

## Spirometrie in der Kinder- und Jugendarztpraxis

# Ein wichtiger Baustein in der pneumologischen Diagnostik

Bettina Lang-Negretto, Ludwig Schmid, Walter Dorsch

Die Spirometrie ist eine einfache und rasch durchführbare Lungenfunktionsuntersuchung zur orientierenden Einteilung von obstruktiven und restriktiven Ventilationsstörungen. In einer Kinderarzt-Praxis ist sie ein hilfreiches Instrument, da sie wichtige Informationen zur Frage weiterer Diagnostik oder Therapien liefert. Sie dient der Einschätzung des Schweregrades und hilft bei der Verlaufsbeurteilung.

Eine Indikation zur Spirometrie ergibt sich bei folgenden Symptomen: anhaltender, eventuell chronischer Husten, nächtlicher Husten, Husten bei Anstrengung, häufiges Räuspern, auffällige Atmung oder Atemgeräusche (im Schlaf, in Ruhe, bei Belastung), Atembe-

schwerden, zum Beispiel Ruhedyspnoe, erschwerte Atmung oder thorakales Druckgefühl sowie Zyanose. Außerdem ist die Spirometrie bei folgenden Krankheitsbildern angezeigt:

- Asthma bronchiale,
- Bronchitis, Bronchiolitis,

— Stenosen der extra- und intrathorakalen Atemwege.

Bei restriktiven Ventilationsstörungen, wie zum Beispiel bei interstitiellen Lungenerkrankungen, bei neuromuskulären Erkrankungen, bei Mukoviszidose etc. genügt eine Spirometrie nicht. Dann sind andere Untersuchungsmethoden nötig, an erster Stelle die Bodyplethysmographie.

Die Spirometrie misst die Strömungsgeschwindigkeit des Atemflusses in Litern/Sekunde. Die Luftmenge kann dabei als Volumen/Zeit-Kurve (**Abb. 1**) oder als Fluss-Volumen-Diagramm dargestellt werden. Da die Spirometrie grundsätzlich von der Mitarbeit der Patienten abhängig ist, benötigt die Untersucherin/der Untersucher besondere Erfahrung und Techniken im Umgang mit Kindern. Eine Spirometrie ist auch schon bei Vorschulkindern durchführbar, es existieren Normwerte ab 3 Jahren. Vorgegangen wird nach der Drei-Element-Messung (**Tab. 1**).

In der Leitlinie zur Spirometrie aus dem Jahr 2015 wurden die bisher gebräuchlichen MEF-Werte durch die forcierten expiratorischen Flüsse (FEF) ersetzt. Für FEF 25 existieren keine Normwerte, FEF 50 entspricht MEF 50 und FEF 75 entspricht MEF 25. Dies muss bei der Interpretation und Dokumentation berücksichtigt werden.

## Ablauf der Spirometrie

Bei jungen Kindern kann es hilfreich sein, das Kind spielerisch mit dem Gerät vertraut zu machen (zum Beispiel mit der Nasenklemme herumlaufen zu lassen). Die Zeit, die man dafür verwendet, kommt der eigentlichen Messung zugute. Auch kann es sein, dass insbesondere kleine Kinder an bestimmten Tagen

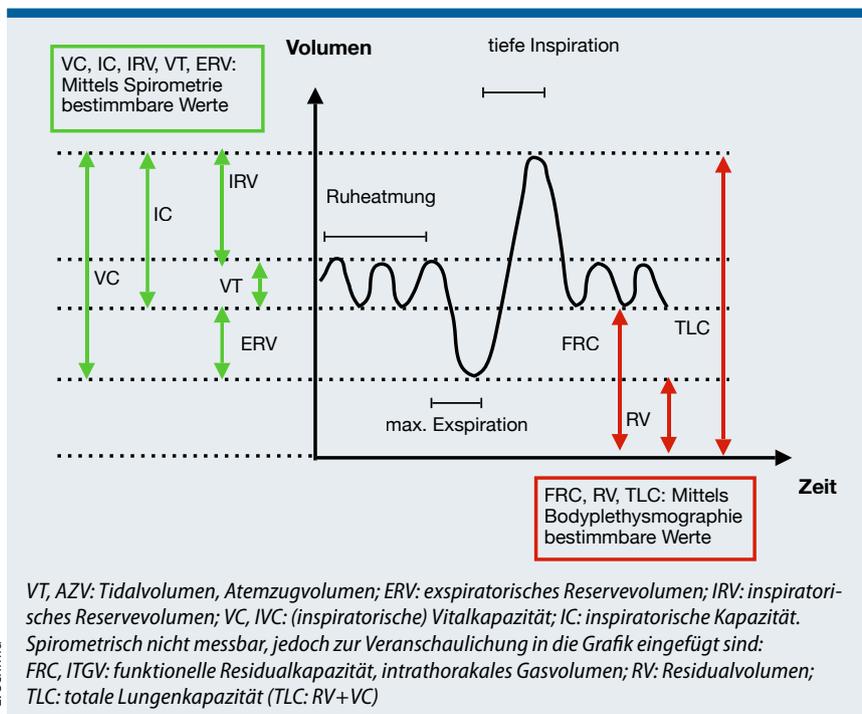


Abb. 1: Ruhespirometrie sowie Volumen-Zeit-Kurve mit Atemmanövern

**Tab. 1: Die Drei-Element-Messung**

<b>Ruhemessung</b>	Normales Atemmuster mit ruhigem Ein- und Ausatmen <i>Ermittelte Werte:</i> Tidalvolumen bzw. Atemzugvolumen (TV, AZV)
<b>Tiefe Atmung</b>	Atemmuster mit normaler Atemfrequenz, aber tiefer In- und Expiration (nicht forciert!) <i>Ermittelte Werte:</i> expiratorisches Reservevolumen (ERV), (inspiratorische) Vitalkapazität (IVC), inspiratorisches Reservevolumen (IRV), inspiratorische Kapazität (IC): Summe aus IRV+VT
<b>Forcierte Atemmanöver</b>	Zur Bestimmung der Fluss-Volumen-Kurve <i>Ermittelte Werte:</i> forcierte Vitalkapazität (FVC), Einsekundenkapazität (FEV1), maximale expiratorische Flowwerte bei 75/50/25% verbleibender Vitalkapazität (MEF 75/50/25), expiratorischer Spitzenfluss (PEF)

Hemmungen haben und eine Messung standardisiert nur schwer durchgeführt werden kann. Eine Wiederholung nach einigen Tagen gelingt dann oft besser. Die Durchführung im Einzelnen:

- Messung von Gewicht, Größe und Alter
- Patienten bequem hinsetzen, keine beengende Kleidung
- Nasenklemme aufsetzen, ruhig durch den geöffneten Mund ein- und ausatmen
- Mundstück zwischen die Zähne nehmen, die Lippen umschließen das Mundstück, die Zunge liegt unter dem Mundstück und weiter ruhig ein- und ausatmen (**Abb. 2**). Der Mund muss das Mundstück so umschließen, dass zu keiner Zeit Lecks am Mundstück entstehen (**Abb. 3**).
- Starten der Messung => Ruhespirometrie-kurve.

Hat der Patient durch ruhiges Aus- und Einatmen eine Atemmittellage gefunden, erfolgt die Aufforderung zum langsamen, tiefen Ein- und Ausatmen (nicht forciert), das heißt maximales Ausatmen, gefolgt von maximalem Einatmen. Im Spirogramm werden die Phasen größerer Anstrengungen durch Plateaus sowohl bei der In- als auch bei der Expiration sichtbar.

### Forcierte Atemmanöver

Dies ist die eigentliche Herausforderung bei der Untersuchung, da der Patient die maximalen Lungenvolumina wirklich erreichen muss. Nur dann kann eine Untersuchung zuverlässig interpretiert werden.

Bei einem forcierten Atemmanöver wird der Patient direkt im Anschluss an

die Ruhespirometrie aufgefordert, ruhig und tief einzuatmen und dann, bei maximaler Inspiration, kräftig (nicht überhastet) und möglichst lange auszuatmen. Dabei kann man den Patienten verbal (anfeuern!) oder mit Hilfe einer Computeranimation (z. B. Kerzen ausblasen, Luftballone zum Platzen bringen etc.) animieren. Die Expiration sollte dabei bei Kleinkindern mindestens 3 Sekunden betragen, bei größeren mindestens 6 Sekunden. Es entsteht eine Fluss-Volumen-Kurve (**Abb. 4**).

### Kriterien erfüllen

Die Kriterien der American Thoracic Society (ATS)/European Respiratory Society (ERS) 2005 müssen für die Akzeptanz beziehungsweise Reproduzierbarkeit erfüllt sein.

**Reproduzierbarkeitskriterien:** Es müssen mindestens drei akzeptierte Versuche aufgezeichnet werden (**Abb. 5**). Die größte und die zweitgrößte Fluss-Volumen-Messung müssen nahezu deckungsgleich sein (d. h. die Differenz zwischen dem größten und zweitgrößten FEV1-, bzw. FVC-Wert darf nicht mehr als 5% betragen).

**Akzeptanzkriterien:** Der maximale expiratorische Spitzenfluss („Peak flow“ PEF) soll innerhalb von 120 ms erreicht werden (steiler Anstieg).

**Expirationszeit:** Diese sollte länger als 6s betragen; bei Kindern jünger als 10 Jahre länger als 3s; keine Artefakte (Husten, Glottisschluss, Leckagen, vorzeitige Beendigung, unterschiedliche

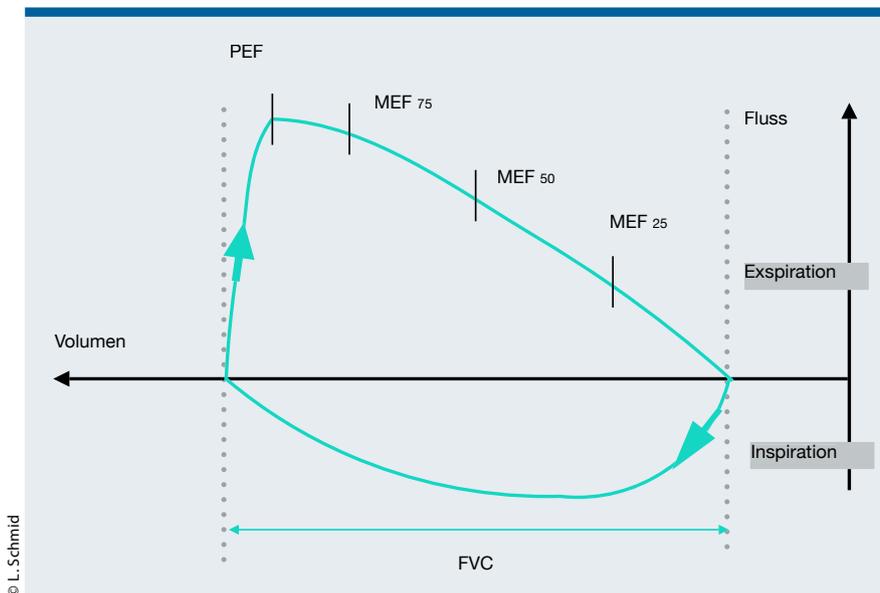


**Abb. 2:** Eine aufrechte Sitzposition und bequeme Haltung sind für den Ablauf der Spirometrie wichtig.



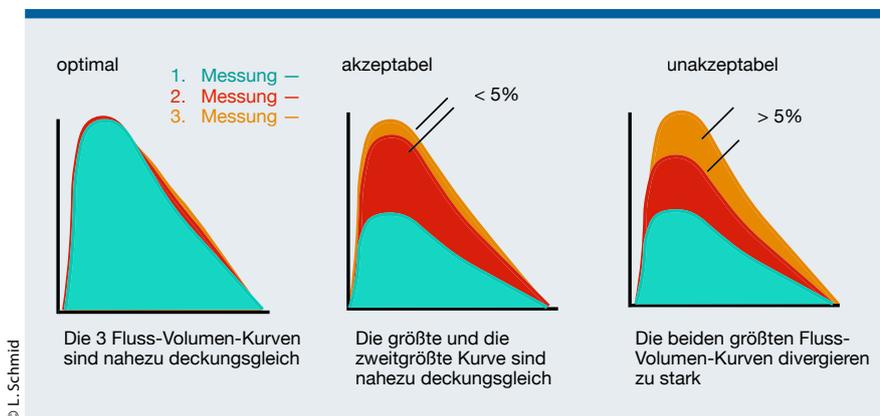
**Abb. 3:** Ungünstig sind Lecks wie hier am linken Mundwinkel.

© (B) L. Schmid



© L. Schmid

Abb. 4: Die Fluss-Volumen-Kurve



© L. Schmid

Abb. 5: Reproduzierbarkeitskriterien bei drei Messungen

Anstrengung). Die Expiration ist erst beendet, wenn das ausgeatmete Volumen ein Plateau erreicht hat beziehungsweise die Volumenänderung in der letzten Sekunde unterhalb von 25 ml bleibt. Das rückextrapolierte Volumen ist kleiner als 5 % der FEV1 beziehungsweise FVC und kleiner als 150 ml.

Aus mindestens drei verwertbaren Atemmanövern wird mit Hilfe spezieller Auswertungsprogramme zunächst die Reproduzierbarkeit geprüft (u.a. FVC-Differenz < 5%), dann werden die besten erreichten Werte ausgewählt beziehungsweise berechnet. Mögliche Fehler sind in **Abb. 6** zusammengefasst. Zu beachten ist, dass wiederholte forcierte

Atemmanöver bei Patienten mit Atemwegshyperreagibilität eine Bronchokonstriktion induzieren können („Spirometerrasthma“).

### Auswertung der spirometrischen Untersuchung

Schon während der Messungen können die Qualitätskriterien bewertet werden. Nach Durchführung der Messung werden die höchsten Werte von IVC, FEV1 und FVC aus allen Manövern ausgewertet. Um die Streubreite der Normalwerte bei Prozentangaben der Mittelwerte zu berücksichtigen, werden Perzentilen verwendet. Als Richtlinie wird der untere Grenzwert („lower limit of normal“,

LLN) verwendet. Eine obstruktive Ventilationsstörung liegt dann vor, wenn der Tiffeneau-Index (FEV1/FVC) unterhalb des 5. Perzentils des LLN liegt. Bei Vorliegen einer verminderten Vitalkapazität muss eine restriktive Ventilationsstörung abgeklärt werden. Dann genügt eine Spirometrie nicht.

Grundsätzlich gilt: Eine visuelle Qualitätskontrolle ist einer numerischen Bewertung überlegen. Dies gilt insbesondere für junge Kinder. Bei Kindern unter 6 Jahren kann die Spirometrie unabhängig von der Ausatemzeit bewertet werden, wenn es sich um eine technisch akzeptable Kurve handelt. Akzeptabel heißt:

- Steiler Anstieg der Kurve zum Peak-Flow
- Artefaktfreie Ausatmung (ohne Hustenzacken)
- Vollständige Ausatmung bis zum Residualvolumen
- Kein vorzeitiger Abbruch der Expiration
- Die Messung sollte reproduzierbar sein (drei Messungen mit möglichst deckungsgleichen Kurven).

Bei jungen Kindern nehmen die großen Atemwege einen deutlich höheren Anteil des Lungenvolumens als bei älteren Kindern oder Erwachsenen ein. Die Lungen werden daher in kürzerer Zeit geleert. Das heißt, die Expirationszeit liegt auch bei guter Mitarbeit deutlich unter 1 Sekunde. Daher sollte gegebenenfalls der FEV 0,5 oder FEV 0,75 herangezogen werden. Der visuellen Inspektion der Fluss-Volumen-Kurve kommt daher eine besondere Bedeutung zu, zum Beispiel im Falle einer konkaven Deformierung des abfallenden Schenkels der Expirationskurve. Auch ältere Kinder mit persistierendem Asthma bronchiale haben oft eine nach Werten normale Lungenfunktion.

Liegt eine obstruktive Ventilationsstörung vor, wird in der Nationalen Versorgungsleitlinie Asthma ein Bronchodilatationstest mittels Bronchospasmolysetest zur Reversibilitätsprüfung gefordert. Verwendet wird zum Beispiel Salbutamol 200–400 µg, gegebenenfalls ein Anticholinergikum bei Unverträglichkeit (z. B. Ipratropiumbromid) mittels Dosieraerosol via Spacer. Hier kann auch sogleich die Inhalationstechnik überprüft werden.

**Tab. 2: Schweregradeinteilung der obstruktiven Ventilationsstörung**

Schweregrad		FEV 1
I	leicht	> 60% Soll
II	mittelschwer	40–60% Soll
III	schwer	< 40% Soll

Die Schweregradeinteilung der obstruktiven Ventilationsstörung ist in **Tab. 2** zusammengefasst. Ein Bronchodilatationstests gilt als signifikant positiv, wenn nach der Inhalation von Salbutamol der PEF um 20 % oder der FEV1 um 12 % steigt. Dabei kann die Obstruktion

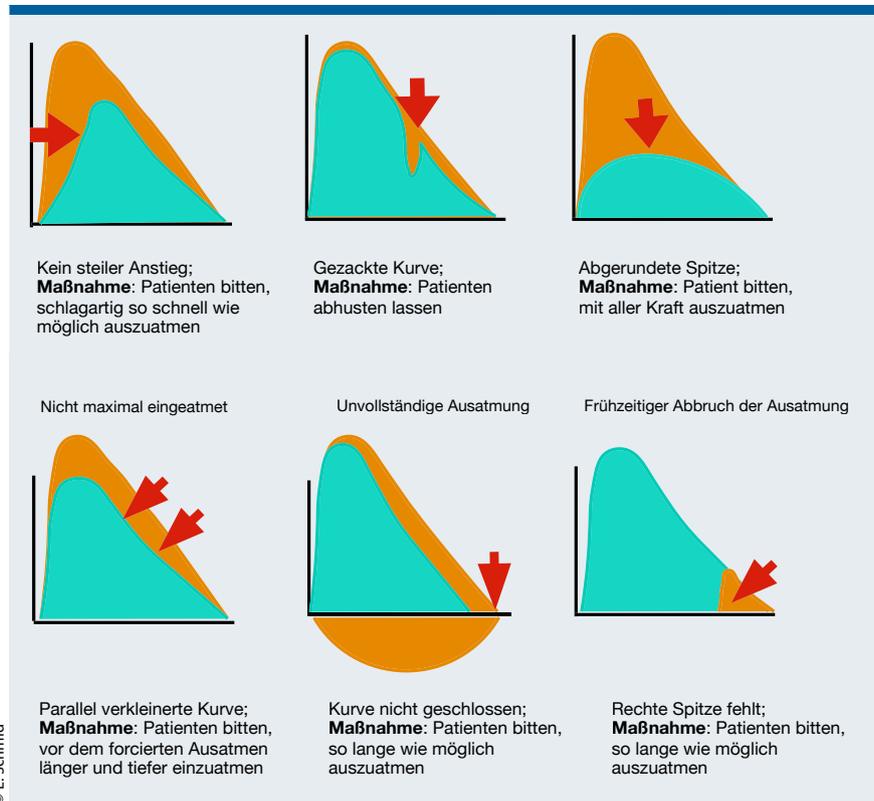
- voll reversibel (Anstieg PEF um mind. 20 % bzw. FEV1 um mind. 12 %),
- teilreversibel (Anstieg PEF bis 20 % bzw. FEV1 bis 12 %) oder
- nicht reversibel (keine Verbesserung) sein.

### Unspezifische bronchiale Provokationstestung

Sie ist indiziert bei Verdacht auf eine bronchiale Hyperreagibilität (BHR). Es gibt die Möglichkeit der indirekten Messung, das heißt nicht pharmakologisch über körperliche Belastung oder Kaltluftprovokation, beziehungsweise der direkten Messung etwa mit Metacholin. Entscheidend für die Auswahl des Provokationsverfahrens ist das klinische Beschwerdebild des Patienten. Bei der Interpretation der Testresultate müssen neben den genannten Grenzwerten auch die klinischen Symptome berücksichtigt werden, um eine Über- und Unterdiagnose von BHR zu vermeiden.

#### Fazit für die Praxis

In der Zusammenschau von Anamnese, klinischem Befund, Laborwerten und apparativer Diagnostik ist die Lungenfunktion ein wichtiger, oft entscheidender Baustein bei der Evaluation von Kindern mit respiratorischen Problemen. Dabei sind obstruktive Ventilationsstörungen im Kindesalter weitaus häufiger als restriktive Veränderungen.



**Abb. 6:** Fehlerhafte Ergebnisse und jeweilige Gegenmaßnahmen

Die Praktikabilität der Provokationstestung hängt zudem von den praxiseigenen Gegebenheiten ab. Eine körperliche Belastung ist einfach durchzuführen, sie kann mittels Laufband oder freiem Laufen erfolgen, eine Kaltluftprovokation ist aufwendig und kostspielig und wenig sensitiv, daher kaum üblich. Bei jeder Provokationstestung muss das Praxispersonal in Notfallbereitschaft sein. Voraussetzung für Provokationstestungen:

- Infektfreies Intervall, letzter Infekt möglichst > 6 Wochen zurückliegend
- Keine körperliche Belastung in den Stunden vor der Testung
- Karenzzeiten für atemwegserweiternde oder schleimhautbeeinflussende Medikamente beachten: Salbutamol 8 Std., Ipratropiumbromid, Formoterol, Salmeterol, Montelukast 24 Std., Antihistaminika 24–48 Std., Inhalative Glukokortikoide 14 Tage, Betablocker 12 Std.

#### Ablauf des Provokationstests:

- Ausgangslungenfunktion in Ruhe mit Bewertung

- Laufbelastung 7–10 Minuten: Herzfrequenzanstieg auf mindestens 180 Schläge/Minute für die Dauer von 4 Minuten
- Provokationslungenfunktion: nach 5–15 Minuten

Eine Provokationstestung ist signifikant pathologisch, wenn der FEV1-Wert um mindestens 15 % nach Laufbelastung abfällt.

#### Weiterführende Literatur

[www.springermedizin.de/paediatric-zeitschrift](http://www.springermedizin.de/paediatric-zeitschrift)



**Dr. med. Ludwig Schmid**  
Gemeinschaftspraxis  
Kinder- und Jugendärzte  
München Süd  
Aidenbachstraße 118  
81379 München

#### Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass bei der Erstellung des Beitrags kein Interessenkonflikt vorlag.

### Weiterführende Literatur

1. Criée C-P et al. Leitlinie zur Spirometrie. *Pneumologie* 2015;69:147–64
2. Lex C et al. Value of surrogate tests to predict exercise-induced bronchoconstriction in atopic childhood asthma. *Pediatr Pulmonol* 2007;42:225–30
3. Lex C et al. Bronchiale Provokation im Kindes- und Jugendalter, Konsensus Statement der Arbeitsgruppe Lungenfunktion in der Gesellschaft für Pädiatrische Pneumologie. *Monatsschr Kinderheilkd* 2015;163:826–32
4. Müller-Brandes C et al. Lunokid: can numerical American Thoracic Society/European Respiratory Society quality criteria replace visual inspection of spirometry? *Eur Respir J* 2014;43:1347–56
5. Quanjer PH et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95 year age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J* 2012; 40(6):1324–43
6. Quanjer PH et al. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. *Eur Respir J* 1993;6(Suppl. 16):5–40