

**Lese-  
probe**

Handreichung

Cornelsen Experimenta

# Optik 2.0

Schüler-Set

Lichtausbreitung und Schattenbildung

Reflexion an Spiegeln

Strahlenverlauf an gekrümmten Spiegeln

Brechung und Totalreflexion

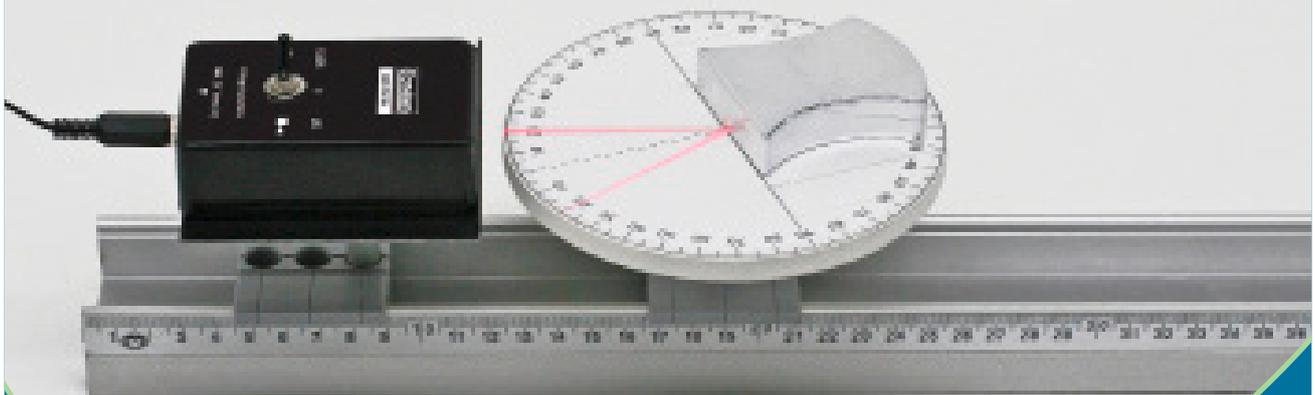
Brennweite einer Sammellinse

Strahlengang bei Konvex- und Konkav-Linsen

Linsengleichung

Zerlegung von weißem Licht

Optische Geräte



**Cornelsen**

Dieses Werk enthält Vorschläge und Anleitungen für Untersuchungen und Experimente. Vor jedem Experiment sind mögliche Gefahrenquellen zu besprechen. Beim Experimentieren sind die Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht einzuhalten.

Die Webseiten Dritter, deren Internetadressen in diesem Lehrwerk angegeben sind, wurden vor Drucklegung sorgfältig geprüft. Cornelsen Experimenta übernimmt keine Gewähr für die Aktualität und den Inhalt dieser Seiten oder solcher, die mit ihnen verlinkt sind.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu §§ 60 a, 60 b UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60 b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen.

## Schüler-Set Optik 2.0

Bestellnummer 47530

## Inhalt

Einräumplan / Einzelteilübersicht .....	4, 5
Hinweise zum Versuchsaufbau .....	6
Hinweise zur Schülerlampe .....	7

### 1 Strahlenoptik

#### Versuchsbeschreibungen, Arbeitsblätter & Stationskarten.....8

1.1	Licht und Schatten .....	8
1.2	Reflexionsgesetz .....	10
1.3	Gekrümmte Spiegel .....	13
1.4	Snellius'sches Brechungsgesetz.....	15
1.5	Das Prinzip von Fermat .....	18
1.6	Brechung und Totalreflexion in Wasser.....	21
1.7	Übung zur Lichtbrechung .....	24
1.8	Strahlengänge durch Linsen .....	26
1.9	Brennpunkt einer Sammellinse .....	28
1.9a	Schnittlinse.....	28
1.9b	Linse auf der optischen Bank.....	28
1.10	Bildentstehung bei Sammellinsen.....	32
1.11	Linsengleichung .....	35
1.12	Optische Geräte .....	38
1.12a	Das Erdfernrrohr .....	38
1.12b	Das astronomische Fernrohr .....	39
1.12c	Der Projektor.....	39
1.12d	Das Lichtmikroskop .....	40
1.13	Licht und Farbe .....	43

Für die Versuche zur Wellenoptik ist die  
**Ergänzung Wellenoptik 47540** erforderlich.

### 2 Wellenoptik

#### Versuchsbeschreibungen, Arbeitsblätter & Stationskarten..... 45

2.1	Interferenz am Gitter .....	45
2.2	Polarisation .....	48
2.3	Polarisationseffekte .....	51
2.3a	Polarisation bei Spiegelung (Brewster-Winkel).....	51
2.3b	Spannungsdoppelbrechung .....	51
2.3c	Chromatische Polarisation (LCD-Bildschirme) .....	52
2.4	LED und Laser – Kohärenz, Polarisation und Monochromatik.....	55

Arbeitsblatt für Heftoptik .....

Bestellschein .....

Die markierten Kapitel sind in dieser Leseprobe in Auszügen enthalten.

## CE-Konformitätserklärung

Hiermit wird bestätigt, dass das Produkt Schüler-Set *Optik 2.0* (Best.-Nr. 47530) den Anforderungen der Europäischen Norm **EN 50 081-1 (EMV)** entspricht.

Cornelsen Experimenta – Berlin, am 22.05.2017



Nicolas Domann

Geschäftsführer

mit Ergänzung  
Wellenoptik 47540

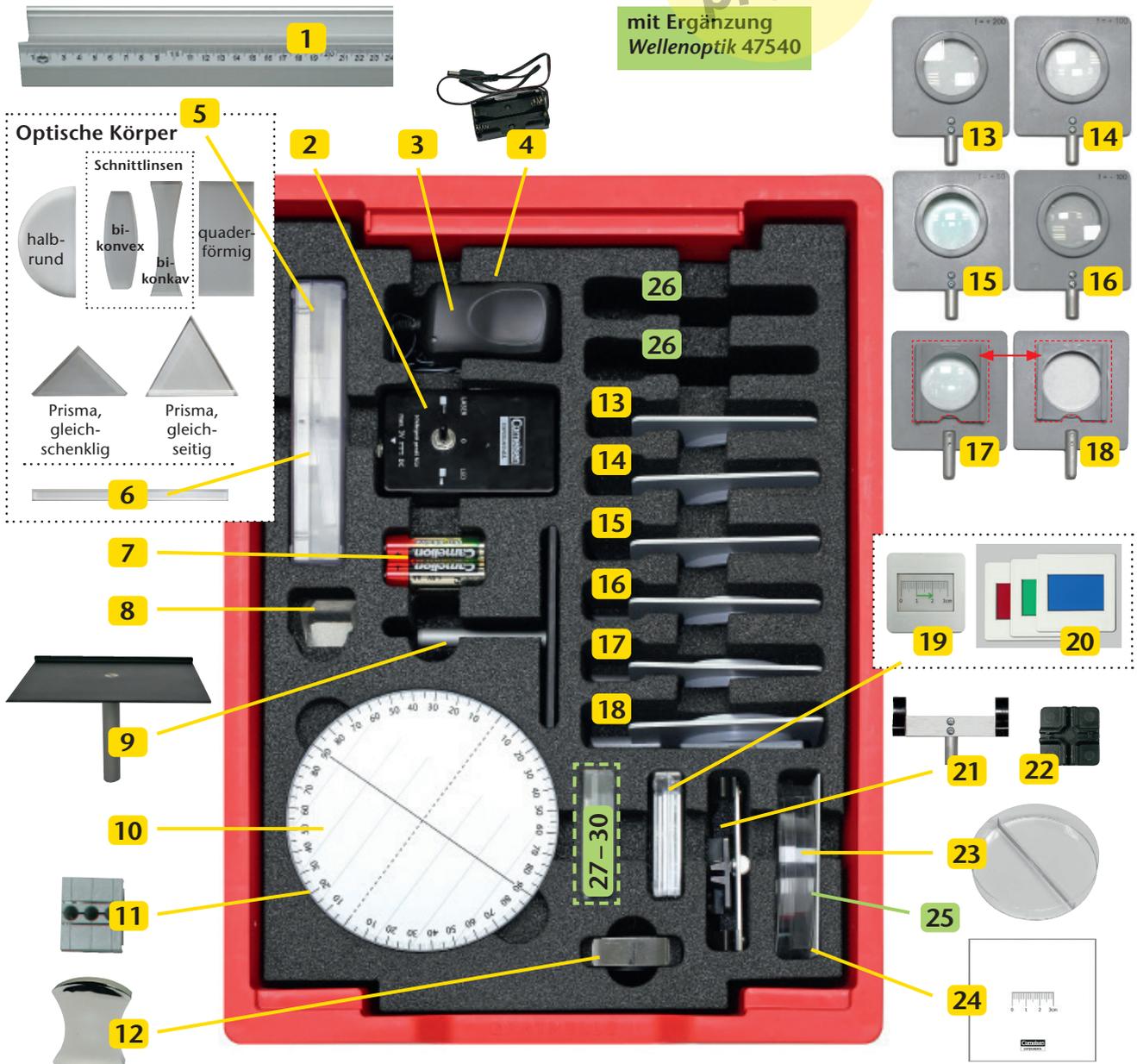


Abb.-Nr.	Anz.	Artikelbezeichnung	Best.-Nr.
–	1	Anleitung Schüler-Set Optik 2.0	475305
–	1	Einräumplan Schüler-Set Optik 2.0	475303
1	1	Profilschiene, Aluminium, 500mm	40810
2	1	Schülerlampe LED/LASER	47535
3	1	Stecker-Netzgerät	68534
4	1	Batteriehalter	475351
5	1	Satz Optische Körper (6 Stück)	47510
6	1	Acrylglasstab	47511
7		Mignonbatterie, 1,5V, Alkaline, Satz 4 Stück	51904
8	1	Prisma, gleichseitig, 3x60°	47241
9	1	Lampentisch	47536
10	1	Messtisch	47512
11	5	Klemmschieber	40820
12	1	Universalspiegel	47094

Abb.-Nr.	Anz.	Artikelbezeichnung	Best.-Nr.
13	1	Linse, bikonvex, $f = +200$ mm	47136
14	1	Linse, bikonvex, $f = +100$ mm	47135
15	1	Linse, bikonvex, $f = +50$ mm	47134
16	1	Linse, bikonkav, $f = -100$ mm	47138
17	1	Kondensator	475151
18	1	Blenden- und Dialhalter	47517
19	1	Dia Maßstab	47410
20	1	Farbfilter, Primärfarben, rot, grün, blau	47045
21	1	Schirm- und Spiegelhalter	47256
22	1	Kreuzständer, schwarz	13707
23	1	Petrishale mit Mittelsteg	17715
24	1	Schirm, weiß, mit Maßstab	13733

**Zusätzlich erforderlich:**  
Schattenkörper (Radiergummi, Anspitzer etc.),  
Lineal (30 cm), Wasser

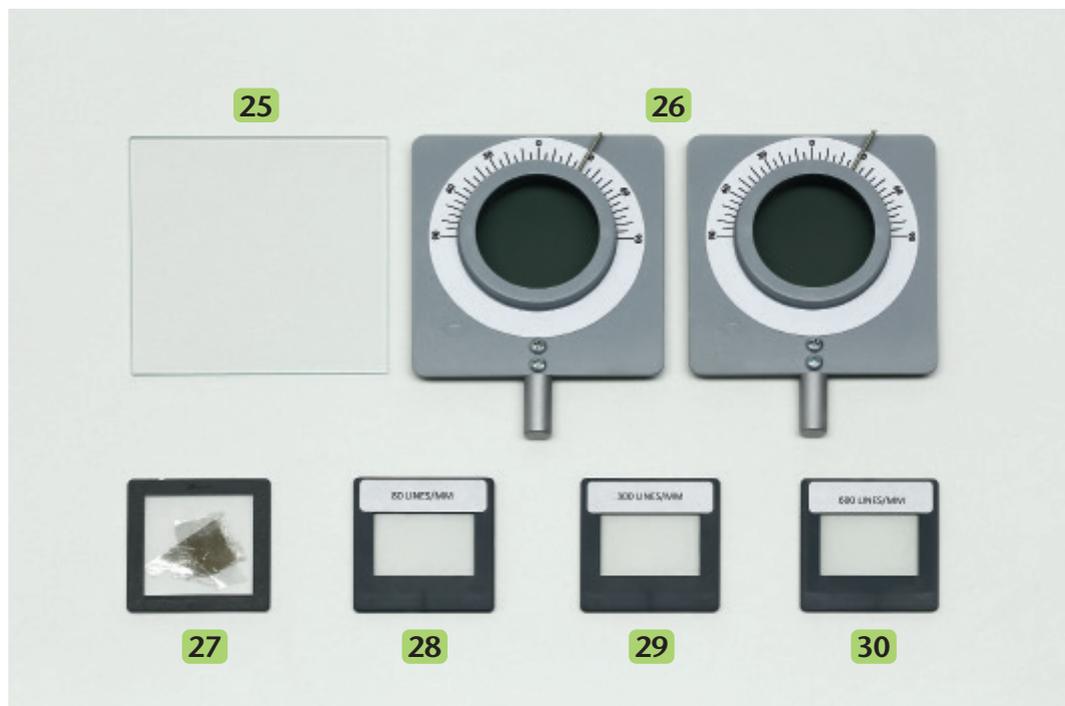
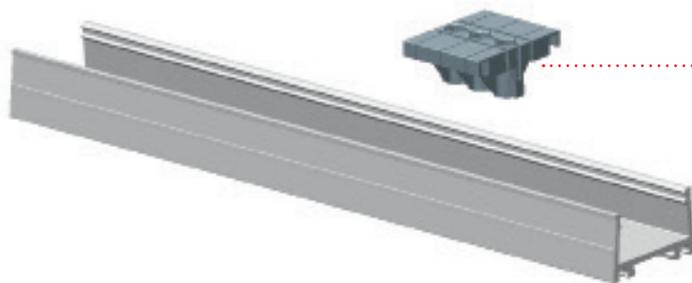


Abb.-Nr.	Anz.	Artikelbezeichnung	Best.-Nr.
25	1	Schirm, Klarglas	47065
26	1	Paar Polarisationsfilter mit Skala	47282
27	1	Glimmerscheibe im Diarahmen	47407
28	1	Strichgitter, 80 Linien/mm	47285
29	1	Strichgitter, 300 Linien/mm	47282
30	1	Strichgitter, 600 Linien/mm	47283

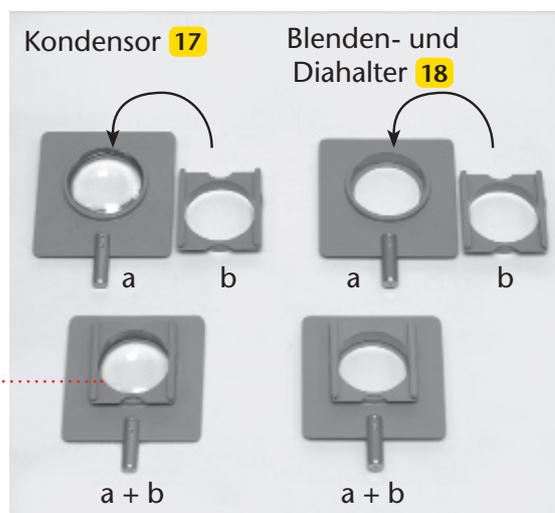


Die **Klemmschieber 11** können an jeder beliebigen Stelle der Profilschiene aufgesetzt werden. Sie dienen zum Einstecken und Fixieren der Stativstäbe.

Die drei Buchsen des Klemmschiebers unterscheiden sich in ihrer Klemmwirkung. Bei der Wahl der Buchse ist darauf zu achten, dass das Bauteil bis zum Anschlag in die Buchse geschoben ist und fest sitzt.

Der **Blenden- und Diahalter 18** und der **Kondensator 17** mit **Blenden- und Diahalter 18** werden jeweils aus zwei Teilen (a und b) zusammengesetzt.

Der Aufsatz (b) ist in der Box *einfach* vorhanden und wird – je nach Bedarf – zwischen **17** und **18** getauscht.



## Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung der Schülerlampe

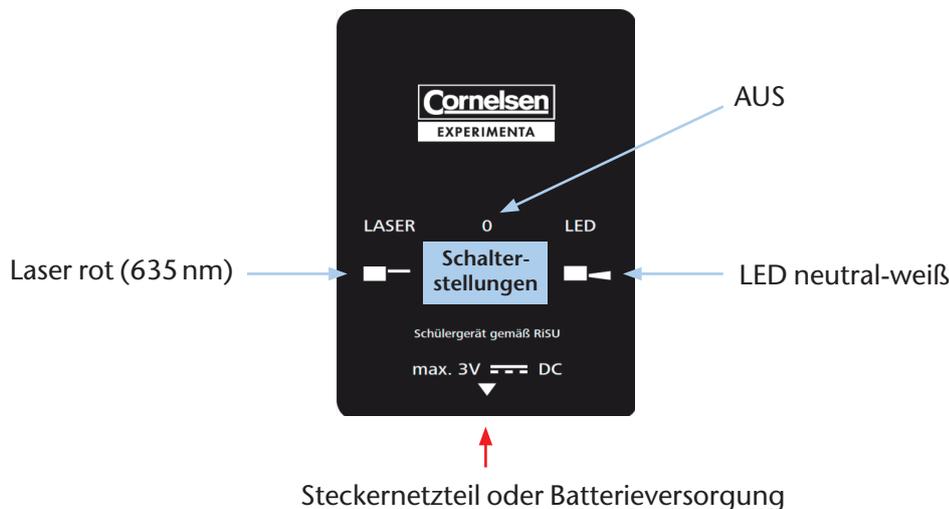
Die Schülerlampe emittiert umschaltbar Licht einer weißen LED und eines roten Lasers. Beide Lichtquellen sind in der niedrigsten Schutzklasse ihrer Art zertifiziert \*, sodass die Schülerlampe nach DIN EN 62471 der **Risikogruppe RG0** („freie Gruppe“) und nach DIN EN 60825 der **Laserschutzklasse I** zugeordnet ist.

\* Das Zertifikat kann in elektronischer Form angefordert werden unter [info@cornelsen-experimenta.de](mailto:info@cornelsen-experimenta.de)

Eine Gefährdungsbeurteilung gemäß der RiSU „Sicherheit und Gesundheit im Unterricht“ erlaubt den Einsatz der Schülerlampe im Unterricht:

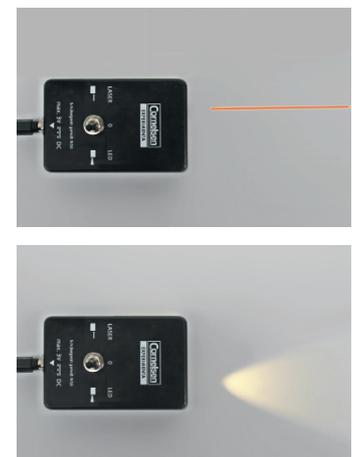
- Der **Betrieb** der Lampe durch Schülerinnen und Schüler **erfordert nicht die Aufsicht der Lehrerin oder des Lehrers**.
- Der **Versuchsbereich muss nicht** mit einem Laserwarnschild **gekennzeichnet oder** durch Abgrenzung gegen unbeabsichtigtes Betreten **gesichert sein**.
- Der Einsatz von optisch sammelnden Komponenten (z. B. Lupen, Sammellinsen) ist erlaubt.

Wir empfehlen, die Schülerinnen und Schüler vor Aufbau und Durchführung von Experimenten über die Gefährdung der Augen durch Laserlicht zu belehren. Den Schülerinnen und Schülern sollte der direkte Blick in den Laser und die LED untersagt werden, auch wenn er für Abstände größer als der zertifizierte Sicherheitsabstand von 50 mm gestattet ist.



## Hinweise zum Gebrauch

Die Schülerlampe benötigt eine Gleichspannung von 3V. Sie kann wahlweise mit der Batterieversorgung oder dem Steckernetzteil betrieben werden. Mittels Umschalter kann zwischen LED und Laser gewählt werden. Der Laser entwickelt seine volle Leuchtstärke nur bei Temperaturen unter 40 °C. Beim Wechsel der Schülerlampe vom LED-Betrieb in den Laser-Betrieb ist deshalb darauf zu achten, dass nach längerem Einsatz der LED bei Raumtemperatur eine Abkühlzeit von ca. 5 Minuten eingeplant wird.





## 1.7 Übung: Brechung

Die Brechung von Licht in verschiedenen Körpern wird in einer Heftoptik konstruiert und anschließend mit dem Laser der Schülerlampe kontrolliert.

Arbeitsblatt *Übung zur Lichtbrechung*



### Material

- Schülerlampe LED / LASER.....2
- Satz Optische Körper.....5

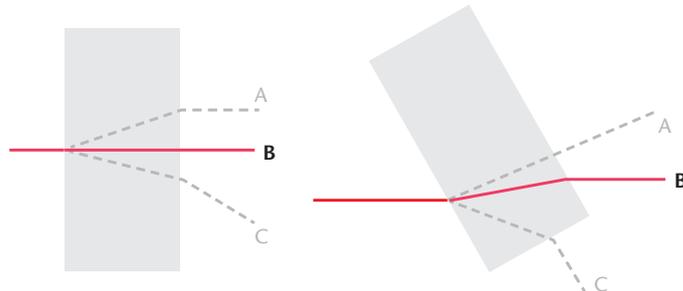
### Versuchsdurchführung

In jeder Aufgabe wird zuerst der Verlauf des gezeigten Lichtstrahls vervollständigt. Anschließend wird der jeweilige optische Körper mit der rauhen Fläche

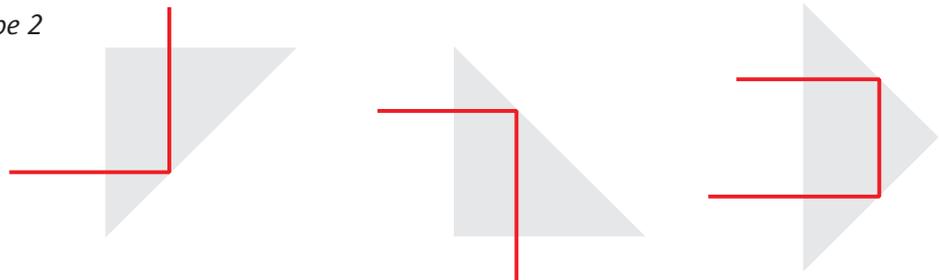
auf die vorgesehene Position gelegt und die Lösung mit dem Laser kontrolliert.

### Lösungen

Aufgabe 1



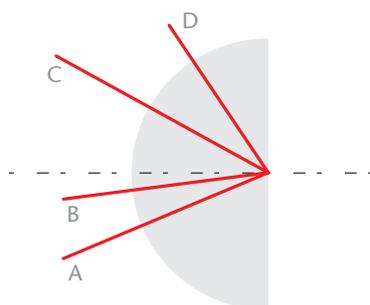
Aufgabe 2



Aufgabe 3

Ausgehend vom Brechungsindex 1,55 ergibt sich für den Brechungswinkel  $\beta$

$$\beta = \sin^{-1}(\sin(\alpha) \cdot 1,55).$$

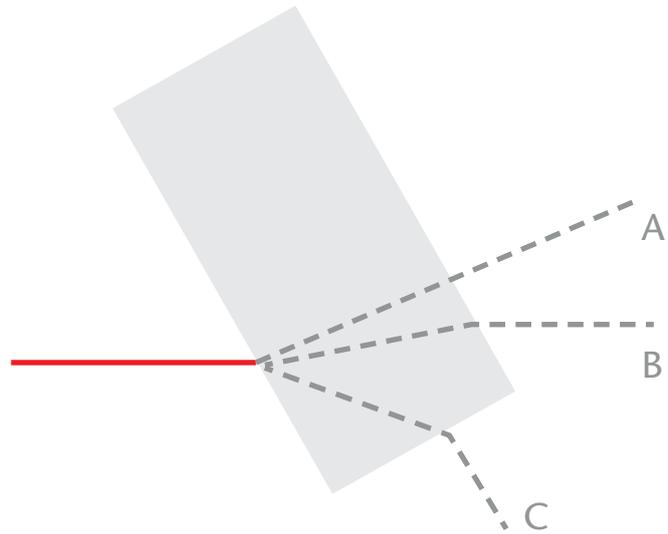
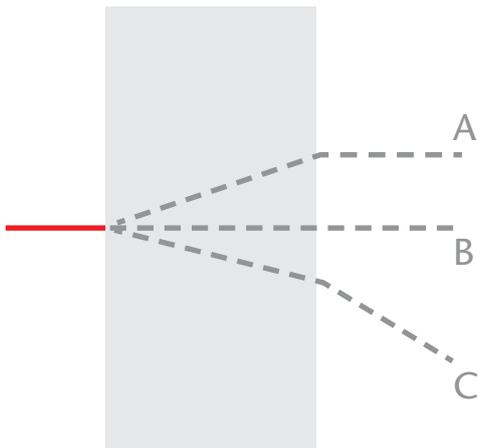


Strahl	Einfallswinkel $\alpha$	Brechungswinkel $\beta$
A	25°	41°
B	10°	16°
C	30°	51°
D	55°	–

Die grau dargestellten Körper sind aus Glas. Löse die folgenden Aufgaben und überprüfe deine Ergebnisse mit dem Laser und dem entsprechenden Körper.

Rauhe Seite liegt auf!  
Verhindere beim Überprüfen, dass ein Teil des Laserstrahls über den Körper scheint.

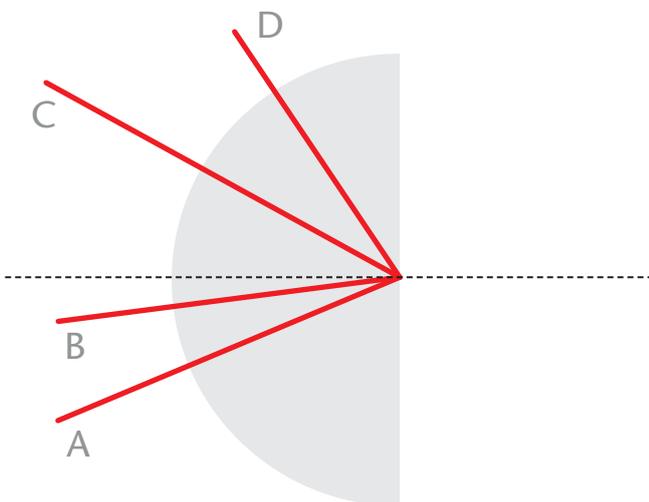
1. Markiere den richtigen Lichtweg.



2. Konstruiere den weiteren Strahlenverlauf.



3. Miss die Einfallswinkel der vier Strahlen. Bestimme den Brechungswinkel und konstruiere mit deinem Ergebnis den weiteren Strahlenverlauf.



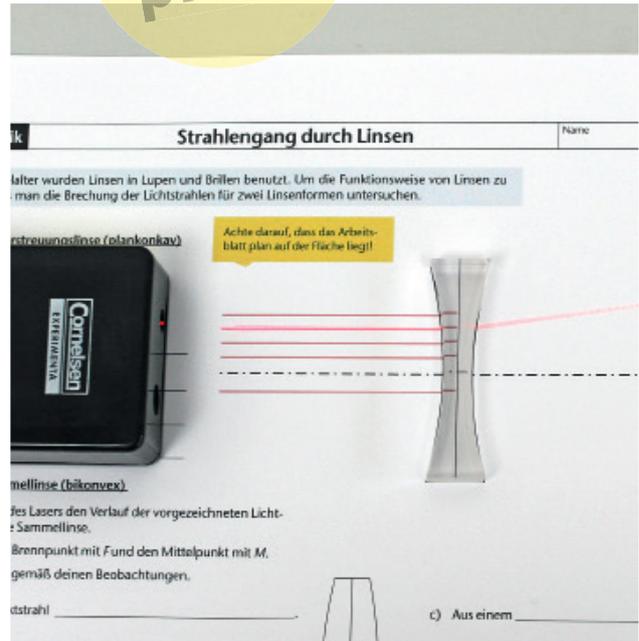
Strahl	Einfallswinkel	Brechungswinkel
A		
B		
C		
D		



**1.8 Strahlengänge durch Linsen**

Die Strahlengänge durch Konvex- und Konkavlinse werden als Heftoptik untersucht.

Arbeitsblatt *Strahlengang durch Linsen*



**Material**

- Schülerlampe LED / LASER.....2
- Bikonkave Schnittlinse,
- Bikonvexe Schnittlinse
- (aus Satz *Optische Körper*).....5

**Versuchsdurchführung**

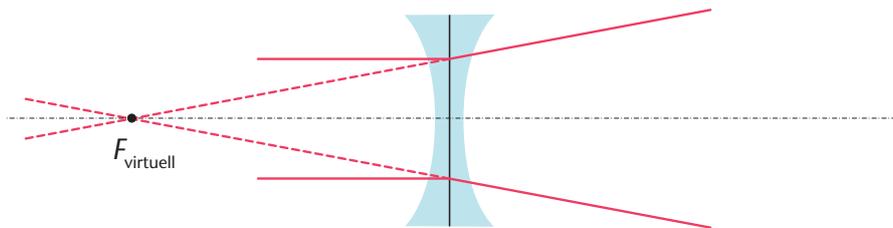
Bei der Durchführung ist eingangs darauf zu achten, dass die Linsen auf der vorgezeichneten Position liegen. Anschließend werden die auf dem Arbeits-

blatt rot vorgezeichneten Lichtwege mit dem Laser ausgeleuchtet und vervollständigt.

**Auswertung**

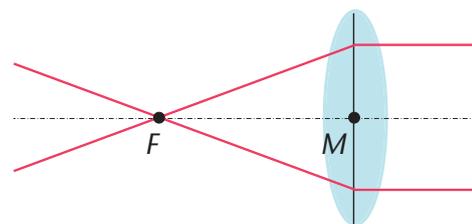
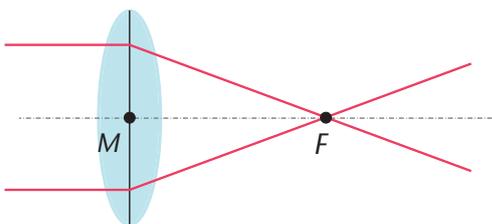
Im Teilerperiment zur Zerstreuungslinse lässt sich beobachten, dass paralleles Licht hinter der Linse auseinanderläuft. Dabei werden die Lichtstrahlen so

gebrochen, dass sie aus einem virtuellen Brennpunkt zu kommen scheinen.



Eine Sammellinse hingegen bündelt parallele Lichtstrahlen dicht der optischen Achse in einem Brennpunkt. Da der Lichtweg umkehrbar ist, werden

Brennpunktstrahlen von der Linse zu Parallelstrahlen gebrochen. Mittelpunktstrahlen werden von einer ausreichend dünnen Linse nicht gebrochen.



$M \triangleq$  „Mittelpunkt“

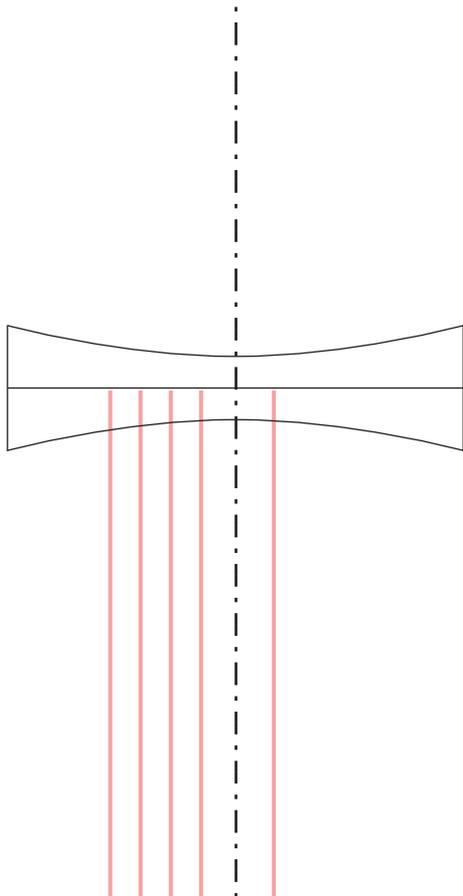
$F \triangleq$  „Brennpunkt“

Bereits im Mittelalter wurden Linsen in Lupen und Brillen benutzt. Um die Funktionsweise von Linsen zu verstehen, muss man die Brechung der Lichtstrahlen für zwei Linsenformen untersuchen.

Raue Seite liegt auf!  
Verhindere beim Überprüfen, dass ein Teil des Laserstrahls über den Körper scheint.

**Strahlengang Zerstreuungslinse (bikonkav)**

- ➔ Ergänze mithilfe des Lasers den Verlauf der vorgezeichneten Lichtstrahlen durch die Zerstreuungslinse.
- ➔ Fasse deine Beobachtungen zusammen.




---



---



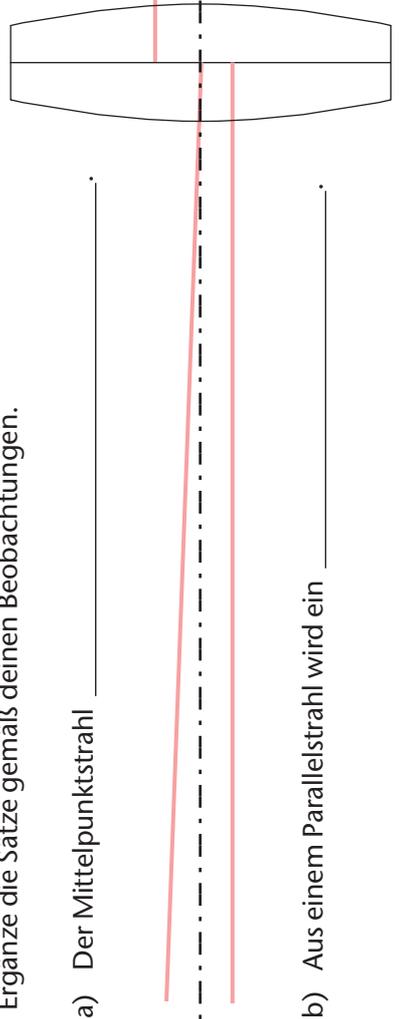
---



---

**Strahlengang Sammellinse (bikonvex)**

- ➔ Ergänze mithilfe des Lasers den Verlauf der vorgezeichneten Lichtstrahlen durch die Sammellinse.
- ➔ Kennzeichne den Brennpunkt mit *F* und den Mittelpunkt mit *M*.
- ➔ Ergänze die Sätze gemäß deinen Beobachtungen.

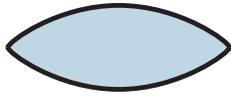


- a) Der Mittelpunktstrahl \_\_\_\_\_.
- b) Aus einem Parallelstrahl wird ein \_\_\_\_\_.

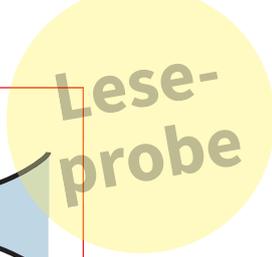
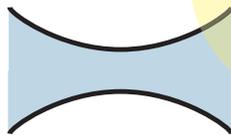
c) Aus einem \_\_\_\_\_ wird ein Parallelstrahl.

Definitionen:

**bikonvex**



**bikonkav**



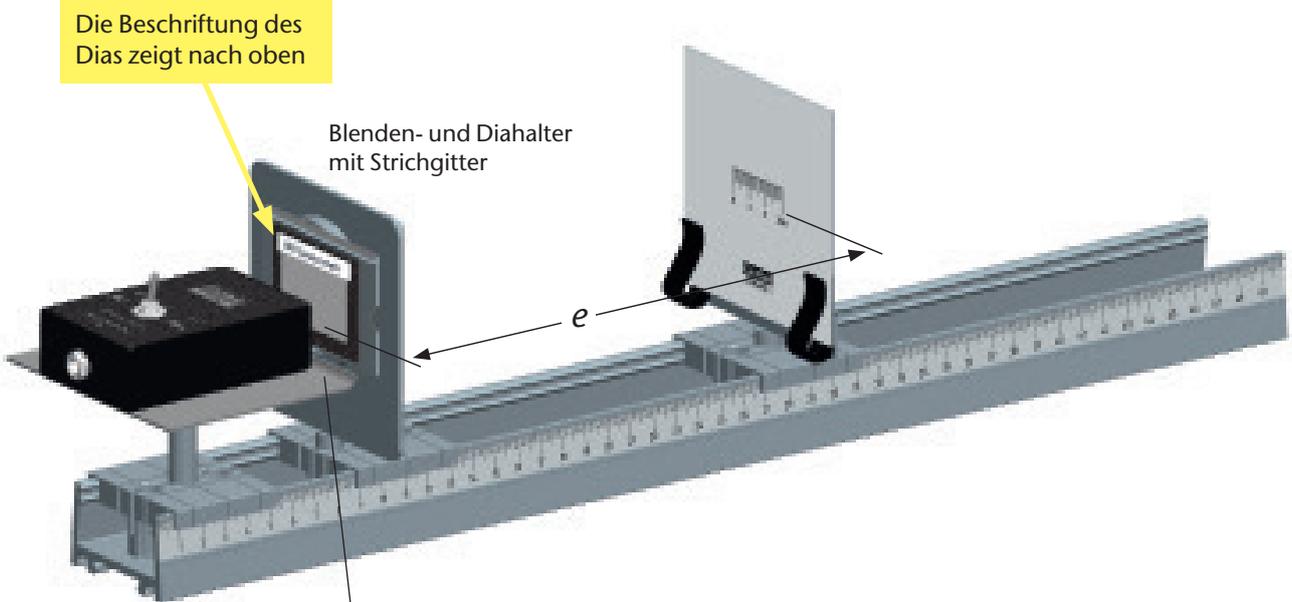
## 2.1 Interferenz am Gitter – Versuchsaufbau

Leseprobe

### Material

Schülerlampe LED / LASER..... 2  
 Lampentisch ..... 9  
 Klemmschieber ..... (3 x) ..... 11  
 Blenden- und Diahalter ..... 18

Schirm- und Spiegelhalter ..... 21  
 Schirm ..... 24  
 Strichgitter,  
 80; 300; 600 Linien/mm... 28–30

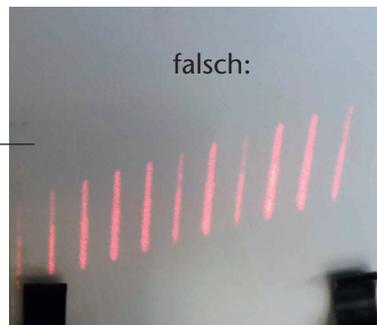


1

Die Lampe an die Kante des Tisches schieben

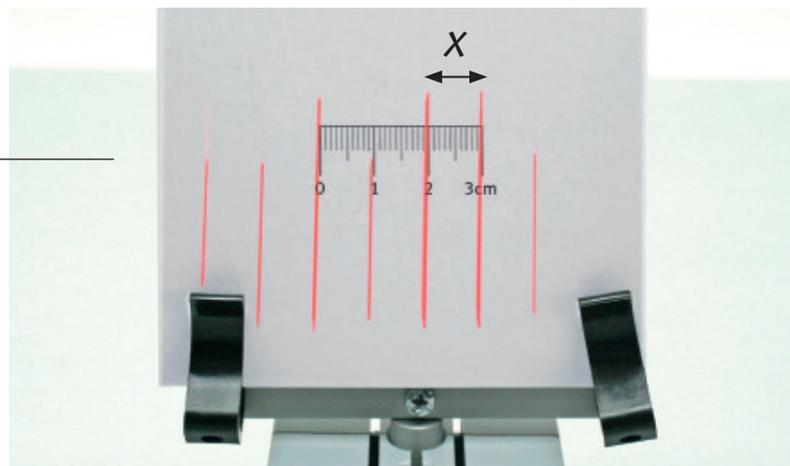
2

Das Gitter so drehen, dass die Linien auf dem Schirm ein horizontales Band ergeben



3

Den Schirm so verschieben, dass sich das Muster mit dem Maßstab vermessen lässt



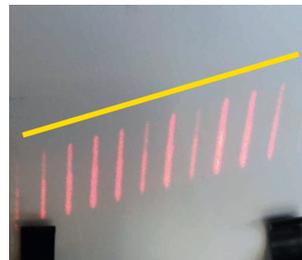
### 2.1 Interferenz am Gitter

Mithilfe eines optischen Gitters wird die Wellenlänge des Lasers der Schülerlampe experimentell bestimmt.

Arbeitsblatt *Interferenz am Transmissionsgitter*

#### Versuchsdurchführung

Das Licht des Lasers durchleuchtet wie dargestellt ein Strichgitter. Das Gitter ist so zu drehen, dass die Linien auf dem Schirm ein horizontales Band ergeben. Anschließend werden die Interferenzerscheinungen auf dem Schirm mithilfe des aufgedruckten Maßstabs vermessen. Dabei sollte der Abstand zwischen Schirm und Gitter ausreichend groß sein, um die benutzte Näherung für kleine Winkel zu erlauben.



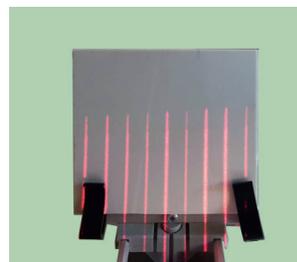
falsch



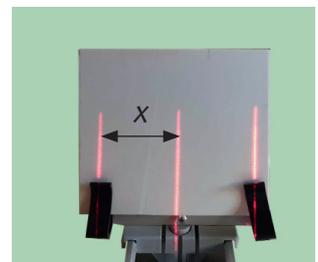
richtig

#### Auswertung

Mit zunehmender Liniendichte des Gitters rücken die Maxima im Interferenzmuster weiter auseinander. Die Beobachtung der Intensitätsabnahme bei Maxima höherer Ordnungen wird durch die Optik der Laserdiode gestört. Dafür lässt sich die Wellenlänge der Laserdiode mit dem in der Abbildung hergeleiteten Zusammenhang  $\lambda = g \frac{x}{e}$  recht genau berechnen. Das bestätigt der Vergleich der Messwerte mit der auf dem Typenschild angegebenen Wellenlänge von 635 nm.

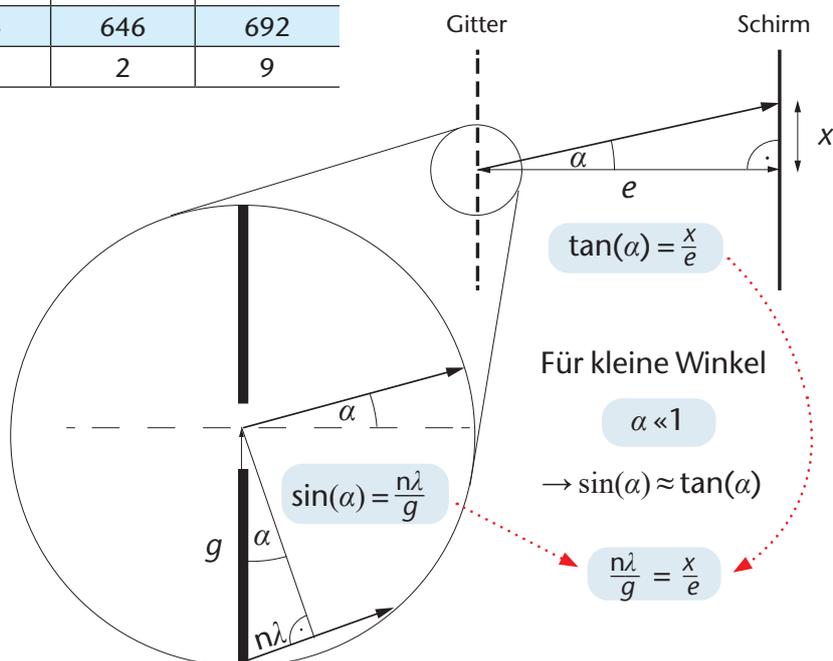


Gitter 80 Linien / mm



Gitter 300 Linien / mm

Gittertyp	80 Linien/mm	300 Linien/mm	600 Linien/mm
Linienabstand $g$ in $\mu\text{m}$	12,50	3,33	1,67
Schirmabstand $e$ in m	0,33	0,33	0,14
Abstand Maxima $x$ in m	0,017	0,064	0,058
Wellenlänge $\lambda$ in nm	644	646	692
Fehler $\delta\lambda$ in %	1	2	9





Überlagern sich Lichtstrahlen eines Lasers wieder, nachdem sie unterschiedliche Wege gegangen sind, kommt es zu spezifischen Interferenzmustern. Mithilfe dieser Muster lässt sich die Wellenlänge des Lichts mit einem Lineal bestimmen, obwohl diese enorm klein ist.

Achte darauf, dass die Linie des Lasers vertikal ausgerichtet ist und die Beschriftung des Dias nach oben zeigt.



**Durchführung:**

- ➔ Baue das Experiment gemäß der Abbildung auf.
- ➔ Berechne die Gitterkonstante  $g$  für die folgenden drei Gitter.

Gittertyp	80 Linien/mm	300 Linien/mm	600 Linien/mm
$g$ in mm			

- ➔ Untersuche den Einfluss der Gitterkonstanten auf das Interferenzmuster. Positioniere dazu den Schirm so, dass du mindestens drei Linien auf dem Schirm siehst.

**Auswertung:**

1. Skizziere zu dem jeweiligen Gitter einen Ausschnitt des Musters. Notiere jeweils den Abstand der Maxima und den Abstand  $e$  zwischen Schirm und Gitter, ergänze die Werte in deiner Skizze.

$g =$

$e =$

$g =$

$e =$

$g =$

$e =$

2. Markiere in deiner Skizze die Stellen der konstruktiven und destruktiven Interferenz.
3. Berechne mit deinen Daten die Wellenlänge des Lasers. Überprüfe dein Ergebnis mithilfe der Daten auf dem Typenschild.



**Messhinweis**

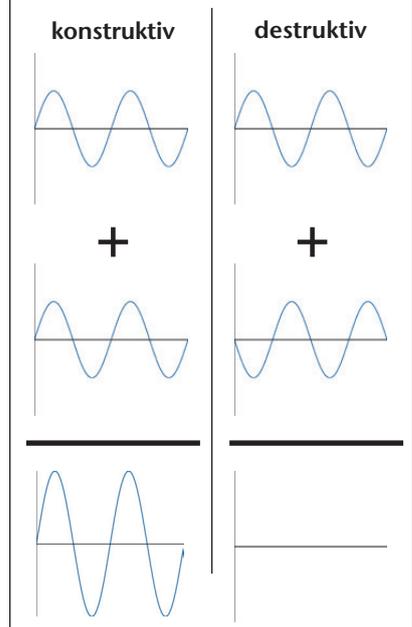
Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, kannst du...

... den Abstand mehrerer Maxima messen.

... den Abstand zwischen Schirm und Gitter vergrößern.

Vergiss dabei nicht den Abstand in der Skizze zu notieren.

**Wiederholung Interferenz**



Handreichung (Bestellnummer 475305)

Schüler-Set *Optik 2.0*

**Cornelsen Experimenta GmbH**  
Holzhauser Straße 76  
13509 Berlin

**Für Bestellungen und Anfragen:**  
Service Tel.: 0800 435 90 20  
Telefon: +49 (0)30 435 902-0  
Service Fax: 0800 435 90 22  
Fax: +49 (0)30 435 902-22

**E-Mail:**  
[info@cornelsen-experimenta.de](mailto:info@cornelsen-experimenta.de)

[cornelsen-experimenta.de](http://cornelsen-experimenta.de)

Ref. 03.10