

# Journal für **Pneumologie**

Asthma – COPD – Imaging – Funktionsdiagnostik –  
Thoraxchirurgie – Interstitielle Lungenerkrankungen (ILD) –  
Schlafapnoe – Thoraxtumor – Infektiologie – Rehabilitation

## **Die Radiologie der kleinen Atemwege bei COPD**

Prosch H

*Journal für Pneumologie 2013; 1 (1), 15-18*

Homepage:

**[www.kup.at/pneumologie](http://www.kup.at/pneumologie)**

Online-Datenbank  
mit Autoren-  
und Stichwortsuche

**Datenschutz:**

Ihre Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz und werden nicht an Dritte weitergegeben. Die Daten werden vom Verlag ausschließlich für den Versand der PDF-Files des Journals für Pneumologie und eventueller weiterer Informationen das Journal betreffend genutzt.

**Lieferung:**

Die Lieferung umfasst die jeweils aktuelle Ausgabe des Journals für Pneumologie. Sie werden per E-Mail informiert, durch Klick auf den gesendeten Link erhalten Sie die komplette Ausgabe als PDF (Umfang ca. 5–10 MB). Außerhalb dieses Angebots ist keine Lieferung möglich.

**Abbestellen:**

Das Gratis-Online-Abonnement kann jederzeit per Mausklick wieder abbestellt werden. In jeder Benachrichtigung finden Sie die Information, wie das Abo abbestellt werden kann.

**Das e-Journal**

**Journal für Pneumologie**

- ✓ steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) stets internetunabhängig zur Verfügung
- ✓ kann bei geringem Platzaufwand gespeichert werden
- ✓ ist jederzeit abrufbar
- ✓ bietet einen direkten, ortsunabhängigen Zugriff
- ✓ ist funktionsfähig auf Tablets, iPads und den meisten marktüblichen e-Book-Readern
- ✓ ist leicht im Volltext durchsuchbar
- ✓ umfasst neben Texten und Bildern ggf. auch eingebettete Videosequenzen.

# Die Radiologie der kleinen Atemwege bei COPD

H. Prosch

**Zusammenfassung:** In den letzten Jahren hat die Rolle der kleinen Atemwege in der Pathogenese der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD) vermehrt Aufmerksamkeit erlangt. Gemeinsam mit dem Lungenemphysem und der Erkrankung der großen Atemwege sind Erkrankungen der kleinen Atemwege verantwortlich für die klinischen Symptome und die durch die Lungenfunktion bestimmbare Atemwegsobstruktion. Die Ausprägung des Lungenemphysems und die der Erkrankung der kleinen und großen Atemwege kann dabei von Patient zu Patient deutlich variieren. Die Lungenfunktion erlaubt zwar eine Bestimmung der Atemwegsobstruktion, jedoch lässt sich mit dieser Untersuchung nicht bestimmen, welche Komponente der COPD beim einzelnen Patienten dominiert. Diese Information wäre jedoch vor allem bei Patienten mit einer therapieresistenten COPD wichtig, um die Therapie zu optimieren. Da die Lungenfunktion keine sichere Differenzierung zwischen den verschiedenen Manifestationsformen der COPD erlaubt, kommt der Bildgebung in der COPD eine immer größere Bedeutung zu. Durch die CT lassen sich sowohl das Lungenemphysem als auch die Erkrankung der großen Atemwege diagnostizieren und mit Hilfe von speziellen Software-

paketen auch quantifizieren. Die Diagnose und Quantifizierung der Erkrankung der kleinen Atemwege ist auch in der CT nicht direkt möglich, da die Wandbreite der kleinen Atemwege deutlich unter der Auflösung der CT liegt. Auf Erkrankungen der kleinen Atemwege kann in der CT jedoch indirekt über die Diagnose von Erkrankungen der großen Atemwege oder den Nachweis des sogenannten „air trappings“ geschlossen werden. Durch die Quantifizierung der Erkrankungen der großen Atemwege und des Air trappings lassen sich wichtige Rückschlüsse auf die Beteiligung der kleinen Atemwege treffen und in Zukunft auch die Therapie optimieren.

**Summary: Small Airways Disease in COPD.** The role of the small airways in the pathogenesis of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) has gained increasing attention in the last few years. Together with pulmonary emphysema and disease of the larger airways, disease of the smaller airways is responsible for the clinical symptoms and the airway obstruction that can be measured by lung function tests. The contribution of emphysema and disease of the small and large airways to airway obstruction can vary from patient to patient. Lung function tests allow

for the quantification of the airway obstruction, but they are unable to determine which of the components of COPD predominates in individual patients. This information, however, is of particular interest in patients with treatment-resistant COPD in order to optimize further treatment. As lung function tests do not allow the differentiation of the various phenotypes of COPD, imaging is becoming more and more important. CT enables the diagnosis of pulmonary emphysema and diseases of the large airways. In addition, with the use of dedicated software, it is even possible to quantify the extent of emphysema, as well as of large airways disease. The diagnosis of small airways disease by CT, however, is not feasible, as the wall thickness of the small airways is well below the resolution of CT. Indirect signs of small airways disease, such as the evaluation of the accompanying large airways disease and the diagnosis of air-trapping, can be used to diagnose small airways involvement. Quantifying the large airways disease and air-trapping provide important information about the involvement of small airways in individual COPD which, in the near future, will help to optimize treatment.

J Pneumologie 2013; 1 (1): 15–8

## ■ Einleitung

Beim Menschen teilen sich die Atemwege ab der Trachea in etwa 24 Generationen, wobei die Stabilität der Bronchialwände der ersten 8. Generationen durch Knorpelanteile aufrechterhalten wird. Die weiter distal der 8. Generation gelegenen Atemwege weisen in ihren Wänden keine Knorpelanteile auf und werden als „kleine Atemwege“ oder Bronchiolen bezeichnet. Der Durchmesser dieser Bronchiolen beträgt weniger als 2 mm.

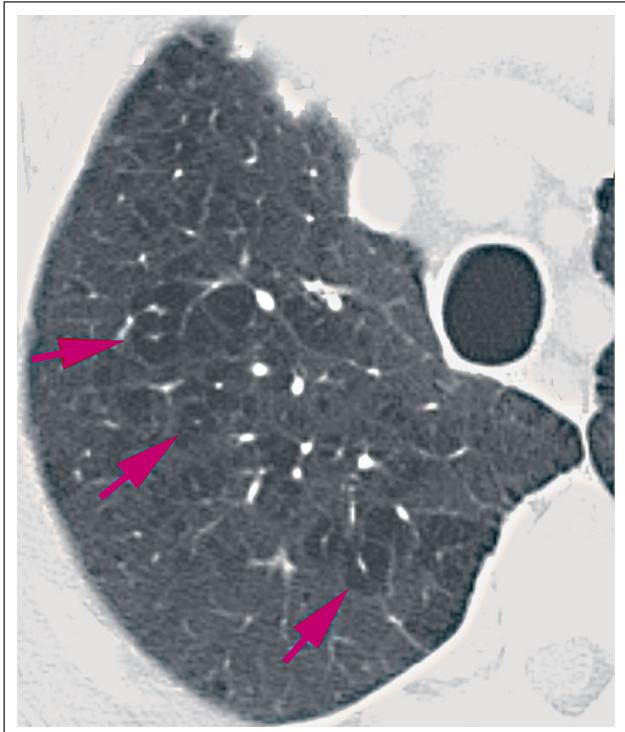
In den letzten Jahren hat die Rolle der kleinen Atemwege bei verschiedenen Lungenerkrankungen, vor allem aber bei der chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (Chronic obstructive pulmonary disease, COPD) vermehrt Aufmerksamkeit erhalten. Die COPD ist eine progressiv verlaufende, nur inkomplett reversible Atemwegsobstruktion, welche durch eine Destruktion des Lungenparenchyms (Lungenemphysem) und eine obstruktive Erkrankung der Atemwege charakterisiert ist. Der pathologische Prozess der COPD betrifft dabei sowohl die großen, als auch die kleinen Atemwege. Klinisch wird das Ausmaß der Atemwegsobstruktion bei der COPD

mit der Lungenfunktion durch das forcierte exspiratorische Volumen in einer Sekunde (FEV1) bestimmt.

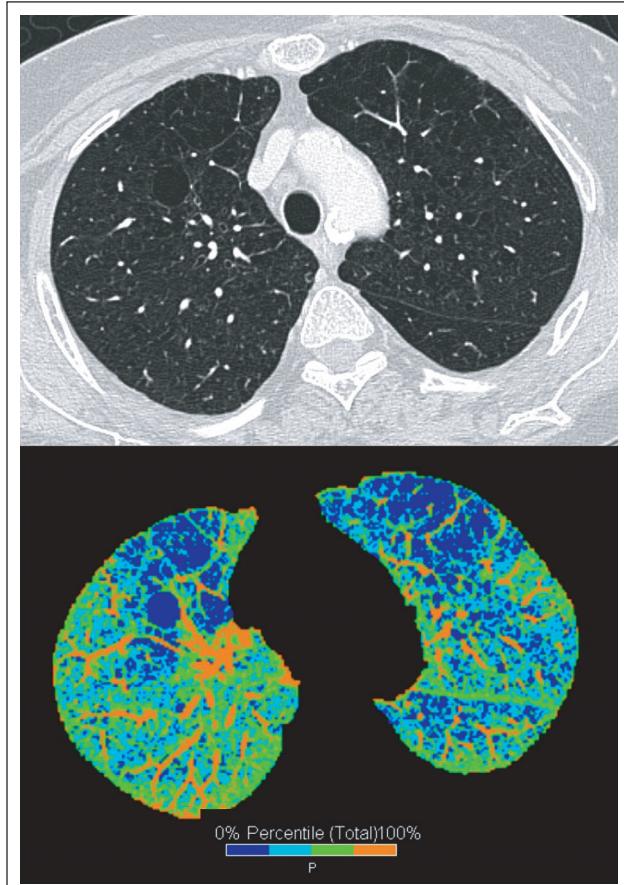
Die Atemwegsobstruktion bei der COPD wird zum größten Teil durch eine Erkrankung der kleinen Atemwege bedingt. Die Ausprägung des Lungenemphysems, der Erkrankung der großen Atemwege und der Erkrankung der kleinen Atemwege kann jedoch von Patient zu Patient deutlich variieren. Durch die Lungenfunktion lässt sich nur eingeschränkt bestimmen, inwieweit die Atemwegsobstruktion durch ein Lungenemphysem oder eine Erkrankung der kleinen oder großen Atemwege bedingt wird. Daher können sich bei COPD Patienten mit vergleichbarer Lungenfunktion hinsichtlich der zugrundeliegenden Lungenpathologie deutlich unterscheiden. Dies hat zur Folge, dass COPD-Patienten ein sehr unterschiedliches Therapieansprechen zeigen können. Patienten mit einer COPD, bei der ein Lungenemphysem die prädominante Komponente ist, werden so weniger gut auf Bronchodilatatoren ansprechen als Patienten, bei denen die Bronchopathie im Vordergrund steht. Bei Patienten, bei denen eine Erkrankung der kleinen Atemwege im Vordergrund steht, sind möglicherweise inhalierte Medikamente, die die kleinen Atemwege direkt erreichen, wirkungsvoller als Medikamente, die sich bereits in den größeren Atemwegen ablagnern. Da die Lungenfunktion keine sichere Differenzierung zwischen den verschiedenen Manifestationsformen der COPD erlaubt, kommt der Bildgebung in der COPD eine immer größere Bedeutung zu.

Aus der Universitätsklinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien

**Korrespondenzadresse:** PD Dr. Helmut Prosch, Univ. Klinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien, A-1090 Wien, Währinger Gürtel 18–20, E-mail: helmut.prosch@meduniwien.ac.at



**Abbildung 1:** Zentrilobuläres Emphysem bei einem 53 Jahre alten Patienten. Das Lungenemphysem ist durch fokale Areale mit verminderter Lungendichte gekennzeichnet (Pfeile).



**Abbildung 2:** Quantifizierung eines Lungenemphysems. Lungenareale mit Dichtewerten unter -950 Hounsfield Units (HU) werden als Emphysem definiert und entsprechend farbkodiert dargestellt.

## ■ Computertomographie bei COPD

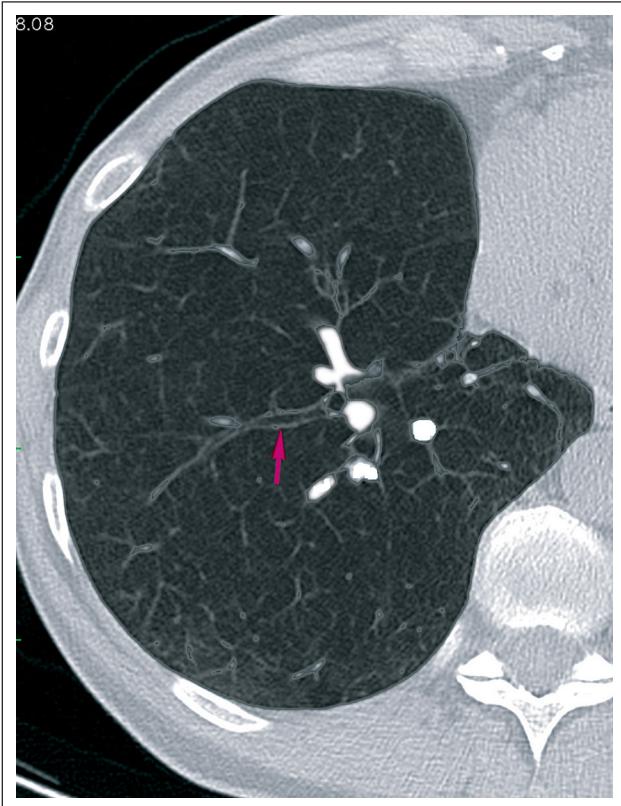
Durch die Computertomographie lassen sich mit dem Lungenemphysem und der Erkrankung der großen Atemwege zwei wesentliche Komponenten der COPD diagnostizieren und auch quantifizieren. Das Lungenemphysem ist in der CT durch fokale Areale mit verminderter Lungendichte (Abbildung 1) charakterisiert.

Das zentrilobuläre Emphysem findet sich im Zentrum des sekundären pulmonalen Lobulus und zeigt eine Prädominanz für die Oberlappen. Das zentrilobuläre Emphysem ist dabei die Emphysemform, die wir am häufigsten bei Rauchern finden. Das panlobuläre Emphysem betrifft den gesamten sekundären pulmonalen Lobulus und steht meist im Zusammenhang mit einem  $\pm 1$ -Proteinaseninhibitormangel oder starkem Zigarettenrauchen.

Durch ein Lungenemphysem verlieren die kleinen Atemwege ihre Aufhängung im Lungenparenchym, was zu einem Verlust der elastischen Rückstellkräfte führt, die beim Gesunden für ein Offthalten der kleinen Atemwege sorgen. Dieser Verlust der elastischen Rückstellkräfte des Aufhängeapparates der kleinen Atemwege erklärt, warum ein Lungenemphysem zu einer Atemwegsobstruktion führt. Das Ausmaß des Lungenemphysems lässt sich mit Hilfe dedizierter Software quantifizieren, indem Lungenanteile mit Dichtewerten unter -950 Hounsfield Units (HU) als Emphysem definiert werden (Abbildung 2). Die Emphysem-Quantifizierung wird heute vor allem zur Planung der Lungenvolumsreduktionstherapie eingesetzt und ist ein wichtiges Werkzeug in der Erforschung der COPD.

Erkrankungen der großen Atemwege sind in der CT durch eine ektatische Erweiterung und/oder einer Verbreiterung der Bronchialwand gekennzeichnet (Abbildung 3). Bei dem doch geringen Durchmesser von Bronchien und der noch geringeren Breite von Bronchialwänden ist eine manuelle Vermessung von Bronchien sehr ungenau. Aus diesem Grund werden seit einigen Jahren von verschiedenen Herstellern Softwarelösungen angeboten, die eine reproduzierbare Vermessung größerer Atemwege bis hin zur 6. Aufzweigungs-Generation der Atemwege erlauben (Abbildung 4). Mit Hilfe solcher Software lassen sich verschiedenste Parameter wie der Durchmesser, die Querschnittsfläche und das Lumen von Bronchien oder die Breite der Bronchialwände und die Querschnittsfläche der Bronchialwände bestimmen. Derzeit ist noch unklar, welcher dieser Messparameter am besten mit der Lungenfunktion oder klinischen Merkmalen korreliert.

Während die Diagnose und CT-Quantifizierung des Lungenemphysems und der Erkrankung der großen Atemwege seit Jahren etabliert ist, bereitet die Beurteilung von kleinen Atemwegen in der CT unverändert Schwierigkeiten. Auf Grund einer Wandbreite von nur 0,05–0,1 mm können nicht pathologisch veränderte kleine Atemwege in der CT nicht abgegrenzt werden. Eine Diagnose einer Erkrankungen der kleinen Atemwege ist in der CT daher nur dann möglich, wenn die Atemwege ektatisch erweitert sind (Bronchiol-



**Abbildung 3:** Ektatisch erweiterte Bronchien des Unterlappens als Ausdruck einer Bronchopathie bei einer Patientin mit COPD

ektasien) und/oder der pathologische Prozess zu einer Verbreiterung der Wand der Bronchiole führt (Bronchopathie). Ein solcher direkter Nachweis einer Erkrankung der kleinen Atemwege bleibt in aller Regel auf Patienten mit einer entzündlichen Erkrankung der kleinen Atemwege oder auf Erkrankungen wie der exogen allergischen Alveolitis (EAA) oder die respiratorische Bronchiolitis beschränkt. Bei Patienten mit einer COPD ist in den meisten Fällen kein direkter Nachweis einer Erkrankung der kleinen Atemwege möglich, da diese bei der COPD in der Regel nicht zu ausgeprägten Bronchiolektasien oder Bronchialwandverbreiterungen führt. Auf Erkrankungen der kleinen Atemwege kann in der CT jedoch indirekt über die Diagnose von Erkrankungen der großen Atemwege oder den Nachweis des sogenannten „air trapings“ geschlossen werden.

Veränderungen der großen Atemwege werden als Hinweis auf eine analoge Erkrankung der kleinen Atemwege gesehen, da der selbe Prozess, der zur Erkrankung der großen Atemwege führt, auch eine analoge Erkrankung der kleinen Atemwege hervorruft [1]. Im Gegensatz zu den kleinen Atemwegen lassen sich pathologische Prozesse der großen Atemwege wie oben beschrieben in der CT gut beurteilen und auch quantifizieren. Mit Hilfe einer solchen softwareunterstützten Quantifizierung des Lungenemphysems und der Bronchialwandbreite konnte in einer Studie gezeigt werden, dass das Exazerbationsrisiko bei COPD unabhängig von der Schwere der Obstruktion vom Ausmaß des Lungenemphysems und der Breite der Bronchialwände abhängt [2]. Durch eine Quantifizierung des Lungenemphysems und der Bronchialwandbreite lassen sich so COPD-Phänotypen identifizieren, die



	Average Inner Area (mm²)	Average Inner Perimeter (mm)	Luminal Eccentricity	Average Wall Thickness (mm)	Wall Area (mm²)	Wall Area %
Trachea	417.58	74.83	0.67	2.63	224.29	34.96
RMB	244.47	58.87	0.77	2.40	170.39	41.07
BronInt	141.35	45.81	0.56	1.94	98.19	41.00
RLL7	67.51	30.32	0.69	1.78	63.78	48.58
RB10	43.17	23.96	0.73	1.64	48.56	52.97

**Abbildung 4:** Automatisierte Vermessung der größeren Atemwege durch eine dedizierte Software. Die einzelnen Atemwege werden mit Hilfe der Software semi-automatisch identifiziert und vermessen.

trotz vergleichbarer Lungenfunktion eine unterschiedliche Therapie benötigen könnten [2].

Rückschlüsse über das Ausmaß der Beteiligung der kleinen Atemwege lassen sich auch über das sogenannte „Air-trapping“ ziehen. Air-trapping ist definiert als eine Luftretention distal einer bronchialen Obstruktion[3]. Air-trapping bei COPD ist die Folge einer reduzierten Wandstabilität der erkrankten kleinen Atemwege, die dazu führt, dass es während der Exspiration zu einem vorzeitigen Kollaps der betroffenen Atemwege kommt und so nur ein Teil der Luft ausgeatmet werden kann. In der CT kann das Air-trapping durch einen Vergleich der Lungendichte auf CT in Inspiration und Exspiration diagnostiziert werden. In Lungenarealen, in den es durch eine Obstruktion zu einem Air-trapping kommt, nimmt die Lungendichte im CT im Vergleich zu gesunden Arealen deutlich weniger zu. Analog zur Quantifizierung des Lungenemphysems kann auch das Air-trapping durch eine CT-Dichtemessung (Densitometrie) bestimmt werden. Erschwert wird die Quantifizierung des Air-trappings bei Patienten mit einer COPD durch das Lungenemphysem, welches ebenfalls zu einer Herabsetzung der Lungendichte führt. In den letzten Jahren konnte in einer Reihe von Studien gezeigt werden, dass das Ausmaß des Air-trappings eng mit der Atemwegsobstruktion, bestimmt über die FEV1, korreliert [4–6].

Limitierend für den breiten Einsatz der CT in der Diagnose der COPD sind vor allem die relativ hohen Kosten und die

Strahlendosis der Untersuchung [7]. Neue Entwicklungen in der CT-Technik haben aber in den letzten Jahren dazu geführt, dass hochwertige CT-Untersuchungen heute mit einem Bruchteil der Strahlendosis durchgeführt werden können, wie sie noch vor wenigen Jahren notwendig waren.

Die quantitative CT des Lungenemphysems und der Erkrankung der kleinen und großen Atemwege erlaubt eine bessere Charakterisierung der COPD und eröffnet neue Forschungsmöglichkeiten. Bei Patienten mit schwer zu therapiierender COPD wird die quantitative CT es künftig erlauben, die Therapie entsprechend dem COPD-Phänotyp zu optimieren und kann so zu einer besseren Versorgung der Patienten beitragen.

### Literatur:

1. Nakano Y, Wong JC, De Jong PA et al. The prediction of small airway dimensions using computed tomography. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 171: 142–6.
2. Han MK, Kazerooni EA, Lynch DA et al. Chronic obstructive pulmonary disease exacerbations in the COPD Gene Study: associated radiologic phenotypes. *Radiology* 2011; 261: 274–82.
3. Hansell DM, Bankier AA, Macmahon H et al. Fleischner Society: Glossary of terms for thoracic imaging. *Radiology* 2008; 246: 697–722.
4. Eda S, Kubo K, Fujimoto K et al. The relations between expiratory chest CT using helical CT and pulmonary function tests in emphysema. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1290–4.
5. Kubo K, Eda S, Yamamoto H et al. Expiratory and inspiratory chest computed tomography and pulmonary function tests in cigarette smokers. *Eur Respir J* 1999; 13: 252–6.
6. Mets OM, Murphy K, Zanen P et al. The relationship between lung function impairment and quantitative computed tomography in chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Radiol* 2012; 22: 120–8.
7. Burgel PR, Bourdin A, Chanez P et al. Update on the roles of distal airways in COPD. *Eur Respiratory Rev* 2011; 20: 7–22.

# Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere  
**zeitschriftenübergreifende Datenbank**

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

## 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](#)