

# Inhaltsverzeichnis

## I Grundkurs

<b>1</b>	<b>Klinischer Einsatz und Nutzen der Spiroergometrie</b> .....	18
<b>1.1</b>	<b>Einst und jetzt: Empirie versus Messtechnik</b> .....	18
<b>1.2</b>	<b>Welche Informationen liefert die Spiroergometrie?</b> .....	19
1.2.1	Information für den Laien .....	19
1.2.2	Information für den Kollegen .....	19
1.2.3	Information für einen (pneumologischen/ kardiologischen) Fachkollegen .....	20
<b>1.3</b>	<b>Indikation, Fragestellung, Einflussfaktoren, Risiken</b> .....	20
<b>1.4</b>	<b>Zuverlässigkeit der Messwerte</b> .....	23
<b>1.5</b>	<b>Spiroergometrie im Soll und Haben</b> ...	24
1.5.1	Liquidation .....	24
<b>1.6</b>	<b>Spiroergometrie liefert ein komplexes Bild</b> .....	26
<b>2</b>	<b>Technische und formale Grundlagen</b> .....	27
<b>2.1</b>	<b>Gerätekunde</b> .....	27
2.1.1	Originäre Werte – abgeleitete Werte .....	27
2.1.2	Atemgase – Sensorik von O <sub>2</sub> und CO <sub>2</sub> .....	27
2.1.3	(Atem-)Fluss und (Atem-)Volumen .....	30
2.1.4	Probenschlauch (Sample Line) und andere „Kleinigkeiten“ .....	31
2.1.5	Datenflut und Mittelung der Werte .....	32
2.1.6	Standardisierung der Aufzeichnung .....	33
2.1.7	Formale Aspekte der 9-Felder-Grafik (9-FG) – konventionelle und „neue“ Darstellung der 9 Felder .....	34
2.1.8	Kalibration und Eichung, Validierung und Qualitätskontrolle .....	34
2.1.9	Speicherung der Daten und Kommunikation mit Kollegen .....	35
<b>2.2</b>	<b>Messparameter</b> .....	35
2.2.1	Basisgrößen und abgeleitete Größen .....	36
2.2.2	Zusammengesetzte Größen .....	37
2.2.3	Luftdruck / Barometerdruck: „Historie“ ...	37
2.2.4	Anhang „Zweierlei Maß“ .....	38
2.2.5	Begriffe und Definitionen (Glossar) .....	38
2.2.6	Darstellung weiterer Messwerte und abgeleiteter Größen, die bei der Spiroergometrie Anwendung finden (eine Übersicht) .....	39
<b>2.3</b>	<b>O<sub>2</sub>-Aufnahme und Belastungsprotokolle</b> .....	42
2.3.1	O <sub>2</sub> -Aufnahme .....	42
2.3.2	Abschätzung der O <sub>2</sub> -Aufnahme in Ruhe und unter Belastung .....	44
2.3.3	Wirkungsgrad bei ergometrischen Belastungen .....	44
2.3.4	Soll-Leistung bzw. Soll- $\dot{V}O_2$ (in Watt und $\dot{V}O_2$ ) bei Übergewicht .....	45
2.3.5	Belastungsprotokolle .....	46
<b>2.4</b>	<b>Portable Spiroergometrie – Einsatz in der Sport- und Arbeitsmedizin</b> .....	54
2.4.1	Technischer Entwicklungsstand .....	54
2.4.2	Anwendungsbereiche .....	55
2.4.3	Belastungsprotokolle für die mobile Spiroergometrie .....	55
2.4.4	Limitationen .....	58
2.4.5	Erfahrungsbericht: Mobile Spiro- ergometrie in der Arbeitsmedizin .....	59
<b>2.5</b>	<b>Sollwerte</b> .....	59
2.5.1	Allgemeines .....	59
2.5.2	Normwerte der Leistung in Watt .....	60
2.5.3	Normwerte der maximalen O <sub>2</sub> -Aufnahme	61
2.5.4	Formeln zur Errechnung der Soll-Watt- Belastung .....	62
<b>2.6</b>	<b>„Navigationshilfe“ und Systematik der Auswertung für die 9-Felder-Grafik</b>	62
2.6.1	Aufbau der 9-Felder-Grafik und Übersicht	63
2.6.2	Systematik der Auswertung, Vorgehen und Reihenfolge .....	66
<b>2.7</b>	<b>Praxis im Funktionslabor: Ratgeber für Ärzte und Assistenzpersonal</b> .....	71
2.7.1	Vorbereitung des Geräts .....	71
2.7.2	Vorbereitung des Patienten .....	72
2.7.3	Zeitfenster und zeitlicher Ablauf .....	73
2.7.4	Klinische Beobachtung und Quantifi- zierung von Luftnot und Erschöpfung (Borg-Skala) .....	75
2.7.5	Spirometriekriterien einer akzeptablen Durchführung .....	78
2.7.6	Blutgasanalyse und Spiroergometrie .....	79
2.7.7	Überprüfung der vorliegenden Messung auf Qualität und Plausibilität .....	81

<b>3</b>	<b>Physiologische Grundlagen (Rekapitulation ausgewählter Themen)</b> .....	84
<b>3.1</b>	<b>Physiologie und Pathophysiologie der pulmonalen Adaptation.</b> .....	84
3.1.1	Weg des O <sub>2</sub> „von der Nase zum Mitochondrium“ – Modell der 3 Zahnräder ...	84
<b>3.2</b>	<b>Exkurs in die Atemphysiologie und Lungenfunktionsdiagnostik</b> .....	89
3.2.1	Ventilation und Atemmechanik .....	89
3.2.2	Diffusion .....	98
3.2.3	Mismatch, Ventilations-Perfusions-Verhältnis .....	101
3.2.4	O <sub>2</sub> -Transport .....	102
3.2.5	Blutgasanalyse und Spiroergometrie .....	108
<b>3.3</b>	<b>Physiologie und Pathophysiologie der muskulären Adaptation.</b> .....	111
3.3.1	Allgemeine Muskelphysiologie .....	111
3.3.2	Spiroergometrie und Muskulatur .....	111
3.3.3	Periphere Muskulatur .....	112
3.3.4	Muskelfasern .....	113
<b>3.4</b>	<b>Physiologie und Pathophysiologie der kardiozirkulatorischen Adaptation</b> .....	114
3.4.1	Physiologie und Pathophysiologie der Kardiozirkulation .....	114
3.4.2	Pathophysiologie der Herzinsuffizienz: Aspekte zur Spiroergometrie .....	121
<b>3.5</b>	<b>Stoffwechsel – Energiebereitstellung</b> ..	133
3.5.1	Begriffe: RER – R – RQ – innere und äußere Atmung .....	133
3.5.2	Energiegewinnung .....	133
3.5.3	RER unter Belastung .....	137
3.5.4	Ventilatorische Schwellen (VT 1, VT 2) (physiologische Basis) .....	138
<b>3.6</b>	<b>Spiroergometrische Bestimmung der aerob-anaeroben Schwelle (VT 1 und VT 2)</b> .....	141
3.6.1	Definitionen und Übersicht .....	141
3.6.2	Warum ist die Bestimmung der VT 1 und VT 2 wichtig? .....	142
3.6.3	Wie werden VT 1 und VT 2 bestimmt? .....	142
3.6.4	Theorie und Praxis .....	145
3.6.5	Zusammenfassung zur aerob-anaeroben Schwelle .....	147
<b>3.7</b>	<b>Sauerstofftransport (<math>\dot{V}O_2</math>) und Spiroergometrie-Würfel.</b> .....	149
	<i>Alfred Hager</i>	
3.7.1	Energie- und Sauerstoffspeicher .....	149
3.7.2	Sauerstoffaufnahme .....	149
3.7.3	Sauerstoffpuls .....	152
3.7.4	Herzarbeit, Herzleistung, Kreislaufarbeit, Kreislaufleistung .....	152
<b>3.8</b>	<b>Pathophysiologie der Dyspnoe</b> .....	154
3.8.1	Einleitung und Versuch einer Definition ..	154
3.8.2	Language of Breathlessness .....	154
3.8.3	Modell der Wahrnehmung und Verarbeitung von Dyspnoe .....	155
3.8.4	Dyspnoe im Kontext kardiopulmonaler Erkrankungen .....	157
3.8.5	Dyspnoe im Spiegel der Spiroergometrie ..	158
<b>II</b>	<b>Aufbaukurs</b>	
<b>4</b>	<b>9-Felder-Grafiken nach Wasserman</b> .....	166
<b>4.1</b>	<b>9-Felder-Grafik (9-FG) nach Wasserman – klassische und „neue“ Version (2013).</b> .....	166
<b>4.2</b>	<b>Aufbau der 9-Felder-Grafik und Einführung</b> .....	167
<b>4.3</b>	<b>9-Felder-Grafik: Felder zur Zirkulation und Leistung</b> .....	170
4.3.1	Kardiozirkulatorische Felder im Überblick	170
4.3.2	Feld 3: $\dot{V}O_2$ – $\dot{V}CO_2$ – Rampe – RER .....	172
4.3.3	Feld 2: Herzfrequenz – O <sub>2</sub> -Puls – Herzfrequenzreserve .....	178
4.3.4	Feld 5: $\dot{V}CO_2/\dot{V}O_2$ – HR/ $\dot{V}O_2$ – V-Slope – HR-Korridor .....	185
4.3.5	Feld 8: Respiratory Exchange Rate (RER) – Atemreserve (BR) – Laktatkurve .....	189
<b>4.4</b>	<b>9-Felder-Grafik: Felder zur Ventilation</b> ..	190
4.4.1	Ventilatorische Felder im Überblick .....	190
4.4.2	Feld 1: $\dot{V}E$ – Rampe – (BR) .....	191
4.4.3	Feld 7: VT – $\dot{V}E$ – BF– Isoplethen – BR .....	195
<b>4.5</b>	<b>9-Felder-Grafik: Felder zur Atemeffizienz (Atemökonomie) und zum Gasaustausch</b> .....	198
4.5.1	Felder zur Atemeffizienz und zum Gasaustausch im Überblick .....	198
4.5.2	Atemeffizienz in Feld 4 und Feld 6: $\dot{V}E$ – $\dot{V}CO_2$ – Slope – Intercept .....	199
4.5.3	Feld 4 .....	200
4.5.4	Feld 6 .....	202
4.5.5	Feld 9: Gasaustausch .....	204

<b>4.6</b>	<b>Spiroergometrie bei Kindern</b> . . . . .	212	4.8.2	Normalbefund . . . . .	217
	<i>Alfred Hager</i>		4.8.3	Obstruktive Ventilationsstörungen. . . . .	218
4.6.1	Belastungsformen:		4.8.4	Restriktive Ventilationsstörungen . . . . .	220
	Laufband versus Fahrrad . . . . .	212	4.8.5	Sonderfälle . . . . .	221
4.6.2	Abbruchkriterien. . . . .	213			
4.6.3	Besonderheiten in der Auswertung . . . . .	213	<b>4.9</b>	<b>Schemata charakteristischer</b>	
4.6.4	Normwerte Sauerstoffaufnahme. . . . .	213		<b>9-Felder-Grafiken</b> . . . . .	223
<b>4.7</b>	<b>Befunddokumentation –</b>		4.9.1	Normalbefund . . . . .	223
	<b>Standardisierung und</b>		4.9.2	Lungenfibrose . . . . .	224
	<b>Befundmitteilung im Arztbrief</b> . . . . .	214	4.9.3	COPD und dynamische Überblähung . . . . .	225
4.7.1	Spiroergometriebericht:		4.9.4	Linksherzinsuffizienz (NYHA III–IV). . . . .	226
	Wie, an wen und warum? . . . . .	214	4.9.5	Pulmonale Hypertonie (PH) und chro-	
4.7.2	Spiroergometriebericht:			nische thromboembolische pulmonale	
	Was sollte er enthalten? . . . . .	215	4.9.6	Hypertonie (CTEPH) . . . . .	226
4.7.3	Beispiel eines Berichtes . . . . .	215	4.9.7	Schwere Adipositas mit Hypoventilation. .	228
<b>4.8</b>	<b>Atemstrategien</b> . . . . .	216		Charakteristika von Sonderfällen	
4.8.1	Strömungsbegrenzung und Flussreserve. .	216		(ohne Grafiken) . . . . .	228
<b>5</b>	<b>Spezielle Themen: „Gut zu wissen“</b> . . . . .	231			
<b>5.1</b>	<b>Wie schätze ich die vermutliche</b>		5.4.3	Inertgas-Rückatmungsmethode . . . . .	267
	<b>Leistungsfähigkeit des Probanden /</b>		5.4.4	Spiroergometrische Differenzialdiagnostik	
	<b>Patienten ein?</b> . . . . .	231		– klinischer Informationsmehrwert der	
5.1.1	Übersicht . . . . .	231		Inertgas-Rückatmungsmethode . . . . .	272
5.1.2	Vorgehen in der Praxis . . . . .	232	5.4.5	Anwendung in der kardiozirkulatorisch-	
<b>5.2</b>	<b>Spiroergometrie und präoperative</b>			pulmonal-muskulären Differenzial-	
	<b>Risikoabschätzung</b> . . . . .	236		diagnostik. . . . .	273
5.2.1	Bedeutung . . . . .	236	<b>5.5</b>	<b>Hydraulische Herzleistung</b>	
5.2.2	Risikoeinschätzung vor nicht			<b>(Cardiac Power) und Kreislaufleistung</b>	
	kardiochirurgischen Eingriffen . . . . .	236		<b>(Circulatory Power)</b> . . . . .	278
5.2.3	Operationsrisiken bei großer			<i>Katharina Meyer</i>	
	Abdominalchirurgie . . . . .	242	5.5.1	Circulatory Power, Circulatory Stroke	
5.2.4	Risiken bei lungenresezierenden			Work und Exercise Cardiac Power . . . . .	278
	Eingriffen . . . . .	242	5.5.2	Variablen der Herzleistung aus der	
<b>5.3</b>	<b>Klinische Anwendung der Spiroergo-</b>			kombinierten Spiroergometrie und	
	<b>metrie bei kardialen Krankheitsbildern</b>	251		Hämodynamikmessung . . . . .	279
5.3.1	Übersicht . . . . .	251	<b>5.6</b>	<b>Spiroergometrie in der Rehabilitation</b> .	281
5.3.2	Herzinsuffizienz. . . . .	251	5.6.1	Allgemeine Gesichtspunkte der Spiro-	
5.3.3	Koronare Herzerkrankung. . . . .	262		ergometrie in der Rehabilitation. . . . .	281
5.3.4	Erworbene Herzklappenvitien . . . . .	262	5.6.2	Einsatz der Spiroergometrie in der Rehabi-	
5.3.5	Komplexe angeborene Herzfehler. . . . .	263		litation bei pneumologischen Krankheiten	
<b>5.4</b>	<b>Methodik und klinische Anwendung</b>			(speziell COPD) . . . . .	283
	<b>der Inertgas-Rückatmungsmethode</b> . . .	266	5.6.3	Training in der Rehabilitation bei	
	<i>Katharina Meyer</i>			Herzinsuffizienz – Die Bedeutung	
5.4.1	Nicht invasive Methoden zur Bestimmung			der Spiroergometrie . . . . .	287
	von pulmonalem Blutfluss, Schlagvolu-			<i>Katharina Meyer</i>	
	men, Herzzeitvolumen und assoziierten		<b>5.7</b>	<b>Spiroergometrie bei pulmonaler</b>	
	Parametern im Rahmen der Spiro-			<b>Hypertonie</b> . . . . .	295
	ergometrie . . . . .	266		<i>Daniel Dumitrescu</i>	
5.4.2	Traditionelle Methoden zur Bestimmung		5.7.1	Pulmonale Hypertonie – ein heterogenes	
	von Herzzeitvolumen und arterio-venöser			Erkrankungsspektrum . . . . .	295
	O <sub>2</sub> -Ausschöpfung. . . . .	266	5.7.2	Diagnostik . . . . .	295

5.7.3	Verlaufs- und Therapiekontrollen. . . . .	300	5.9.3	Spezielle Krankheitsbilder in der Begutachtung . . . . .	322
5.7.4	Risikostratifizierung und prognostische Einschätzung . . . . .	302			
<b>5.8</b>	<b>Spiroergometrie bei Adipositas . . . . .</b>	<b>303</b>	<b>5.10</b>	<b>Sport- und Präventivmedizin: Spiroergometrie in der Ausdauerleistungsdiagnostik . . . . .</b>	<b>330</b>
5.8.1	Adipositas – Erfahrungen aus der (pneumologischen) Praxis . . . . .	303		<i>Ralph Schomaker, Andreas Greiwing</i>	
	<i>Hubert N. Trötschler</i>		5.10.1	Einführung. . . . .	330
5.8.2	Auswirkung eines hohen BMI auf die Atemmechanik und problematischer Bezug auf $\dot{V}O_2$ -Sollwerte . . . . .	305	5.10.2	Testbedingungen und Ausbelastung in der Sportmedizin . . . . .	331
	<i>Hubert N. Trötschler</i>		5.10.3	Schwellenbestimmung mittels Spiroergometrie und Laktatmessung. . . . .	333
5.8.3	Adipositas – Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Risikostratifikation aus kardiozirkulatorischer Sicht . . . . .	307	5.10.4	Definition von Trainingszonen . . . . .	336
	<i>Katharina Meyer</i>		5.10.5	Einsatzindikationen von Trainingszonen. . . . .	340
<b>5.9</b>	<b>Spiroergometrie in der Begutachtung, bei Bewertung und Beurteilung . . . . .</b>	<b>312</b>	5.10.6	$\dot{V}O_2$ und Energieverbrauch. . . . .	343
5.9.1	Übersicht . . . . .	312	5.10.7	Beurteilung sportlicher Ausdauerleistungsfähigkeit . . . . .	346
5.9.2	Welche Informationen liefert die Spiroergometrie bei der Bewertung und Beurteilung? . . . . .	313	5.10.8	Präventivmedizinische Effekte verschiedener Trainingsmethoden. . . . .	351

### III Abschlusskurs

<b>6</b>	<b>Standards bei der Durchführung der Spiroergometrie . . . . .</b>	<b>356</b>			
<b>6.1</b>	<b>Formale Aspekte . . . . .</b>	<b>356</b>	<b>6.3</b>	<b>Standards während der Belastung. . . . .</b>	<b>360</b>
6.1.1	Indikationen. . . . .	356	6.3.1	Intrabreath-Manöver . . . . .	360
6.1.2	Stellenwert der Blutgasanalyse . . . . .	356	6.3.2	Blutgase . . . . .	360
6.1.3	Abbruchkriterien. . . . .	356	6.3.3	Standardisierung der Belastungsgrafiken . . . . .	361
6.1.4	Ziel des Belastungstests . . . . .	357	6.3.4	Plausibilitätsprüfungen während und nach CPET. . . . .	361
6.1.5	Apparative Voraussetzungen. . . . .	357	<b>6.4</b>	<b>Auswertung und Befundweitergabe. . . . .</b>	<b>362</b>
<b>6.2</b>	<b>Einflussfaktoren . . . . .</b>	<b>357</b>	6.4.1	Auswertung . . . . .	362
6.2.1	Belastungsform und -art . . . . .	358	6.4.2	Befundweitergabe . . . . .	362
6.2.2	Komponenten im Belastungsverlauf. . . . .	358	6.4.3	Kommunikation über Befunde . . . . .	362
6.2.3	Rampenhöhe und Belastungsdauer . . . . .	360			
<b>7</b>	<b>Fallbeispiele. . . . .</b>	<b>365</b>			
<b>7.1</b>	<b>Technische und formale Fallstricke . . . . .</b>	<b>365</b>	7.1.6	Beispiel 6: $O_2$ -Sensor liefert zu niedrige Messwerte . . . . .	369
7.1.1	Beispiel 1: Ungünstige Skalierungen und Belastungsform verhindern die Erkenntnis . . . . .	365	7.1.7	Beispiel 7: Nicht adäquate Ventilation wegen Undichtigkeit der Maske . . . . .	371
7.1.2	Beispiel 2: Kooperation (Hypo- und Hyperventilation) . . . . .	366	7.1.8	Beispiel 8: Wechsel von Nasen- zu Mundatmung, unkorrekte Reihenfolge der BGA-Eingaben, Fokussierung auf einzelne Felder . . . . .	371
7.1.3	Beispiel 3: RER (RQ) nicht plausibel – Fehler im Gasanalysator. . . . .	367	7.1.9	Beispiel 9: Sample Line (Probenschlauch) verstopft . . . . .	375
7.1.4	Beispiel 4: RER (RQ) nicht plausibel – Fehler beim Eingeben von Zahlenwerten der Eichgase ins System . . . . .	368			
7.1.5	Beispiel 5: RER zu hoch – anhaltend hohe RER, kein Leertreten . . . . .	368			

<b>7.2</b>	<b>Kasuistiken – Sonderfälle</b> . . . . .	378	<b>7.4</b>	<b>Kasuistiken mit vorwiegend kardiologischer Problematik</b> . . . . .	427
7.2.1	Kasuistik 1: Beratung zum Freizeitsport . .	378	7.4.1	Kasuistik 1: Freizeitsportler mit Herzrhythmusstörung . . . . .	427
7.2.2	Kasuistik 2: CPET und Anämie (Oberlappenkarzinom und Kolonpolypen) . . . . .	381	7.4.2	Kasuistik 2: Präoperative Beurteilung, Pneumektomie . . . . .	429
7.2.3	Kasuistik 3: Spiroergometrie in 1300 und in 4 300 m Höhe . . . . .	382	7.4.3	Kasuistik 3: Chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie (CTEPH) . . . . .	431
7.2.4	Kasuistik 4: Völlige Leistungsschwäche bei mitochondrialer Myopathie (Enzymstörung in der Atmungskette) . . . . .	385	7.4.4	Kasuistik 4: Idiopathische pulmonale Hypertonie vor und unter Therapie . . . . .	433
<b>7.3</b>	<b>Kasuistiken mit vorwiegend pneumologischer Problematik</b> . . . . .	388	7.4.5	Kasuistik 5: Asylbewerber mit Leistungsschwäche, Kooperationsmangel? – Sarkoidose mit Beteiligung von Herz und Lunge . . . . .	436
7.3.1	Kasuistik 1: Alveolarproteinose (Alveoläres Füllungssyndrom) . . . . .	388	7.4.6	Kasuistik 6: Ironman mit Herzleiden (DCM und HTX bei einem Leistungssportler) . . . . .	438
7.3.2	Kasuistik 2: Bullöses Lungenemphysem vor und nach Lungenvolumenreduktion (LVR) . . . . .	391	7.4.7	Kasuistik 7: Univentrikuläres Herz (Single Ventricle) . . . . .	440
7.3.3	Kasuistik 3: Intrinsic Asthma mit Hypoventilation . . . . .	395	7.4.8	Kasuistik 8: Herzinsuffizienz bei dilatativer Kardiomyopathie, EOV? . . . . .	444
7.3.4	Kasuistik 4: Multiple AV-Malformationen . . . . .	399	7.4.9	Kasuistik 9: Hochgradige pseudoasymptomatische Aortenklappenstenose . . . . .	447
7.3.5	Kasuistik 5: Sarkoidose, Verlaufskontrolle unter Therapie . . . . .	401	7.4.10	Kasuistik 10: Leistungseinschränkung bei operiertem Ventrikelseptumdefekt . . . . .	451
7.3.6	Kasuistik 6: Hypoventilation bei zentraler Atemantriebsstörung und Schlafapnoe-Syndrom . . . . .	405	7.4.11	Kasuistik 11: Koronare Herzerkrankung und Bronchialkarzinom . . . . .	455
7.3.7	Kasuistik 7: Hypoventilation bei extrathorakaler Stenose (subglottisches Lymphom) . . . . .	406	7.4.12	Kasuistik 12: Herzinsuffizienz, Pleuraerguss, Niereninsuffizienz und Lymphadenopathie . . . . .	458
7.3.8	Kasuistik 8: Lungentransplantation (LTX) bei COPD . . . . .	409	<b>7.5</b>	<b>Sport- und Fitnessberatung</b> . . . . .	462
7.3.9	Kasuistik 9: Operation eines Bronchialkarzinoms bei ausgedehntem Lungenemphysem . . . . .	412	7.5.1	Kasuistik 1: Spiroergometrie in der Trainingsberatung . . . . .	462
7.3.10	Kasuistik 10: Bronchialkarzinom: Totraumventilation – präoperative Risikobewertung . . . . .	416	7.5.2	Kasuistik 2: Indirekte Kalorimetrie zur Wettkampfplanung bei einem Triathleten . . . . .	466
7.3.11	Kasuistik 11: Ventilatorische Limitierung bei Lungenfibrose (UIP-Muster) . . . . .	420	<b>7.6</b>	<b>Arbeitsmedizin und Bewertung/ Begutachtung</b> . . . . .	469
7.3.12	Kasuistik 12: Ventilatorische Limitierung bei Langerhans-Zell-Histiozytose (LCH) . . . . .	423	7.6.1	Kasuistik 1: Asbestose mit schwerer Restriktion . . . . .	469
			7.6.2	Kasuistik 2: Laryngeale und tracheale Stenose mit Hypoventilation . . . . .	472
			7.6.3	Kasuistik 3: Spiroergometrie in der Arbeits- und Sozialmedizin: Studie Leistungserfordernis im „Housekeeping“ . . . . .	476

**IV Anhang**

<b>8</b>	<b>Überprüfen Sie Ihr Wissen</b> .....	482		
<b>8.1</b>	<b>Fragen</b> .....	482	<b>8.2</b>	<b>Antworten</b> .....
8.1.1	Gerätekunde, Messtechnik, Praxis im Funktionslabor .....	482	8.2.1	Gerätekunde, Messtechnik, Praxis im Funktionslabor .....
8.1.2	O <sub>2</sub> -Aufnahme und Belastungsprotokolle ..	482	8.2.2	O <sub>2</sub> -Aufnahme und Belastungsprotokolle ..
8.1.3	Gasaustausch (Pathophysiologie) .....	483	8.2.3	Gasaustausch (Pathophysiologie) .....
8.1.4	Atemmechanik (Pathophysiologie) .....	483	8.2.4	Atemmechanik (Pathophysiologie) .....
8.1.5	Muskelkraft .....	484	8.2.5	Muskelkraft .....
8.1.6	Herzinsuffizienz (Pathophysiologie) .....	484	8.2.6	Herzinsuffizienz (Pathophysiologie) .....
8.1.7	Stoffwechsel .....	485	8.2.7	Stoffwechsel .....
8.1.8	Aerob-anaerobe Schwelle .....	485	8.2.8	Aerob-anaerobe Schwelle .....
8.1.9	Dyspnoe .....	486	8.2.9	Dyspnoe .....
8.1.10	9-Felder-Grafik – Zirkulation und Leistung	486	8.2.10	9-Felder-Grafik – Zirkulation und Leistung
8.1.11	9-Felder-Grafik – Ventilation .....	487	8.2.11	9-Felder-Grafik – Ventilation .....
8.1.12	9-Felder-Grafik – Gasaustausch .....	487	8.2.12	9-Felder-Grafik – Gasaustausch .....
8.1.13	Wie schätze ich die Belastbarkeit des Probanden/Patienten ein? .....	488	8.2.13	Wie schätze ich die Belastbarkeit des Probanden/Patienten ein? .....
8.1.14	Risikoabschätzung, z. B. vor Operationen ..	488	8.2.14	Risikoabschätzung, z. B. vor Operationen ..
8.1.15	Spiroergometrie bei Herzinsuffizienz .....	489	8.2.15	Spiroergometrie bei Herzinsuffizienz .....
8.1.16	Spiroergometrie und Rehabilitation .....	489	8.2.16	Spiroergometrie und Rehabilitation .....
8.1.17	Spiroergometrie und Begutachtung .....	490	8.2.17	Spiroergometrie und Begutachtung .....
<b>9</b>	<b>Weiterführende Informationen</b> .....	497		
<b>9.1</b>	<b>Fitnesskategorien, Sollwerte für die maximale Leistung, Leistungseinschätzung</b> .....	497	9.4.1	Formeln für Errechnung der Soll-Watt-Belastung .....
<b>9.2</b>	<b>Kardiologische Einschätzung</b> .....	498	9.4.2	Formeln zur Berechnung der maximalen $\dot{V}O_2$ .....
<b>9.3</b>	<b>Spezielle Parameter zur Spiroergometrie</b> .....	499	9.4.3	Formeln zur Berechnung der maximalen $\dot{V}O_2$ /kg Körpergewicht ...
<b>9.4</b>	<b>Maximale Sauerstoffaufnahme und maximale Leistung</b> .....	501		
<b>10</b>	<b>Historische Aspekte</b> .....	504		
<b>10.1</b>	<b>Spiroergometrie in Deutschland – Wie es war und wie es ist</b> .....	504	10.1.3	Fazit .....
	<i>Wildor Hollmann</i>			
10.1.1	Kurze Darstellung der Geschichte von Belastungsuntersuchungen .....	504	<b>10.2</b>	<b>How It Really Happened – Exercise Gas Exchange, Breath-by-Breath</b> .....
10.1.2	Die aerob-anaerobe Schwelle .....	506		<i>Karlman Wasserman</i>
<b>11</b>	<b>Ein persönliches Nachwort zur Spiroergometrie-Arbeitsgruppe</b> .....	511		
	<i>Rolf F. Kroidl</i>			
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	512		