

# C5 Atmung

Teilexperiment C5.1 Unsere Lunge

Teilexperiment C5.2 Die Lungenbläschen unserer Lunge

## 1 Zentrale Fragestellung

Nachfolgend werden die handlungsleitenden Fragestellungen formuliert, die den Teilexperimenten zu Grunde liegen:

- Welche Strukturen sind für unsere Atmung notwendig und wie sind sie aufgebaut?
- Wie funktioniert unser Atmungssystem?
- Wie gelangt Luft in unsere Lunge und wo findet der Gasaustausch statt?
- Inwiefern ist der Aufbau der Strukturen entscheidend für die Funktion?
- Warum sind in der Lunge Lungenbläschen?

## 2 Hintergrund

### 2.1 Lehrplanrelevanz

Die Auseinandersetzung mit einzelnen Organen und Funktionssystemen des menschlichen Körpers sensibilisiert die Schülerinnen und Schüler für ihren eigenen Körper. Sie lernen diesen besser kennen und erhalten einen Einblick in die Funktionsweise der Organe. Außerdem ermöglicht die Auseinandersetzung mit dem eigenen Körper den Blick auf gesundheitsrelevante Aspekte. Die hieraus resultierende Faszination und Wertschätzung des eigenen Körpers fließen in das Verhalten zur Gesunderhaltung ein. Beim Teilexperiment C5.2 wird zudem ein wichtiges Prinzip aus der Biologie, das Prinzip der Oberflächenvergrößerung, anschaulich näher gebracht. Dieses Prinzip findet auch vielfach Verwendung in der Technik und in der Architektur. Im Hinblick auf das Thema Umwelt von Experimento | 8+, insbesondere auf den Themenbereich Luftverschmutzung, sind mit der Atmung viele Querverbindungen möglich. Es bietet sich daher an, beide Themen nacheinander zu erarbeiten.

### Themen bzw. Begriffe

Bronchien, Gasaustausch, Kohlenstoffdioxid, Luftröhre, Lunge, Lungenbläschen, Lungenflügel, Lungenoberfläche, Oberfläche, Sauerstoff, Überdruck, Unterdruck, Volumen, Zwerchfell

### 2.2 Kompetenzen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- erhalten ein besseres Verständnis für die menschlichen Funktionssysteme, im Speziellen für die Atmung.
- werden sich darüber bewusst, wie wichtig das Atemsystem des Menschen ist.
- sind im Umgang mit naturwissenschaftlich-technischen Prozessen wie dem Messen und Ablesen von Größen sicherer.
- können ihr physikalisches Verständnis schulen.
- können ihre Konstruktionsfähigkeiten ausbauen.

## 3 Ergänzende Informationen zum Experiment

Zur Vorbereitung bzw. zur Vertiefung dieses Experiments finden Sie ergänzende Medien auf dem Medienportal der Siemens Stiftung: <https://medienportal.siemens-stiftung.org>

## 4 Durchführung

Hinweis: Die aufgelisteten Materialien sind ausgelegt für das Experimentieren **einer** Gruppe von maximal **fünf** Schülerinnen und Schülern.

### 4.1 Telexperiment C5.1 Unsere Lunge

#### 4.1.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl
Druckverschlussbeutel 200 x 300 mm	1
Isolierklebeband	20 cm
Knete	1 Stück (ca. 1 kleiner Löffel voll)
Luftballon, rot	2
Plastikflasche, 1,5 Liter, leer	10
Schere	1
Schlauch, dünn	10 cm
Schlauchverbindung, Y-förmig	1

#### 4.1.2 Organisatorisches

<b>Räumlichkeiten</b>	Im Unterrichtsraum, an einem einfachen Tisch oder im Freien.
<b>Zeitbedarf</b>	ca. 45 Minuten
<b>Sicherheitshinweise</b>	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Gesundheit“
<b>Aufräumen</b>	Sollte die Materialsituation es zulassen, so können Sie den Schülerinnen und Schülern die Modelle mit nach Hause geben. Ansonsten werden die Modelle am Ende wieder abgebaut: Luftballons, die aufgeblasen wurden, sollten aus Hygienegründen entsorgt werden. Die Y-Stücke und Schläuche werden aufgeräumt. Die Knete kann gesammelt und ebenfalls wiederverwendet werden. Die Plastikflaschen sollten dem Recycling zugeführt werden.

#### 4.1.3 Das Telexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler setzen sich mit dem Aufbau und der Funktionsweise des menschlichen Atmungssystems auseinander. Anhand des selbstgebaute Modells können sie Rückschlüsse zum eigenen Körper ziehen und dabei wertvolle Kenntnisse zu Unterdruck und Volumen sammeln.

#### Fachlicher Hintergrund

Schulkinder (8 – 10jährige) atmen ca. 20 Mal pro Minute. Je älter man wird, desto geringer wird die Atemfrequenz. Dennoch fragen wir uns selten, welche gigantische Leistung unsere Lunge dabei stetig vollbringt. Der Körper kann wenig Sauerstoff speichern, deshalb atmen wir kontinuierlich. Der Hirnstamm, genauer die Medulla oblongata, steuert die Atmung. Ein Ausfall dieser Struktur, z. B. durch die Verletzung der oberen Halswirbelsäule, führt daher zum Tod.

## Der Atmungsvorgang im Überblick

Beim Einatmen kontrahiert das Zwerchfell und senkt sich dadurch ab. Auch die Zwischenrippenmuskulatur kontrahiert und weitet damit den Brustkorb: Das Volumen des Brustkorbs wird erhöht. Dadurch entsteht ein Unterdruck und die Luft folgt dieser Saugkraft über Mundraum, Luftröhre und Bronchien bis in die Lungenbläschen. In den Lungenbläschen findet der Gasaustausch statt, der eingeatmete Sauerstoff wird an das Blut abgegeben und gelangt über die Blutbahnen zu allen Organen und Zellen. Beim Ausatmen sind Zwerchfell und Zwischenrippenmuskeln entspannt, sodass das Volumen des Brustkorbs geringer ist und die Ausatemluft durch den Überdruck nach außen befördert wird.

Die Weitung des Brustkorbs durch die Zwischenrippenmuskulatur kann bei diesem Atmungsmodell nicht dargestellt werden, wohl aber die wichtige Absenkung des Zwerchfells.

### 4.1.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Die Schülerinnen und Schüler sollten den Aufbau der Atemwege und den Weg der Luft durch den Körper kennen. Sollte es sich um neue Inhalte handeln, so können Sie mit ihnen gemeinsam die Abbildung in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler besprechen. In der Regel sind den Schülerinnen und Schülern die einzelnen Strukturen zumindest vom Namen her bekannt.



Was den Atmungsvorgang angeht, haben sich die Schülerinnen und Schüler bis auf Versuche, die Luft möglichst lange anzuhalten, wahrscheinlich noch wenig damit auseinandergesetzt. Diese Erfahrung genügt aber schon, um den Automatismus des Atmens zu besprechen. Erinnern Sie an den letzten Tauchvorgang. Jeder weiß, dass man über einen bestimmten Punkt hinaus nicht mehr die Luft anhalten kann. Der Drang, endlich einzuatmen, wird immer größer.




Wenn überhaupt, dann haben die Schülerinnen und Schüler die Vorstellung, dass die Luft von alleine in die Lunge drängt. Die Beschäftigung mit dem Atmungsmodell hilft den Schülerinnen und Schülern diese Vorstellung zu ersetzen.


Die Begriffe Unter- und Überdruck müssen noch nicht verwendet werden, Sie können statt Unterdruck von einer Saugkraft oder einem Sog und statt Überdruck schlicht von Druck sprechen. Das Prinzip Unterdruck und Überdruck kennen die Schülerinnen und Schüler aber z. B. vom Saugen an einem Strohhalm oder von der Verwendung einer Pipette.

### 4.1.5 Der Forschungskreis

Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:


<b>Problem/Phänomen erkennen</b> 	In diesem Experiment geht es darum, die Funktionsweise der Lunge kennen zu lernen.
<b>Die Forschungsfrage</b> 	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wie funktioniert die Lungenatmung?</li> <li>▪ Wieso ist Atmen lebensnotwendig?</li> </ul>

<b>Ideen und Vermutungen sammeln</b> 	<p>Mögliche Vermutungen könnten sein:</p> <p><b>Zur Forschungsfrage:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Die Luft strömt in die Lunge.“</li> <li>▪ „Die Lunge saugt die Luft an.“</li> <li>▪ „Mein Mund/meine Nase saugt die Luft ein.“</li> <li>▪ „Durch das Mundöffnen gelangt die Luft in den Körper.“</li> </ul> <p><b>Zum Experiment:</b></p> <p>„Ich drücke die Luft von außen in den Luftballon.“</p> <p>Leiten Sie von den Vermutungen auf das Experiment über.</p>
<b>Experimentieren</b> 	<p><b>Aufbau des Experiments:</b></p> <p>Anhand der Abbildung in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler lernen oder wiederholen die Schülerinnen und Schüler den Aufbau der Atmungsorgane des Menschen. Lassen Sie den Weg der Luft mit dem Finger nachfahren, das sensibilisiert für den Weg der Luft im Atmungsmodell. Den Begriff „Bronchien“ kennen die Schülerinnen und Schüler in der Regel von Atemwegserkrankungen, z. B. der Bronchitis. Alle Luftballons sollten erst einmal aufgeblasen und dann die Luft wieder ausgelassen werden, bevor sie über das Y-Stück gezogen werden. Dadurch sind sie elastischer und reagieren auch, wenn z. B. im Falle der roten Luftballons nicht so viel Luft angesaugt wird.</p> <p><b>Durchführung:</b></p> <p>Die Schülerinnen und Schüler bauen ein Atmungsmodell und erarbeiten daran die Funktionsweise des menschlichen Atemsystems. Sie tauschen sich während des Modellbaus aus und sprechen über das fertige Produkt.</p>
<b>Beobachten und dokumentieren</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Schülerinnen und Schüler werden angehalten, die Bestandteile des Modells den Strukturen im Körper (Körperteilen) zuzuordnen.</li> <li>▪ Die Schülerinnen und Schüler erfahren anhand des Modells, welche Abläufe entscheidend sind, damit das menschliche Atmen funktioniert.</li> <li>▪ Sie haben die Möglichkeit, Atemzüge zu simulieren, und erschließen so die Funktion der Lungenflügel.</li> </ul>

	<p><b>Die wichtigsten Beobachtungen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vergleich Atmungsmodell/Körper:</li> </ul> <table border="1" data-bbox="566 336 1391 627"> <thead> <tr> <th>Bestandteil im Atmungsmodell</th><th>Körperteil</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flasche</td><td>Brustkorb</td></tr> <tr> <td>Flaschenöffnung</td><td>Mund</td></tr> <tr> <td>Schlauch</td><td>Luftröhre</td></tr> <tr> <td>Y-förmige Schlauchverbindung</td><td>Bronchien</td></tr> <tr> <td>zwei Luftballons im Inneren</td><td>zwei Lungenflügel</td></tr> <tr> <td>Druckverschlussbeutel-Boden</td><td>Zwerchfell</td></tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>Wenn man den Druckverschlussbeutel herauszieht, füllen sich die inneren Luftballons durch das Schlauchstück mit Luft. Wenn man ihn in die Flasche drückt, strömt die Luft aus den inneren Luftballons wieder aus.</li> </ul>	Bestandteil im Atmungsmodell	Körperteil	Flasche	Brustkorb	Flaschenöffnung	Mund	Schlauch	Luftröhre	Y-förmige Schlauchverbindung	Bronchien	zwei Luftballons im Inneren	zwei Lungenflügel	Druckverschlussbeutel-Boden	Zwerchfell
Bestandteil im Atmungsmodell	Körperteil														
Flasche	Brustkorb														
Flaschenöffnung	Mund														
Schlauch	Luftröhre														
Y-förmige Schlauchverbindung	Bronchien														
zwei Luftballons im Inneren	zwei Lungenflügel														
Druckverschlussbeutel-Boden	Zwerchfell														
<p><b>Auswerten und reflektieren</b></p> 	<p>Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass das Zwerchfell (im Modell: Druckverschlussbeutel am Flaschenboden) eine große Rolle beim Atmen spielt. Es muss elastisch sein, damit eine Volumenänderung stattfinden kann. Dadurch entsteht ein Unterdruck/Sog, der die Luft in die Lungen zieht. Fehlt dieser Unterdruck, so findet das Ausatmen statt.</p> <p><b>Zu erwartende Ergebnisse (Lösung Lückentext):</b></p> <p>Wenn ich den Druckverschlussbeutel am Flaschenboden herausziehe, wird der Raum (das Volumen) der Flasche <u>größer</u>. Dadurch entsteht ein <u>Sog</u> und die roten Luftballons füllen sich über den <u>Schlauch</u> mit Luft. Wenn ich den Beutel wieder in die Flasche drücke, wird der Raum (das Volumen) wieder <u>kleiner</u>. Dadurch entsteht ein <u>Druck</u> auf die roten Luftballons und die Luft entweicht wieder über den <u>Schlauch</u>.</p> <p><b>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</b></p> <p>Du weißt jetzt, warum es sehr schwer ist, die Luft anzuhalten. Da beim Atmen durch die Lunge ein Unterdruck entsteht, der wie ein Sog wirkt, musst du einatmen. Du kannst gar nicht anders.</p>														

#### 4.1.6 Weiterführende Informationen

##### In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

<p><b>So kannst du weiterforschen</b></p> 	<p>Können Menschen aufgrund einer Krankheit oder bei einer intensivmedizinischen Versorgung (z. B. Koma) nicht mehr selbst atmen, so sind Beatmungsgeräte vonnöten. Hierfür gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Entweder erfolgt von außen eine Regulation der Brustkorbweitung (Stichwort: Eiserne Lunge, Kürass-Ventilation), sodass Unter- und Überdruck im Wechsel resultieren. Oder die Luft wird mittels Überdruck in die Lunge gepresst. Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler darüber diskutieren, auf welche Weise eine Unterstützung der Atmung durch Maschinen funktionieren könnte.</p>
---	---

## 4.2 Teilexperiment C5.2 Die Lungenbläschen unserer Lunge

### 4.2.1 Benötigte Materialien

Material	Anzahl	Material Zusatzexperiment	Anzahl
Klebefilm	1	Brausetablette	2
Lineal oder Maßband	1	Trinkglas, klar	2
Tonpapier (zwei verschiedenen Farben)	4 Blatt	Wasser	ca. 2 x 200 ml

### 4.2.2 Organisatorisches

<b>Räumlichkeiten</b>	im Unterrichtsraum oder im Freien
<b>Zeitbedarf</b>	ca. 45 Minuten
<b>Durchführungsvarianten</b>	Schön wäre eine Visualisierung der Gesamtfläche für die kleinen Zylinder. Vielleicht können Sie draußen arbeiten und die Gesamtflächen auf dem Boden mit Kreide abgrenzen, sodass Sie die Fläche auch ohne die Tonpapierstücke im Blick haben. Es ginge auch eine Abgrenzung auf dem Fußboden mittels Kreppklebeband.
<b>Sicherheitshinweise</b>	siehe Handbuchordner „Sicherheitshinweise zum Thema Gesundheit“
<b>Aufräumen</b>	Entfernen Sie die Klebestreifen oder schneiden Sie Überstehendes ab. Die Tonpapierstücke können wiederverwendet werden.

### 4.2.3 Das Teilexperiment im Erklärungszusammenhang

Die Schülerinnen und Schüler verstehen durch das Ausbreiten eines Lungenbläschen-Modells, dass viele kleine geometrische Körper – wie die Lungenbläschen – zusammen bei gleichem Volumen eine deutlich größere Oberfläche als ein großer geometrischer Körper aufweisen.

### Fachlicher Hintergrund





In der Lunge befinden sich sehr viele kleine Lungenbläschen, die Alveolen. In ihnen findet der lebenswichtige Gasaustausch zwischen der Luft und dem Blut statt. Das Blut erhält dabei über die Luft Sauerstoff und kann gleichzeitig das Abfallprodukt Kohlenstoffdioxid an die Luft abgeben, so dass sich dieses nicht in giftigen Mengen im Körper ansammelt. Die Zahl der Lungenbläschen wird auf ungefähr 300 Millionen und ihre Gesamtoberfläche auf 80 bis 120 Quadratmeter geschätzt. So kann also bei unverändertem Brustkorbvolumen eine sehr große Oberfläche untergebracht werden. Auf diese Weise kann über die Diffusion an der Grenze zwischen Lungenbläschen und Gefäßwänden eine große Menge Sauerstoff ins Blut aufgenommen werden. Dieses Prinzip aus der Biologie nennt man Prinzip der Oberflächenvergrößerung. Es ist in vielen weiteren Zusammenhängen anzutreffen. Stets wird z. B. durch Auffaltung oder eine Aufteilung eines größeren Volumens in viele kleine Räume die Gesamtoberfläche vergrößert. Ein weiteres Beispiel sind die Auffaltungen der Darminnenwand: Die Darmzotten sorgen so dafür, dass viele Nährstoffe über die Blutgefäßwände ins Blut gelangen können.



#### 4.2.4 Vorkenntnisse und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler erfragen

Die Schülerinnen und Schülern sollten erste Vorerfahrungen mit verschiedenen Formen bzw. Körpern gesammelt haben, wie zum Beispiel mit Kreis versus Kugel sowie Quadrat/Rechteck versus Quader. So können sie Oberfläche und Volumen als Fläche bzw. Raum erkennen. Außerdem sollte der Aufbau der Atmungsorgane bekannt sein. Das genaue Messen mit einem Lineal oder Maßband sollte den Schülerinnen und Schülern bekannt sein.

#### 4.2.5 Der Forschungskreis


Wichtige Aspekte und Hinweise zu den einzelnen Prozessschritten des Forschungskreises im Experiment für Schülerinnen und Schüler:

<b>Problem/Phänomen erkennen</b> 	In diesem Experiment geht es darum, den Aufbau der Lunge mit den Lungenbläschen kennen zu lernen.
<b>Die Forschungsfrage</b> 	Zu der in der Anleitung für Schülerinnen und Schüler formulierten Forschungsfrage sind folgende Alternativen möglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Warum ist die Lunge in Lungenbläschen aufgeteilt?</li> <li>▪ Was passiert an den Lungenbläschen?</li> </ul>
<b>Ideen und Vermutungen sammeln</b> 	Mögliche Vermutungen könnten sein:  <b>Zur Forschungsfrage:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Wenn ein Bläschen platzt, gibt es noch viele weitere.“</li> <li>▪ „Weil man mehr Luft einatmen kann.“</li> <li>▪ „Bei einer großen Lungenblase müssten auch die Blutgefäße groß sein.“</li> <li>▪ „Es muss etwas mit dem Blut zu tun haben.“</li> </ul> <b>Zum Experiment:</b> „Ich lege viele Kugeln nebeneinander.“  Leiten Sie von den Vermutungen zum Experiment über.
<b>Experimentieren</b> 	<b>Aufbau des Experiments:</b> Bereiten Sie das größere Tonpapier und die kleineren Tonpapierstücke im Vorfeld für die Schülerinnen und Schüler vor. Idealerweise ist die Farbe des großen Papiers eine andere als die der kleinen Tonpapierstücke. Machen Sie die Schülerinnen und Schüler darauf aufmerksam, dass es sich bei der Konstruktion im Experiment nur um ein Modell handelt: Manches kann mit dem Modell gezeigt werden (Relation Oberfläche/ Volumen), anderes nicht (Blutgefäße, reale Größe). Die durch ein Zylindermodell erhaltenen Ergebnisse lassen sich auf ein Kugelmodell übertragen.

	<p>Falls die Schülerinnen und Schüler den Begriff „Zylinder“ für das geometrische Objekt, das sie in diesem Experiment basteln, nicht kennen, führen Sie den Begriff durch Vergleiche mit Alltagsobjekten (z. B. Getränkedose, Litfaßsäule, Wasserrohr) ein. Einprägsam ist auch der Vergleich mit der Kopfbedeckung Zylinder als „Hut ohne Krempe“.</p> <p><b>Durchführung:</b></p> <p>Differenzieren Sie stets zwischen Modell und Wirklichkeit. Nennen Sie die Tonpapierstücke nicht „Lunge“ oder „Lungenbläschen“.</p>
<p><b>Beobachten und dokumentieren</b></p> 	<p>Die Schülerinnen und Schüler beobachten, dass das fertig gebaute Lungenmodell mit den darin enthaltenen Lungenbläschen viel weniger Platz auf dem Tisch einnimmt, als die vorher auf dem Tisch ausgelegten Materialien. (Alternativ auf dem Fußboden oder draußen auf dem Boden.)</p> <p><b>Zu erwartende Messergebnisse:</b></p> <p>Lungenoberfläche: <math>45\text{ cm} \times 15\text{ cm} = 675\text{ cm}^2</math></p> <p>Lungenbläschen: max. 10 mal <math>15\text{ cm} \times 10\text{ cm} = 1.500\text{ cm}^2</math></p>
<p><b>Auswerten und reflektieren</b></p> 	<p><b>Zu erwartende Ergebnisse:</b></p> <p>Die Gesamtfläche der kleinen Zylinder ist größer als die Fläche des großen Zylinders.</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler lernen, dass innerhalb des großen Zylinders durch Unterteilung des Ausgangsraumes eine größere Fläche Platz hat als die einfache Ummantelung erreicht.</p> <p>Schließen Sie den Kreis, indem Sie einen Größenbezug beim eigenen Körper herstellen: Die Oberfläche der Lungenbläschen beim Menschen hat eine Fläche von <math>80 - 120\text{ m}^2</math>. Grenzen Sie zum Vergleich ein sichtbares Areal ab, z. B. das Klassenzimmer und erklären Sie, dass sie beispielsweise 1,5 Klassenzimmer mit ihren Lungenbläschen „fliesen“ könnten. Stellen Sie auch einen Bezug zur Funktion her! Diese große Oberfläche wird für den Gasaustausch benötigt.</p> <p>Die Übertragung der Erkenntnisse aus dem Modellexperiment auf den menschlichen Körper muss im Gespräch mit den Schülerinnen und Schülern erfolgen.</p> <p><b>Rückbezug zur Anlassgeschichte:</b></p> <p>Du weißt jetzt, warum dein Freund schlecht atmen kann. Durch seine Allergie wird die Luftzirkulation bis in die Lungenbläschen beeinträchtigt. Da er die Luft durch die Verkrampfung nicht mehr aus der Lunge bekommt, kann er keine neue mehr einatmen. Deshalb braucht er ein Spray, das die Verkrampfung löst.</p>

#### 4.2.6 Weiterführende Informationen

##### In der Anleitung für Schülerinnen und Schüler

<b>So kannst du weiterforschen</b> 	Die Schülerinnen und Schüler können das Phänomen der Oberflächenvergrößerung auch anhand des Auflösens einer unzerteilten Brausetablette im Wasser im Vergleich zu einer zerteilten Brausetablette erleben. Letztere zersetzt sich viel schneller, da eine größere Oberfläche mit dem Wasser in Berührung und zur Reaktion kommt.
---	---

##### Sonstiges

Für gewiefte Konstrukteure können Sie abschließend die verschiedenen Formen diskutieren.

- Was passiert, wenn sich die Form der einzelnen Lungenbläschen ändert?
- Wie verhalten sich beispielsweise eckige Körper in der sackartigen Lungenflügelform?  
(Die Ränder können nicht optimal gefüllt werden.)

Testen Sie dies gemeinsam aus und ziehen Sie gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern Rückschlüsse zur optimalen Form.