

Lungen **funktionsprüfung**

Herausgegeben von
Xaver Baur

3., erweit. Auflage



Dustri-Verlag
Dr. Karl Feistle

Crashkurs
Lungenfunktionsprüfung
3. Auflage

Crashkurs Lungen- funktionsprüfung

3. Auflage

von

Xaver Baur



Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle
München-Deisenhofen

Prof. Dr. med. Xaver Baur
Institut für Arbeitsmedizin
Charité Universitätsmedizin Berlin
Thielallee 69
14195 Berlin
Xaver.baur@charite.de

Die einzelnen Artikel stellen ausschließlich die Auffassung der Autoren dar, die sich nicht mit den Vorstellungen der Herausgeber und des Verlages decken müssen. Soweit in diesem Buch eine Dosierung oder eine Applikation angegeben wird, haben Autoren, Herausgeber und Verlag größtmögliche Sorgfalt beachtet. Jeder Leser ist aufgefordert, die Beipackzettel der verwendeten Präparate zu prüfen. In diesem Buch sind die Stichwörter, die zugleich eingetragene Warenzeichen sind, als solche nicht immer besonders kenntlich gemacht. Es kann aus der Bezeichnung der Ware mit dem dafür eingetragenen Warenzeichen nicht geschlossen werden, dass die Bezeichnung ein freier Warenname ist. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

©2013 by Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle,
München-Deisenhofen
Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle GmbH & Co. KG,
Postfach 1351, 82034 Deisenhofen bei München
Druck: Butz Druck, München
Printed in Germany
gedruckt auf säurefreiem, chlorfrei gebleichtem Papier
ISBN 978-3-87185-426-2

Vorwort zur 3. Auflage

Liebe/r Crashkurs-Teilnehmer/in,
liebe/r, an der vertiefenden Lungenfunktionsdiagnostik Interessierte/r,

Sie widmen sich einem nicht selten vernachlässigten, klinisch-diagnostisch, aber auch wissenschaftlich eminent wichtigen Gebiet. Die Lungenfunktionsprüfung hat nichts von ihrer Aktualität eingebüßt, im Gegenteil: Aufgrund der steigenden Zahl von Erkrankungen der Atemwege, der Lunge und unserer Prämisse, grundsätzlich eine Frühdiagnostik im noch reversiblen und prognostisch günstigen Frühstadium der Erkrankungen anzustreben, nimmt ihre Bedeutung weiter zu.

Die exakt und möglichst realitätsnah ermittelten, die (patho-)physiologischen Gegebenheiten der Lunge wiedergebenden Lungenfunktionswerte stellen die Basis der Diagnostik sowie Behandlung von Lungen- und Atemwegserkrankungen, oft auch weitreichender Präventionsmaßnahmen dar. Sie gehen in berufliche Entscheidungen, Berufskrankheitenanerkennung und in die Renteneinstufung (Minderung der Erwerbsfähigkeit, Grad der Behinderung, Erwerbsunfähigkeit) ein.

Solche aussagefähigen Messwerte lassen sich nicht en Passant erzielen, sondern setzen fortlaufend qualitätssichernde Maßnahmen voraus. Dazu gehören eingehende Schulungen des Personals im Lungenfunktionslabor hinsichtlich der korrekten Gerätebedienung und des engagierten

– durch geeignete Körpersprache und nachdrückliche Stimmlage optimierten – Coachings des Patienten [Enright, Linn et al. 2000, Enright 2003]. Außerdem bedarf es eines regelmäßigen Austausches des beurteilenden und des betreuenden kompetenten, sich auf dem neuesten Kenntnisstand befindenden Arztes im Lungenfunktionslabor. Auf diese Weise lassen sich fehlerhafte, nicht den Akzeptabilitäts- und Reproduzierbarkeits-Kriterien entsprechende Untersuchungen wesentlich reduzieren [Enright, Johnson et al. 1991]. Laut verschiedenen Erhebungen beträgt der Anteil der Letzteren selbst in Lungenkliniken und Facharztpraxen oft über 50%; ursächlich sind meist vorzeitiger Abbruch des Atemmanövers, fehlende oder nicht dokumentierte Mehrfachmessung und fehlende grafische Darstellungen der Atemkurven. In dem vorliegenden „Crashkurs Lungenfunktionsprüfung“ wird deshalb großer Wert auf die Qualitätssicherung, wie sie in den ATS-/ERS-Empfehlungen [Miller, Crapo et al. 2005] publiziert wurden, gelegt. Zahlreiche Beispiele dienen der Veranschaulichung wichtiger Funktionsstörungen und der Übung. Für Interessierte wird auf weiterführende Literatur verwiesen.

Die nach sechs Jahren nun vorliegende 3. Auflage des „Crashkurs

Lungenfunktionsprüfung“ beinhaltet als eine wesentliche Neuerung die kürzlich veröffentlichten, an über 74.000 gesunder Kontrollpersonen ermittelten neuen spirometrischen Referenzwerte der GLI [Quanjer et al. 2012], die die Altersspanne von 3 bis 95 Jahre in verschiedenen ethnischen Gruppen kontinuierlich abdecken und sich in Kürze weltweit durchsetzen dürften. In Verbindung mit neuen ganzkörperplethymografischen Daten wird eine komplett aktualisierte, der heutigen Bevölkerung am ehesten entsprechende Referenzwert-Empfehlung ausgesprochen.

Eine weitere umfangreiche und wichtige Aktualisierung betrifft das Kapitel “Begutachtung und Minderung der Erwerbsfähigkeit“ der verschiedenen Berufskrankheiten der

Atemwege und Lunge, das die kürzlich veröffentlichten interdisziplinär erarbeiteten Leitlinien und Empfehlungen berücksichtigt. Darüber hinaus wurden mehrere Kapitel unter Bezug auf neuere Veröffentlichungen ergänzt bzw. angepasst, so die Darstellungen der Spiroergometrie und weiterer Untersuchungsverfahren. Dabei erfolgten auch didaktische Verbesserungen und in allen anderen Kapiteln die Integration der neueren Literatur.

Ich wünsche Ihnen viel Erkenntnisgewinn beim Studium und bei der Anwendung dieses Wissens im Rahmen der Diagnostik und Befundbeurteilung, auch Spaß dabei, und hoffe, dass dies Ihren Patienten und auch Ihren klinischen Studien zu Gute kommt.

Berlin, August 2013

Xaver Baur

Inhalt

Vorwort	V
Abkürzungen für die Parameter der Lungenfunktionsprüfung	IX
1. Einleitung	1
1.1. Allgemeines	1
1.2. Physiologische Grundlagen	2
1.3. Atemmechanik, Atemmanöver und Messparameter	3
2. Lungenfunktionsmessgeräte	7
2.1. Vorbemerkungen	7
2.2. Wichtige Messgeräte.	7
3. Standards und Qualitätssicherung	13
3.1. Geräewartung und -kalibrierung	13
3.2. Probanden-Instruktion	14
3.3. Allgemeines zum Messablauf	15
4. Lungenfunktions-Messverfahren und -Tests	17
4.1. Spirometrie	17
4.2. Mundverschlussdruck-Messung (in Anlehnung an H.-J. Smith).	22
4.3. Compliance	23
4.4. Bodyplethysmografie und Resistancemessungen in Verbindung mit der Spirometrie	24
4.5. Bestimmung von FRC_{He} , RV, TLC und CV mittels Fremdgasmethoden	30
4.6. Diffusionskapazität (Transferfaktor) Single-Breath	31
4.7. Blutgasanalyse.	35
4.8. Bronchospasmyse-Test.	39
4.9. Methacholin (MCH)-Provokationstest	39

4.10. Noxenspezifischer Provokationstest	44
4.11. Spiroergometrie (X. Baur und H. Eschenbacher)	44
4.12. F _E NO-Messung.	50
5. Interpretation der Ergebnisse.	53
5.1. Referenzwerte	53
5.2. Beurteilung des intraindividuellen Verlaufs	56
5.3. Integrative Betrachtung normaler und pathologischer Lungenfunktionsbefunde anhand von Fallbeispielen	60
5.4. Begutachtung und Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE).	68
6. Darstellung häufiger Fehler in der Lungenfunktionsprüfung anhand von Beispielen.	85
6.1. Akzeptanz der Einzelversuche.	85
6.2. Reproduzierbarkeitsfehler	85
6.3. Fehlerstatistik aller Lungenfunktionsuntersuchungen eines Monats (Beispiel eines Ausdrucks des MasterLab-Body)	85
7. Anlage zum Lungenfunktionsbefund: Angaben der angewandten Messverfahren und Sollwerte	95
8. Weiterführende Literatur.	97
9. Abrechnung der Lungenfunktionsprüfungen	101
Einheitlicher Bewertungsmaßstab (EBM)	102
10. Fragensammlung.	103
11. Sachwortregister	109

Abkürzungen für die Parameter der Lungenfunktionsprüfung

Lungenfunktionsparameter	Abkürzungs- symbol	Einheit
Statische Lungenvolumina		
expiratorisches Reservevolumen	ERV	L
inspiratorisches Reservevolumen	IRV	L
Residualvolumen	RV	L
Vitalkapazität	VC	L
langsame inspiratorische Vitalkapazität	IVC	L
langsame expiratorische Vitalkapazität	EVC	L
funktionelle Residualkapazität	FRC	L
totale Lungenkapazität	TLC	L
Residualvolumenanteil an der totalen Lungenkapazität	RV/TLC	%
Anteil der FRC an der totalen Lungenkapazität	FRC/TLC	%
Atemzugvolumen (tidal volume)	V_T	L
Dynamische Lungenvolumina		
in 1 s forciert expiriertes Volumen	FEV ₁	L
forcierte expiratorische Vitalkapazität	FVC	L
FEV ₁ als Prozent der Vitalkapazität	FEV/VC	%
Volumen der "Rückextrapolation" als Maß der Akzeptabilität	$V_{\text{Rückextrapolation}}$	L
Dauer der forcierten Expiration	FET	s
Atemstromstärken (-flüsse)		
expiratorischer Spitzenfluss	PEF	$L \cdot s^{-1}$
maximaler mittlerer expiratorischer Fluss	FEF ₂₅₋₇₅	$L \cdot s^{-1}$
maximaler expiratorischer Fluss, wenn 25% der FVC ausgeatmet sind	FEF ₂₅	$L \cdot s^{-1}$
maximaler expiratorischer Fluss, wenn 50% der FVC ausgeatmet sind	FEF ₅₀	$L \cdot s^{-1}$
maximaler expiratorischer Fluss, wenn 75% der FVC ausgeatmet sind	FEF ₇₅	$L \cdot s^{-1}$
inspiratorischer Spitzenfluss	PIF	$L \cdot s^{-1}$
maximaler inspiratorischer Fluss, wenn 25% der FVC IN eingeatmet sind	FIF ₂₅	$L \cdot s^{-1}$
maximaler inspiratorischer Fluss, wenn 50% der FVC IN eingeatmet sind	FIF ₅₀	$L \cdot s^{-1}$
maximaler inspiratorischer Fluss, wenn 75% der FVC IN eingeatmet sind	FIF ₇₅	$L \cdot s^{-1}$
Atemmechanische Messgrößen		
Atem- und Atemwegswiderstandsmessungen		
Atemwegswiderstand (allgemein)	R_{aw}	$kPa \cdot s \cdot L^{-1}$
totaler Atemwegswiderstand	R_t	$kPa \cdot s \cdot L^{-1}$

Lungenfunktionsparameter	Abkürzungs-symbol	Einheit
effektiver Atemwegswiderstand	R_{eff}	$\text{kPa} \cdot \text{s} \cdot \text{L}^{-1}$
spezifischer Atemwegswiderstand (allgemein)	sR_{aw}	$\text{kPa} \cdot \text{s}$
spezifischer totaler Atemwegswiderstand	sR_{t}	$\text{kPa} \cdot \text{s}$
spezifische effektive Resistance	sR_{eff}	$\text{kPa} \cdot \text{s}$
spezifische Conductance totalis	sG_{t}	$\text{kPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
spezifische effektive Conductance	sG_{eff}	$\text{kPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
thorakales Gasvolumen	TGV	L
funktionelle Residualkapazität mittels Body	$\text{FRC}_{\text{pleth}}$	L
intrathorakales Gasvolumen (Synonym zu $\text{FRC}_{\text{pleth}}$)	ITGV (IGV)	L
Diffusionseigenschaften der Lunge		
Diffusionskapazität für CO	$D_{\text{L,CO}}$	$\text{mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$
Transfer-Koeffizient für CO	K_{CO}	$\text{mmol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kPa}^{-1}$
Alveolargase		
alveolärer Sauerstoffpartialdruck	$P_{\text{A,O}_2}$	kPa
alveolärer Kohlendioxidpartialdruck	$P_{\text{A,CO}_2}$	kPa
Blutgase		
negativer dekadischer Logarithmus der molaren H^+ -Konzentration ($\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$)	pH	–
arterieller Sauerstoffpartialdruck	$P_{\text{a,O}_2}$	kPa
arterieller Kohlendioxidpartialdruck	$P_{\text{a,CO}_2}$	kPa
Umgebungstemperatur, aktueller Luftdruck und aktuelle Luftfeuchtigkeit	ATP	–
Körpertemperatur, aktueller Luftdruck und Wasserdampf-gesättigte Luft	BTPS	–
Standard-Temperatur (0 Grad C), -Luftdruck (101 kPa) und trockene Luft	STPD	–
Auswahl spiroergometrischer Parameter		
Atemminutenvolumen	$\dot{V}_{\text{E}}$	L/min
Sauerstoffaufnahme	$\dot{V}_{\text{O}_2}$	L/min
Kohlendioxidabgabe	$\dot{V}_{\text{CO}_2}$	L/min
Totraumvolumen	V_{D}	L
Atemzugvolumen	V_{T}	L
anaerobe Schwelle (anaerobic threshold)	AT	–
Sauerstoffaufnahme bei AT	$\dot{V}_{\text{O}_2, \text{AT}}$	L/min
respiratory exchange rate	RER	–
alveolo-arterielle Sauerstoff-Partialdruckdifferenz	$P_{(\text{A-a}), \text{O}_2}$	mmHg
endexpiratorischer Sauerstoff-Partialdruck	$P_{\text{ET}, \text{O}_2}$	mmHg
endexpiratorischer Kohlendioxid-Partialdruck	$P_{\text{ET}, \text{CO}_2}$	mmHg
Atemäquivalent für O_2	EQ_{O_2}	
Atemäquivalent für CO_2	EQ_{CO_2}	
Ventilatorische Schwelle 1, ventilatorische Antwort auf den Beginn des Laktatanstiegs	VT1	
Ventilatorische Schwelle 2, ventilatorische Antwort auf überproportionalen Laktatanstieg	VT2	
Sauerstoffaufnahme im Bereich des aerob-anaeroben Übergangs 1	$\dot{V}_{\text{O}_2, \text{VT1}}$	mL/min
Sauerstoffaufnahme im Bereich des aerob-anaeroben Übergangs 2	$\dot{V}_{\text{O}_2, \text{VT2}}$	mL/min

X

1. Einleitung

1.1. Allgemeines

Zusammen mit der allgemeinen klinischen Anamnese und der speziellen Arbeits- und Umweltanamnese sowie der körperlichen Untersuchung stellt die Lungenfunktionsprüfung ein zentrales und sensitives Instrumentarium für die Früherkennung und Verlaufsbeurteilung von Atemwegs- und Lungenkrankheiten dar (vgl. Beispiel zur Abklärung von „Atemnot bei der Arbeit“ in Abb. 1-1).

Die Ergebnisse sind vor allem hinsichtlich der medikamentösen Behandlung sowie der Initiierung und Optimierung primär-, sekundär- und tertiärpräventiver Maßnahmen von Bedeutung.

Die Lungenfunktionsprüfung umfasst verschiedene diagnostische Untersuchungsverfahren, welche eine Vielzahl von Parametern liefern. Um verlässliche, reproduzierbare Lungenfunktionsbefunde zu erhalten, sind qualitätssichernde Maßnahmen erforderlich. Hierzu zählen die medizintechnische Überprüfung der Leistungskriterien der Geräte, die Validierung derselben bei Neuanschaffung und Umbau sowie deren tägliche Kalibrierung. Eine fundierte Ausbildung und fortlaufende Schulung des technischen und ärztlichen Personals im Lungenfunktionslabor sind obligat. Wichtig sind außerdem die verständliche und detaillierte

Einweisung des Patienten und ein Messablauf nach standardisierten Protokollen. Von den zur Beurteilung herangezogenen Messkurven ist grundsätzlich ein Ausdruck anzufertigen.

Im Folgenden wird zunächst die Spirometrie als Basisdiagnostik dargestellt, wie sie in der Praxis üblicherweise erfolgt. Es wird dann auf die Quantifizierung und Differenzierung einzelner Funktionsstörungen auch unter Anwendung weiterführender Untersuchungstechniken sowie auf differenzialdiagnostische Aspekte eingegangen. Dabei ist eine integrative Beurteilung aller erhobenen Messwerte im Kontext mit den anderen Untersuchungsergebnissen erforderlich.

Wichtig ist, dass im Befundausdruck angegeben ist, welche Messverfahren angewendet wurden und auf welcher Basis (Sollwertformeln, Algorithmus etc.) die Befundinterpretation erfolgte (vgl. Kapitel 5 und 7).

1.2. Physiologische Grundlagen

Die Atmung beschreibt sämtliche Systeme und Vorgänge, die an der Aufnahme, am Transport und Verbrauch von Sauerstoff sowie an der Entstehung, dem Abtransport und der Abgabe von Kohlendioxid im Organismus beteiligt sind. Im Kör-

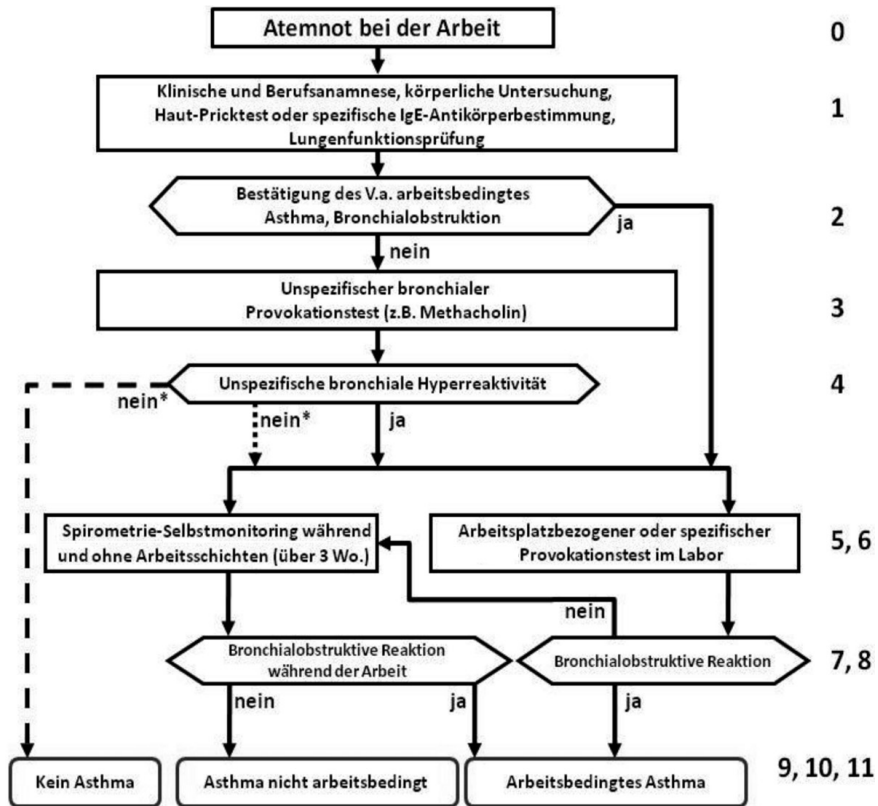


Abb. 1-1. Stufenschema der Diagnostik und Differenzialdiagnostik des arbeitsbedingten Asthma bronchiale. *Beachte: Das Fehlen einer unspezifischen bronchialen Hyperreaktivität und einer Bronchialobstruktion in der Eingangsuntersuchung schließen ein arbeitsbedingtes Asthma nicht aus; bei deutlichen Hinweisen, insbesondere einer überzeugenden positiven Anamnese, ist eine weitergehende Diagnostik indiziert.

per, vor allem in den Mitochondrien der Muskulatur ablaufende Reaktionen, die zum O_2 -Verbrauch und zur CO_2 -Bildung führen, werden als innere Atmung bezeichnet. Demgegenüber werden die im Folgenden dargestellten Transportprozesse äußere Atmung genannt.

Das zentrale Gasaustauschorgan, die Lunge, besteht aus den luftleitenden Wegen für den konvektiven Gastransport, den Bronchien und

Bronchioli respiratorii. Letztere nehmen bereits am Gasaustausch teil und gehen nach weiteren Aufteilungen (Bronchioli respiratorii 1., 2. und 3. Ordnung) in die Ductus alveolares mit einer Vielzahl von Alveolen über. Der Bereich des Gastransportes (anatomischer Totraum) reicht etwa bis zur 16. Verzweigung und weist ein Volumen von 150 – 200 mL auf. Anschließend beginnt die Gasaustauschzone.