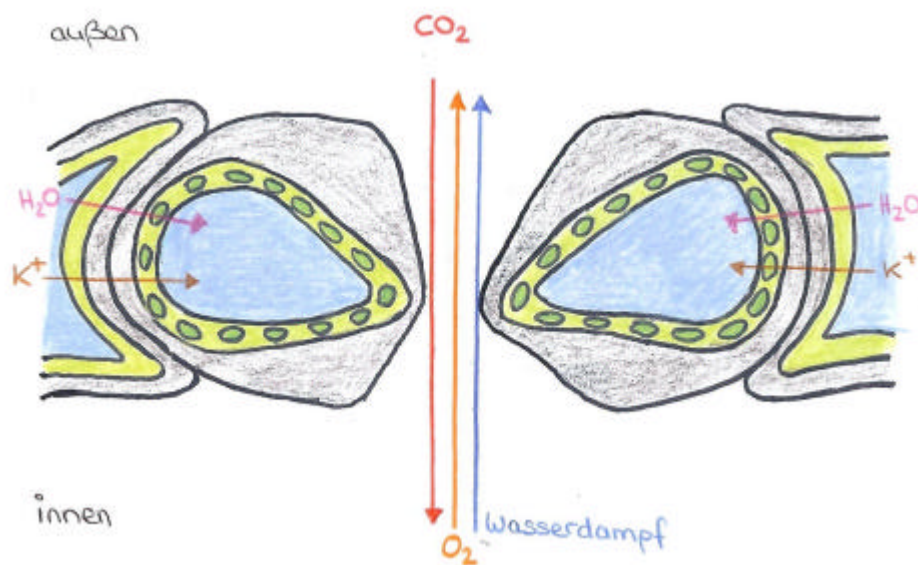


NWA-Tag 2007:  
„Stoffwechsel- und Energieumwandlungsprozesse“

# Das Blatt als Zuckerfabrik - Aufbau eines Laubblattes



Stefanie Grüninger  
Sabine Körner  
Annika Scheub

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Bezug zum Bildungsplan.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Aufbau eines Laubblattes .....</b>	<b>4</b>
2.1	Fachlicher Hintergrund .....	4
2.2	Methodisch-didaktische Überlegungen.....	5
2.3	Modul „Aufbau eines Blattes“ .....	7
<b>3</b>	<b>Spaltöffnungen sichtbar machen.....</b>	<b>9</b>
3.1	Fachlicher Hintergrund .....	9
3.2	Methodisch-didaktische Überlegungen.....	9
3.3	Modul „Spaltöffnungen sichtbar machen“ .....	10
<b>4</b>	<b>Funktionsweise von Spaltöffnungen.....</b>	<b>12</b>
4.1	Fachlicher Hintergrund .....	12
4.2	Methodisch-didaktische Überlegungen.....	14
4.3	Modul „Funktionsmodell“ .....	14
<b>5</b>	<b>Anpassungen von Laubblättern an ihren Standort (Spaltöffnungen) .....</b>	<b>17</b>
5.1	Fachlicher Hintergrund .....	17
5.2	Methodisch-didaktische Überlegungen.....	17
5.3	Modul „Lackabdrücke“ .....	18
<b>6</b>	<b>Anpassungen von Laubblättern an ihren Standort (Aufbau eines Laubblattes)....</b>	<b>20</b>
6.1	Fachlicher Hintergrund (vgl. Bayrhuber, H.; Kull, U. (1998), S. 56) .....	20
6.2	Methodisch-didaktische Überlegungen.....	20
6.3	Modul „Mikroskopieren von Blattquerschnitten“ .....	22
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>23</b>

Bei den hier vorgestellten Modulen zum Blattaufbau ist es sinnvoll den Bogen zur Fotosynthese zu schlagen. So ist es möglich die Anatomie und Physiologie des Laubblattes miteinander zu verknüpfen. Die Schüler haben so die Möglichkeit neue Inhalte in bereits vorhandene kognitive Strukturen einzubinden.

# 1 Bezug zum Bildungsplan

Im ersten Satz der Leitgedanken zum Kompetenzerwerb steht, dass „[naturwissenschaftliche] Bildung [...] ein wichtiger Teil der Allgemeinbildung [ist].“ In der Schule wird während der Schulzeit versucht den Schülern eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln, die ihnen helfen soll sich lebenslang aktiv mit den Naturwissenschaften auseinander setzen zu können. Für diese Auseinandersetzung ist es wichtig die biologischen Arbeitsweisen zu kennen und zu können. Zu diesen gehört unter anderem das Mikroskopieren. Beim Herstellen und Mikroskopieren von Blattquerschnitten und bei der Herstellung und Betrachtung von Lackabdrücken spielt diese Tätigkeit eine zentrale Rolle.

Alle vier hier vorgestellten Unterrichtsmodule tragen zur Kompetenz „Stoffwechsel- und Energieumwandlungsprozesse (Fotosynthese und Zellatmung) mithilfe chemischer und physikalischer Experimente erfassen [...]“ bei. Für das Verständnis dieser Prozesse ist es elementar wichtig, den Aufbau eines Laubblattes zu kennen und zu verstehen. Nur dann können die komplizierten Vorgänge der Fotosynthese verstanden werden und sie können in bereits vorhandenes Wissen kumuliert werden.

Weiter tragen die Module zu den Kompetenzen „Besonderheiten finden“ und „Gesetzmäßigkeiten vermuten“ bei, denn die Schüler müssen bei der Herstellung der Lackabdrücke herausfinden, wo die Unterschiede liegen und was die einzelnen Laubblätter an Besonderheiten vorweisen, damit sie in ihrem Lebensraum überleben können. Beispielsweise sollten sie, ausgehend vom Seerosenblatt, herausfinden, dass alle Schwimmblätter ähnlich wie dieses gebaut sind.

Auch die Kompetenzen „Versuche planen“, „Versuche durchführen“ und „Ergebnisse dokumentieren und systematisieren“ werden durch die beschriebenen Module gefördert, denn die Schüler führen die Versuche und Mikroskopierarbeiten selbst durch und müssen diese auch teilweise planen und dokumentieren. Beim Mikroskopieren von Blattschnitten sollten die Schüler beispielsweise Zeichnungen anfertigen und diese beschriften.

Die Module über den Bau und die Funktion von Spaltöffnungen und über den Blattaufbau tragen zu den Kompetenzen „auf Modellebene denken und eigene Modelle entwickeln“, „mit Modellen sich selbst und anderen Phänomene beschreiben, dem Verstehen zugänglich machen und in einen Kontext einordnen“ bei. Anhand des Funktionsmodells einer Spaltöffnung wird den Schülern klarer, wie das Öffnen und Schließen funktioniert.

Durch das Arbeiten mit dem Mikroskop wird bei den Schülern zudem gefördert, dass sie einfache Laborgeräte benennen und verwenden (vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004), S. 96 ff).

## 2 Aufbau eines Laubblattes

### 2.1 Fachlicher Hintergrund

Die Bestandteile eines Laubblattes sind die folgenden (geeignetes Bildmaterial findet man in Biologie-Lehrbüchern oder Biologie-Fachbüchern):

#### Blattepidermis

Die Blattepidermis besteht aus Zellen, die eng miteinander verzahnt sind. Sie sind vergleichbar mit Puzzleteilen. Diese Zellen dienen dem Schutz des Blattes vor mechanischen Schäden. Zusätzlich wird das Blatt von einer wachsartigen Cuticula geschützt.

#### Stomata

Die Stomata sind spezialisierte Epidermiszellen. Sie bestehen aus einem Schließzellenpaar. Die Stomata machen den Gasaustausch zwischen der Außenluft und den photosynthetisch aktiven Zellen im Blatt möglich.

#### Mesophyll

Das Mesophyll ist das Grundgewebe des Blattes. Es befindet sich zwischen der oberen und unteren Epidermis. Es wird durch Parenchymzellen gebildet. In diesen Zellen findet man die Chloroplasten, die für die Photosynthese wichtig sind. In den Blättern der meisten Dicotylen kann man die Parenchymzellen in Schwamm-parenchym und Palisadenparenchym einteilen.

#### Palisadenparenchym

Das Palisadenparenchym besteht aus säulenförmigen Zellen, die dicht an dicht liegen. Diese Zellen liegen in der oberen Hälfte des Blattes in ein oder zwei Schichten.

#### Schwammparenchym

Das Schwammparenchym besteht aus unregelmäßig geformten Zellen. Zwischen den Zellen befinden sich große Lufträume, die Interzellularen. Dort kann Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff zirkulieren. An den Stellen, an denen die Stomata liegen, sind die Lufträume besonders groß um einen optimalen Gasaustausch zu gewährleisten.

#### Leitgewebe

Das Leitgewebe besteht wie auch im Spross der Pflanze aus Xylem und Phloem. Das Leitgewebe zweigt aus der Sprossachse in die Blattstiele ab und verläuft bis in die Blattspreite. Dort verzweigt es sich immer mehr. Dies ist an den Blattnervatur zu erkennen. Schließlich gelangt es sehr nah an die Parenchymzellen. Hier findet ein Austausch statt. Außerdem erhält das Blatt durch diese Gefäßstruktur zusätzliche Stabilität.

#### Xylem

Das Xylem liefert den Zellen Wasser und Mineralstoffe. Das Xylem besteht aus drei verschiedenen Arten von Zellen: Tracheiden, Tracheen und Sklerenchymfasern. Diese

Zellen sind für den Transport nach oben spezialisiert. Es handelt sich hier um abgestorbene Zellen.

### Phloem

Das Phloem enthält Zucker und andere organische Produkte, die durch die Photosynthese gewonnen wurden, und transportiert es zu anderen Pflanzenteilen. Das Phloem besteht aus zwei Zelltypen, den Siebröhrenzellen und den Geleitzellen.

## 2.2 Methodisch-didaktische Überlegungen

### Modelle im Biologieunterricht

Der Begriff „Modell“ kommt aus dem Lateinischen und bedeutet „Maßstab“ oder „Art und Weise“. Somit sind Modelle vereinfachte Darstellungen von komplexen Objekten oder Systemen, die in der Realität vorkommen.

Bei den *materiellen Modellen* unterscheidet man zwischen *Struktur- und Funktionsmodellen*. Strukturmodelle veranschaulichen morphologische, bzw. anatomische Sachverhalte und sollten diese deshalb möglichst naturgetreu wiedergeben.

Im Gegensatz dazu liegt der Schwerpunkt bei Funktionsmodellen in der Darstellung von speziellen Vorgängen, wie beispielsweise dem Öffnungsmechanismus der Stomata (siehe Kapitel 4). Die exakte morphologische Wiedergabe nimmt bei diesem Modelltyp eher eine sekundäre Rolle ein (vgl. Spörhase-Eichmann, 2005, S.167f).

### Strukturmodell eines Laubblattes

Das Strukturmodell eines Laubblattes sollte die wesentlichen morphologischen Merkmale eines Blattquerschnitts wiedergeben (siehe Sachanalyse). Da die Zellen eines Blattes jedoch nur zwischen 0,01mm und 0,1mm groß sind, ist für die Modellherstellung ein viel größerer Maßstab erforderlich. Bereits dieser Aspekt macht deutlich, dass für die Herstellung eines Strukturmodells eine gewisse Umstrukturierung von Nöten ist. Im Folgenden werden drei Eigenschaften genannt, die für die meisten Strukturmodelle zutreffen und die sich im Wesentlichen von dem Originalobjekt unterscheiden.

Unterschiede zwischen Blattmodell und Originalobjekt:

1. Stoff: Da ein Laubblatt aus mikroskopisch kleinen Zellen aufgebaut ist, deren Strukturen in einem größeren Maßstab in der Realität nicht vorkommen, muss man das Modell aus einem anderen Material herstellen. Der Kreativität sind bei dieser Materialfindung keine Grenzen gesetzt. Allerdings sollte man darauf achten, dass Form und Farbe möglichst naturgetreu wiedergegeben werden.

2. Dimension: Wie bereits oben erwähnt wurde, muss man für die Herstellung eines Blattmodells einen größeren Maßstab wählen. Hierbei ist zu beachten, dass der Maßstab für alle Zellen des Modells eingehalten wird, damit der Blattaufbau möglichst authentisch bleibt.
3. Abstraktion: Je nach Einsatz und Darstellungszweck können bei einem Strukturmodell wesentliche Strukturen hervorgehoben und Unwichtige weggelassen werden. So müssen beispielsweise bei einem Laubblattmodell, das als Grundlageninformation für die Fotosynthese hergestellt wurde, nicht unbedingt die Leitbündel dargestellt werden, da der inhaltliche Schwerpunkt hier auf den Chloroplasten und den Spaltöffnungen liegt (vgl. Spörhase-Eichmann, 2005, S.167f).

#### Einsatz im Unterricht:

Da die Produktion eines Blattmodells sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, ist es sinnvoll, dass die Herstellung während einer projektorientierten Unterrichtseinheit erfolgt. Die Idee für die Herstellung eines solchen Modells sollte natürlich von den Schülern selber kommen. Auch wäre es ganz im Sinne der Projektmethode, wenn die Schüler die Planung und Umsetzung der Modellproduktion selbstständig durchführen. Dennoch liegt diesem Unterrichtsbeispiel ein Arbeitsblatt für die Schüler bei, das ausgeteilt werden kann, falls Schwierigkeiten bei der Durchführung des Projekts auftreten sollten. Das Arbeitsblatt beinhaltet einen Leitfaden und verschiedene Tipps, die als zusätzliche Hilfestellung verwendet werden können.

Da die Materialien je nach Modellgröße unterschiedlich sein können, möchten wir an dieser Stelle weder eine Materialliste, noch eine exakte Anleitung für das Erstellen eines Modells vorgeben. Allerdings werden im Folgenden einige exemplarische Materialien genannt, die wir für die Herstellung unseres Modells verwendet haben:

- Cuticula: grünes Moosgummi oder grünes Papier → Zellstrukturen aufmalen
- Epidermis: zugeschnittene Schachteln (z.B. Pizzakarton)
- Palisadengewebe: Actimel-Flaschen
- Schwammgewebe:
- Schließzellen: Aluminiumbecher
- Leitbündel: Strohhalme

Vor der Materialsammlung ist es wichtig, dass sich die Schüler nicht nur eine Abbildung eines Blattquerschnittes ansehen, sondern dass sie verschiedene Abbildung für die Ideenfindung heranziehen, da bei den Abbildungen oft unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt wurden.

Bsp.: *Biologie Interaktiv, NWA 1/2 (2007)* (S.122) hat den Schwerpunkt auf einen genauen Maßstab und auf die Formenvielfalt bei den Zellstrukturen gelegt; hat jedoch als Grundfarbe für die Zellen die Farbe blau gewählt, was aus wissenschaftlicher Sicht nicht richtig ist.

### Wozu ein Blattmodell herstellen?

Allgemein dienen Modelle zur besseren Veranschaulichung von Sachverhalten und bringen dadurch einen deutlich höheren Lernzuwachs mit sich. Das Selbstherstellen von Medien bezeichnet MEIER als den „Königsweg des Medieneinsatzes“ und hat damit verbunden einige Lernchancen formuliert, die wir im Folgenden auf das spezielle Medium „Modell“ transferiert haben:

- Wer Modelle selbst erfindet und herstellt, muss sich zuerst in die Sachstruktur einarbeiten und setzt sich so mit dem Medium intensiv auseinander.
- Das eigenständige Herstellen eines Modells bewirkt, dass die Schüler sorgfältiger damit umgehen, weil sie die Mühe der Arbeit, die darin steckt selbst erlebt haben (vgl. Meier, 1993, S.28ff).

Auch wird durch die gedankliche Auseinandersetzung bei der Modellproduktion das räumliche Vorstellungsvermögen der Schüler gestärkt, da sie eine zweidimensionale Abbildung in ein dreidimensionales Modell verwandeln sollen.

Des Weiteren ist die Herstellung eines eigenen Modells mit einem hohen Maß an Motivation verbunden, da die Schüler hier ihre eigenen Vorstellungen und Ideen realisieren können. Und auch das Endziel des projektorientierten Arbeitens, die Präsentation des Modells vor den Mitschülern hat einen motivierenden Charakter und lässt sie letztendlich neben fachlichen Kompetenzen auch Kompetenzen von Handlungsorientierung erwerben, die für die Bewältigung zukünftiger Aufgaben wichtig sind.

### 2.3 Modul „Aufbau eines Blattes“

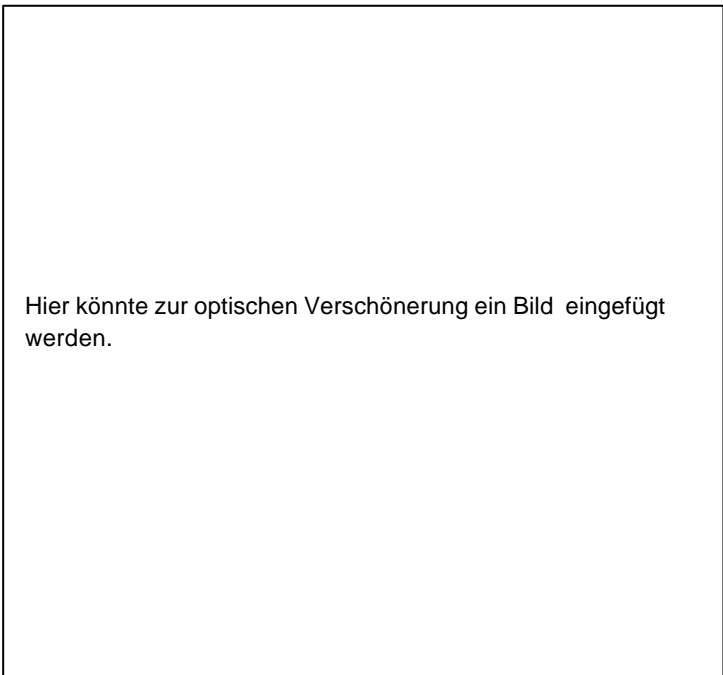
siehe nächste Seite

# Strukturmodell eines Laubblattes

**Baut euch ein eigenes Strukturmodell eines Blattquerschnittes.**

Die Folgenden Arbeitsschritte sollen euch eine Hilfestellung geben, sind aber nicht verbindlich!!

1. Sucht in verschiedenen Büchern nach Abbildungen von Blattquerschnitten und vergleicht diese miteinander.  
Ihr werdet sehen, dass sie sich teilweise unterscheiden.
2. Entscheidet euch für eine Abbildung, bzw. kombiniert diese mit einer weiteren und benutzt die Abbildung als Vorlage für euer Modell.
3. Sucht nach geeigneten Materialien für euer Modell. Achtet vor allem auf einen einheitlichen Maßstab!!  
**Tipp:** Auch Verpackungen von Lebensmitteln können gute Materialien darstellen.
4. Beschriftet euer Modell. Ihr könnt dazu auch eine Legende anlegen.



Hier könnte zur optischen Verschönerung ein Bild eingefügt werden.



### 3 Spaltöffnungen sichtbar machen

#### 3.1 Fachlicher Hintergrund

Bei Landpflanzen findet man die Spaltöffnungen meist in der unteren Epidermis der Laubblätter, bei Wasserpflanzen mit Schwimmblättern (Seerose) befinden sich die Spaltöffnungen in der oberen Epidermis, da nur dort Gase und Ionen aufgenommen und Wasserdampf abgegeben werden kann.

#### 3.2 Methodisch-didaktische Überlegungen

Bei der Beschaffung von Seerosenblättern muss darauf geachtet werden, dass die Seerose unter Naturschutz steht. Werden also für den Unterricht Seerosenblätter benötigt, so müssen diese in einer Gärtnerei oder in einem Blumenladen gekauft werden. Es ist nicht zulässig, dass die Blätter in der Natur gesammelt werden. Es sollte auch in der Unterrichtsstunde darauf eingegangen werden, dass Seerosen unter Naturschutz stehen.

Dieser Versuch zeigt den Schülern ganz deutlich, wo sich die Spaltöffnungen befinden, denn wenn in den Stiel hineingepustet wird, so steigen aus den Spaltöffnungen Wasserbläschen auf. Die Schüler haben so die Möglichkeit, die Spaltöffnungen in ihrer Gesamtheit auf dem Blatt zu sehen und bekommen eine Vorstellung darüber, wie viele solcher Spaltöffnungen auf nur einem Blatt vorhanden sind. Dieser Versuch kann für die Schüler sehr beeindruckend sein.

Es ist sinnvoll, diesen Versuch vor dem Mikroskopieren eines Blattes durchzuführen, denn dann können die Schüler später die Spaltöffnungen besser zuordnen. Außerdem kann dann von der Gesamtheit der Spaltöffnungen auf eine einzelne Spaltöffnung fokussiert werden, die dann mit Hilfe des Mikroskops genauer betrachtet und gezeichnet wird.

Der Versuch benötigt keine großen Materialbeschaffungen, einzig allein das Seerosenblatt muss besorgt werden. Dies kann aber in jeder Gärtnerei für wenig Geld erstanden werden. Die ebenfalls benötigten Schüsseln findet man in jeder Biologiesammlung. Statt der Schüsseln können auch große Bechergläser benutzt werden.

Um den finanziellen Aufwand möglichst gering zu halten, bietet es sich an, den Versuch in Gruppen durchführen zu lassen. Wird der Versuch innerhalb einer Stationsarbeit durchgeführt, werden auch nur wenige Seerosenblätter benötigt, es sollte jedoch aus hygienischen Gründen darauf geachtet werden, dass am Stiel des Seerosenblattes ein Mundstück befestigt wird, das nach jedem Schüler gewechselt wird. Das Mundstück könnte aus einem Strohhalm und Isolierband hergestellt werden.

Der Versuch ist sehr einfach und kann von den Schülern problemlos ohne Hilfestellung durch den Lehrer durchgeführt werden. Deshalb sollte nur bei Materialknappheit dieser Versuch als Demonstrationsversuch durchgeführt werden, denn wenn die Schüler den Versuch selbst

durchführen, bleibt er eher in den Köpfen der Schüler. Außerdem ist es bei großen Lerngruppen nicht möglich, dass alle Schüler den Versuch beobachten können, wenn der Lehrer ihn durchführt.

### 3.3 Modul „Spaltöffnungen sichtbar machen“

siehe nächste Seite

# Spaltöffnungen sichtbar machen

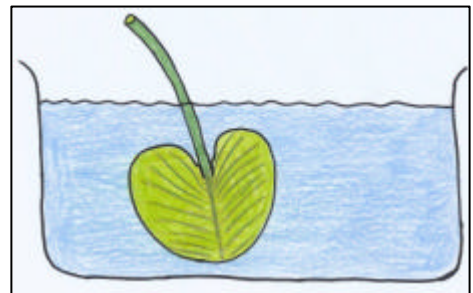
Spaltöffnungen sind so winzig, dass man sie kaum mit bloßem Auge sehen kann. Du kannst sie jedoch sichtbar machen.

Dazu brauchst du:

- ✿ Schüssel, mit Wasser gefüllt
- ✿ Seerosenblatt mit einem langen Stiel

So gehst du vor:

- ✿ Tauche dein Seerosenblatt komplett unter Wasser, dass nur noch das Ende des Stiels aus dem Wasser schaut.
- ✿ Puste nun kräftig in den Stiel hinein.



Was kannst du beobachten?

---

---

Erkläre deine Beobachtungen!

---

---

---

Zeichne eine Skizze deines Seerosenblattes und beschrifte sie.



## 4 Funktionsweise von Spaltöffnungen

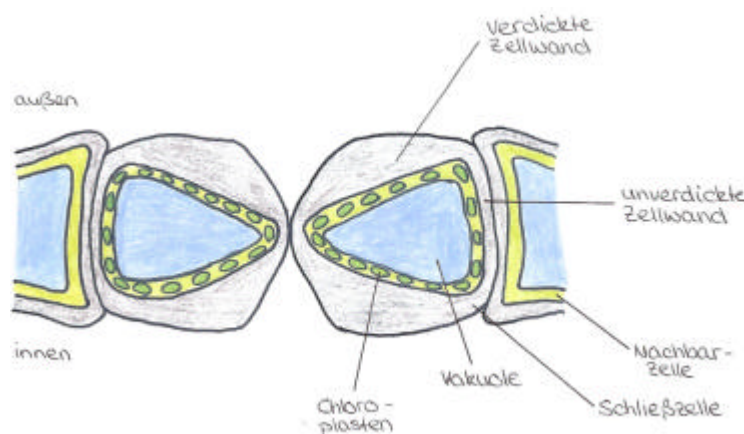
### 4.1 Fachlicher Hintergrund

Die einzelnen Organe einer Pflanze dürfen nach außen hin nicht lückenlos geschlossen sein, da es sonst nicht mehr möglich ist, dass Wasserdampf austritt oder andere lebenswichtige Gase (v. a.  $\text{CO}_2$ ) in die Pflanze hinein diffundieren. Laubblätter sind die wichtigsten Gasaustauschorgane der Pflanze. An ihnen findet man regulierbare Poren, die Spaltöffnungen oder Stomata genannt sind. Die Spaltöffnungen verbinden das Interzellularsystem und die Außenluft. Die Stomata stellen zum einen den wichtigsten Weg der Wasserabgabe dar, zum anderen gelangt das  $\text{CO}_2$ , welches bei der Photosynthese benötigt wird, durch die Spaltöffnungen in das Blattinnere. Diese Spaltöffnungen haben die Aufgabe, den Diffusionswiderstand zu regulieren. Zum einen erleichtern sie die Nachlieferung des  $\text{CO}_2$ , das die Pflanze für die Photosynthese benötigt durch Öffnung der Stomata (Verringerung des Diffusionswiderstands), zum anderen verlangsamen die Stomata die Transpiration durch Schließen der Spaltöffnungen (Erhöhung des Diffusionswiderstandes) (vgl. Bresinsky, A.; Ehrendorfer, F.; Sitte, P.; Ziegler, H. (1999) S. 309) .

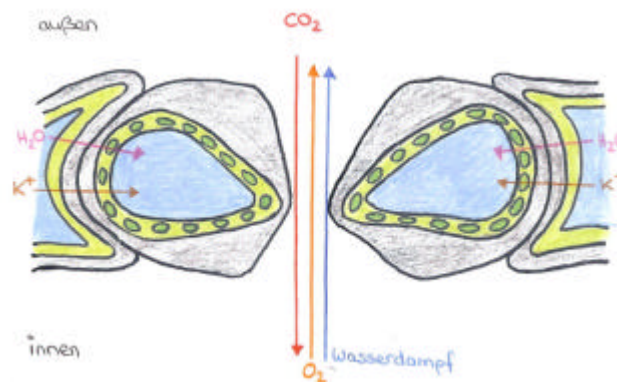
Wenn die Stomata geschlossen werden, wird zum einen die Transpiration verringert, es wird jedoch auch die Photosyntheseleistung verringert, weil nun der Pflanze nicht mehr so viel  $\text{CO}_2$  zur Verfügung steht, da wegen der geschlossenen Stomata weniger Gase in das Blatt diffundieren können (vgl. Campbell, Neil A. (2000), S. 215).

Das Öffnen und Schließen der Spaltöffnungen geschieht durch Veränderung des Turgordruckes in den Schließzellen.

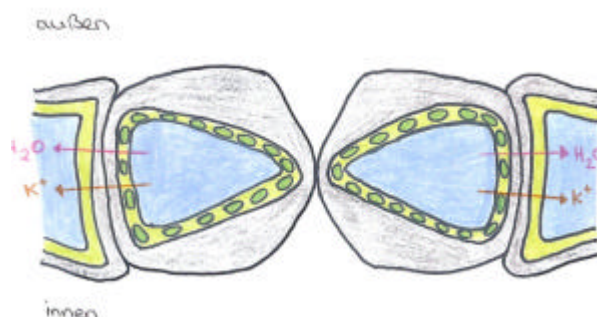
Jede Spaltöffnung wird durch zwei solcher Schließzellen umfasst. Schließzellen sind spezialisierte Epidermiszellen. Bei einkeimblättrigen Pflanzen haben diese eine hantelförmige Gestalt, bei zweikeimblättrigen Pflanzen sind sie nierenförmig. Die Schließzellen sind mit den Epidermiszellen verbunden. Die Zellwände der Schließzellen sind nicht einheitlich dick. Die Zellwände hin zur Atemhöhle sind dicker und damit weniger dehnfähiger als die Zellwände hin zu den Epidermiszellen (vgl. Campbell, Neil A. (2000), S. 772).



Die Form und Größe der Spaltöffnung wird durch die Schließzellen reguliert. Im Gegensatz zu den anderen Epidermiszellen enthalten die Schließzellen Chloroplasten, in ihnen findet also Photosynthese statt. Bei Belichtung wird in den Schließzellen viel ATP gebildet. Mit dieser Energie werden  $K^+$ -Ionen gegen das Konzentrationsgefälle aus den Nachbarzellen in die Schließzellen transportiert, der osmotische Wert steigt in den Schließzellen an. Dies hat nun zur Folge, dass aus den Nachbarzellen auch Wasser in die Schließzellen strömt, um die Konzentrationen auszugleichen. Der Innendruck der Schließzellen wird also höher und die Zellen wölben sich und der Spalt zwischen den Schließzellen öffnet sich (vgl. Bayrhuber, H.; Kull, U. (1998), S. 47).



Bei Dunkelheit findet keine Photosynthese statt, es wird also auch weniger ATP in den Blättern gebildet. Da nun auch weniger Energie vorhanden ist, um die  $K^+$ -Ionen gegen ihr Konzentrationsgefälle in die Schließzellen zu pumpen, wandern die  $K^+$ -Ionen mit dem Konzentrationsgefälle aus den Schließzellen in die Nachbarzellen. In den Schließzellen sinkt also der osmotische Wert, weil auch das Wasser an die Nachbarzellen abgegeben wird. Die Schließzellen erschlaffen und der Spalt schließt sich (vgl. Bayrhuber, H.; Kull, U. (1998), S. 47).



Die Spaltöffnungen schließen sich meist nachts und öffnen sich meist tagsüber, denn im Dunkeln kann keine Photosynthese stattfinden.

Es kann aber auch sein, dass sich die Stomata aus anderen Gründen schließen. Verschiedene Arten von Umweltstress können ein Grund sein. Dies kann Wassermangel

sein. Es wird durch das Schließen der Stomata ein weiteres Welken der Pflanze verhindert, da die Transpiration verringert wird (vgl. Campbell, Neil A. (2000) S. 773). Aber auch der CO<sub>2</sub>-Gehalt im Interzellularen reguliert die Öffnung der Spaltöffnungen. Bei niedriger CO<sub>2</sub>-Konzentration öffnen sich die Stomata, bei hoher CO<sub>2</sub>-Konzentration schließen sie sich (vgl. Bayrhuber, H.; Kull, U. (1998), S. 47).

#### 4.2 Methodisch-didaktische Überlegungen

Da die Funktionsweise der Spaltöffnungen oft sehr schwierig für die Schüler zu verstehen ist, bietet es sich hier an, mit einem Funktionsmodell zu arbeiten.

Je nach Klasse kann beim Bau eines Funktionsmodells einer Spaltöffnung unterschiedlich vorgegangen werden. Es besteht zum einen die Möglichkeit, die Schüler selbst überlegen zu lassen, wie man ein Modell einer Spaltöffnung bauen könnte. Zum anderen könnte die Bauanleitung durch den Lehrer vorgegeben werden (siehe Arbeitsblatt). Bei beiden Vorgehensweisen müssen der Bau und die Funktionsweise der Spaltöffnungen den Schülern bereits bekannt sein, damit das Modell verstanden werden kann.

Wird das Modell nicht in der Klasse gebaut, sondern wird es vom Lehrer bereits gebaut mitgebracht, so kann es beim Erarbeiten der Funktionsweise von Spaltöffnungen helfen.

Aber auch hier muss den Schülern bereits klar sein, wie eine Spaltöffnung aufgebaut ist.

In allen Fällen muss geklärt werden, welche Bauteile den Teilen der Spaltöffnung entsprechen, damit die Schüler das Modell verstehen können.

Beim Bau der Spaltöffnung kann das beigelegte Arbeitsblatt helfen. Da es sehr kompliziert ist, die einzelnen Arbeitsschritte verbal zu formulieren, wurden den kurzen Texten Bilder beigelegt, die das Verbale noch einmal veranschaulichen.

Um den Materialaufwand so gering wie möglich zu halten, kann dieses Modell gut in einer Stationsarbeit verwendet werden. Wird das Modell durch die Schüler selbst hergestellt, so kann dies in Kleingruppen geschehen.

Wenn die Modelle einmal hergestellt worden sind, können diese gut in der Biologiesammlung aufgehoben werden. Es sollte jedoch darauf geachtet werden, dass die Funktionsmodelle nicht der Sonne ausgesetzt werden, da sonst das Gummi der Fahrradschläuche porös werden könnte.

Aber dieses Modell hat, wie jedes Modell, seine Grenzen. Dies sollte auch im Unterricht thematisiert werden, damit keine falschen Vorstellungen in den Köpfen der Schüler entstehen.

#### 4.3 Modul „Funktionsmodell“

siehe nächste Seite

# Funktionsmodell einer Spaltöffnung

Baue dir dein eigenes Funktionsmodell einer Spaltöffnung.

Du benötigst:

- ⊗ Fahrradschlauch
- ⊗ Isolierband
- ⊗ Klarsicht-Klebeband
- ⊗ 2 Pappstreifen (30 cm x 3 cm)
- ⊗ Luftpumpe

Dann geht es mit dem Bauen los:

- ① Falte den Fahrradschlauch der Länge nach.



- ② Klebe die Enden im Abstand von 10 cm mit einem Streifen Isolierband zusammen



- ③ Es entsteht dadurch ein Schlitz. Klebe in diesen Schlitz die Pappstreifen mit Hilfe des Klarsicht-Klebebands fest.



Erkläre, was die einzelnen Teile deines Modells darstellen.

---

---

---

---

Pumpe nun mit der Luftpumpe Luft in den Schlauch. Was passiert?

---

---

---

---

Erkläre deine Beobachtungen.

---

---

---

---



## 5 Anpassungen von Laubblättern an ihren Standort (Spaltöffnungen)

### 5.1 Fachlicher Hintergrund

Je nach Standort der Pflanze sind die Spaltöffnungen an verschiedenen Stellen des Laubblattes zu finden oder sind verschieden gebaut.

Bei Landpflanzen befinden sich die Spaltöffnungen vor allem an der Unterseite der Laubblätter. Pflanzen an trockenen Standorten haben tief in die Epidermis eingesenkte Spaltöffnungen. Durch diese Anpassung wird die Transpiration des schon kostbaren Wassers verringert.

Pflanzen an feuchten Standorten haben vorgestülpte Spaltöffnungen. Die Pflanzen an diesen Standorten leiden selten unter Wassermangel. Sie müssen eher das Problem bewältigen, dass sie zu wenig Wasserdampf abgeben können. Durch die vorgestülpten Spaltöffnungen werden die Transpiration und die Aufnahme von Ionen, CO<sub>2</sub> und anderen Gasen erhöht.

Bei Wasserpflanzen mit Schwimmblättern findet man die Spaltöffnungen an der Oberseite der Laubblätter, da nur dort die Möglichkeit besteht, CO<sub>2</sub> und andere Gase aufzunehmen, bzw. Wasserdampf abzugeben. Wasserpflanzen ohne Schwimmblätter besitzen keine Spaltöffnungen, sie haben andere Einrichtungen zur Wasserdampfabgabe entwickelt.

### 5.2 Methodisch-didaktische Überlegungen

Dieser Versuch eignet sich sehr gut um Spaltöffnungen unter dem Mikroskop sichtbar zu machen. Die Schüler entdecken, dass sich die Spaltöffnungen beim Löwenzahn auf der Blattunterseite und beim Seerosenblatt auf der Blattoberseite befinden. Durch diese Beobachtung kann den Schülern bewusst gemacht werden, dass nicht nur Tiere, sondern auch Pflanzen an ihren Lebensraum angepasst sind. Diese Erkenntnis wird Schüler sicherlich zum Staunen bringen und für weiteres Arbeiten motivieren. Da Schüler in der Regel mehr an Tieren als an Pflanzen interessiert sind, ist es sicherlich wichtig Motivation zu schaffen.

Der Versuch kann aber auch erweitert werden (s. Arbeitsblatt). In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass die Schüler noch kein Vorwissen zu Spaltöffnungen besitzen. Durch diesen Versuch können sie den Schülern sichtbar gemacht werden. Die Schüler müssen dann Hypothesen aufstellen, welche Funktion die Spaltöffnungen erfüllen. Der Versuch aus Kapitel 3 eignet sich, um die Hypothesen zu überprüfen. Außerdem können die Schüler durch einen Vergleich der beiden Blätter Schlussfolgerungen ziehen. Diese Erweiterung des Versuchs eignet sich hauptsächlich für höhere Jahrgangsstufen. Die Schüler sollten die Basis für naturwissenschaftliches Arbeiten erworben haben. Besonders in Bezug auf den Bereich „Antworten und Erkenntnisse durch Primärerfahrungen“ (vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004), S. 97).

Weiterhin ist dieser Versuch (auch in vereinfachter Form) sinnvoll, da hier auf schwierige botanische Schnitte verzichtet wird. Die Schüler brauchen nicht mit einer Rasierklinge zu arbeiten. Dadurch ist es auch möglich den Versuch ohne Probleme in den unteren Jahrgangsstufen durchzuführen. Stattdessen machen sie mit Klebstoff einen einfachen Abdruck. Hier ist aber darauf zu achten, dass der Klebstoff sehr dünn aufgetragen wird, denn sonst ist der Abdruck nicht oder nur sehr schlecht zu erkennen. Außerdem muss der Klebstoff gut getrocknet sein, bevor er abgezogen wird. Ansonsten wird der Abdruck zerstört. Es ist wichtig die Schüler darauf hinzuweisen und sie evtl. solange mit einer anderen Aufgabe zu beschäftigen.

Durch diesen Versuch werden die, vom Bildungsplan geforderten naturwissenschaftliche Arbeitsweisen geschult, da die Schüler durch Primärerfahrungen Hypothesen bilden und Besonderheiten finden. Außerdem ist der Versuch einfach gestaltet, was den Schüler selbstständiges Arbeiten ermöglicht. Die Schüler üben außerdem an diesem Versuch weitere wichtige naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie das Vergleichen, das Beschreiben und Beobachten.

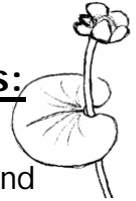
Das Material für diesen Versuch ist relativ einfach zu beschaffen. Allerdings müssen die Seerosenblätter in der Gärtnerei gekauft werden, da sie unter Naturschutz stehen (s. Kapitel 3.2). Den Löwenzahn können die Schüler selbst mit in den Unterricht bringen, da Löwenzahnblätter zu fast jeder Jahreszeit und an fast jedem Ort zu finden sind. Auch Klebstoff haben die meisten Schüler immer in der Schule dabei, allerdings ist es wichtig, dass nur transparenter Flüssigkleber verwendet wird. Mikroskope, Objektträger, Deckgläschen und Pipetten sind in der Regel in den Schulen vorhanden.

### 5.3 Modul „Lackabdrücke“

siehe nächste Seite



## Untersuchungen an der Unter- und Oberseite des Blattes:



1. Trage auf die Oberseite und die Unterseite eines Seerosenblattes und eines Löwenzahnblattes eine **sehr dünne** Schicht mit klarem Klebstoff auf. Achtung: Verwende nur Flüssigklebstoff. Nimm nicht zu viel!
2. Wenn der Klebstoff ganz trocken ist, kannst du wie eine Haut abziehen. Das funktioniert am besten mit einer spitzen Pinzette.
3. Lege deine Abdrücke ganz vorsichtig auf einen Objektträger. Achte darauf, dass sie möglichst nicht verknittern.
4. Damit du die Übersicht nicht verlierst, kannst du die Objektträger in die Felder legen. So weißt du um welchen Abdruck es sich jeweils handelt.
5. Fertige von deinen Abdrücken ein Nasspräparat an und betrachte sie unter dem Mikroskop. Tipp: Wähle eine Vergrößerung, mit der du einzelne Zellen erkennen kannst.
6. Sieht der Abdruck der Blattoberseite genauso aus wie der der Unterseite? Fertige eine Zeichnung von dem was du erkennen kannst an.
7. Bespreche mit den Mitschülern deiner Gruppe, was ihr gesehen habt und was das wohl sein könnte. Fällt euch etwas auf, wenn ihr die Abdrücke des Seerosenblattes mit denen des Löwenzahnblattes vergleicht?

Seerosenblatt Oberseite	Seerosenblatt Unterseite
Zeichnung 	Zeichnung 
Löwenzahnblatt Oberseite	Löwenzahnblatt Unterseite
Zeichnung 	Zeichnung 

## 6 Anpassungen von Laubblättern an ihren Standort (Aufbau eines Laubblattes)

### 6.1 Fachlicher Hintergrund (vgl. Bayrhuber, H.; Kull, U. (1998), S. 56)

Neben den Anpassungen der Pflanzen an ihren Standort durch unterschiedlichen Bau und unterschiedliche Anordnung der Spaltöffnungen passt sich die Pflanze auch im Aufbau ihrer Blätter an ihren Standort an.

Pflanzen an einem feuchten Standort haben, wie bereits oben erwähnt, kein Problem mit zu großer Transpiration. Neben der Anpassung durch die Spaltöffnungen (s. o.) sind die großen, dünnen Blätter mit einer zarten Epidermis eine weitere Anpassung. Durch die Größe der Blätter kann das Licht gut ausgenutzt werden, denn feuchte und schattige Standorte fallen oft zusammen. Durch die geringe Dicke der Blätter gelangen die zur Fotosynthese benötigten Stoffe schneller dorthin, wo sie gebraucht werden. Die zarte Cuticula, die eigentlich einen Verdunstungsschutz darstellt, erhöht in diesem Fall die Transpiration.

Pflanzen an trockenen Standorten müssen trockene Luft aushalten. Durch die Verkleinerung der Laubblätter wird die Transpiration verringert. Außerdem haben sie eine verdickte Epidermis und viel Festigungsgewebe. Dies hilft bei Wasserverlust gegen das Erschlaffen der Laubblätter.

Die Spaltöffnungen werden oft durch Falten und Einrollen des Laubblattes geschützt. Somit wird die Transpiration weiter herabgesetzt.

### 6.2 Methodisch-didaktische Überlegungen

#### Mikroskopieren

Wenn mit den Schülern nach längerer Zeit wieder mikroskopiert werden soll, so ist es notwendig, in einer kurzen Einführung die Schüler auf das fachgemäße Arbeiten mit dem Mikroskop und auf die Verhaltensregeln hinzuweisen. Dies kann auf verschiedene Arten geschehen. Es sollte dabei auf folgende Aspekte eingegangen werden:

Es ist sehr wichtig, dass die Schüler den Aufbau eines Mikroskops kennen und verstehen. Neben den Bezeichnungen muss den Schülern klar sein, welche Funktion die einzelnen Teile haben. Denn nur dann haben die Schüler die Möglichkeit effektiv mit einem Mikroskop zu arbeiten. Hierzu kann gut ein Arbeitsblatt benutzt werden, auf dem die einzelnen Teile eines Mikroskops zu bezeichnen sind. Abbildungen eines Mikroskops findet man in jedem NWA- oder Biologie-Buch oder bei den Kopiervorlagen, die es zu jedem Schulbuch im Handel gibt.

Für ein reibungsloses Arbeiten ist es daneben aber auch wichtig, dass die Schüler die einzelnen Laborgeräte, die man zum Arbeiten mit dem Mikroskop braucht kennen und auch wissen, wie mit ihnen gearbeitet wird und wozu sie gebraucht werden.

Natürlich sollte auch besprochen werden, wie ein scharfes Bild gesehen werden kann. Die Vorgehensweise kann als Plakat im Klassenzimmer oder Biologieraum aufgehängt werden, oder man gibt den Schülern eine Hilfe an die Hand, die sie so lange benutzen können, bis sie sich im Arbeiten mit dem Mikroskop sicher fühlen.

Da schon in der fünften Klasse mit dem Mikroskop gearbeitet wird, kann man davon ausgehen, dass die Schüler schon einmal selbst mikroskopiert haben. Ist dies jedoch nicht der Fall, so ist es sinnvoll, ein bisschen mehr Zeit einzuplanen.

### Blattquerschnitte herstellen

Neben dem bereits thematisierten Modell eines Blattquerschnitts sollte nicht darauf verzichtet werden, auch Blattschnitte mikroskopisch zu betrachten.

Die Herstellung von Blattquerschnitten kann gut in einer Einzelstunde durchgeführt werden. Durch den geringen Materialaufwand ist es möglich, dass jeder Schüler seinen eigenen Blattquerschnitt herstellt. Laubblätter können mit geringem Zeitaufwand direkt auf dem Schulhof geholt werden. Dies kann durch den Lehrer geschehen oder die Schüler bekommen in der Unterrichtsstunde Zeit verschiedene Laubblätter zu holen.

Wenn jeweils zwei Schüler an einem Mikroskop arbeiten, so besteht die Möglichkeit, dass je ein Schüler einen Querschnitt eines Blattes einer Trockenpflanze und der andere einen Querschnitt einer Feuchtpflanze herstellt. So kann der Aufbau der Blätter verglichen werden. Zwar brauchen die Schüler möglicherweise ein wenig Übung bis sie brauchbare Blattquerschnitte herstellen, da sie meist zu Beginn etwas zu dick geraten, aber auf das selbstständige Herstellen durch die Schüler sollte nicht verzichtet werden. Bei der Herstellung der Querschnitte wird nämlich das genaue Arbeiten und die Fingerfertigkeit der Schüler geschult.

Bei der Herstellung der Querschnitte bietet sich an, eine ganze Schnittserie von mehreren Schnitten anzufertigen, damit, falls in einem Schnitt nicht erkannt werden kann, schnell ein anderer Schnitt herangezogen werden kann. Es muss sehr dünn geschnitten werden, damit beim späteren Mikroskopieren alle Einzelheiten gut gesehen werden können.

Bei der Herstellung der Querschnitte arbeiten die Schüler mit sehr scharfen Rasierklingen. Es sollten daher vom Lehrer Sicherheitshinweise gegeben werden und für den Notfall Heftpflaster bereit liegen.

Eine Trockenpflanze ist zum Beispiel der Oleander, das Springkraut ist ein Beispiel für eine Feuchtpflanze.

Zur Beschriftung der Zeichnung sollte man den Schülern eine Hilfe in Form eines kurzen wissenschaftlichen Textes oder einer Zeichnung an die Hand geben. Mögliches Bild- und Textmaterial kann in jedem Biologie- oder NWA-Buch gefunden werden.

Blattquerschnitte können sehr gut exemplarisch behandelt werden. Wenn die Schüler die Technik an einem Blatt gelernt haben, so sind sie in der Lage, weitere Blattquerschnitte herzustellen.

Beim Mikroskopieren der Blattquerschnitte kann jedoch nicht auf jede Bauart von Laubblättern eingegangen werden. Es ist vielmehr sinnvoll, wie es auch in den Leitgedanken zum Kompetenzerwerb steht nicht ein Detailwissen über jede Bauart zu vermitteln, sondern einzelne Bauarten exemplarisch herauszugreifen und daran zu erarbeiten, wie der Grundaufbau eines Laubblattes aussieht. Mit diesem Wissen sind die Schüler später in der Lage weitere Laubblattarten selbstständig untersuchen zu können.

### 6.3 Modul „Mikroskopieren von Blattquerschnitten“

Eine sehr hilfreiche Darstellung zur Herstellung von Blattquerschnitten findet man im NWA-Buch „Biologie interaktiv. Naturwissenschaftliches Arbeiten 1, Realschule Baden-Württemberg“ auf Seite 123.

## 7 Literaturverzeichnis

Bayrhuber, H.; Kull, U. (1998): **Linder. Biologie**. Hannover: Schroedel Verlag GmbH

Bresinsky, A.; Ehrendorfer, F.; Sitte, P.; Ziegler, H. (1999): **Straßburger. Lehrbuch der Botanik**. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

Campbell, Neil A. (2000): **Biologie**. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.

Freundner-Huneke, I.; Mathias, V. (2005): **Erlebnis Naturwissenschaft 3. Biologie**. Braunschweig: Schroedel Verlag GmbH.

Meier, R. (1993): **Der Königsweg: Medien selbst herstellen**. In: Friedrich Jahresheft XL: Unterrichtsmedien, S.28-31.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004): **Bildungsplan für die Realschule**.

Ruppert, W. / Spörhase-Eichmann, U. (2007): **Biologie Interaktiv, Naturwissenschaftliches Arbeiten 1/2, Realschule Baden-Württemberg**. Berlin: Cornelsen Verlag.

Spörhase-Eichmann, U. (2006): **Biologie interaktiv. Naturwissenschaftliches Arbeiten 1, Realschule Baden-Württemberg**. Berlin: Cornelsen-Verlag.

Spörhase-Eichmann, U. / Ruppert, W. (2004): **Biologie-Didaktik, Praxisbuch für die Sekundarstufe I und II**. Berlin: Cornelsen Verlag Scriptor GmbH & Co. KG.