

# Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaufkrankungen

## Clinical Shortcuts:

### Praxisleitfaden Ergometrie

Primus C, Auer J, Wonisch M

Berent R

*Journal für Kardiologie - Austrian*

*Journal of Cardiology 2020; 27*

*(1-2), 38-42*

Homepage:

[www.kup.at/kardiologie](http://www.kup.at/kardiologie)

Online-Datenbank  
mit Autoren-  
und Stichwortsuche



Offizielles  
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des  
Österreichischen Herzfonds



**ACVC**  
Association for  
Acute CardioVascular Care

In Kooperation  
mit der ACVC

Indexed in ESCI  
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

# HÖR AUFS HERZ

JETZT GEMEINSAM DAS  
CV-RISIKO SENKEN

SAVE THE DATE  
**5. JUNI 2025**

Satellitensymposium  
im Rahmen der  
ÖKG-Jahrestagung  
Salzburg

## Starke und anhaltende LDL-C-Senkung:<sup>1,2</sup>

- ✓ Stabilisierung der Plaques<sup>3</sup>
- ✓ Regression der Atherosklerose<sup>3,4</sup>
- ✓ Weniger CV-Ereignisse<sup>5,6</sup>
- ✓ Gute Verträglichkeit bei sehr tiefen LDL-C Werten<sup>5</sup>



\* FOURIER & FOURIER OLE Beobachtungszeit im Median 7,1 Jahre.  
 1 O'Donoghue ML, et al. Circulation. 2022;146 (15):1109–1119. 2 Aktuelle Repatha® Fachinformation.  
 3 Nicholls SJ, et al. JACC Cardiovasc Imaging. 2022;15 (7):1308–1321. 4 Nicholls SJ, et al. JAMA. 2016;316 (22):2373–2384. 5 Gaba P, et al. Circulation 2023;147 (16):1192–1203. 6 Sabatine MS, et al. N Engl J Med. 2017;376:1713–1722. CV-Risiko = Kardiovaskuläres Risiko



### Wichtige Informationen zu Literatur und Veranstaltungen:

Über diesen QR-Code werden Sie auf die Website der medizinischen  
Abteilung von Amgen GmbH weitergeleitet.  
<https://www.hyperlipidaemie-akademie.at/events/hla-webinar-2024>

# Praxisleitfaden Ergometrie\*

C. Primus<sup>1</sup>, J. Auer<sup>1</sup>, M. Wonisch<sup>2</sup>, R. Berent<sup>3</sup>

Aus der <sup>1</sup>Abteilung für Innere Medizin 1 mit Kardiologie und internistische Intensivmedizin, St. Josef Krankenhaus Braunau, der <sup>2</sup>Internen Abteilung, Franziskus Spital Margareten, Wien, und der <sup>3</sup>Herz-Reha Bad Ischl, Zentrum für kardiovaskuläre Rehabilitation

## ■ Voraussetzungen zur Durchführung der Ergometrie

- **Räumlich:** Temperatur 18–24 °C – *CAVE:* Leistungseinschränkung durch Hitze und hohe Luftfeuchtigkeit, Liege in unmittelbarer Nähe
- **Klinisch:** Klare Indikationsstellung, Anamnese (Vorerkrankungen, Medikamente, ...), körperliche Untersuchung – insbes. Auskultation, Ruhe-EKG und -Blutdruck (RR)
- **Apparativ:**
  - Ergometer: standardisiert, reproduzierbar, dosierbar; CE-Zeichen (Fahrrad-/Laufergometer)
  - EKG: 12-Kanal-Registrierung (25 od. 50 mm/sec), kontinuierliche Monitorüberwachung, Ausschrieb alle 2 Min., CE-Zeichen
  - Notfallausrüstung: Stethoskop, RR-Messgerät, Defibrillator (CE-Zeichen, tgl. Überprüfung, Wartung nach Herstellerempfehlung), Intubationsutensilien, Ambubeutel, O<sub>2</sub>-Flasche, Medikamente: Adrenalin, Amiodaron, Beta-blocker, Adenosin, Atropin, Verapamil, Diazepam, Furosemid, Nitrospray, Beta-2-Mimetikum-DA; Dextrose oral, Infusionslösung (0,9 % NaCl, 5 % Glukose) mit Infusionsbesteck, Utensilien für peripheren Zugang
- **Personell:** stets verfügbare/r qualifizierte/r Arzt/Ärztin – Facharzt/in für Innere Medizin bzw. Arzt/Ärztin mit *ius practican*di, Erfahrung in der Durchführung notfallmedizinischer Maßnahmen; qualifiziertes, medizinisch ausgebildetes, diplomiertes Personal
- **Fakultativ:** Echokardiographie (rezenter Befund sollte vor jeder Ergometrie vorliegen), Lungenfunktion, Thoraxröntgen

## ■ Physiologischer und pathophysiologischer Hintergrund

- Unter dynamischer Belastung (Fahrrad/Laufband) Steigerung des Herz-Zeit-Volumens und damit des myokardialen Sauerstoffverbrauchs.
- Myokardialer Sauerstoffbedarf indirekt durch Produkt aus systolischem Blutdruck und Herzfrequenz dargestellt.
- Energiebereitstellung in 3 Phasen:
  - aerobe Phase: bis zum 1. Laktatanstieg und Beginn der gegenüber der Sauerstoffaufnahme überproportionalen Ventilation ohne zusätzliche Steigerung der CO<sub>2</sub>-Abgabe
  - aerob-anaerobe Phase: respiratorische Kompensation der metabolischen Azidose bis zum 2. Laktatanstieg
  - anaerobe Phase bis zur Ausbelastung.
- **Ischämiekaskade:** Stenose/Ischämie → myokardiale Stoffwechselveränderung → myokardiale Funktionsstörung → EKG-Veränderung unter Belastung → Symptomatik
- **Unterschied zum Gesunden:**
  - Abnahme d. LVEF und Anstieg des enddiastolischen Ventrikelvolumens in anaerober Phase mit unproportional hohem Anstieg der Herzfrequenz, um die myokardiale Sauerstoffversorgung gewährleisten zu können.

Die aktualisierte Fassung aus dem Jahr 2022 finden Sie [hier](#)

\*Vorliegend ist eine aktualisierte Fassung von: Wonisch M, et al. Praxisleitlinien Ergometrie. J Kardiol 2008; 15 (Suppl A): 3–17.

## ■ Indikationen

### 1. Koronare Herzkrankheit (KHK)

Die Ergometrie wurde in den ESC-Leitlinien 2019 in der Diagnostik der stabilen KHK (chronisches Koronarsyndrom) im Empfehlungsgrad zurückgestuft.

Klasse I	Level C	Zur Evaluierung von Belastbarkeit, etwaiger Symptomatik, Arrhythmien, Blutdruckverhalten und zur Risikostratifizierung bei ausgewähltem Patientenkollektiv, sofern eine weitere diagnostische bzw. therapeutische Konsequenz daraus gezogen wird.
	Level B	Echokardiographie zur Ermittlung der LVEF und eventueller regionaler Kinetikstörungen, Koronar-CT, Stressechokardiographie oder kardiale Magnetresonanztomographie zur <b>primären</b> Diagnosestellung der KHK statt der Ergometrie.
Klasse IIb	Level B	Ergometrie als diagnostische Alternativmethode
	Level C	Zur Beurteilung etwaiger belastungsabhängiger Symptome unter medikamentöser Therapie
Klasse III	Level C	Ergometrie nicht empfohlen bzw. limitiert in der Auswertung des EKG bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>\geq 0,1</math> mV ST-Streckensenkung im Ruhe-EKG bzw. unter Digitalistherapie</li> <li>– Präexzitationssyndrom, z. B. Wolff-Parkinson-White-Syndrom</li> <li>– permanenter ventrikulärer Schrittmacherstimulation</li> <li>– komplettem Linksschenkelblock</li> <li>– schweren Komorbiditäten mit eingeschränkter Lebenserwartung</li> <li>– zur Lokalisation der Ischämie und zur Festlegung des Interventionsortes.</li> </ul> Kontraindiziert bei akutem Koronarsyndrom.

#### Aktuelle Beurteilung der Vortestwahrscheinlichkeit bei KHK

- Abhängig von der Prävalenz beim jeweiligen Geschlecht, klinischen Symptomatik und Alter.
- In Anlehnung an die PROMISE-Studie (Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain) aktualisiert (siehe Tab. 1).
- Bei Patienten mit einer Vortestwahrscheinlichkeit  $< 15$  % gute Prognose (jährliches Risiko für kardiovaskulären Tod oder Myokardinfarkt  $< 1$  %). Bei diesen Patienten (Vortestwahrscheinlichkeit  $< 15$  %) kann auf routinemäßige nicht-invasive diagnostische Maßnahmen verzichtet werden (um unnötige Prozeduren zu vermeiden und Kosten zu reduzieren).
- Am sinnvollsten wird die nicht-invasive Diagnostik bei Patienten mit einer Vortestwahrscheinlichkeit  $> 15$  % erachtet.
- Bei einer Vortestwahrscheinlichkeit von 5–15 % kann die nicht-invasive Diagnostik in Betracht gezogen werden (abhängig von der gesamten klinischen Wahrscheinlichkeit bzw. Modifikatoren der Vortestwahrscheinlichkeit [EKG, Koronarkalk im CT, Risikofaktoren für KHK, reduzierte LVF im Echokardiogramm]).

**Tabelle 1:** Vortestwahrscheinlichkeit. Erstellt nach Fordyce CB, et al. JAMA Cardiol 2017; 2: 400–8.

Angina	typisch		atypisch		unspez. Thoraxschmerz		Dyspnoe	
	Mann	Frau	Mann	Frau	Mann	Frau	Mann	Frau
Alter								
30–39	3 %	5 %	4 %	3 %	1 %	1 %	0 %	3 %
40–49	22 %	10 %	10 %	6 %	3 %	2 %	12 %	3 %
50–59	32 %	13 %	17 %	6 %	11 %	3 %	20 %	9 %
60–69	44 %	16 %	26 %	11 %	22 %	6 %	27 %	14 %
70+	52 %	27 %	34 %	19 %	24 %	10 %	32 %	12 %

### 2. Klappenvitien

Klappenvitien:

Klasse I: Asymptomatische hochgradige Aortenklappenstenose zur Demaskierung von klinischer Symptomatik, RR-Beurteilung und zur Risikostratifizierung

Klasse IIa: Zur Festlegung und Verlaufskontrolle der körperlichen Leistungsfähigkeit und Objektivierung der klinischen Symptomatik bei anderen Klappenvitien

Klasse III: Symptomatische hochgradige Aortenklappenstenose

Kongenitale Vitien:

Klasse IIa: – Zur Risikostratifizierung von Patienten mit HOCM durch fehlenden oder abgeschwächten RR-Anstieg  
 – Zur Festlegung und Verlaufskontrolle der körperlichen Leistungsfähigkeit und Objektivierung der klinischen Symptomatik bei anderen kongenitalen Vitien.

## ■ Ergometrie – Kontraindikationen

### Absolute

- Akutes Koronarsyndrom
- Symptomatische Herzrhythmusstörungen und/oder eingeschränkte Hämodynamik
- Symptomatische hochgradige Aortenklappenstenose
- Dekompensierte Herzinsuffizienz
- Akute Pulmonalarterienembolie
- Akute (Endo-, Myo-, Peri-)Karditis
- Akute Aortendissektion
- Fieberhafte Infekte
- Akute Phlebothrombose UE

### Relative

- Hauptstammstenose
- Klappenerkrankungen mäßigen Schweregrades
- Elektrolytstörungen
- Arterielle Hypertonie (< 180/100 mmHg)
- Tachyarrhythmie
- HOCM
- Höhergradige AV-Blockierungen
- Anämie
- physische/psychische Beeinträchtigungen

## ■ Ergometrie – Abbruchskriterien

### Absolute

- Abfall RR syst. > 10 mmHg gegenüber dem Ausgangs-RR trotz Belastungsanstieg mit anderen Ischämiezeichen
- Angina pectoris
- Zunehmende zerebrale Symptomatik (Verwirrtheit, Präsynkope, ...)
- Zeichen verminderter Perfusion (Zyanose, Blässe, ...)
- Technische Gründe
- Wunsch des Patienten
- Anhaltende ventrikuläre Tachykardie
- ST-Elevation > 0,1 mV in Ableitungen ohne patholog. Q (außer aVR + V1)

### Relative

- Abfall RR syst. > 10 mmHg gegenüber dem Ausgangs-RR trotz Belastungsanstieg ohne Ischämiezeichen
- ST- oder QRS-Veränderungen wie horizontale oder deszendierende ST-Senkung (> 0,2 mV) oder ausgeprägte Lagetypwechsel
- Arrhythmien (außer VT)
- Erschöpfung, Dyspnoe, Giemen, Beinkrämpfe, Claudicatio
- Entwicklung eines Schenkelblockbildes oder intraventrikuläre Leitungsverzögerung
- Abfall der Tretkurbel-Umdrehungen < 40/Min.
- Arterielle Hypertonie (250 mmHg syst. und/oder 115 mmHg diast.)

## ■ Durchführung der Ergometrie

- Die Belastung sollte an die Leistungsfähigkeit des Patienten angepasst werden und innerhalb von 8–12 Min. an ein nach internationalen Empfehlungen für den Patienten individuell berechnetes Maximum führen.
- Belastungssteigerung in 1–2-minütigem Intervall nach vorgegebenem Protokoll.
- **Fahrradtest** mit 60–90 Umdrehungen/Minute, Zunahme der W jede Minute, Ausbelastung in 8–12 Minuten.

Erwartete Maximalbelastung	Belastungsprotokoll	Start- und Erholungsbelastung
mind. 240 W	20 W/min	40 W
mind. 180 W	15 W/min	30 W
mind. 150 W	12 W/min	25 W
mind. 120 W	10 W/min	20 W
max. 90 W	7 W/min	10 W
< 70 W	5 W/min	10 W

- **Laufband** mit modifiziertem Bruce-Protokoll oder Zunahme der Geschwindigkeit 5 km/h + 0,3–0,5 km/h/min, Steigung 2 % konstant oder Zunahme der Steigung 5 % + 2 %/min, 4 km/h konstant

### Modifiziertes Bruce-Protokoll

Stufe	Geschwindigkeit (km/h)	Neigungswinkel (%)	Dauer (min)
1	2,7	0	3
2	2,7	5	3
3	2,7	10	3
4	4,0	12	3
5	5,4	14	3
6	6,7	16	3
7	8,0	18	3
8	8,8	20	3

- Kontinuierliches Monitoring von Herzfrequenz (HF) und EKG; RR und EKG werden 2-minütlich aufgezeichnet
- Einflussgrößen der Leistungsfähigkeit = Alter, Größe, Gewicht, Geschlecht und Umgebungsbedingungen
- Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit setzt maximale Ausbelastung voraus und stellt prognostischen Faktor hinsichtlich Gesamtmortalität dar.
- **Erbrachte Leistung (W)** = Leistung der letzten vollendeten Stufe (W) + (Steigerungshöhe (W) × Dauer der letzten Stufe (s)/vorgegebene Stufendauer (s))
- **Sollwert:**
  - Männlich: Leistung (W) = 6,773 + 136,141 × KO – 0,916 × KO × A (Jahre)
  - Weiblich: Leistung (W) = 3,933 + 86,641 × KO – 0,346 × KO × A (Jahre)
  - Körperoberfläche KO (m<sup>2</sup>) = 0,007148 × KG (kg) 0,425 × L (cm)0,725
- **Herzfrequenz**
  - **HF<sub>max.</sub>** = 220–Alter (± 15 %)

- nimmt linear mit Alter ab
- maximal errechnete HF nicht erreicht:
  - bei fehlender Mitarbeit
  - bei chronotroper Inkompetenz (< 85 % d. erwarteten max. HF)
  - medikamentös bedingt
- Bei KHK ist ein anfänglich zögerlicher HF-Anstieg mit anschließend überschießendem Anstieg ab ca. 75 % d. Maximalbelastung typisch, um eine adäquate myokardiale O<sub>2</sub>-Versorgung im anaeroben Bereich gewährleisten zu können.
- **HF in der Erholungsphase („heart rate recovery“)**
  - 10 Sekunden Abfall > 15 Schläge geringste kardiovaskuläre Mortalität
  - 1. Minute Abfall > 20 Schläge spricht für eine akzeptable Regenerationsfähigkeit, je höher der Abfall, desto geringer die kardiovaskuläre Mortalität.
- **RR syst. max = 120 + 0,4 × (Watt + Lebensalter)**
  - RR steigt unter Belastung kontinuierlich an (5–10 mmHg/20–30 Watt)
  - Als „Faustregel“ eines pathologischen Belastungs-RR kann ein Wert von 200/100 mmHg bei 100 Watt und 185/100 mmHg bei 75 Watt, für Männer und Frauen, 20–50 Jahre alt, gelten.
  - Bei älteren Patienten steigt die Grenze syst/diast um 10/5 mmHg pro 10 Jahre.
  - Bei Untrainierten sollte der max. RR nicht > 250 mmHg systolisch sein.
  - Bei Ausdauertrainierten kann aufgrund der höheren Leistungsfähigkeit der RR syst. höher ansteigen.
  - Ein Belastungshypertonus bzw. unzureichend therapierter Hypertonus bei Überschreitung des maximal errechneten systolischen RR ist mit einem höheren kardiovaskulären Risiko assoziiert.
  - Grundsätzlich muss das Vorliegen einer pathologischen Belastungsreaktion immer individuell nach Alter und Fitness/Konstitution beurteilt werden.
  - Nach Ende der Belastung sollte der RR innerhalb von 3–5 Min. auf Normalwerte zurückgehen (< 140/90 mmHg).
  - Ursachen für unzureichend steigenden RR oder RR-Abfall unter den Ausgangswert:
    - schwere myokardiale Funktionsstörung (EF < 35 %)
    - vasovagale Reaktion
    - koronare Mehrgefäßerkrankung
    - Antihypertensiva
    - Arrhythmie
    - Hypovolämie
  - Ein RR-Abfall ist ein Abbruchkriterium, wenn RR < als Ausgangswert oder > 10 mmHg Abfall nach anfänglichem RR-Anstieg.

## ■ Ergometrie – EKG-Beurteilung

### EKG-Veränderungen

	Physiologisch	Pathologisch
p-Welle	p-Überhöhung in II, III, aVF	Abnahme der p-Welle
PQ-Zeit	Verkürzung	Verlängerung
Q-Zacke		Bereits in Ruhe pathologisch
QRS-Strecke	Verschiebung d. R/S-Übergangs nach II	Verbreiterung
ST-Strecke	Absenkung d. J-Punktes mit rasch ascend. Strecke	Hebungen, Senkungen (deszend., horiz.)
T-Welle	Abflachung	Zunahme > 1 mm
QT-Dauer	Verkürzung	Verlängerung

#### – Analyse der ST-Strecke insbesondere bei Ischämie

- J-Punkt = Bezugspunkt  
= wo S-Zacke in die ST-Strecke übergeht
- Veränderungen:
  - ST-Hebungen
  - ST-Senkungen:
    - ascendierend: normal
    - pathologisch, wenn:
      - horizontal und deszendierend > 0,1 mV 60–80ms nach J-Punkt (80 ms bei Ruhe-HF, kürzer bei höherer HF)
      - bei vorbestehender Senkung mit Normalisierung unter Belastung
      - je ausgeprägter, desto höher die Wahrscheinlichkeit für Belastungskoronarinsuffizienz
      - erlaubt keine sichere Zuordnung zu einem Koronargefäß
      - bei komplettem Linksschenkelblock ST-Streckenveränderungen nicht beurteilbar
      - bei komplettem Rechtsschenkelblock sind linksgerichtete Ableitungen i. d. Regel beurteilbar

- ST-Streckenhebungen > 0,1 mV in 3 aufeinanderfolgenden EKG-Ableitungen sind Zeichen einer transmuralen Ischämie und Abbruchkriterium
- unter Digitalismedikation nicht beurteilbar
- bei ventrikulärem Pacing nicht beurteilbar (Abb. 1).

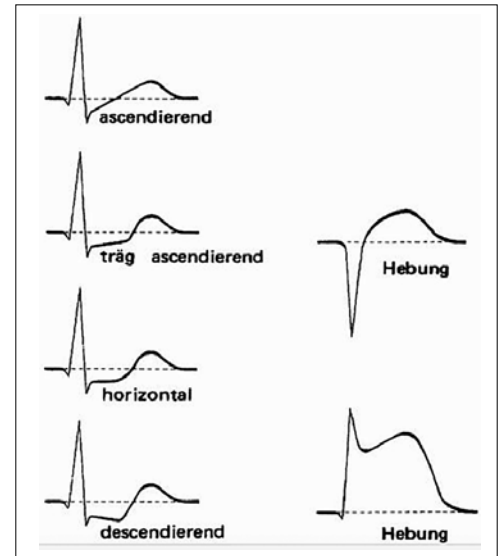


Abbildung 1: Mod. nach Wonisch M, et al. J Kardiolog 2008

#### – Herzrhythmusstörungen

- Ventrikuläre Rhythmusstörungen unter Belastung haben kein erhöhtes Mortalitätsrisiko.
- Ventrikuläre Rhythmusstörungen nach Belastung sind mit erhöhtem Mortalitätsrisiko assoziiert.
- Bei Erregungsleitungsstörungen und Vorhofflimmern unter Belastung weitere Abklärung empfohlen.

#### – Einflussgrößen auf das EKG in der Ergometrie

- Medikamente:
  - Betablocker, Ca<sup>2+</sup>-Antagonisten (Verapamiltyp) und Nitrate erhöhen Ischämieschwelle und können Sensitivität vermindern; Erreichen der HF<sub>max</sub> kann ausbleiben.
  - Digitalis: selbst bei fehlender Belastungskoronarinsuffizienz in bis zu 40 % mit ST-Streckenveränderungen assoziiert.

#### Korrespondenzadresse:

Prim. Univ.-Prof. Dr. Johann Auer  
Abteilung für Innere Medizin I mit Kardiologie und Intensivmedizin  
A. ö. KH „St. Josef“ Braunau  
Ringstraße 60  
A-5280 Braunau  
E-Mail: johann.auer@khbr.at

#### Literatur:

- Wonisch M, Berent R, Klicpera M, Laimer H, Marko C, Pokan R, Schmid P, Schwann H. Praxisleitlinien Ergometrie. J Kardiolog 2008; 15 (Supplementum A - Praxisleitlinien Ergometrie): 3–17.
- Niebauer J. Sportkardiologie. Springer Verlag, 2015.
- Knuuti J, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. Eur Heart J 2019; [E-pub ahead of print].
- Fordyce CB, Douglas PS, Roberts RS, Hoffmann U, Al-Khalidi HR, Patel MR, Granger CB, Kostis J, Mark DB, Lee KL, Udelson JE; Prospective Multicenter Imaging Study for Evaluation of Chest Pain (PROMISE) Investigators. Identification of patients with stable chest pain deriving minimal value from noninvasive testing: the PROMISE minimal-risk tool, a secondary analysis of a randomized clinical trial. JAMA Cardiol 2017; 2: 400–8.
- Berent R, Auer J, von Duvillard SP, Sinzinger H, Schmid P. Complications during exercise testing. Herz 2010; 35: 267–72.

# Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

## [Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD Implantat  
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno  
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:  
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3  
Labotect GmbH



InControl 1050  
Labotect GmbH

## e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

## [Bestellung e-Journal-Abo](#)

### Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)