

**ing**  
elektrotechnik

Christian H. Kautz

# Tutorien zur Elektrotechnik

Unser Online-Tipp  
für noch mehr Wissen ...

**informit.de**

Aktuelles Fachwissen rund um die Uhr  
– zum Probelesen, Downloaden oder  
auch auf Papier.

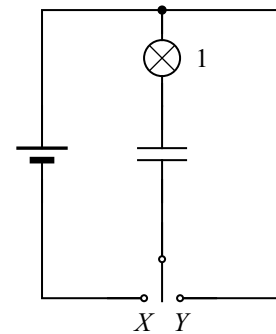
[www.informit.de](http://www.informit.de) 

1. Die rechts abgebildete Schaltung enthält eine Batterie, einen Wechselschalter, eine Glühlampe und einen Kondensator. Der Kondensator ist zu Beginn ungeladen.

a. Beschreiben Sie das Verhalten der Glühlampe in den folgenden Situationen:

- Der Schalter wird zunächst in die Position  $X$  gebracht.

Beschreiben Sie das Verhalten von Glühlampe 1 ab dem Moment des Einschaltens. Begründen Sie.



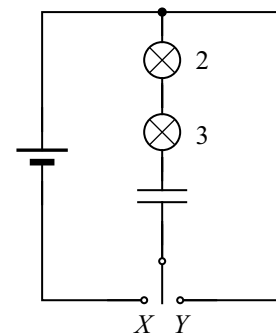
- Der Schalter wird nun in Position  $Y$  gebracht.

Beschreiben Sie das Verhalten der Glühlampe ab dem Moment des Umschaltens. Begründen Sie.

- b. Der Kondensator wird nun vollständig entladen und eine zweite, identische Glühlampe in die Schaltung eingefügt, wie abgebildet.

- Der Schalter wird zunächst in die Position  $X$  gebracht.

Beschreiben Sie das Verhalten der Glühlampen 2 und 3 ab dem Moment des Einschaltens. Begründen Sie.



Vergleichen Sie die Helligkeit von Glühlampe 3 unmittelbar nach Schließen des Schalters mit der entsprechenden Helligkeit von Glühlampe 1 in Teil 1.a. Begründen Sie.

Ist die Spannung am Kondensator zu einem Zeitpunkt lange nach Schließen des Schalters *größer*, *kleiner* oder *gleich* der Spannung an der Batterie? Begründen Sie.

- Der Schalter wird nun in die Position  $Y$  gebracht.

Beschreiben Sie das Verhalten der Glühlampen 2 und 3 ab dem Moment des Umschaltens. Begründen Sie.

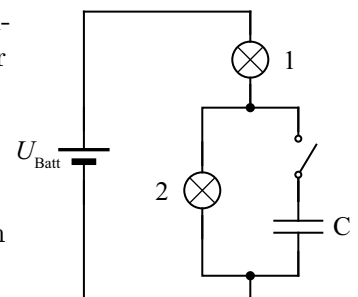
Vergleichen Sie die Helligkeit von Glühlampe 3 unmittelbar nach Schließen des Schalters mit der entsprechenden Helligkeit von Glühlampe 1 in Teil 1.a. Begründen Sie.

Ist die Spannung am Kondensator zu einem Zeitpunkt lange nach Schließen des Schalters *größer*, *kleiner* oder *gleich* der Spannung an der Batterie? Begründen Sie.

2. Die abgebildete Schaltung enthält zwei identische Glühlampen, einen Kondensator, einen Schalter und eine ideale Batterie. Der Kondensator ist zu Beginn ungeladen.

a. Unmittelbar nach Schließen des Schalters:

- Geben Sie die Spannungen an Glühlampe 1, Glühlampe 2 und Kondensator  $C$  in Abhängigkeit von der Batteriespannung an. Begründen Sie.
- Ordnen Sie die Ströme  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_C$  und  $I_{\text{Batt}}$  nach ihrem Betrag. Begründen Sie.



b. Eine lange Zeit nach dem Schließen des Schalters:

- Ordnen Sie die Ströme  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_C$  und  $I_{\text{Batt}}$  nach ihrem Betrag. Begründen Sie.
- Geben Sie die Spannungen an Glühlampe 1, Glühlampe 2 und Kondensator  $C$  in Abhängigkeit von der Batteriespannung an. Begründen Sie.

c. Fassen Sie Ihre Ergebnisse zusammen, indem Sie das Verhalten der Glühlampen 1 und 2 ab dem Moment des Einschaltens beschreiben.

# TEIL II

## Gleichstromnetzwerke

<b>Modelleigenschaften</b> .....	57
<b>Tutorial</b> .....	57
<b>Übung</b> .....	61
<b>Quellen und Arbeitsgeraden</b> .....	65
<b>Tutorial</b> .....	65
<b>Übung</b> .....	69
<b>Ersatzquellen</b> .....	71
<b>Tutorial</b> .....	71
<b>Übung</b> .....	75
<b>Leistung</b> .....	77
<b>Tutorial</b> .....	77
<b>Übung</b> .....	81



Im vorliegenden Tutorial werden einige der bisher eingeführten Begriffe mit dem in der Elektrotechnik üblichen Modell für elektrische Netzwerke formalisiert. Außerdem soll anhand einiger experimenteller Beobachtungen deutlich werden, welcher Zusammenhang zwischen diesem Modell und realen elektrischen Schaltungen besteht, und wo Unterschiede auftreten.

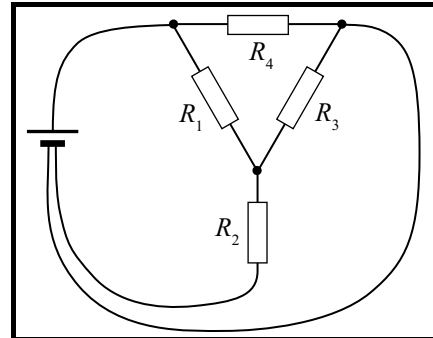
## 1 Wiederholung einiger Grundlagen

### 1.1 Potentialstufen im Schaltbild

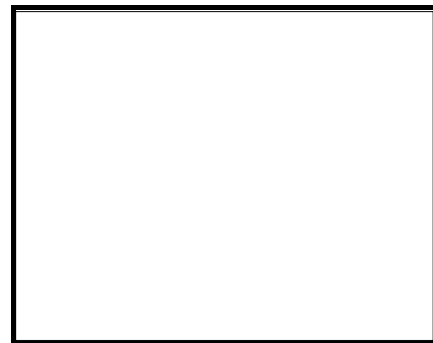
Die nachfolgende Abbildung gibt die Drahtverbindungen zwischen den Bauteilen einer Schaltung aus einer Batterie und vier Widerständen wirklichkeitsgetreu wieder.

- a. Markieren Sie im Schaltbild jeweils alle Punkte gleichen Potentials mit derselben Farbe (z. B. rot für das höchste auftretende Potential, blau für das niedrigste, usw.).

Warum hängt Ihr Ergebnis nicht davon ab, ob die vier Widerstände identisch sind oder nicht? Erläutern Sie.



- b. Zeichnen Sie nun im Zeichenfeld rechts ein Schaltbild der gleichen Schaltung in der üblichen rechtwinkligen Form.
- c. Beschreiben Sie die Schaltung in ihrem Aufbau durch Reihen- und Parallelschaltung der verschiedenen Widerstände.

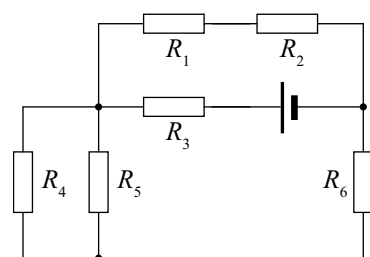


### 1.2 Reihen- und Parallelschaltungen

- a. Formulieren Sie Definitionen der Begriffe „Reihenschaltung“ und „Parallelschaltung“ für Bauelemente in elektrischen Schaltkreisen. Verwenden Sie dabei *nicht* die Begriffe „Strom“ oder „Spannung“.

- Reihenschaltung
- Parallelschaltung

- b. Wenden Sie Ihre Definitionen auf die nebenstehende Schaltung an, d. h. geben Sie an, welche Widerstände oder Baugruppen von Widerständen miteinander parallel oder in Reihe geschaltet sind.



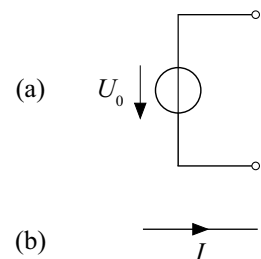
- c. Was lässt sich jeweils über die Ströme durch und Spannungen an zwei Bauelementen aussagen, die in Reihe bzw. parallel geschaltet sind? Begründen Sie Ihre Antwort.

- Reihenschaltung
- Parallelschaltung

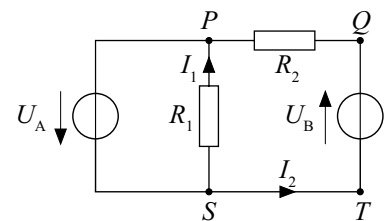
Können Sie weiter gehende Aussagen treffen, wenn es sich um zwei identische Bauelemente handelt?

### 1.3 Zählpfeile und Aufstellen von Netzwerkgleichungen

Das Symbol in Abbildung (a) wird in der Elektrotechnik häufig zur Bezeichnung einer Spannungsquelle verwendet. Dabei gibt der Pfeil die Richtung vom höheren zum niedrigeren Potential an, wenn  $U_0$  einen positiven Zahlenwert hat. Der Pfeil in Abbildung (b) stellt den Strom durch einen Leiter oder ein Schaltungselement dar. Ein positiver Wert für  $I$  entspricht hier einer Bewegung positiver Ladung in Pfeilrichtung. Beide Arten von Pfeilen werden als *Zählpfeile* bezeichnet. Zählpfeile werden später im Zusammenhang mit der Leistung in elektrischen Systemen erneut betrachtet.



In der rechts dargestellten Schaltung sind die beiden Spannungsquellen durch Zählpfeile gekennzeichnet. Außerdem sind an zwei Stellen Stromzählpfeile eingetragen.  $U_A$  und  $U_B$  sollen beide positiv sein.



- a. Stellen Sie eine algebraische Gleichung auf, welche die Potentiale  $\Phi_P$  und  $\Phi_S$  an den Punkten  $P$  und  $S$  miteinander in Beziehung setzt.

Müssen Sie den Wert von  $R_1$  kennen, um  $\Phi_P - \Phi_S$  zu bestimmen, sofern  $U_A$  gegeben ist?

Welches Element im obigen Schaltbild wird durch diese Gleichung algebraisch wiedergegeben?

- b. Stellen Sie eine algebraische Gleichung auf, mit welcher der Strom  $I_1$  in Abhängigkeit von den Potentialen an geeigneten Punkten bestimmt werden kann.

Welches Element im obigen Schaltbild wird durch diese Gleichung algebraisch wiedergegeben?

- c. Ordnen Sie einem der markierten Punkte das Potential  $0\text{ V}$  zu und bestimmen Sie die Potentiale an den anderen Punkten.

Welcher Punkt in der Schaltung hat das höchste, welcher das niedrigste Potential?

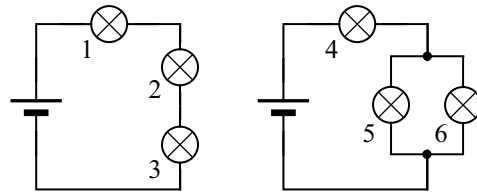


- d. Bestimmen Sie anhand Ihrer Ergebnisse in Teil c die Vorzeichen der beiden Ströme  $I_1$  und  $I_2$ . Begründen Sie.
- e. In den Teilen a und c haben Sie jeweils einer Netzwerkgleichung ein bestimmtes Symbol im Schaltbild zugeordnet, das durch diese Gleichung wiedergegeben wird. Stellen Sie nun zwei weitere Gleichungen auf, welche die Symbole für  $U_B$  und  $R_2$  in der obigen Schaltung algebraisch wiedergeben.

## 2 Anwendbarkeit und Grenzen des Modells

### 2.1 Ohmsches und nicht-ohmsches Verhalten

Die Schaltungen rechts enthalten identische Glühlampen. Die beiden Batterien sind gleich und haben eine konstante Klemmenspannung  $U$ .



- a. Vergleichen Sie mithilfe qualitativer Überlegungen die Helligkeit der Lampen *innerhalb* jeder der beiden Schaltungen.
- b. *Nehmen Sie an*, die Lampen verhalten sich nach dem Ohm'schen Gesetz, d. h. sie besitzen einen vom Strom unabhängigen Widerstand  $R$ . Bestimmen und vergleichen Sie die Ströme durch die Lampen 3 und 5, die sich aufgrund dieser Annahme ergeben würden.

Leuchtet Lampe 3 nach Ihrer Erwartung *heller*, *weniger hell* oder *gleich hell* wie Lampe 5?

- c. Bauen Sie die beiden Schaltungen auf und vergleichen Sie die tatsächlichen Helligkeiten der beiden Lampen. Vergleichen Sie *aufgrund Ihrer Beobachtungen*
- den Strom durch Lampe 5 mit dem Strom durch Lampe 3,
  - die Spannung an Lampe 5 mit der Spannung an Lampe 3.
- d. Sind die folgenden Spannungen Ihrer Beobachtung zufolge *größer*, *kleiner* oder *gleich* einem Drittel der Batteriespannung?
- die Spannung an Lampe 3
  - die Spannung an Lampe 5

Wir möchten nun die Widerstände der (identischen) Lampen in den Positionen 4 und 5 der rechten obigen Schaltung miteinander vergleichen. Dazu werden zunächst die Ströme, anschließend die Spannungen der beiden Lampen zueinander in Beziehung gesetzt.

- e. Ist der Strom durch Lampe 5 *größer*, *kleiner* oder *gleich* der Hälfte des Stromes durch Lampe 4?
- f. Ist die Spannung an Lampe 5 *größer*, *kleiner* oder *gleich* der Hälfte der Spannung an Lampe 4? (*Hinweis*: Verwenden Sie Ihre Antwort aus Teil d.)
- g. Ist das Verhältnis von Spannung zu Strom für Lampe 5 *größer*, *kleiner* oder *gleich* dem entsprechenden Verhältnis für Lampe 4?
- h. Haben die Glühlampen einen vom durch sie fließenden Strom unabhängigen Widerstand, d. h. weisen sie *lineares* (oder *ohmsches*) Verhalten auf?

In den folgenden Tutorien beschäftigen wir uns in erster Linie mit linearen Schaltungselementen und betrachten deshalb Schaltungen mit ohmschen Widerständen anstelle von Glühlampen. Das Verhalten nicht-linearer Elemente wird in Teil V der Tutorien wieder aufgegriffen.

## 2.2 Ideale und nicht-ideale Spannungsquellen

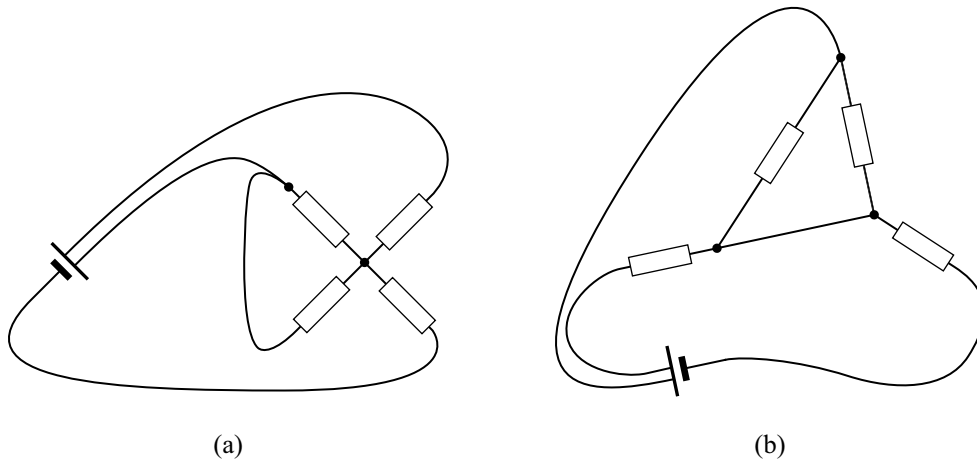
Schließen Sie eine einzelne Glühlampe (Lampe 1) an eine Batterie an. Bauen Sie getrennt davon eine Parallelschaltung von mindestens fünf Glühlampen (ohne Batterie) auf.

- a. Verbinden Sie nun das Netzwerk aus den fünf Lampen in Parallelschaltung mit der bereits leuchtenden Lampe 1. Achten Sie darauf, ob sich dabei die Helligkeit von Lampe 1 ändert. Trennen Sie dann wieder die Verbindung zwischen Lampe 1 und den anderen Lampen.
- b. Schließen Sie ein Voltmeter an den Batterieklemmen an. Wiederholen Sie den Versuch und achten Sie nun darauf, ob sich die Klemmenspannung der Batterie ändert.

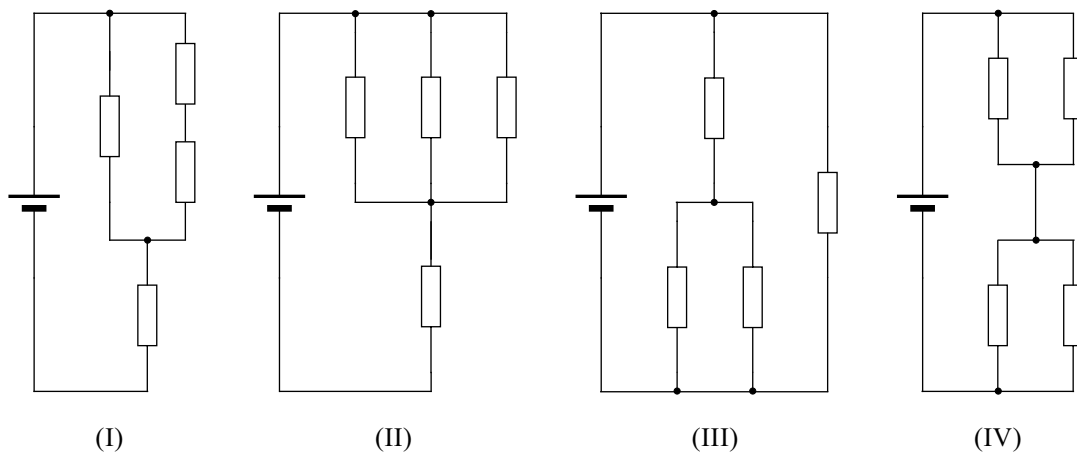
Wir haben in einem früheren Tutorial beobachtet, dass zwei oder drei Glühlampen, die in Parallelschaltung an eine „gute“ Batterie angeschlossen sind, nahezu die gleiche Helligkeit besitzen wie eine einzelne Lampe an der gleichen Batterie. Wir haben eine Batterie, für welche dies exakt zutrifft, als *ideale Batterie* oder *ideale Spannungsquelle* bezeichnet und festgestellt, dass bei zwei oder drei parallel geschalteten Lampen eine „gute“ Batterie sich nahezu ideal verhält. In diesem Versuch konnten Sie die Grenzen der Anwendbarkeit dieses Modells beobachten. Je mehr Lampen parallel verbunden sind, desto deutlicher werden die Abweichungen vom Verhalten einer idealen Batterie.

Das Verhalten nicht-idealer Quellen wird im nachfolgenden Tutorial ausführlich untersucht.

1. Die nachfolgende Abbildung gibt die Drahtverbindungen zwischen den Bauteilen in zwei Schaltungen (a) und (b) wirklichkeitsgetreu wieder.

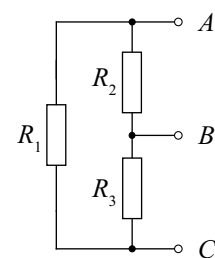


- a. Beschreiben Sie die beiden Schaltungen (a) und (b) in ihrem Aufbau durch Reihen- und Parallelschaltung der vier Widerstände.
- b. In der folgenden Abbildung sind vier Schaltbilder (I) bis (IV) in der üblicherweise verwendeten rechtwinkligen Form gegeben. Ordnen Sie jeder der beiden obigen Schaltungen (a) und (b) das passende Schaltbild zu.



2. Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Netzwerk mit drei Anschlussklemmen A, B und C. Beschreiben Sie die sich ergebende Schaltung hinsichtlich der auftretenden Reihen- und Parallelschaltungen und bestimmen Sie den Gesamtwiderstand des Netzwerks, wenn die Spannungsquelle

- zwischen den Klemmen A und B angeschlossen ist,
- zwischen den Klemmen A und C angeschlossen ist.



Hängt die Zerlegung in Reihen- und Parallelschaltungen von den Anschlüssen der Quelle ab?

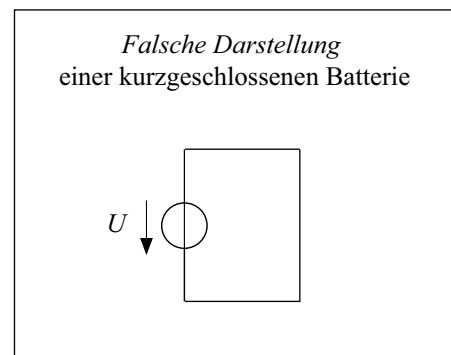
3. Es gibt Schaltungen, die sich nicht in Reihen- und Parallelschaltungen von Bauteilen zerlegen lassen. Zeichnen Sie rechts ein Schaltbild einer solchen Schaltung.



4. Ein Student hat die beiden Pole einer 1,5-Volt-Batterie mit einem kurzen Draht verbunden und möchte diese Situation bildlich darstellen. Dazu hat er die Batterie modellhaft als ideale Spannungsquelle beschrieben und folgendes Schaltbild skizziert.

- a. Übersetzen Sie entsprechend Abschnitt 1.3 im *Tutorial* die folgenden Schaltbildsymbole in algebraische Gleichungen:

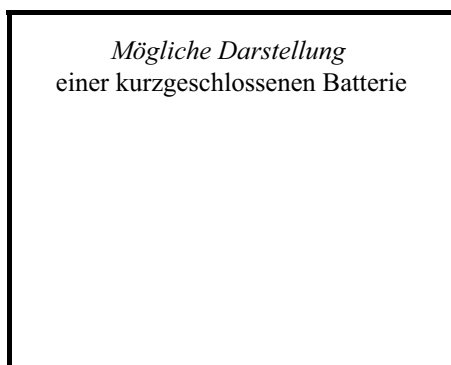
- das Batteriesymbol
- die durchgezogene Linie für den idealen Leiter



- b. Erläutern Sie, warum die Skizze kein zulässiges Schaltbild im Netzwerkmodell der Elektrotechnik ist. (*Hinweis:* Versuchen Sie, verschiedenen Punkten in der Schaltung ein Potential zuzuordnen.) Streichen Sie anschließend das unzulässige Schaltbild durch.

- c. Welche Annahme wurde implizit über die Drahtverbindung zwischen den Polen der Batterie gemacht?

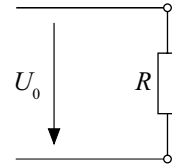
Korrigieren Sie diese unrealistische Annahme und zeichnen Sie ein neues Schaltbild für die betrachtete Situation.



Andere modellhafte Darstellungen dieser experimentellen Anordnung sind möglich. Deshalb wird diese Situation in den Übungen zum Tutorial *Quellen und Arbeitsgeraden* erneut untersucht.

5. Erläutern Sie, warum zwei ideale Quellen mit unterschiedlicher Spannung nicht parallel geschaltet werden dürfen.

6. Eingangsspannungen in elektrischen Schaltungen werden häufig durch Spannungspfeile angedeutet, ohne dass ein Symbol für eine Quelle gezeichnet wird. Zwei Studierende diskutieren anhand des nebenstehenden Schaltbildes, wie diese Konvention zu verstehen ist.



Student 1: *„Der Pfeil ersetzt hier die Spannungsquelle. Durch den Widerstand fließt also ein Strom.“*

Student 2: *„Das kann nicht sein. Der Widerstand ist nicht Teil eines geschlossenen Stromkreises. Um einen Gleichstrom fließen zu lassen, muss immer ein geschlossener Stromkreis vorhanden sein. Der Strom durch diesen Widerstand ist also Null.“*

a. Welcher der beiden Aussagen stimmen Sie zu? Begründen Sie Ihre Antwort.

b. Stellen Sie eine Gleichung auf, welche das Vorhandensein des Spannungspfeils algebraisch wiedergibt.



### **Copyright**

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als persönliche Einzelplatz-Lizenz zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschliesslich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs
- und der Veröffentlichung

bedarf der schriftlichen Genehmigung des Verlags.

Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: [info@pearson.de](mailto:info@pearson.de)

### **Zusatzdaten**

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

### **Hinweis**

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website



herunterladen