	0.63	21	-4.35			
FEV1%M	% 76.78	63.63	26.17	34	-4.94			
FEV1%FVC	% 76.78	63.63	33.31	43	-4.48			
VC MAX	L 3.95	2.95	2.40	61	-2.56			
FVC	L 3.95	2.95	1.88	48	-3.43			
MMEF	L/s 2.39	1.07	0.23	10	-3.42			
PEF	L/s 7.77	5.78	2.57	33	-4.29			
MEF 25	L/s 0.66	0.25	0.14	22	-2.51			
FET	s		8.87					

Sehr schwere Obstruktion
Restriktion?

Bodyplethysmographische Volumina

TLC	L 6.58	5.43	9.54	145	4.23			
RV	L 2.48	1.81	7.14	288	11.37			
RV%TLC	% 40.09	31.11	74.87	187	6.37			
ITGV	L 3.51	2.53	8.05	229	7.56			
ERV	L 1.03	1.03	0.91	88				
VC IN	L 3.90	2.98	2.16	55	-3.12			

Absolute Ueberblähung

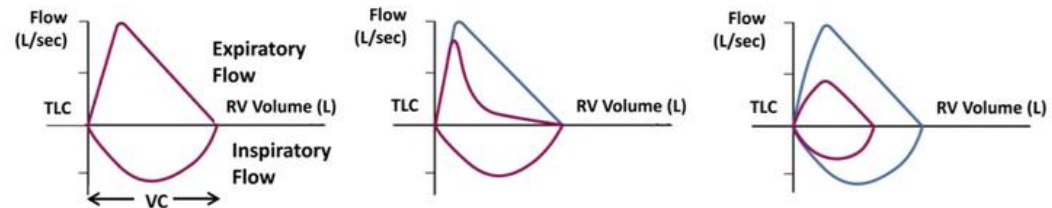
Bodyplethysmographische Resistance

R _{eff}	kPa/(L/s)	0.30	0.30	0.91	304			
sR _{eff}	kPa*s	1.18	1.18	7.76	659			

Take home

- Spirometrie: quantitative Beurteilung der Lungenfunktion
- Diagnostik Lungenerkrankung, Dyspnoe, Krankheitsprogress, Therapieeffekt
- Normwerte: Alter, Grösse, Geschlecht, Ethnie

- Kurvenformen:



- Befundung

- Kurvenform, „Befund“, Graduierung, Reversibilität

- Normal: – Z-Werte (-1.645)
- Nicht immer eindeutig
- Verlauf beachten