



www.istockphoto.com

Ein Unternehmen der LUKS Gruppe



## Spirometrie in der Praxis

Prof. Dr. med. Nicolas Regamey  
Co-Chefarzt  
Kinderspital Zentralschweiz  
[Nicolas.regamey@luks.ch](mailto:Nicolas.regamey@luks.ch)

17.10.2024

herzlich, kompetent, vernetzt

---

1

### Inhalt

- Grundlagen, Messwerte
- Durchführung der Spirometrie
- Interpretation der Spirometrie



---

2

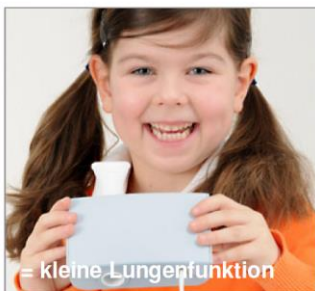
## Inhalt

- Grundlagen, Messwerte
- Durchführung der Spirometrie
- Interpretation der Spirometrie

3

## Prüfung der Lungenfunktion

### Spirometrie



### Broncholysetest:

= Verbesserung der Lungenfunktion  
 nach Inhalation eines Bronchodilatators

### Bodyplethysmographie



4

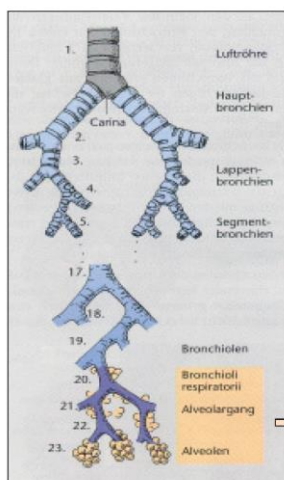
## Spirometrie

**WANN** Die Spirometrie als Lungenfunktionsmessung ist ab einem Alter von 5 bis 6 Jahren möglich.



5

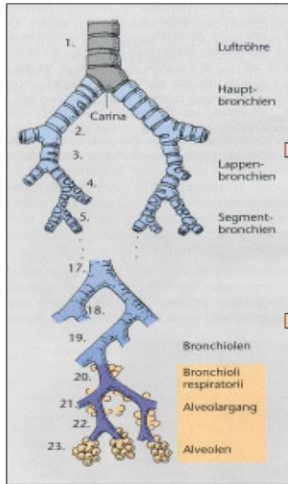
## Anatomie und Funktion der Atemwege



- **Atemwege teilen sich 23x**  
→ am Ende so dick wie ein Haar, aber innen hohl
  - **Atemwegsoberfläche:**  
→ Erwachsene: ~ 140 m<sup>2</sup> (~ Tennisplatz)  
Neugeborenes: 2.8 m<sup>2</sup>
  - **Alveolen:**  
→ Erwachsene: 240-300 Mio.  
Neugeborenes: 20-30 Mio.
- Sauerstoff (O<sub>2</sub>) aufgenommen, Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) abgegeben

6

# Messung der Atemflüsse

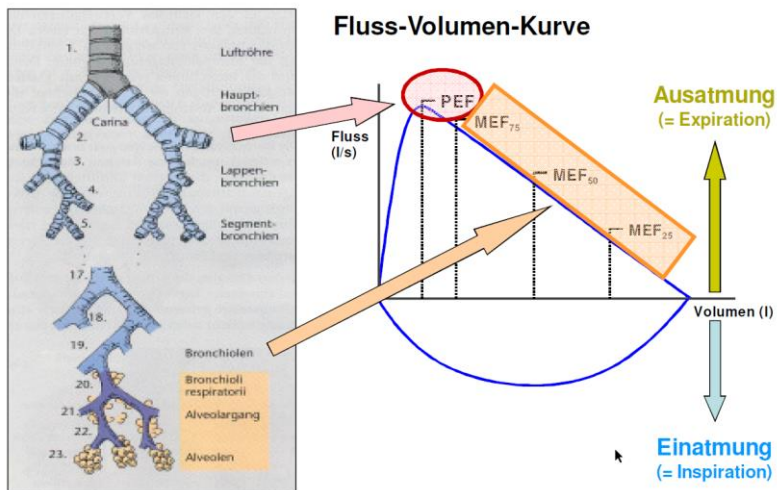


Grosse, zentrale Atemwege:  
**PEF (Peak flow) = maximaler Fluss**

Kleine, periphere Atemwege:  
**MEF-Werte = peripherer Fluss**

7

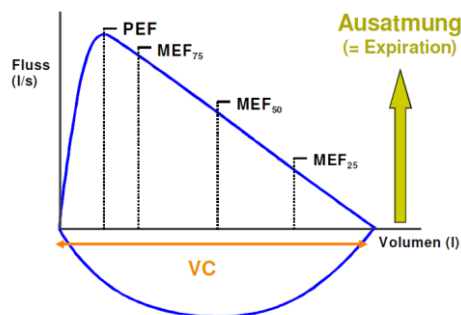
# Messung der Atemflüsse (PEF, MEF)



8

## Messung der Vitalkapazität (VC, FVC)

### Fluss-Volumen-Kurve



**VC: Vitalkapazität**  
= Luft, die man zum atmen zur Verfügung hat

9

## Messung des Erstsekundenvolumens (FEV1)



$FEV_1$  = Forcierte Expiration in einer Sekunde

$FVC$  = Forcierte Vitalkapazität

$FEV_1 / FVC$  = Tieffeneau-Wert

### $FEV_1$ : Erstsekundenkapazität

= wieviel Luft kann ich in 1 Sekunde ausblasen

→ am besten reproduzierbar, reflektiert alle Luftwege

→ Mass über die Verengung der Atemwege

10

## Inhalt

- Grundlagen, Messwerte
- Durchführung der Spirometrie
- Interpretation der Spirometrie

11

## Spirometrie - Geräte



12

### Indikationen und Kontraindikationen zur Durchführung von Lungenfunktionsuntersuchungen

Indikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdacht auf primäre Erkrankung von Lunge und/oder Atemwegen (Diagnosestellung)</li> <li>• Schweregradeinschätzung und Therapieüberwachung bekannter pulmonaler Erkrankungen</li> <li>• Verdacht auf Mitbeteiligung der Lunge bei anderen Grunderkrankungen (z. B. Skoliose, immunologische Systemerkrankungen, Zustand nach Knochenmarktransplantation)</li> </ul>
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke Ruhedyspnoe mit Tachypnoe</li> <li>• Ausgeprägte zerebrale Krampfneigung bei Hyperventilation</li> <li>• Stark ausgeprägtes Spirometerasthma (Bronchialobstruktion infolge forcierter Atmung)</li> </ul>

Tabelle 2

### Zeitlicher Mindestabstand zwischen der Einnahme reaktivitätssenkender Medikamente und Lungenfunktionsuntersuchungen [9]

Medikament	Zeitlicher Mindestabstand
Inhalative $\beta_2$ -Sympathomimetika (kurz wirksam)	8 h
Inhalative $\beta_2$ -Sympathomimetika (lang wirksam)	24 h
Inhalative Anticholinergika	24 h
Theophyllin (retard)	48 h
Systemische Antihistaminika	48 h (Astemizol 2 Wochen)
Inhalative Cromoglicinsäure, Nedocromil	48 h
Leukotrienantagonisten	48 h
Inhalative Kortikosteroide	14 Tage

13

13

### Indikationen und Kontraindikationen zur Durchführung von Lungenfunktionsuntersuchungen

Indikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdacht auf primäre Erkrankung von Lunge und/oder Atemwegen (Diagnosestellung)</li> <li>• Schweregradeinschätzung und Therapieüberwachung bekannter pulmonaler Erkrankungen</li> <li>• Verdacht auf Mitbeteiligung der Lunge bei anderen Grunderkrankungen (z. B. Skoliose, immunologische Systemerkrankungen, Zustand nach Knochenmarktransplantation)</li> </ul>
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke Ruhedyspnoe mit Tachypnoe</li> <li>• Ausgeprägte zerebrale Krampfneigung bei Hyperventilation</li> <li>• Stark ausgeprägtes Spirometerasthma (Bronchialobstruktion infolge forcierter Atmung)</li> </ul>

Tabelle 2

### Zeitlicher Mindestabstand zwischen der Einnahme reaktivitätssenkender Medikamente und Lungenfunktionsuntersuchungen [9]

Medikament	Zeitlicher Mindestabstand
Inhalative $\beta_2$ -Sympathomimetika (kurz wirksam)	8 h
Inhalative $\beta_2$ -Sympathomimetika (lang wirksam)	24 h
Inhalative Anticholinergika	24 h
Theophyllin (retard)	48 h
Systemische Antihistaminika	48 h (Astemizol 2 Wochen)
Inhalative Cromoglicinsäure, Nedocromil	48 h
Leukotrienantagonisten	48 h
Inhalative Kortikosteroide	14 Tage

14

14

Indikationen und Kontraindikationen zur Durchführung von Lungenfunktionsuntersuchungen	
Indikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdacht auf primäre Erkrankung von Lunge und/oder Atemwegen (Diagnosestellung)</li> <li>• Schweregradeinschätzung und Therapieüberwachung bekannter pulmonaler Erkrankungen</li> <li>• Verdacht auf Mitbeteiligung der Lunge bei anderen Grunderkrankungen (z. B. Skoliose, immunologische Systemerkrankungen, Zustand nach Knochenmarktransplantation)</li> </ul>
Kontraindikationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke Ruhedyspnoe mit Tachypnoe</li> <li>• Ausgeprägte zerebrale Krampfneigung bei Hyperventilation</li> <li>• Stark ausgeprägtes Spirometerrasthma (Bronchialobstruktion infolge forcierter Atmung)</li> </ul>

Tabelle 2

Zeitlicher Mindestabstand zwischen der Einnahme reaktivitätssenkender Medikamente und Lungenfunktionsuntersuchungen [9]	
Medikament	Zeitlicher Mindestabstand
Inhalative $\beta_2$ -Sympathomimetika (kurz wirksam)	8 h
Inhalative $\beta_2$ -Sympathomimetika (lang wirksam)	24 h
Inhalative Anticholinergika	24 h
Theophyllin (retard)	48 h
Systemische Antihistaminika	48 h (Astemizol 2 Wochen)
Inhalative Cromoglicinsäure, Nedocromil	48 h
Leukotrienantagonisten	48 h
Inhalative Kortikosteroide	14 Tage

15

15

## Vorbereitende Massnahmen

**eine Lungenfunktionsprüfung (falls Ihr Kind inhaliert, bitte Inhalation am Untersuchungstag nicht durchführen). Die Untersuchung dauert ca. 45 Minuten.**

**eine Hauttestung auf Allergien. Sollte Ihr Kind anti-allergische Medikamente einnehmen (Bilaxten, Zyrtec, Feniallerg, Tavegyl, Claritine, Telfast, Xyzal, Aeries oder Hustensirup), bitten wir Sie, diese 3 Tage vor der Konsultation abzusetzen.**

16

16



## Praktische Durchführung

**Eingabe:** Alter, Sex, Körperlänge, Ethnie

**Normwerte:** GLI (Global lung initiative)

1. Patient wurde vororientiert, gemessen, Manöver instruiert
2. Patient sitzt, aufrechte Haltung, nichts Einengendes, Kopf horizontal
3. Nasenklemme aufgesetzt (wenn ein Kind Mühe hat, durch den Mund zu atmen)
4. Mundstück sitzt korrekt, dicht, nicht komprimiert
5. Dreimal ruhig ein- und ausatmen. Dann maximale Inspiration
6. Explosionsartige und vollständige Ausatmung so lang wie möglich (auf «Kommando»)

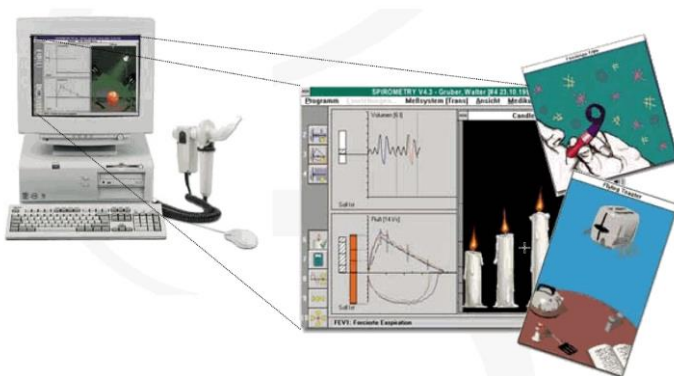


[Spirometrie \(youtube.com\)](#)

---

 17

## Motivationshilfen



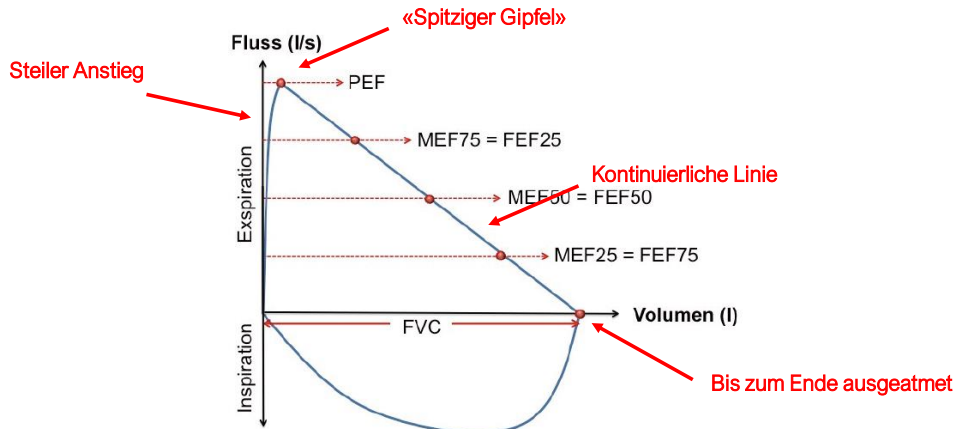
[Testing for Asthma: Easy as Blowing Out Candles! \(youtube.com\)](#)

[BeatAsthma: Demonstration of lung function in a child \(youtube.com\)](#)

---

 18

## Qualität der Spirometrie



19

## Mögliche Fehlerursachen

- Mangelnde Kooperation
- Ungenügende Inspiration vor forciertem Expiration
- Ungenügender Lippenschluss
- Leck am Mundstück oder Zunge vor oder im Mundstück
- Zu langsamer Start der Expiration
- Vorzeitiges Ende der Expiration
- Husten oder Vokalisation während Expiration
- Ungünstige Körperhaltung
- Keine/fehlerhafte Referenzwerte

20

Akzeptabilitätskriterien Innerhalb eines Manövers	
Start	Kein langsamer oder verzögerter Start (rück-extrapoliertes Volumen $\leq 5\%$ des FVC oder $< 100$ ml)
Keine Artefakte	Kein Husten Kein Glottisschluss Kein Leck Keine Obstruktion des Mundstücks
Ende	End of test criteria (EOFE) : Erreichen eines expiratorischen Plateaus in der Volumen-Zeit Kurve Ausatmungszeit $\geq 3$ Sekunden für Kinder $\leq 10$ Jahren* $\geq 6$ Sekunden für Kinder $> 10$ Jahren
Reproduzierbarkeitskriterien Zwischen $\geq 2$ Manövern Nach 3 akzeptablen Spirometrien	
$\leq 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 100$ ml oder $10\%$ des höchsten Wertes
$> 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 150$ ml

21

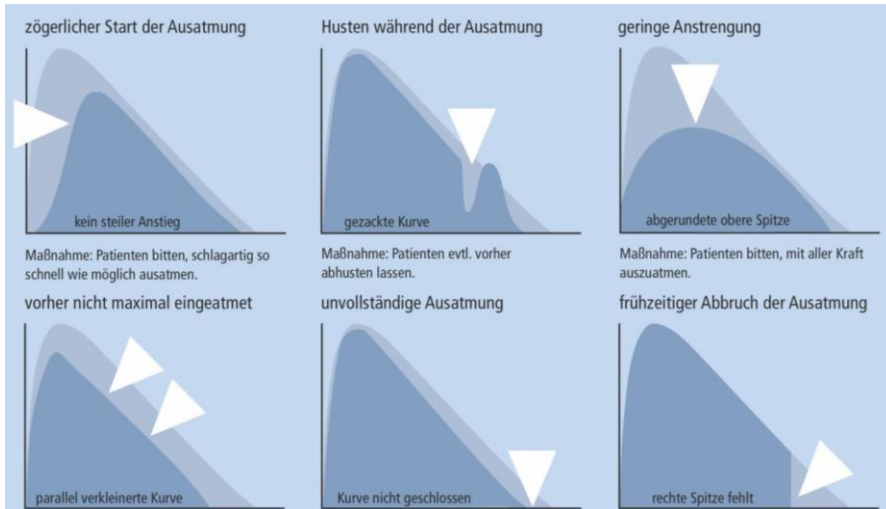
21

Akzeptabilitätskriterien Innerhalb eines Manövers	
Start	Kein langsamer oder verzögerter Start (rück-extrapoliertes Volumen $\leq 5\%$ des FVC oder $< 100$ ml)
Keine Artefakte	Kein Husten Kein Glottisschluss Kein Leck Keine Obstruktion des Mundstücks
Ende	End of test criteria (EOFE) : Erreichen eines expiratorischen Plateaus in der Volumen-Zeit Kurve Ausatmungszeit $\geq 3$ Sekunden für Kinder $\leq 10$ Jahren* $\geq 6$ Sekunden für Kinder $> 10$ Jahren
Reproduzierbarkeitskriterien Zwischen $\geq 2$ Manövern Nach 3 akzeptablen Spirometrien	
$\leq 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 100$ ml oder $10\%$ des höchsten Wertes
$> 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 150$ ml

22

22

# Ungenügende Qualität



23

Akzeptabilitätskriterien Innerhalb eines Manövers	
Start	Kein langsamer oder verzögerter Start (rück-extrapoliertes Volumen $\leq 5\%$ des FVC oder $< 100$ ml)
Keine Artefakte	Kein Husten Kein Glottisschluss Kein Leck Keine Obstruktion des Mundstücks
Ende	End of test criteria (EOFE): Erreichen eines expiratorischen Plateaus in der Volumen-Zeit Kurve Ausatemungszeit $\geq 3$ Sekunden für Kinder $\leq 10$ Jahren* $\geq 6$ Sekunden für Kinder $> 10$ Jahren

Reproduzierbarkeitskriterien Zwischen $\geq 2$ Manövern Nach 3 akzeptablen Spirometrien	
$\leq 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 100$ ml oder $10\%$ des höchsten Wertes
$> 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 150$ ml

\*Anmerkung: Kleinkinder vollenden die Ausatmung nicht selten unter 3 Sekunden



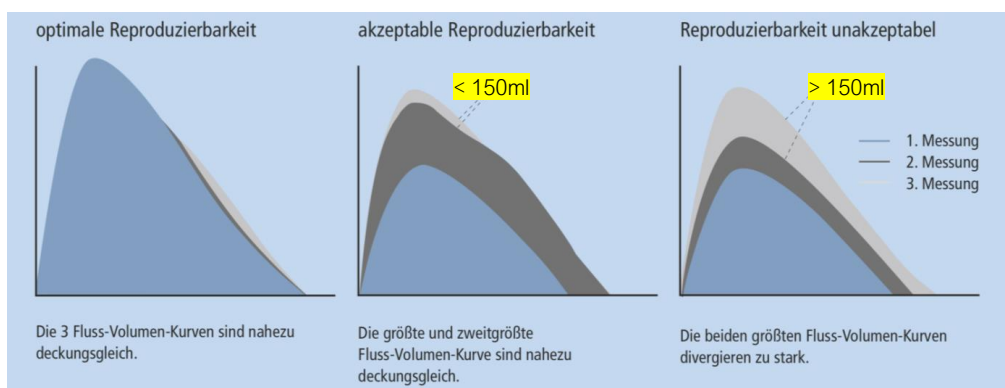
24

Akzeptabilitätskriterien Innerhalb eines Manövers	
Start	Kein langsamer oder verzögerter Start (rück-extrapoliertes Volumen $\leq 5\%$ des FVC oder $< 100$ ml)
Keine Artefakte	Kein Husten Kein Glottisschluss Kein Leck Keine Obstruktion des Mundstücks
Ende	End of test criteria (EOFE) : Erreichen eines expiratorischen Plateaus in der Volumen-Zeit Kurve Ausatemungszeit $\geq 3$ Sekunden für Kinder $\leq 10$ Jahren* $\geq 6$ Sekunden für Kinder $> 10$ Jahren
Reproduzierbarkeitskriterien Zwischen $\geq 2$ Manövern Nach 3 akzeptablen Spirometrien	
$\leq 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 100$ ml oder $10\%$ des höchsten Wertes
$> 6$ Jahren:	Differenz zwischen den 2 besten FEV1- bzw. FVC-Werten $\leq 150$ ml

25

25

## Reproduzierbarkeit (3 Versuche)



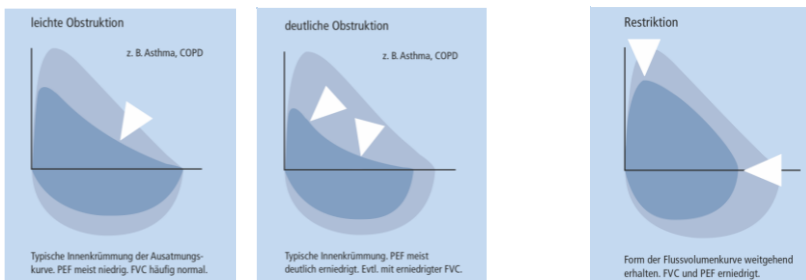
26

## Inhalt

- Grundlagen, Messwerte
- Durchführung der Spirometrie
- Interpretation der Spirometrie

27

## Interpretation der Spirometrie



### Obstruktion

- Konkave Flussvolumenkurve (Badewanne)
- PEF, FEV<sub>1</sub>, FEV<sub>1</sub>/FVC **vermindert**; FVC normal

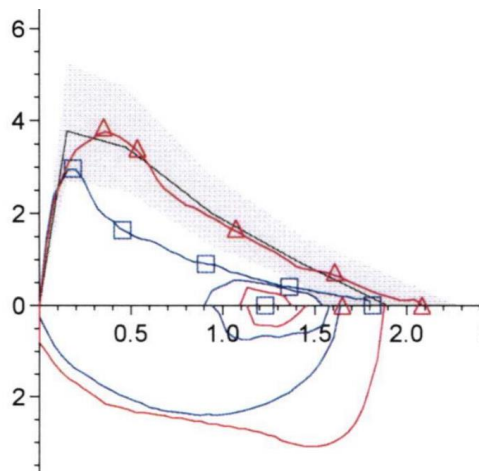
### Restriktion

- Aspektmässig normale Flussvolumenkurve
- PEF, FEV<sub>1</sub>, FVC **vermindert**; FEV<sub>1</sub>/FVC **normal**

28

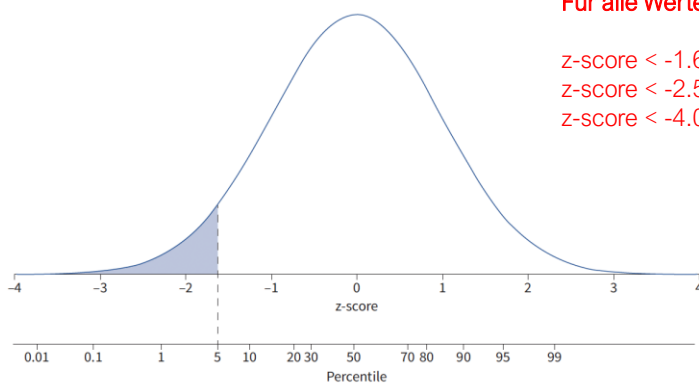
## Broncholyse Test

1. Bei Obstruktion
2. Wiederholung der Lungenfunktion 15 Minuten nach Inhalation von 4 Hüben Salbutamol (Ventolin) à 100 µg
3. „Positive Broncholyse“ = FEV<sub>1</sub> Anstieg von ≥ 10%



29

## Interpretation der Werte mit z-scores



**Für alle Werte**

z-score < -1.6 = leicht vermindert

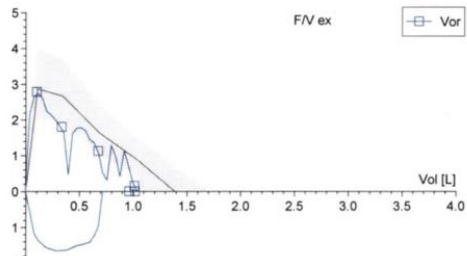
z-score < -2.5 = mittelschwer vermindert

z-score < -4.0 = schwer vermindert

30

### 5 jähriger Patient, Asthma

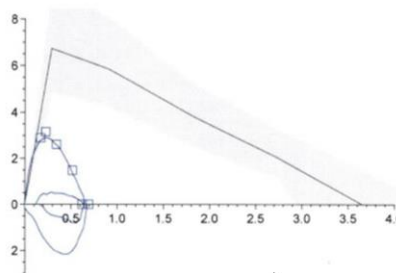
Testdatum		Soll	Vor	% Soll	Z-Score
			17.06.24		
VC IN	[L]	1.53	1.04	68	-2.80
FVC	[L]	1.38	1.02	74	-2.03
FEV1	[L]	1.25	0.96	77	-1.76
FEV1%FVC	[%]	91	94	104	0.64
PEF	[L/s]	2.87	2.78	97	-0.22
MEF75	[L/s]	2.67	1.80	68	-2.34
MEF50	[L/s]	1.62	1.12	69	-1.26
MEF25	[L/s]	0.88	0.15	17	-3.69
MMEF 25-75	[L/s]	1.62	0.61	37	-2.91



31

### 13 jährige Patientin, Muskelerkrankung

		Soll	Vor	% Soll	Z-Score
FVC	[L]	3.65	0.69	19	-7.54
FEV1	[L]	3.23	0.62	19	-6.33
FEV1%FVC	[%]	89	90	101	0.14
PEF	[L/s]	6.73	3.13	47	-3.80
MEF75	[L/s]	5.83	2.87	49	-3.67
MEF50	[L/s]	3.82	2.59	68	-1.57
MEF25	[L/s]	2.03	1.47	72	-0.95
MMEF 25-75	[L/s]	3.82	2.36	62	-1.88

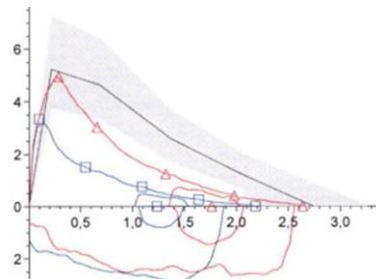


32



## 10 jähriger Patient, Asthma

		Soll	Vor	% Soll	Z-Score	Nach	% Soll	Z-Score
FVC	[L]	2.74	2.18	80	-1.75	2.64	97	-0.30
FEV1	[L]	2.32	1.23	53	-4.09	1.76	76	-2.12
FEV1%FVC	[%]	86	56	66	-3.53	67	78	-2.60
PEF	[L/s]	5.22	3.32	64	-2.59	4.91	94	-0.42
MEF75	[L/s]	4.62	1.50	32	-4.88	3.02	65	-2.50
MEF50	[L/s]	2.60	0.75	29	-4.01	1.24	48	-2.69
MEF25	[L/s]	1.22	0.25	21	-3.70	0.39	32	-2.86
MMEF 25-75	[L/s]	2.60	0.59	23	-4.55	1.04	40	-3.18



33



### Save the Dates (Vorankündigung neuer Fortbildungen)

**Kinderorthopädie für die Praxis** (Thema Wirbelsäule), 23. Januar 2025, Zürich

**Clownische Tipps für die Praxis (für Teams)**, 25. Februar 2025, Bern

**Pneumologie** (Teamkurs), 27. März 2025, Luzern

**Rheumatologie Update**, 3. April 2025 Luzern

**Sexualentwicklung in allen Facetten**, 4. April 2025, Bern

34

