



Rheinland-Pfalz

PÄDAGOGISCHES  
LANDESINSTITUT

# PFLANZEN, PFLANZENORGANE, PFLANZENZELLEN – LICHT ERMÖGLICHT STOFFAUFBAU

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Biologie – Themenfeld 4



In den PL-Informationen werden Ergebnisse veröffentlicht, die von Lehrerinnen und Lehrern aller Schularten unter Einbeziehung weiterer Experten erarbeitet und auf der Grundlage der aktuellen pädagogischen oder fachdidaktischen Diskussion für den Unterricht oder die Schulentwicklung aufbereitet wurden. Mit ihnen werden Anregungen gegeben, wie Schulen bildungspolitische Vorgaben und aktuelle Entwicklungen umsetzen können.

Die PL-Informationen erscheinen unregelmäßig. Unser Materialangebot finden Sie im Internet auf dem Landesbildungsserver unter folgender Adresse:

<http://bildung-rp.de/pl/publikationen.html>

Die vorliegende Veröffentlichung wird gegen eine Schutzgebühr von 6,00 Euro zzgl. Versandkosten abgegeben. Bestellungen richten Sie bitte an das Pädagogische Landesinstitut:

[bestellung@pl.rlp.de](mailto:bestellung@pl.rlp.de)

---

# IMPRESSUM

## **Herausgeber:**

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz  
Standort Bad Kreuznach  
Röntgenstraße 32  
55543 Bad Kreuznach  
[pl@pl.rlp.de](mailto:pl@pl.rlp.de)

## **Redaktion:**

Dr. Stefanie Böhm, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

## **Skriptbearbeitung:**

Birgit Andres, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

## **Titelbild:**

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: April 2016

© Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz 2016

ISSN 2190-9148

Soweit die vorliegende Handreichung Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Sollten dennoch in einigen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an das Pädagogische Landesinstitut Rheinland-Pfalz.

# INHALT

<b>1</b>	<b>Themenfeld 4: Pflanzen, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau</b>	<b>3</b>
1.1	Vorüberlegungen	3
1.2	Die Themenfeld-Doppelseite	4
1.3	Von der Themenfeld-Doppelseite zur Unterrichtsplanung	6
<b>2</b>	<b>Exemplarische Reihenplanungen</b>	<b>16</b>
2.1	Strukturierungsprinzipien für die Reihenplanungen	16
2.2	Übersicht zu den Reihenplanungen	19
2.3	Unterrichtsplanung und Kompetenzentwicklung	22
<b>3</b>	<b>Exemplarische Unterrichtsmaterialien</b>	<b>23</b>
3.1	Kompetenzorientierte Unterrichtsmaterialien zu den Reihenplanungen	23
<b>4</b>	<b>Methodenkoffer</b>	<b>49</b>
4.1	Fachmethoden	49
4.2	Methoden zum Diagnostizieren und Rückmelden	52
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>54</b>
	<b>Autorinnen und Autoren</b>	<b>55</b>



# 1 THEMENFELD 4: PFLANZEN, PFLANZENORGANE, PFLANZENZELLEN – LICHT ERMÖGLICHT STOFFAUFBAU

## 1.1 Vorüberlegungen

Der neue Lehrplan im Fach Biologie für die Klassen 7 bis 9/10 der weiterführenden Schulen des Landes Rheinland-Pfalz schließt konzeptionell an den Lehrplan des Faches Naturwissenschaften in der Orientierungsstufe an.

Die drei Säulen des naturwissenschaftlichen Unterrichtes Kompetenzen, Basiskonzepte und Kontexte bilden auch die Stützpfiler des Biologieunterrichts und erfordern eine darauf aufbauende unterrichtliche Umsetzung.

In dieser Handreichung geht es um die Ausgestaltung des Unterrichtes zum Themenfeld 4 „Pflanzen, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau“. Dazu werden die Themenfeld-Dopelseite vorgestellt und exemplarisch mögliche Kontexte und Lerneinheiten beschrieben.

Die Leitfragen lauten: Was ist die Intention des Themenfeldes (TF)? Welche Stellung hat das Themenfeld im Gesamtlehrplan? Wie kann das Themenfeld entsprechend der Lehrplananforderungen konkret im Unterricht umgesetzt werden?

Da aus ökologischen und ökonomischen Gründen nur ein kleiner Teil der Materialien abgedruckt wird, gibt es die Möglichkeit, die gesamten Materialien auch auf verschiedenen Niveaustufen und mögliche Lösungen sowie die gesamte Handreichung über den Link <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/biologie/unterricht/themenfeld-4.html> herunterzuladen.

## 1.2 Die Themenfeld-Doppelseite

### TF 4: Pflanze, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau

In der Orientierungsstufe haben die Schülerinnen und Schüler die Fotosynthese kennengelernt. Das Sonnenlicht ist die primäre Energiequelle der Erde und Pflanzen sind unverzichtbar für das Leben.

Die Schülerinnen und Schüler verstehen die Bedeutung der pflanzlichen Stoffproduktion. Sie nutzen die Vielfalt der Naturstoffe, z. B. als Brennstoff, Nahrung, in Kleidung, Medizin und Kosmetik. Naturstoffe sind als nachwachsende Rohstoffe eine Alternative zu fossilen Rohstoffen. Der zentrale Vorgang für die pflanzliche Stoffproduktion ist die Fotosynthese. Die Energie der Sonne wird genutzt, um aus energiearmen (anorganischen) Stoffen energiereiche (organische) und komplexere Stoffe aufzubauen. Die Fotosynthese findet in den grünen Pflanzenzellen statt. Die Pflanze mit ihren Organen ist optimal an ihre Aufgabe angepasst, die fotosynthetisch aktiven Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser, Mineralsalzen und Licht zu versorgen. Dieses Themenfeld ist in besonderer Weise geeignet, den hypothesengeleiteten naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg zu üben.

Das Basiskonzept Struktur-Eigenschaft-Funktion wird auf verschiedenen Systemebenen weiter entwickelt.

#### Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- mikroskopieren pflanzliche Zellen/Gewebe,
- erschließen den Zusammenhang von Fotosynthese und Energiespeicherung mit Hilfe von Energiediagrammen,
- experimentieren hypothesengeleitet, werten Versuche aus und stellen Versuchsergebnisse in Protokollen dar,
- beschreiben die Fotosynthesereaktion mit Teilchensymbolen,
- wenden den Zusammenhang von Struktur und Funktion in Problemstellungen an.

#### Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:

##### *Energie*

Pflanzen bauen aus energiearmen, niedermolekularen Stoffen energiereiche und komplexere Stoffe auf. Die Energie für diese endothermen Reaktionen stammt aus dem Licht.

##### *System*

Die Pflanze tauscht mit ihrer Außenwelt Materie aus. Das Laubblatt ist eine Funktionseinheit für die Fotosynthese. Die Pflanzenzelle ist die kleinste Einheit für den Stoffaufbau.

##### *Struktur-Eigenschaft-Funktion*

Pflanzen und ihre Organe sind an die Wasser- und Lichtverhältnisse angepasst, um größtmögliche Fotosyntheseleistung zu erbringen. Große Oberflächen ermöglichen die schnelle Aufnahme von Kohlenstoffdioxid, Wasser und Licht.

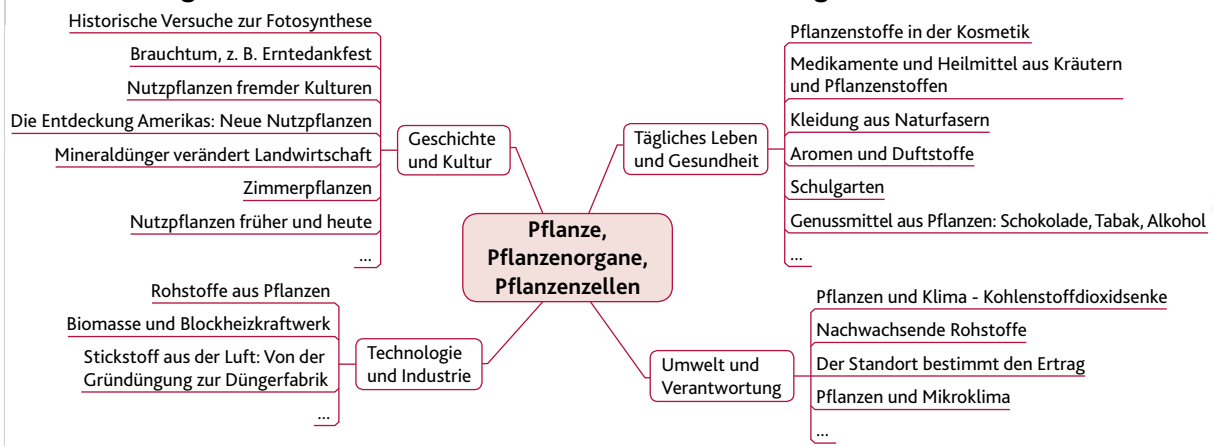
##### *Teilchen – Materie/Stoff*

Die Stoffe Kohlenstoffdioxid, Wasser, Glucose sind Verbindungen der Elemente C, H, O. Die Summenformel zeigt das Atomanzahlverhältnis im Molekül.

#### Fachbegriffe:

Ökosystem  
Organismus und Zelle  
Fotosynthese  
Chloroplast,  
Chlorophyll  
Produzent  
Fotosynthesereaktion (Kohlenstoffdioxid, Wasser, Glucose, Sauerstoff)  
nachwachsender Rohstoff  
Energieträger

**Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung:**



**Differenzierungsmöglichkeiten:**

Grundlegend ist das Verständnis darüber, dass in der Fotosynthese keine Energie verloren geht. Bei der Fotosynthese werden mit Hilfe von Licht energiereiche Stoffe aufgebaut. Die Differenzierung erfolgt hier durch die Abstraktion des Energieträgermodells (Energieübertragung von Licht auf andere Energieträger) oder die quantitative Erfassung der übertragenen Energie (Energiebilanz).

Der Wechsel von der Organebene in die Zellebene schafft ein Grundverständnis für die Systemebenen. Der Einbezug der Ökosystemebene (Pflanzen als Produzenten) stellt eine sinnvolle Erweiterung dar.

Die Beschäftigung mit der zellulären Ebene macht die Beschreibung von Vorgängen auf Teilchenebene nötig. Das Vorwissen aus Themenfeld 3 wird hier erweitert. Außerdem kann der Abstraktionsgrad je nach Wahl der Symbolik variiert werden.

Licht, Wärme und CO<sub>2</sub>-Partialdruck sind Faktoren für die Fotosynthese. Dies kann durch hypothesengeleitetes Experimentieren hergeleitet werden. Zusätzlich können weitere Faktoren erforscht werden, z. B. Lichtqualität, Lichtintensität, Mineralsalze ...

Der Zusammenhang zwischen Oberflächengröße und Stoffaustausch kann auf verschiedenen Systemebenen (Blattflächen, Chloroplasten...) betrachtet werden. Aspekte zum Wasserhaushalt sind additive Unterrichtsinhalte, die zum Teilkonzept Regulation führen, z. B. Transpiration, Spaltöffnungsbewegung.

**Bezüge:**

**NaWi**

TF 2 Zellen;  
 TF 4 Produzenten  
 TF 5 Fotosynthese als Phänomen  
 TF 7 Naturstoffe

**Biologie**

TF 3 Oberflächenvergrößerung  
 TF 5 Kohlenstoffkreislauf, Formelsprache  
 TF 12

**Chemie**

TF 3 Energieträger, -diagramm  
 TF 4 Rohstoffe  
 TF 5 Kosmetik, Pflanzenstoffe  
 TF 7 Makromoleküle  
 TF 9 Chromatographie  
 TF 11 CO<sub>2</sub>-Senken

**Physik**

TF 2 Licht, Absorption  
 TF 6 regenerative Energiequellen

Abb. 1: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Biologie“, S. 30-31

### 1.3 Von der Themenfeld-Doppelseite zur Unterrichtsplanung

Das TF 4 wird, wie jedes Themenfeld des Lehrplans, in Form einer Themenfeld-Doppelseite dargestellt. In den einzelnen Rubriken finden sich neben den verbindlichen auch fakultative Elemente.

<b>Themenfeld-Titel</b>		Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung
Intention		
Kompetenzen		Differenzierungsmöglichkeit
Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte	Fachbegriffe	Bezüge

#### Intention

Die Intention des Themenfeldes bildet den ersten Abschnitt der Themenfeld-Doppelseite, gibt Aufschluss über die Bildungsabsicht und berücksichtigt pädagogische, didaktische und methodische Aspekte. Der Unterricht ist so zu gestalten, dass die Intention verbindlich umgesetzt werden kann.

Die **pädagogische** Absicht besteht darin, den Blick für die Vielfalt der Naturstoffe und deren Bedeutung für das eigene Leben zu schärfen. TF 4 ist, auch in Verbindung mit TF 5 „Ökosysteme im Wandel“, ein Baustein der Nachhaltigkeitserziehung.

Das Themenfeld setzt folgende **didaktische** Schwerpunkte:

- Verständnis von Systemebenen „Organismus-Organ-Zelle“ am Beispiel Fotosynthese
- Verständnis von Struktur-Funktions-Zusammenhängen
- Verständnis des Energieflusses vom Licht zur pflanzlichen Biomasse
- Weiterentwicklung der Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Das nachfolgende abgebildete Piktogramm (Abb. 2) dient der Lehrkraft als Übersicht und sollte von den Schülerinnen und Schülern am Ende des Themenfeldes inhaltlich verstanden sein. Es zeigt den Organismus – die Pflanze – und einen Ausschnitt, nämlich eine Zelle der Pflanze als zwei voneinander abhängige Systeme, die Stoffe aufnehmen, verändern und wieder abgeben. Die Organsysteme arbeiten zusammen. Der Ort der Fotosynthese in den Chloroplasten ist hervorgehoben.



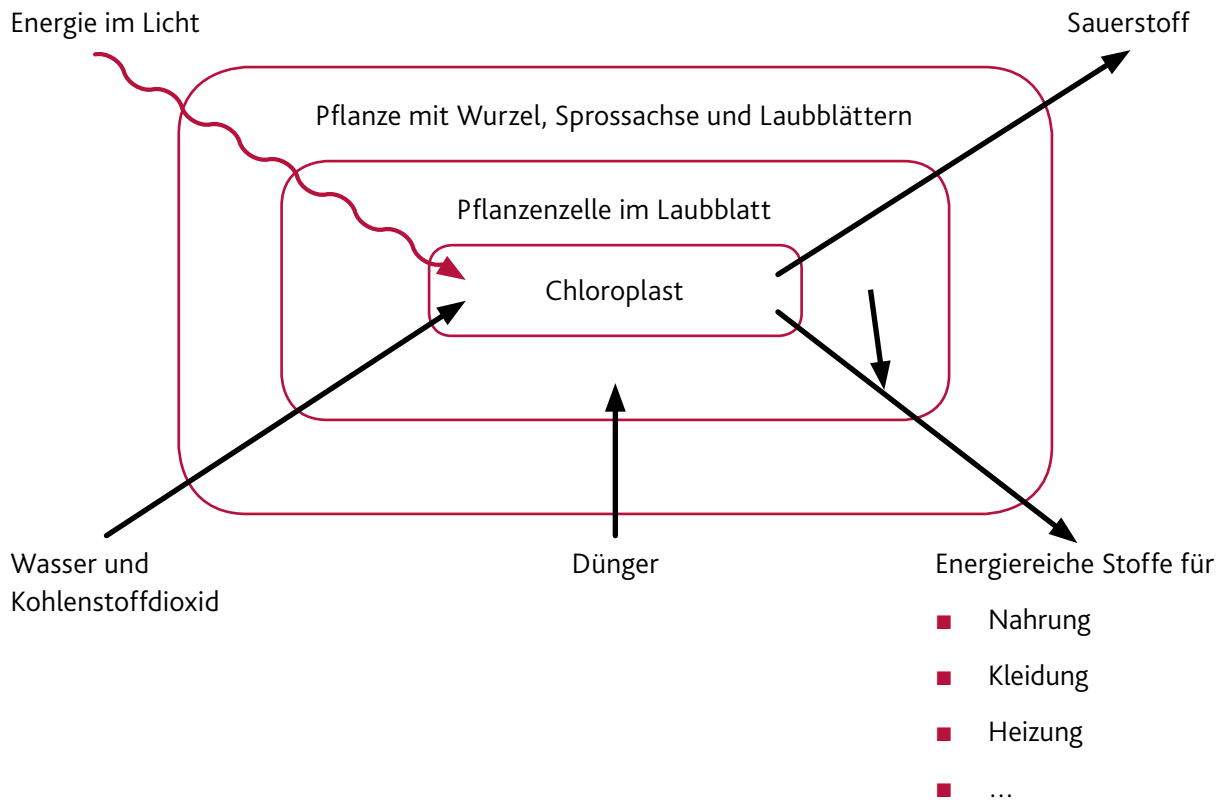


Abb. 2: Piktogramm zur Intention des Themenfeldes 4  
 „Pflanzen, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau“

## Kompetenzen

In der Rubrik „Kompetenzen“ werden konkrete Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler aufgeführt, die im Rahmen des Themenfeldes zu ermöglichen sind und die zur Kompetenzentwicklung beitragen. In Bezug auf die Kompetenzentwicklung stellt das TF 4 eine Ergänzung und Vertiefung von TF 3 dar. Die Abb. 3 zeigt, dass die Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung in der Einübung naturwissenschaftlicher Erkenntnismethoden, der Handhabung von Laborgeräten und Messverfahren sowie der Einführung und Einübung von Formelsprache liegen.

Die Kompetenzentwicklung baut auf der mikroskopischen Erfahrung aus der Orientierungsstufe und auf dem Lernstand von TF 3 auf. Die Fähigkeit, Phänomene zu beschreiben, daraus Hypothesen zu formulieren, Untersuchungen anzustellen, den Erkenntnisgang zu strukturieren und zu dokumentieren, z. B. in Form von Protokollen, wird weiter verbessert.

Die Anwendung von Symbolsprache ist kein explizites Ziel des Orientierungsstufenunterrichtes und wurde in TF 3 neu eingeführt. TF 4 bietet die Chance vom Wechsel einfacher Symbolsprache in die chemische Formelsprache. Es ist sinnvoll, hier Absprachen mit dem Fach Chemie zu treffen und Synergien zu nutzen.

Die Schülerinnen und Schüler können ...		TF 4	Schülerinnen und Schüler ...
... naturwissenschaftliche Konzepte zur Problemlösung nutzen.	Umgang mit Fachwissen	■	... wenden den Zusammenhang von Struktur und Funktion in Problemstellungen an.
... mit Geräten, Stoffen, Verfahren umgehen.		■	
... Fachwissen strukturieren und Erklärungszusammenhänge herstellen.			
... naturwissenschaftlich untersuchen, experimentieren.	Erkenntnisgewinnung	■	... mikroskopieren pflanzliche Zellen und Gewebe.
... modellieren.			
... naturwissenschaftliche Erkenntnisse bzw. den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess reflektieren.		■	
... Informationen sachgerecht entnehmen.	Kommunikation		... experimentieren hypothesengeleitet, werten Versuche aus und stellen Versuchsergebnisse in Protokollen dar.
... sach- und adressatengerecht präsentieren und dokumentieren.		■	
... naturwissenschaftlich argumentieren und diskutieren.			
... Bewertungskriterien festlegen und anwenden.	Bewertung		... erschließen den Zusammenhang von Fotosynthese und Energiespeicherung mithilfe von Energiediagrammen.
... Handlungsoptionen erkennen und aufzeigen.			
... Sachverhalte naturwissenschaftlich einordnen und (multiperspektivisch) bewerten.			

Abb. 3: Zuordnung der Kompetenzen zu den Kompetenzbereichen

## Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

Die beiden Rubriken „Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte“ und „Fachbegriffe“ geben verbindliche Hinweise darauf, mit welcher Schwerpunktsetzung die Fachinhalte aufbereitet werden sollen, um das angestrebte Konzeptverständnis zu erreichen und welche Fachbegriffe von den Schülerinnen und Schülern im Unterricht benutzt werden. Eine Überfrachtung des Unterrichts mit Begriffen, die der reinen Beschreibung von Phänomenen dienen und weder zur pädagogischen Absicht noch zum Aufbau von Konzepten gebraucht werden, ist dringend zu vermeiden.

Fachwissen wird im neuen Lehrplan nicht losgelöst betrachtet, sondern immer in Basiskonzepte eingebunden (Abb. 4), um den Schülerinnen und Schülern über die Jahre hinweg einen systematischen Aufbau biologischer Konzepte zu ermöglichen. Exemplarisch ist hier die Fotosynthese und ihre Verknüpfung mit den verschiedenen Basiskonzepten aufgeführt (Abb. 5).

Die Fotosynthese bietet demnach ein großes Potential für die Entwicklung von Konzepten. Um den Lernerfolg nicht zu gefährden, erfolgt eine Beschränkung auf folgende Aspekte:

- Vertieftes Verständnis der Systemebenen (in Anknüpfung an TF 3): Pflanzen besitzen Pflanzenorgane zur Stoffaufnahme und Stoffspeicherung. Die Organe sind Funktionseinheiten der Pflanze. Organe bestehen aus verschiedenen Geweben, die wiederum Funktionseinheiten der Organe sind. Gewebe bestehen aus Zellen, in denen sich die Organellen als Funktionseinheiten befinden.
- Verständnis des Zusammenhangs von Struktur und Funktion, auch in der mikroskopischen Dimension: Das Laubblatt besteht aus Geweben mit spezialisierten Zellen für die Fotosynthese.
- Verständnis des Energieflusses vom Licht zum Stoff: Energie geht nicht verloren, sondern wechselt den Energieträger (Abb. 6).

Basiskonzept Energie	Themenfelder												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Teilkonzepte</b>													
Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden.			x	x	x			x					
Die Energie wird mithilfe von Energieträgern transportiert.			x	x	x			x					
Energie kann den Träger wechseln.			x	x	x			x					
Der Wirkungsgrad gibt an, welcher Anteil der Energie auf den gewünschten Träger wechselt.					x								
<b>Basiskonzept Teilchen-Materie/Stoff</b>													
Stoffe werden durch ihre Eigenschaften charakterisiert.			x	x	x			x					
Materie/Stoff besteht aus Teilchen, die sich bewegen und miteinander wechselwirken.			x	x			x		x	x	x		
Durch die unterschiedliche Kombination von Teilchen, ihre Anordnung und die Wechselwirkungen zwischen ihnen ergibt sich die Vielfalt der Stoffe.			x	x					x		x		
<b>Basiskonzept Chemische Reaktion</b>													
Bei chemischen Reaktionen wandeln sich Stoffe um.			x	x				x					
Chemische Reaktionen werden mit Reaktionsgleichungen beschrieben.			x	x	x			x	x	x	x		
Chemische Reaktionen werden durch Variation der Reaktionsbedingungen gesteuert.				x	x				x		x		
Die Atome bleiben erhalten. Es gilt das Gesetz von der Erhaltung der Masse.			x	x	x								
Stoffumwandlungen werden modellhaft auf Veränderungen von Teilchen und Bindungen zurückgeführt.			x										
<b>Basiskonzept Struktur-Eigenschaft-Funktion</b>													
Die Struktur bestimmt die Funktion.			x	x			x	x	x	x	x		
Die Struktur bestimmt die Eigenschaft von Stoffen.												x	

Abb. 4: Entwicklung der Basiskonzepte in den Themenfeldern des Lehrplanes Biologie

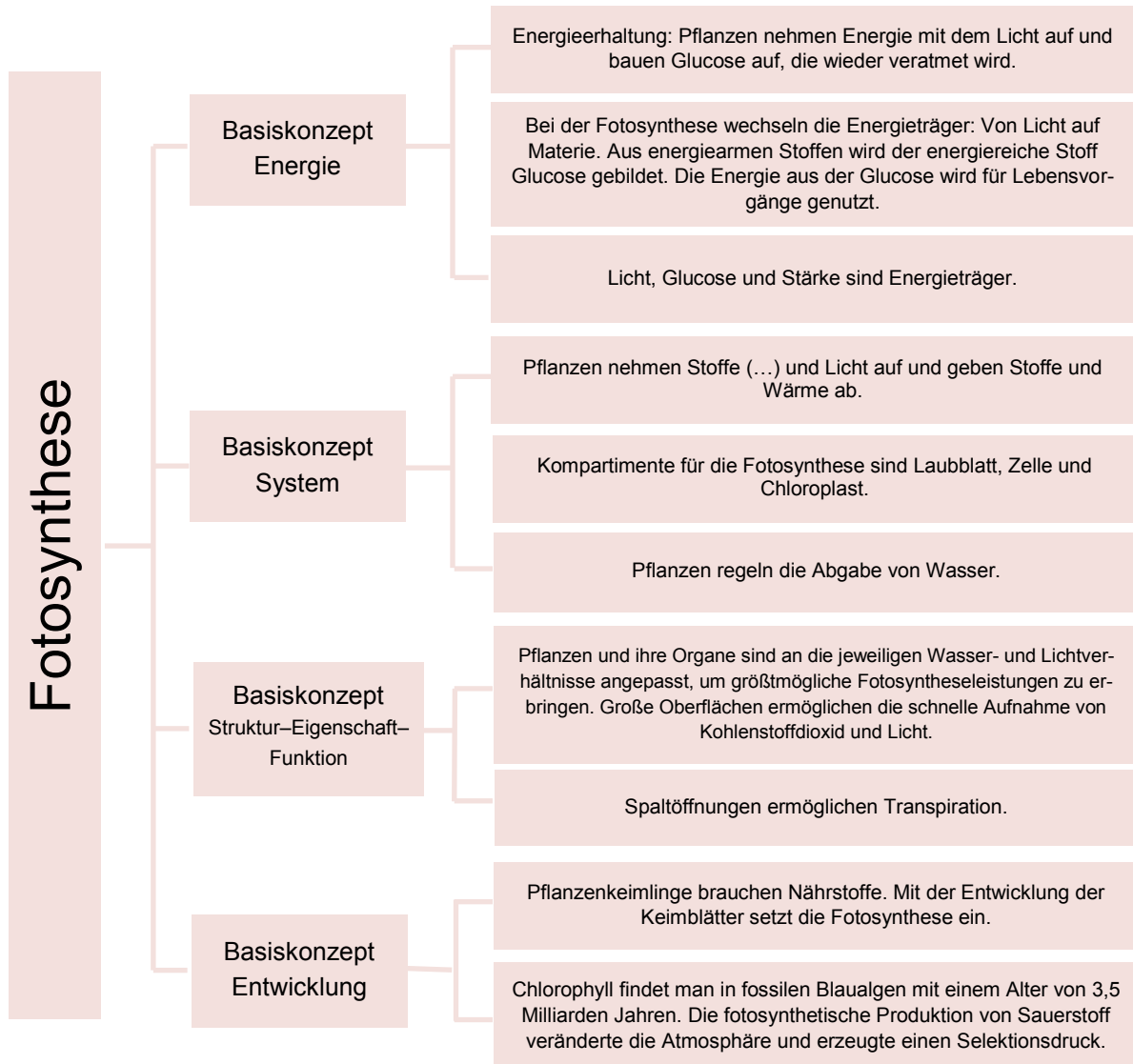


Abb. 5: Bearbeitung verschiedener Basiskonzepte am Beispiel der Fotosynthese, Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Biologie“, S. 152

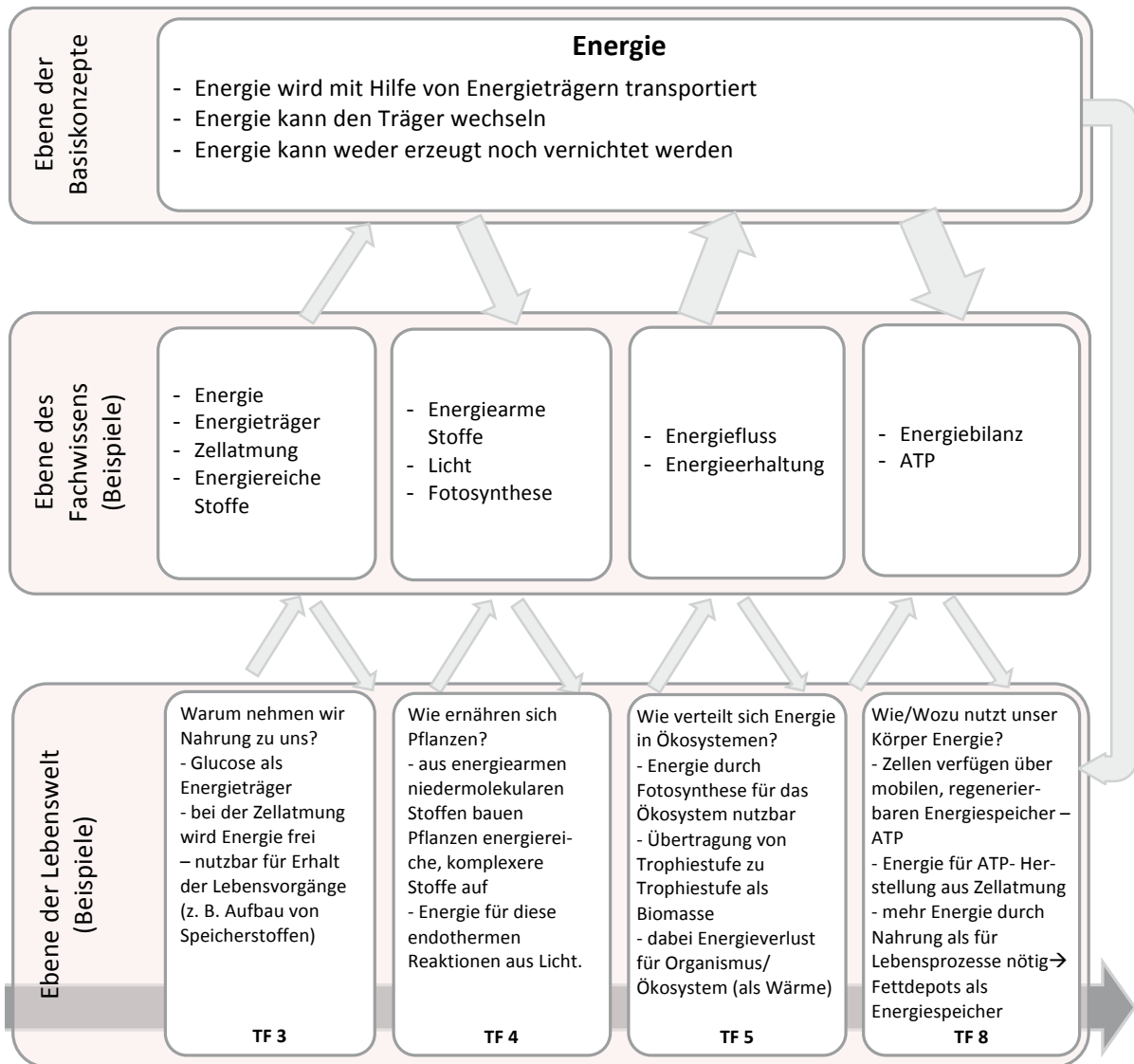


Abb. 6: Hierarchieebenen des Wissens, Zusammenhang von Kontextwissen, Fachwissen und Basiskonzept, Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Biologie“, S. 151

## **Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung**

Biologieunterricht erweitert die Perspektive der Schülerinnen und Schüler auf ihre Lebenswelt, wenn es gelingt Unterrichtsinhalte in lebensweltliche Zusammenhänge einzubinden. Geeignete Themen werden innerhalb der Themenfeld-Doppelseite als Mindmap dargestellt.

Die Mindmap regt zur Ideenfindung an und kann ergänzt werden. Lebensweltliche Bezüge können in einer Reihenplanung als Kontext (z. B. „Essbarer Teller“) oder als Einzelaspekte in Form von Unterrichtsaktivitäten (z. B. „Die Fotosynthese im Modell“) oder Aufgaben (z. B. „Bananen: Reifung – Warum bauen Pflanzen Stoffe um?“) in den Unterricht integriert werden.

## **Differenzierungsmöglichkeiten**

Der Wechsel der Systemebenen von den Organen zur Zelle schafft ein Grundverständnis für den Zusammenhang von Struktur und Funktion und knüpft damit an die in TF 3 bereits begonnene Konzeptentwicklung an. Das TF 4 bietet zusätzliche Übungschancen.

Betrachtungen auf der zellulären und molekularen Ebene bedingen den Einsatz der Formelsprache, die je nach Abstraktionsgrad der Symbole Differenzierung erfordert. Hier erfolgt die Differenzierung durch unterschiedliche Lernmaterialien und Aufgabenstellungen.

Das Themenfeld bietet die Möglichkeit zur Zieldifferenzierung: Mit Blick auf die Berufsreife kann es sinnvoll sein, die ökologischen Aspekte der Fotosynthese stärker zu betonen und für die Umwelterziehung zu nutzen. Dabei wird an Inhalten aus NaWi (TF 4 „Pflanzen, Tiere, Lebensräume“) angeknüpft und im Biologie-Lehrplan im TF 5 „Ökosysteme im Wandel“ fortgeführt. Die zelluläre Dimension, z. B. die innere Struktur des Laubblattes oder der Bau und die Funktion der Chloroplasten, wird nicht vertieft.

In leistungsstarken Lerngruppen kann je nach Kontext, ähnlich wie in TF 3, eine erste Einführung in das Regulationskonzept erfolgen, z. B. in den Wasserhaushalt mit den Aspekten der Transpiration und Spaltöffnungsbewegungen.

## **Bezüge**

Hier werden direkte Verbindungen zu anderen Themenfeldern sowohl des Faches Biologie, den anderen naturwissenschaftlichen Fächern sowie zum Rahmenlehrplan der Orientierungsstufe aufgezeigt. Die Vernetzungen sind wichtig, um den kumulativen Aufbau von Basiskonzepten und eine kontinuierliche Kompetenzentwicklung zu ermöglichen. Dies gilt nicht nur für die innerfachliche Vernetzung, sondern auch für die lernwirksame Verbindung der Fächer. Vertiefungen und Konkretisierungen erfolgen im Sinne eines Spiralcurriculums im weiteren Verlauf der Themenfelder in der Mittelstufe.

Die Unterrichtsplanung berücksichtigt deshalb den Lernstand aus der Orientierungsstufe und knüpft direkt an TF 3 (Organismus, Organe, Zellen – Versorgung mit Stoffen und Energie) an. Anknüpfungspunkte sind:

- Größenordnung von Zellen, mikroskopische Bilder (NaWi TF 2 und Biologie TF 3)
- Energie und Energietransport (NaWi TF 3 und TF 7 und Biologie TF 3)
- Teilchenmodelle (NaWi TF 2, TF 5 und TF 7 und Biologie TF 3)
- Fotosynthese als Grundprozess des Lebens, Sonnenlicht als primäre Energiequelle (NaWi TF 5)
- Fotosynthese als Grundprozess des Lebens, Pflanzen als Produzenten (NaWi TF 4)

Auf TF 3 und TF 4 des Biologie-Lehrplanes aufbauend werden in TF 5 „Ökosysteme im Wandel“ die Themen Atmung und Fotosynthese wieder aufgegriffen (Abb. 7).

Zum Chemie-Lehrplan findet man im Bereich der Energieträger und der Formelsprache (TF 3 „Heizen und Antreiben“) und der Makromoleküle (TF 7 „Schöne neue Kunststoffwelt“) sowie im Physik-Lehrplan im Bereich Licht und der Energie (TF 2 „Optische Phänomene an Grenzflächen“ und TF 8 „Wärmetransporte und ihre Beeinflussung“) einen Bezug. Je besser die Vernetzung zwischen den Fächern erfolgt, desto kontinuierlicher werden Kompetenzen entwickelt und desto besser gelingt ein kumulativer Aufbau der Basiskonzepte.

Das Fach Biologie kann Lerninhalte aus dem Fach Chemie oder Physik propädeutisch einführen oder zusätzliche Anwendungsmöglichkeiten bereits erlernter Fachkenntnisse und Methoden bieten, z. B.:

- Energieträger, -diagramm (Chemie TF 3)
- Rohstoffe (Chemie TF 4)
- Kosmetik, Pflanzenstoffe (Chemie TF 5)
- Makromoleküle (Chemie TF 7)
- Kohlenstoffkreislauf (Chemie TF 11)
- Licht, Absorption (Physik TF 2)
- Regenerative Energiequellen (Physik TF 6)



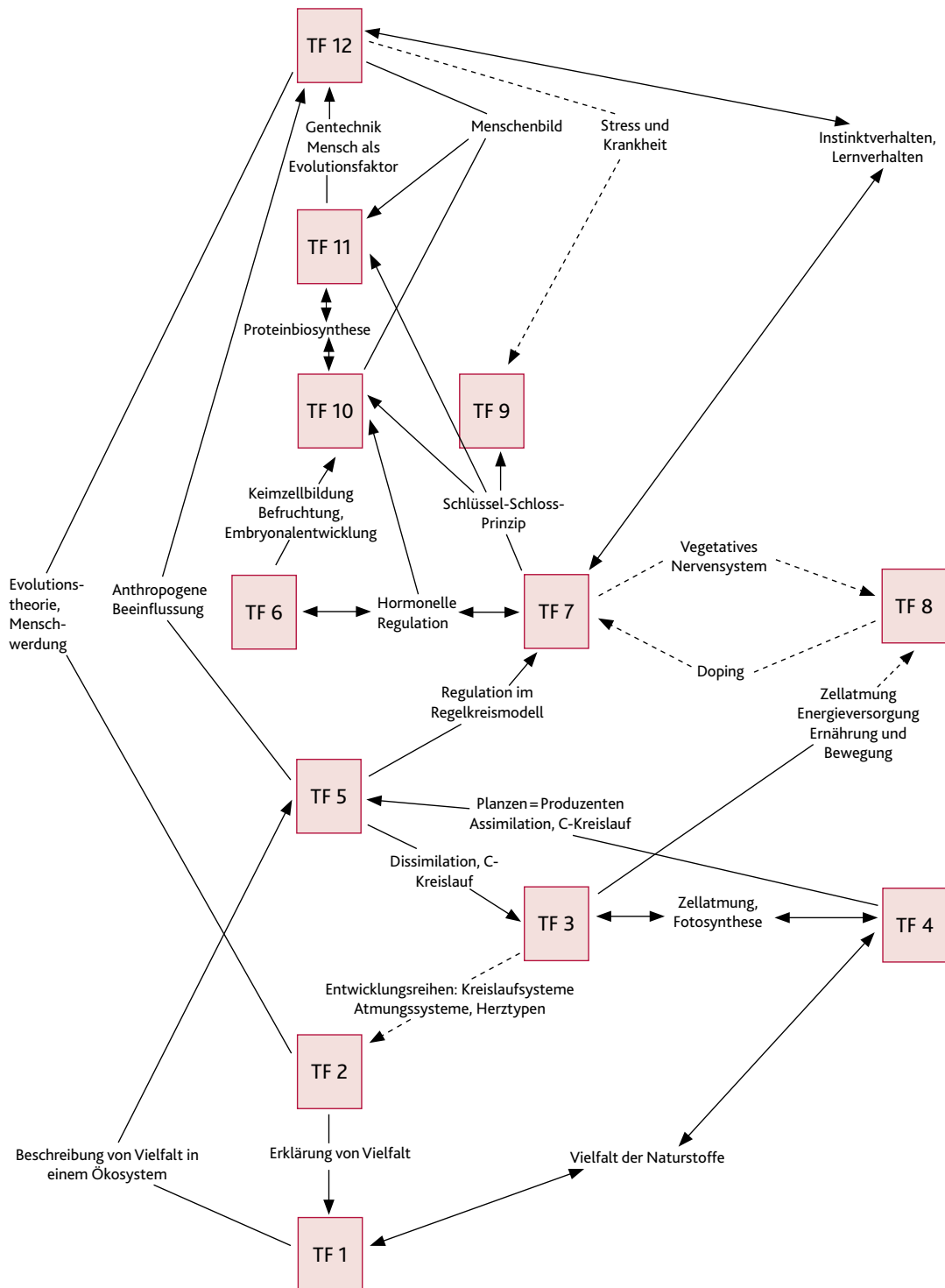


Abb. 7: Bezüge zwischen den Themenfeldern, Auszug aus "Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Biologie", S. 149

**Legende:**

- unverzichtbare Vernetzung
- sinnvolle differenzierende Vernetzung
- Pfeilrichtung aufsteigend = TF ist Voraussetzung
- ← Pfeilrichtung absteigend = TF schafft Anwendungs- und Vernetzungsmöglichkeiten
- ↔ Die so verknüpften Themenfelder können in hinführender oder anwendender Vernetzung stehen.

## 2 EXEMPLARISCHE REIHENPLANUNGEN

Die Beispiele für Reihenplanungen zeigen verschiedene Planungsstrukturen, um die im Themenfeld verbindlich ausgewiesene Kompetenzentwicklung zu ermöglichen. Die Trias aus Aufgabenstellung, Lernprodukt und Lernmaterialien sind das Herzstück des kompetenzorientierten Unterrichts. Das Lernprodukt macht den Lernfortschritt der Schülerin oder des Schülers transparent und dient als Diagnosemittel.

### 2.1 Strukturierungsprinzipien für die Reihenplanungen

Lerneinheiten von 1-3 Stunden sind die kleinsten Planungsstrukturen von Unterricht und verstehen sich als Lernzeit, die notwendig ist, um ein Lernprodukt zu erstellen. Sie sind über den Lehrplan definiert und ermöglichen Kompetenzentwicklung und den Aufbau konzeptbezogenen Fachwissens. Aneinandergereiht ergeben sie eine in sich logische Unterrichtsreihe, deren Struktur von den Schülerinnen und Schülern selbst geplant (kontextorientierte Planung) oder von der Lehrkraft vorgegeben wird (konzeptorientierte Planung).

Die **kontextorientierte Reihenplanung** ergibt sich aus der Beschäftigung mit einem (komplexen) lebensweltlichen Zusammenhang, der geeignet ist, Fachfragen zu entwickeln und zu lösen. Die Fachfragen werden, z. B. in einer Mindmap strukturiert und sind Grundlage der Planung. Die einzelnen Lerneinheiten werden als kontextbezogene Module in die Planung integriert. Es wird genau so viel Fachwissen erlernt, wie zur Beantwortung einer Fachfrage notwendig ist. Dies kann in oberflächlicher oder vertiefender allgemeiner Weise geschehen. Der fachliche Anspruch wird deshalb über die Lernmaterialien gesteuert. Die sich an die Auflösung des Kontextes anschließende Anwendungs- und Vernetzungsphase löst die (von den Schülerinnen und Schülern) gestellten Fachfragen auf. Fachwissenschaftliche Vertiefung wird zusätzlich durch Aufgaben erreicht, die einzelne Aspekte aus dem Kontext herauslösen und den Wissenstransfer verlangen. Das vorrangige Ziel des kontextorientierten Unterrichts ist es, den lebensweltlichen Zusammenhang mithilfe fachwissenschaftlicher und fachmethodischer Kenntnisse zu erklären. Der Aufbau von Fachwissen und die Entwicklung von Kompetenzen werden integriert (Abb. 8).

Die **(Basis-)konzeptorientierte Reihenplanung** orientiert sich an einem fachsystematischen Planungsleitfaden. Das Fachwissen der einzelnen Bausteine ist miteinander vernetzt und ein Baustein ergibt sich logisch aus dem anderen. Der naturwissenschaftliche Erkenntnisgang stellt den roten Faden der Planung dar. Im Themenfeld 4 führt die Auseinandersetzung mit dem Aufbau und der Funktion einer Pflanze von der Organismus-Ebene zur zellulären Ebene. Sie betrachten den Vorgang der Photosynthese auch mit Experimenten. Die Anwendungen auf lebensweltliche Phänomene und die Entwicklung von Kompetenzen werden integriert (Abb. 9).

Phasen	Planungsleitfaden durch Kontextanalyse	Fachwissen
<b>Begegnungs- und Neugierphase</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Motivation durch lebensweltliches Thema, z. B. „Essbarer Teller“</li> <li>■ Möglichkeit, einen komplexen Kontext aus biologischer Perspektive zu bearbeiten.</li> <li>■ Fragen zum Kontext stellen</li> </ul>	Fachaspekte sind nur ein Teil des Gesamtkontextes. Der Ausschnitt der Biologie wird deutlich.
<b>Planungsphase</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Lebensweltliche Fragen werden in Fachfragen überführt.</li> <li>■ Konkrete Reihenplanung auf der Basis der Schülerfragen entsteht.</li> </ul>	Die Überführung in Fachfragen wiederholt Fachwissen und macht den fachlichen Lernstand transparent.
<b>Erarbeitungsphase</b>	<p>z. B. LE 1 „Woraus besteht der essbare Teller?“</p> <p>Jeder Baustein führt zur Progression von Fachwissen. Die Steuerung erfolgt über Lernmaterialien.</p> <p>z. B. LE 2 „Wie kommt die Stärke in die Pflanze (Kartoffel)?“</p> <p>z. B. LE 3 „Wie funktioniert die Stärkeproduktion?“</p> <p>z. B. LE 4 „Wie funktioniert die Fotosynthese? – mit einem Modell beschreiben“</p>	<p>Nachweis von Nährstoffen und Auswertung der Ergebnisse</p> <p>Stoff- und Energieflüsse in Pflanzen</p> <p>Fotosynthese experimentell untersuchen</p> <p>Chemische Darstellung der Fotosynthese</p>
<b>Anwendungs- und Vernetzungsphase</b>	<p>Erworbenes Wissen und Können wird in neuen Aufgaben angewendet oder vertieft.</p> <p>z. B. LE 5 „Wohin mit dem essbaren Teller – Stoffkreislauf darstellen (TF 5)“ oder „Lebt die grüne Meeresschnecke ohne Nahrung?“</p>	Das Fachwissen wird durch „Dekontextualisierung“ aus dem Erwerbskontext gelöst und damit gefestigt.
<b>Ziel</b>	Vertieftes Verständnis von Lebenswelt befähigt zur fachlichen Erklärung von Alltagsphänomenen und erschließt eine erweiterte Perspektive auf die Lebenswelt.	Vertieftes Konzeptverständnis (Basiskonzepte)

Abb. 8: Kontextorientierte Reihenplanung mit Beispielen

Reihenfolge	Planungsleitfaden mit Fachwissenbausteinen, deren Reihenfolge die Konzeptentwicklung zulässt.	Aufbau von Kontextwissen (Bezug zur Lebenswelt)
z. B. „Welche Teichpflanzen gibt es?“	1. Fachwissenbaustein z. B. unterschiedliche Teichpflanzen entdecken und beschreiben – Schülerinnen und Schüler setzen sich mit Aufbau und Funktion einer Pflanze auseinander (Organismus-Ebene)	Die Schülerinnen und Schüler erweitern ihre Artenkenntnis.
z. B. „Wie sieht die Pflanze von innen aus?“	2. Fachwissenbaustein z. B. verschiedene Pflanzengewebe werden untersucht – Schülerinnen und Schüler setzen sich mit Aufbau und Funktion von Geweben auseinander (zelluläre Ebene)	Die Schülerinnen und Schüler können Größenordnungen unterscheiden. Sie erwerben Wissen über die Mikroskopie und die Beschreibung mikroskopischer Bilder (Querschnitte, Längsschnitte, ggf. Tangentialschnitte).
z. B. „Warum, wie, wodurch ... produzierten Pflanzen Sauerstoff?“	3. Fachwissenbaustein z. B. Experimente zur Fotosynthese durchführen und die Reaktionsbedingungen für die Fotosynthese erforschen	Die Schülerinnen und Schüler wenden ihr Wissen über die Fotosynthese an, z. B. dass die Sauerstoffproduktion von Licht, Temperatur und Kohlenstoffdioxid abhängig ist.
z. B. „Das Laubblatt als Organ der Fotosynthese“	4. Fachwissenbaustein z. B. Untersuchungen am Laubblatt (Spaltöffnung, Querschnitte), Bedeutung der Strukturen für die Funktion „Fotosynthese“	(keine Kontext-Einbindung möglich)
usw.	...	...
<b>Ziel</b>	Vertieftes Konzeptverständnis allgemeiner biologischer oder naturwissenschaftlicher Prinzipien (Basiskonzepte) z. B. Systemebenen, Struktur und Funktion der Pflanzenorgane, Energiekonzept, Teilchen-Materie/Stoff	Die Auswahl der Bausteine befähigt zur fachlichen Erklärung von Alltagsphänomenen und erschließt eine erweiterte Perspektive auf die Lebenswelt.

Abb. 9: Konzeptorientierte Didaktik mit Beispielen

## 2.2 Übersicht zu den Reihenplanungen

Nachfolgend sind zwei exemplarische Reihenplanungen aufgeführt.

Viele Bestandteile der kontextorientierten Reihenplanung sind unter Verwendung der Ideen und Materialien aus Biologie im Kontext (BiK) entstanden.

Die Lerneinheiten lassen sich je nach Planung verschieden kombinieren. Beispiele verdeutlichen den modularen Charakter.

In Kapitel 3 werden die Lerneinheiten durch exemplarische Umsetzungsbeispiele und Materialien konkretisiert.

Neben den ausgearbeiteten Materialien wird auf ergänzende Quellen (z. B. Internetseiten) hingewiesen.

Das Onlinematerial ist mit den Verweisen in der Handreichung abgestimmt.

Das gesamte Material ist zu finden auf

<http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/biologie/unterricht/themenfeld-4.html>.

Es ist nicht intendiert, alle vorgestellten Materialien einzusetzen, da dies die zeitliche Vorgabe des Themenfeldes von ca. 15 Stunden weit überschreiten würde. Im Bewusstsein der Vielfalt von individuellen Lernzugängen und Lernvoraussetzungen sowie schulischen Besonderheiten illustrieren die Handreichung und das Onlinematerial eine Vielzahl von Möglichkeiten für die schuleigene Unterrichtsplanung. Die Menge der Beispiele bringt dies zum Ausdruck.

**Exemplarische kontextorientierte Reihenplanung (LE 1 bis LE 8)**

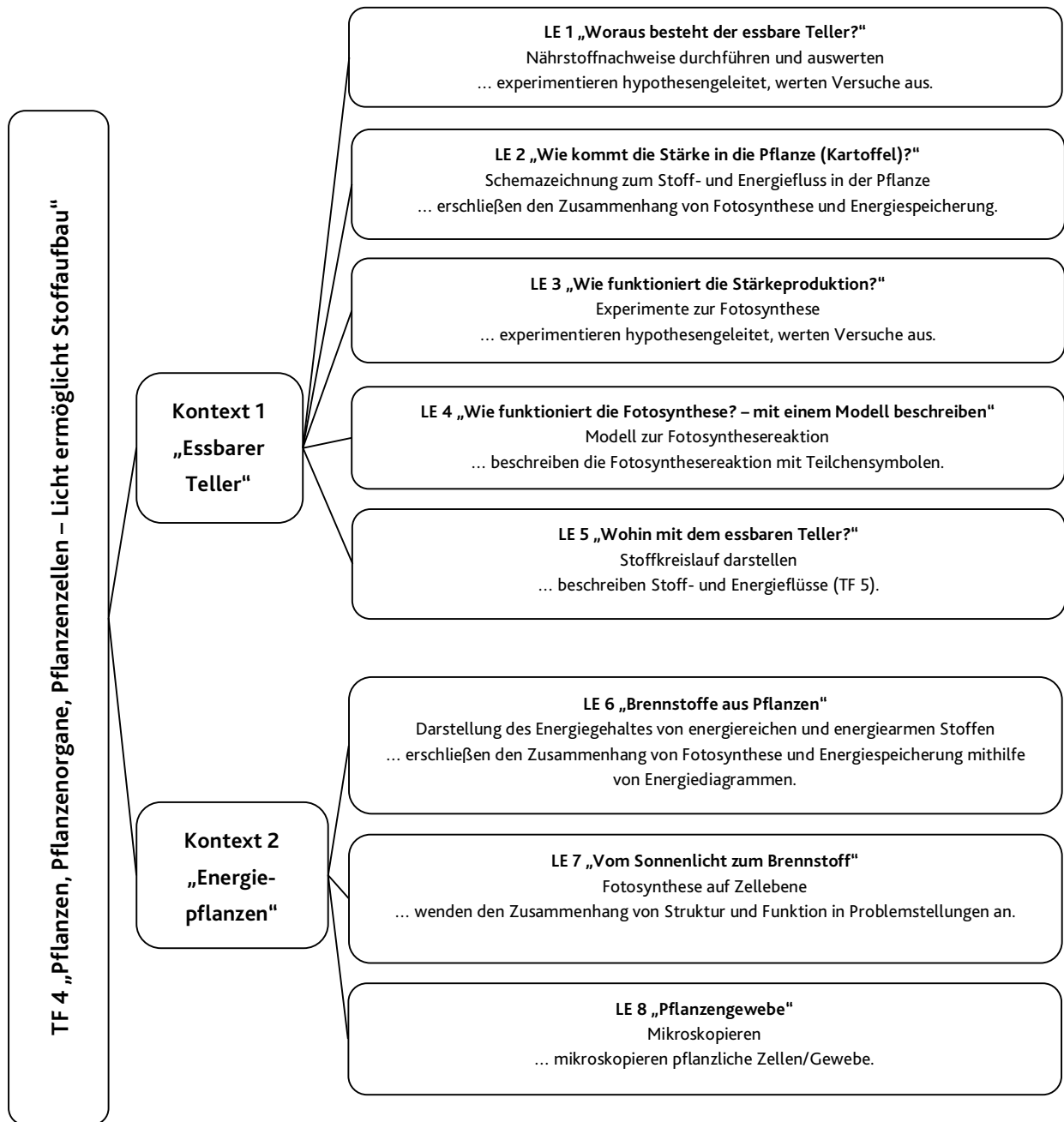


Abb. 10: Kontextorientierte Reihenplanung (Kontext 1 und 2)

## Exemplarische fachsystematische Reihenplanung (LE 9 bis LE 15)

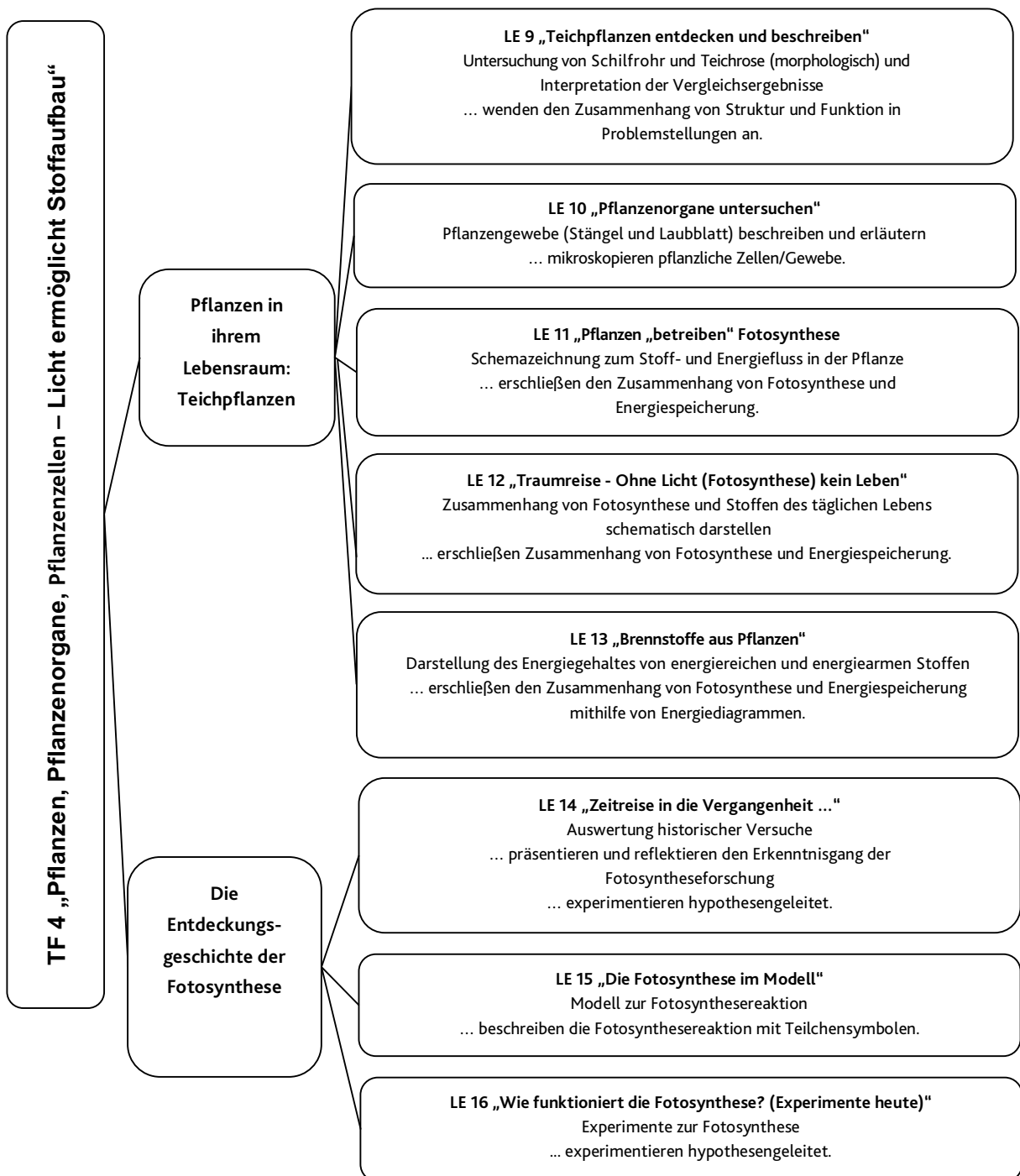


Abb. 11: Konzeptorientierte Reihenplanung

## 2.3 Unterrichtsplanung und Kompetenzentwicklung

In der nachfolgenden Tabelle sind die zu entwickelnden Kompetenzen den beschriebenen Lerneinheiten (LE) zugeordnet. Pro LE steht in der Regel eine Kompetenz im Fokus. Auch darüber hinausgehend zu übende Kompetenzen sind vermerkt.

Kontextorientierte Reihenplanung								
Schülerinnen und Schüler ...	K 1					K 2		
	LE 1	LE 2	LE 3	LE 4	LE 5	LE 6	LE 7	LE 8
... mikroskopieren pflanzliche Zellen und Gewebe.					... beschreiben Stoff- und Energieflüsse (TF 5)			X
... erschließen den Zusammenhang von Fotosynthese und Energiespeicherung mithilfe von Energiediagrammen.		X				X	X	
... experimentieren hypothesengeleitet, werten Versuche aus und stellen Versuchsergebnisse in Protokollen dar.	X		X			X		
... beschreiben die Fotosynthese mit Teilchensymbolen.				X				
... wenden den Zusammenhang von Struktur und Funktion in Problemstellungen an.		X					X	
Konzeptorientierte Reihenplanung								
Schülerinnen und Schüler ...	LE 9	LE 10	LE 11	LE 12	LE 13	LE 14	LE 15	LE 16
... mikroskopieren pflanzliche Zellen und Gewebe.		X						
... erschließen den Zusammenhang von Fotosynthese und Energiespeicherung mithilfe von Energiediagrammen.			X	X	X			
... experimentieren hypothesengeleitet, werten Versuche aus und stellen Versuchsergebnisse in Protokollen dar.		X			X	X		X
... beschreiben die Fotosynthese mit Teilchensymbolen.							X	
... wenden den Zusammenhang von Struktur und Funktion in Problemstellungen an.	X	X	X					



## 3 EXEMPLARISCHE UNTERRICHTSMATERIALIEN

### 3.1 Kompetenzorientierte Unterrichtsmaterialien zu den Reihenplanungen

In der nachfolgenden Tabelle ist den im TF 4 zu entwickelnden Kompetenzen Beispielmaterial zugeordnet. Es wird deutlich, dass die Lerneinheiten und Materialien modularen Charakter haben.

Kompetenzen Schülerinnen und Schüler ...	Beispielmaterial	Einsetzbar in
... mikroskopieren pflanzliche Zellen und Gewebe.	Methodenkoffer, Mikroskopieren	■ LE 8 ■ LE 10
	M 10.1: Teichpflanzen entdecken und beschreiben/ Bio_HR_TF4_LE10	■ LE 10
	M 10.3: Teichpflanzen entdecken und beschreiben – Erwartungshorizont	■ LE 10
... erschließen den Zusammenhang von Fotosynthese und Energiespei- cherung mithilfe von Energiedia- grammen.	M 2.1 – M 2.3: Woher kommt die Kartoffelstärke?/ Bio_HR_TF4_LE2	■ LE 2 ■ LE 11
	Versuch zu Energiepflanzen/Bio_HR_TF4_LE6	■ LE 6 ■ LE 13
	M 7.1: Energie aus dem Holz?/Bio_HR_TF4_LE7	■ LE 7
	M 7.2: Wie kommt die Energie in das Brennholz?/ Bio_HR_TF4_LE7	■ LE 7
	M 7.3: Woher stammt die Energie, die wir im Haushalt nutzen?/Bio_HR_TF4_LE7	■ LE 7
	M 12.1: Traumreise/Bio_HR_TF4_LE12	■ LE 12
	M 12.2: Bildkarten/Bio_HR_TF4_LE12	■ LE 12
	M 12.3: Post-Organizer (Tafel, Folie)/Bio_HR_TF4_LE12	■ LE 12
	M 12.4: Lösungsvorschlag/Bio_HR_TF4_LE12	■ LE 12
Methodenkoffer, Diagramme erstellen/ Bio_HR_TF4_Diagramm	■ LE 6 ■ LE 13	

Kompetenzen Schülerinnen und Schüler ...	Beispielmaterial	Einsetzbar in	
... experimentieren hypothesenge- leitet, werten Versuche aus und stellen Versuchs- ergebnisse in Pro- tollen dar.	M 1.1: Woraus besteht der essbare Teller?/ Bio_HR_TF4_LE1	■ LE 1	
	M 1.2: Zusatzaufgabe: Herstellung des essbaren Tellers/Bio_HR_TF4_LE1	■ LE 1	
	M 1.3: Nachweis von Fetten/Bio_HR_TF4_LE1	■ LE 1	
	M 1.4: Nachweis von Eiweiß/Bio_HR_TF4_LE1	■ LE 1	
	M 1.5: Nachweis von Kohlenhydraten/ Bio_HR_TF4_LE1	■ LE 1 ■ LE 2 ■ LE 3	■ LE 8 ■ LE 16
	M 1.6: Nachweis von Traubenzucker/Bio_HR_TF4_LE1	■ LE 1	■ LE 2
	Bananen: Reifung – Warum bauen Pflanzen Stoffe um?/Bio_HR_TF4_Banane	■ LE 2 ■ LE 11	
	M 3.1: Nachweis der Stärkeproduktion im Blatt (Demonstrationsversuch)/Bio_HR_TF4_LE3	■ LE 3 ■ LE 8	■ LE 16
	M 3.2: Nachweisreaktion für Stärke mit Lugol'scher Lösung/Bio_HR_TF4_LE3	■ LE 3 ■ LE 8	■ LE 16
	M 3.3: Experimente zur Fotosyntheseleistung der Wasserpest/Bio_HR_TF4_LE3	■ LE 3	■ LE 16
	M 3.4: Vertiefungsaufgabe/Bio_HR_TF4_LE3	■ LE 3	■ LE 16
	M 3.5: Erwartungshorizont/Bio_HR_TF4_LE3	■ LE 3	■ LE 16
	Versuch zu Energiepflanzen/Bio_HR_TF4_LE6	■ LE 6	■ LE 13
	M 10.1: Teichpflanzen entdecken und beschreiben/ Bio_HR_TF4_LE10	■ LE 10	
	M 10.2: Teichpflanzen entdecken und beschreiben/ Bio_HR_TF4_LE10 M	■ LE 10	
	M 10.3: Teichpflanzen entdecken und beschreiben – Erwartungshorizont	■ LE 10	
	M 14.1: Zeitreise in die Vergangenheit – Arbeitsauftrag/Bio_HR_TF3_LE14	■ LE 14	
	M 14.2: Forscherkarten/Bio_HR_TF3_LE14	■ LE 14	
	M 14.3: Zeitreise in die Vergangenheit – Post-Organizer	■ LE 14	
	M 14.4: Zeitreise in die Vergangenheit – Mögliche Übungsaufgabe	■ LE 14	

Kompetenzen Schülerinnen und Schüler ...	Beispielmaterial	Einsetzbar in
... beschreiben die Fotosynthese mit Teilchensymbolen.	Buchstaben und Zahlen – Formelsprache/ Bio_HR_TF4_LE4	■ LE 4 ■ LE 15
... wenden den Zusammenhang von Struktur und Funktion in Pro- blemstellungen an.	M 2.1 – M 2.3: Woher kommt die Kartoffelstärke?/ Bio_HR_TF4_LE2	■ LE 2 ■ LE 11
	M 7.1: Energie aus dem Holz?/Bio_HR_TF4_LE7	■ LE 7
	M 7.2: Wie kommt die Energie in das Brennholz?/ Bio_HR_TF4_LE7	■ LE 7
	M 7.3: Woher stammt die Energie, die wir im Haushalt nutzen?/Bio_HR_TF4_LE7	■ LE 7
	M 7.4: Energie im Haushalt/Bio_HR_TF4_LE7	■ LE 7
	Teichpflanzen entdecken und beschreiben/ Bio_HR_TF4_LE9	■ LE 9
	M 10.1: Teichpflanzen entdecken und beschreiben/ Bio_HR_TF4_LE10	■ LE 10
	M 10.2: Teichpflanzen entdecken und beschreiben/ Bio_HR_TF4_LE10	■ LE 10

Abb. 12: Den zu fördernden Kompetenzen aus TF 4 zugeordnete exemplarische modulare Unterrichtsmaterialien.

Im Folgenden werden die Strukturierung einzelner Lerneinheiten und die Einbindung der Materialien in den Lernprozess gezeigt.

Lerneinheiten, bei denen kein Material aufgeführt ist, sind inhaltlich beschrieben und enthalten Verweise.

## Unterrichtsmaterial

Die Unterrichtsmaterialien sind chronologisch aufgeführt. Die nummerierten Materialien sind in den entsprechenden Lerneinheiten zu finden (z. B. Materialien M 1.2 und M 1.3 gehören zur LE 1; die erste Zahl hinter dem Material entspricht der Nummer der Lerneinheit).

### LE 1 „Woraus besteht der essbare Teller?“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE1

In dieser Lerneinheit finden sich Anknüpfungspunkte an NaWi, TF 5 (Fotosynthese als Phänomen). Im Vordergrund stehen das Experimentieren und Protokollieren.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Die Schülerinnen und Schüler erleben, dass man den Partyteller essen kann. Sie vergleichen Plastik- und Pappteller mit dem essbaren Teller und beginnen ein Gespräch über mögliche Materialeigenschaften und chemische Zusammensetzung, über Entsorgung, Herstellung und über die Verdauung im menschlichen Körper. Aus dem Gespräch kann eine Mindmap entwickelt werden. Zu den Ästen der Mindmap entwickeln die Schülerinnen und Schüler Fragen. Es entsteht ein Planungsinstrument für die nächsten Stunden. Darauf folgt die Fokussierung auf die Schülerfrage „Woraus besteht der essbare Teller?“ und dessen Inhaltsstoffe.

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler greifen auf ihr Vorwissen zurück: Wenn der Teller essbar ist, muss er aus verdaulichen Stoffen bestehen, das sind die Nährstoffe. Schülerinnen und Schüler wissen häufig, welche Lebensmittel reich an Kohlenhydraten, Eiweißen oder Fetten sind. Die Lernenden erkennen, dass aus allen Nährstoffgruppen Produkte hergestellt werden können. Um herauszufinden, aus welchem Stoff der essbare Teller ist, schlagen die Schülerinnen und Schüler Nährstoffanalysen vor. Falls die Nachweismethoden nicht bekannt sind, demonstriert die Lehrkraft die Handhabung der Reagenzien und Geräte, dazu eignen sich z. B. Milch und Mehl.

**Lernprodukt herstellen:** Die Lerngruppe führt Analysen nach Anleitung durch (M 1.1, M 1.3 bis M 1.6). Dazu erhalten sie Informationen zu den Nachweismethoden von Fetten, Eiweiß, Kohlenhydraten und Traubenzucker. Das Lernprodukt ist die fachgerechte Darstellung der Untersuchungsergebnisse in Form einer Tabelle, die in ein Untersuchungsprotokoll eingefügt wird.

Vertiefung:

Wurde eine Hydrolyse durchgeführt, kann nachgewiesen werden, dass die Stärke aus Zucker aufgebaut ist. Einzelnen lernstarken Schülerinnen und Schülern ist es möglich, die Polymerstruktur zu verstehen und zu erläutern. (Dazu wird zusätzliches Informationsmaterial, z. B. eine Abbildung aus dem Schulbuch, benötigt).

### Zusatzaufgabe M 1.2:

Die Ausgabe des Rezeptes für essbare Teller an die Schülerinnen und Schüler sollte erst nach der Analyse der Inhaltsstoffe erfolgen. Es ist z. B. zu finden unter:

[http://de.wikibooks.org/wiki/Kochbuch/\\_Essbares\\_Geschirr](http://de.wikibooks.org/wiki/Kochbuch/_Essbares_Geschirr).

Das im Rezept angesprochene Guarkernmehl muss nicht unbedingt benutzt werden.

Ist der „essbare Teller“ auch für den Verzehr bestimmt, muss dieser in der Schulküche hergestellt werden. Der Verzehr von Lebensmitteln ist im Fachsaal nicht erlaubt und unter Verwendung von Labormaterial hergestellte Waren dürfen nicht verzehrt werden (s. „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht“ Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 27.02.2013).

**Lernprodukte diskutieren:** Der Teller besteht aus Stärke (Untersuchungsergebnis). Die Schülerinnen und Schüler vergleichen ihre Tabellen und entwickeln Vergleichskriterien (z. B. Aufbau, Lesbarkeit). Der Diskurs des Lernproduktes besteht in der Darstellung der Untersuchungsergebnisse.

**Lernzugewinn definieren:** Jede Schülerin und jeder Schüler ist nun in der Lage, die eigene Tabelle oder die von Mitschülerinnen und Mitschülern zu verbessern. Alternativ kann eine Aufgabe erstellt werden, die den Lernzugewinn testet.

**Vernetzen und transferieren:** Die Kompetenz, Untersuchungsergebnisse zu protokollieren und Untersuchungen tabellarisch zusammenzuführen, wird geübt.

Die Schülerinnen und Schüler diskutieren, welche Pflanzen sich anbieten würden, um einen „essbaren Teller“ herzustellen. Dies bietet eine Überleitung zur LE 2.

Exemplarisches Material aus LE 1:

<b>M 1.5: Nachweis von Kohlenhydraten</b>			
<p>Stärke färbt sich mit Iod-Kaliumiodid-Lösung tiefblauviolett.</p> <p><b>Material:</b> Schutzbrille, rohe Kartoffel, Uhrglas, Pipette, Messer, Iod-Kaliumiodid-Lösung</p> <p><b>Durchführung:</b> Schabe von der Oberfläche der geschälten Kartoffel mit dem Messer etwas ab und lege es auf ein Uhrglas. Gib jetzt einen Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung hinzu.</p>			
<p>Traubenzucker färbt sich mit Fehling'scher Lösung ziegelrot.</p> <p><b>Material:</b> Schutzbrille, Traubenzucker, 2 Reagenzgläser, Reagenzglaslammer, Pipette, Spatel, Wasserbad, destilliertes Wasser, Fehling-I-Lösung und Fehling-II-Lösung</p> <p><b>Durchführung:</b> Setze die Schutzbrille auf. Gib eine Spatelspitze Traubenzucker in das erste Reagenzglas und füge 5 ml Wasser hinzu. Mische im zweiten Reagenzglas 2 ml Fehling-I- mit 2 ml Fehling-II-Lösung. Gieße das Gemisch in das Reagenzglas mit der Zuckerlösung und erwärme dieses vorsichtig im Wasserbad, bis ein Farbumschlag eintritt.</p>			
<p><b>Neben den allgemeinen Sicherheitshinweisen sind für die Fehling-Lösungen folgende Maßnahmen zu beachten:</b></p>			
			
Schutzbrille	Handschuhe	ätzend	Entsorgung der Fehling-Lösungen in einen Spezialbehälter

## LE 2 „Wie kommt die Stärke in die Pflanze (Kartoffel)?“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE2

Bio\_HR\_TF4\_Banane

Bio\_HR\_TF4\_LE1 mit M 1.5 und M 1.6

Gefährdungsbeurteilung\_Nachweis\_Stärke

In dieser Lerneinheit finden sich Anknüpfungspunkte an NaWi, TF 5 (Fotosynthese als Phänomen). Das Material ist auch einsetzbar in LE 11: Pflanzen „betreiben“ Fotosynthese.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Die Lerngruppe bekommt die Frage, woher der Rohstoff „Stärke“ kommt. Es entwickelt sich ein Gespräch über Stärke aus Pflanzen. Die Schülerinnen und Schüler nennen stärkehaltige Pflanzen oder Pflanzenteile, wie Kartoffel, Mais, Weizen, Reis, Bananen, usw. Alternativ kann Maisstärke, Reisstärke und/oder Kartoffelstärke demonstriert werden. Die Schülerinnen und Schüler überlegen, aus welchen Pflanzenteilen die Stärke gewonnen wurde und wie die Stärke in die Pflanzenteile „hineinkommt“.

Differenzierung:

Werden Stärkekörner mikroskopiert, z. B. Kartoffel, Banane, Weizenkorn (eingeweicht), gekochter Reis, wird das Phänomen „Stärkebildung in Pflanzen“ konkret erfahrbar gemacht. Daraus wird die Leitfrage entwickelt „Wie kommt die Stärke in die Pflanze (Kartoffel)“?

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler greifen auf ihr Vorwissen aus NaWi zurück. Sie sammeln Fachbegriffe und Wissensbausteine zur Fotosynthese. Daraus entwickelt sich die Aufgabe, das Vorwissen in eine Schemazeichnung einzutragen. Wissenslücken werden deutlich und in Form von Fachfragen artikuliert.

**Lernprodukt herstellen:** Die Lernenden lesen einen Text zur Fotosynthese und erstellen daraus eine Schemazeichnung. Die Aufgabe wird durch ein Differenzierungsangebot an unterschiedliche Lernstände angepasst (M 2.1 und M 2.2 und Erwartungshorizont M 2.3).

**Lernprodukte diskutieren:** Die Schülerinnen und Schüler nutzen ihre Schemazeichnungen, um die Stärkebildung zu erklären. Sie gehen dabei auf ihre Fragen aus der Phase „Vorstellungen entwickeln“ ein.

**Lernzugewinn definieren:** Jede Schülerin und jeder Schüler beantwortet die Leitfrage in einem kurzen Text oder einer verbesserten Schemazeichnung. Zur Differenzierung können Schlüsselbegriffe oder ganze Textbausteine vorgegeben werden.

**Vernetzen und transferieren:** Leistungsstarke Schülerinnen und Schüler übertragen den Zusammenhang von Zucker und Stärke auf die Reifung von Früchten z. B. der Banane, d. h., sie thematisieren den Abbau von Stärke zu Zucker. Vertiefend kann hier der schon in LE 1 durchgeführte Zuckernachweis (M 1.6) an der Banane im Vergleich zum Stärkenachweis durchgeführt werden.

### LE 3 „Wie funktioniert die Stärkeproduktion?“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE3

Bio\_HR\_TF4\_LE1, M 1.5

In dieser Lerneinheit finden sich Anknüpfungspunkte an NaWi, TF 5 (Fotosynthese als Phänomen). Das Experimentieren und Protokollieren steht wie in LE 1 auch hier im Vordergrund.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Die Lehrkraft führt einen Demonstrationsversuch (M 3.1 und M 3.2) zum Stärkenachweis mit Lugol'scher Lösung vor. Hierbei werden Blätter mit/ohne abgedunkelte Stellen verwendet. Die Schülerinnen und Schüler beschreiben ihre Beobachtung und schließen aus dem Versuchsergebnis, dass für die Stärkebildung Licht benötigt wird. Sie beginnen den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgang mit Fachfragen, die auch Fehlvorstellungen offenlegen, z. B. „Wie wird Licht zu Stärke?“, „Warum wird Licht für die Fotosynthese gebraucht?“, „Wie funktioniert die Fotosynthese?“ usw.

**Vorstellungen entwickeln:** Allen Fragen liegt die Hypothese zugrunde, dass Fotosynthese umso besser läuft, je höher die Lichtintensität ist. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Vorstellungen, wie diese Hypothese überprüft werden kann. Dabei suchen sie auch nach geeigneten Messparametern, z. B. die Massezunahme durch Stärkebildung, mikroskopische Untersuchung der Stärkekorn-dichte, Sauerstoffbildung, usw. Es wird deutlich, dass die Kartoffelpflanze nicht geeignet ist, um die Untersuchung effizient durchzuführen. Die Lehrkraft wird deshalb die Wasserpest vorstellen und die Sauerstoffbildung demonstrieren. Schülerinnen und Schüler gewinnen genauere Vorstellungen von Versuchsaufbau, Durchführung und Messwertaufnahme.

**Lernprodukt herstellen:** Das Gesprächsergebnis wird genutzt, um den Versuch zu planen und durchzuführen (M 3.3). Um die Versuchsplanung aufzustellen, können weitere Informationen an die Schülerinnen und Schüler gegeben werden, z. B. dass die Lichtintensität sich mit dem Quadrat zum Abstand zur Lichtquelle verringert oder dass Lichtquellen Wärme ausstrahlen, die ebenfalls einen Einfluss auf die Fotosynthese haben. Die Messwerte (Sauerstoffproduktion/Zeit in Abhängigkeit von der Lichtintensität) werden z. B. in einem Kurvendiagramm dargestellt und die Forschungsarbeit dokumentiert (Forschungsprotokoll). Das Lernprodukt ist die selbstständige Auseinandersetzung mit dem naturwissenschaftlichen Erkenntnisgang und der naturwissenschaftlichen Methode.

Differenzierung:

Es ist möglich, dass einzelne Schülergruppen die Untersuchung unter verschiedenen Bedingungen durchführen, z. B. durch Zugabe von Kohlenstoffdioxid (Hydrogencarbonat, Einblasen von Ausatemluft mit einem Strohhalm, Zugabe von kohlesäurehaltigem Mineralwasser. Letzteres erschwert allerdings das Zählen von Sauerstoffblasen.).

**Lernprodukte diskutieren:** Ausgewählte Schülerinnen oder Schüler stellen ihre Ergebnisse vor. Der Vergleich der Darstellungen (Formulierung der Hypothese, Versuchsaufbau, Messwerte und Ergebnis-satz) führt zu Diskussionen über den Erkenntnisgang und zur Reflexion von Versuchsaufbau, Messwertaufnahme und Auswertung.



**Lernzugewinn definieren:** Die Lernenden vergleichen ihr Ergebnis mit ihren Hypothesen. Sie können ihre Dokumentation durch Selbstkorrektur oder im Peer-Review-Verfahren (vgl. HR TF 3, Methoden-koffer) verbessern.

**Vernetzen und transferieren:** Weitere Versuche (M 3.4 Vertiefung) ermöglichen ein umfassenderes Verstehen der Fotosynthese und der sie beeinflussenden Reaktionsbedingungen. Dabei wenden sie die erworbenen Fähigkeiten erneut an.

Die Schülerinnen und Schüler werden bei den zu planenden Versuchen selbst herausfinden, dass die Temperatur und der Kohlenstoffdioxidgehalt nicht gleichzeitig verändert werden dürfen, da dies nicht zu eindeutigen Ergebnissen führt. Sie werden Überlegungen anstellen, wie der Einfluss der Abwärme der Lichtquelle gemindert werden kann, z. B. durch die Wahl eines großvolumigen Reaktionsgefäßes oder durch die Verwendung von Kaltlicht (z. B. LED). Die Lernenden werden auch herausfinden, dass systematische Fehler in einer Versuchsserie auf das vergleichende Gesamtergebnis keinen Einfluss haben, weil sie herausgerechnet werden können.

Die Versuchsergebnisse werden variieren, auch wenn die Versuche exakt durchgeführt werden. Die Fehlerdiskussion ist Bestandteil des Unterrichtes. Folgende Fehler lassen sich nicht vermeiden:

- Die Schnitte können schräg sein; dadurch können die Leitgefäße verstopfen.
- Die Pflanzen können ein unterschiedliches Alter oder einen unterschiedlichen „Gesundheitszustand“ aufweisen; ältere Pflanzen aus Aquarien oder Naturteichen sind in der Regel mit Kieselalgen belegt, was zur Behinderung der Lichtabsorption führt. Tipp: Frische, junge Pflanzen aus dem Handel beziehen.
- Die Sprosstücke können über unterschiedlich große Blätter oder unterschiedlich breite Leitungsbahnen verfügen, auch die Zahl der Blätter kann stark variieren.
- Beim „Kartonversuch“ trifft Licht auf die Pflanze, während gezählt wird. Die Dauer des Zählvorgangs muss bei allen Versuchen gleich sein.
- Beim Versuch mit Sprudelwasser könnte man die Sprudelbläschen mitzählen; die Verwendung von Natriumhydrogencarbonat (Natron aus dem Haushalt) anstelle von Sprudelwasser ist von den Schülerinnen und Schüler schwerer zu verstehen.
- Das Leitungswasser weist nicht in allen Regionen den gleichen Kohlenstoffdioxidgehalt auf, insbesondere, wenn es abgestanden ist. Bei Frischwasser aus der Leitung kann die Temperatur stark differieren.

Das differenzierte Material ist auch einsetzbar in LE 16 „Wie funktioniert die Fotosynthese? (Experimente heute)“.

#### LE 4: „Wie funktioniert die Fotosynthese? – mit einem Modell beschreiben“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE4

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Die Experimente der vorangegangenen LE 3 zeigen, dass Pflanzen Sauerstoff und Stärke produzieren. Dazu wurde Kohlenstoffdioxid und Wasser aus der Umgebung aufgenommen. Dies kann in einer Tafelskizze oder als Wortgleichung festgehalten werden. Es entwickelt sich die Leitfrage: „Was passiert in der Pflanze?“.

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler werden aufgefordert, die Ergebnisse auf Teilchenebene zu beschreiben. Sie äußern sich aufbauend auf dem Vorwissen über die Formelsprache aus TF 3 (Zellatmung) über die chemische Reaktion der Fotosynthese.

**Lernprodukt herstellen:** Sie nutzen wiederum Teilchensymbole, um ihre Hypothesen zu klären. Dazu können sie einen Molekülbaukasten, Legosteine oder Legekarten nutzen.

**Lernprodukte diskutieren:** Sie vergleichen ihre Symbolsprachen und nutzen die Ergebnisse, um ihre Vorstellungen zu revidieren oder zu bestätigen.

**Lernzugewinn definieren:** Hier kann eine Übung zu abstrakterer Symbolsprache eingefügt werden (Kompetenzzuwachs gegenüber TF 3).

**Vernetzen und transferieren:** Die Erkenntnis, dass die Fotosynthese die umgekehrte Reaktion zur Zellatmung ist und das Wissen aus dem TF 3, dass Pflanzen Zellatmung „betreiben“, verknüpft das Fachwissen im Basiskonzept „Chemische Reaktion“.

Lehrerhinweis:

In TF 3 entwickelten die Schülerinnen und Schüler die Kompetenz, den Stoffaustausch und/oder die Zellatmung unter Verwendung von Teilchensymbolen und Formelsprache darzustellen.

Im TF 4 wird darauf aufbauend angestrebt, dass die Lernenden die Fotosynthesereaktion mit Teilchensymbolen und Formelsprache beschreiben.

Die Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 7 verfügen in der Regel nur über sehr wenig chemisches Fachwissen. Daher kann eine Herleitung von Molekülformeln aufgrund chemischer Gesetzmäßigkeiten nicht vorausgesetzt werden. Trotzdem sind die Schülerinnen und Schüler in der Regel aus dem NaWi-Unterricht, Büchern und den Medien über bestimmte Stoffe und deren Molekülformeln informiert. Hierzu gehören die Moleküle des Wassers, des Sauerstoffs und des Kohlenstoffdioxids.

Es hat sich bewährt, den Gruppen zahlreiche Legekarten zur Verfügung zu stellen, so dass sie die Anzahl der Atome und Moleküle auch beliebig verändern können. Damit wird Schülerinnen und Schülern, die noch nicht in hohem Maße abstrakt denken können, die Möglichkeit gegeben, die Lösung durch „ausprobieren“ herauszufinden.

Die Betrachtung einer Stoffumwandlung als Veränderung von Teilchen und Bindungen kann zu diesem Zeitpunkt des Unterrichtes Bedeutung erlangen. In der Biologie soll im TF 4 der Fokus auf der Umwandlung von Stoffen liegen und wird durch das Aufstellen von Wortgleichungen (Stoffebene) erreicht. Diese können durch entsprechende Molekülformeln (Teilchenebene) ergänzt werden.

Eine Absprache mit der Chemielehrerin oder dem Chemielehrer ist, wie bereits bei der Betrachtung der Zellatmung im TF 3, im Interesse der fächerübergreifenden Konzeptentwicklung sinnvoll und notwendig.

Das Material zur Formelsprache ist auch einsetzbar in LE 15 „Die Fotosynthese im Modell“.

## LE 5 „Wohin mit dem essbaren Teller?“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF3\_LE5

Diese Lerneinheit versteht sich als „Verbindungsmodul“ zum TF 5 „Ökosysteme im Wandel“. Überlegungen, was nach Benutzung des Tellers mit diesem passieren wird, münden in der Beschreibung des Kohlenstoffkreislaufs.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Der Concept-Cartoon (M 5.1) oder das Rollenspiel (M 5.2) regen zur Diskussion an, was aus dem essbaren Teller werden kann, wenn man ihn nicht mehr braucht.

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler werden verschiedene „Entsorgungswege“ vorschlagen (z. B. verzehren, in den Müll werfen, im Kamin verheizen, auf den Kompost werfen). Sie entwickeln ansatzweise den Kreislaufgedanken und wenden ihr Vorwissen über das Zusammenspiel von Zellatmung und Fotosynthese an.

**Lernprodukt herstellen:** Anhand einer Gruppenarbeit (M 5.3 und M 5.4) stellen sie verschiedene Möglichkeiten des Umgangs mit dem essbaren Teller dar. Hierbei sollen sie sich in ihrer Gruppe auf einen Weg einigen. Das Ergebnis (M 5.5 „Kreislauf des essbaren Tellers“) wird als Schemazeichnung dargestellt und soll selbsterklärend sein. Differenzierend kann die Darstellung unter Verwendung der Teilchensymbole oder Formelsprache erfolgen.

**Lernprodukte diskutieren:** Ein Schülerpaar wird mithilfe einer „fremden“ Schemazeichnung aufgefordert, den „Entsorgungsweg“ eines Tellers zu beschreiben. Dabei stellen sie Gelungenes heraus und machen Vorschläge zur Verbesserung.

**Lernzugewinn definieren:** Jeder Lernende ist in der Lage, einen oder mehrere „Entsorgungswege“ zu beschreiben.

**Vernetzen und transferieren:** Die Thematik kann in einen Bewertungszusammenhang eingebunden werden, indem die Schülerinnen und Schüler z. B. begründet beurteilen, welcher Verwertungsweg des essbaren Tellers am sinnvollsten ist. In einer weiter gefassten Aufgabe können sie die Vor- und Nachteile der im Handel angebotenen Möglichkeiten von „Party-Geschirr“ ökologisch beurteilen und dabei Herstellung und Entsorgung als Kriterien heranziehen.

## LE 6 „Brennstoffe aus Pflanzen“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE6

Gefährdungsbeurteilung\_Ethanol\_Luft\_Gemisch\_entzünden

Das differenzierte Material ist auch einsetzbar in LE 13 „Brennstoffe aus Pflanzen“.

Der Lehrplan sieht vor, dass Schülerinnen und Schüler Energie als quantifizierbare Größe verstehen. Dies kann durch die Veranschaulichung der Energieinhalte verschiedener Stoffe in Form von Diagrammen geschehen.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Aufbauend auf dem Verbindungsmodul der vorherigen LE 5 sind verschiedene Wege des „essbaren Tellers“ nach seiner Verwendung denkbar, z. B.

- Der Teller wird verbrannt – Flamme und Wärme zeigen an, dass Energie freigesetzt wird.
- Der Teller wird verzehrt – die Zellen nutzen die Nährstoffe für die Zellatmung.
- Der Teller wird kompostiert – er liefert Nährstoffe für Destruenten.

Die Leitfrage „Woher stammt die Energie und wohin verschwindet sie?“ entwickelt sich.

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler äußern Vorstellungen zur Energie. Sie wissen, dass Pflanzen energiereiche Stoffe enthalten (Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße) und werden schlussfolgern, dass der essbare Teller „viel Energie“ besitzt. Die Energie der Stoffe stammt aus dem Sonnenlicht, das in der Fotosynthese genutzt wird, um aus den energiearmen Stoffen Kohlenstoffdioxid und Wasser Glucose zu synthetisieren.

Sie wissen aus der vorherigen Lerneinheit, dass der Teller (die Stärke) auf allen Entsorgungswegen letztlich zu Kohlenstoffdioxid und Wasser wird. Diese Stoffe haben „wenig Energie“.

Durch Verbrennung (Fächerbindung zu Chemie TF 3 „Heizen und Antreiben“) oder Zellatmung (Biologie TF 3) wird die Energie, die in den Stoffen gespeichert war, als Wärme oder Lichterscheinung frei oder zum Aufbau neuer Stoffe genutzt.

**Lernprodukt herstellen:** Die Schülerinnen und Schüler können Energie als quantifizierbare Größe beschreiben. Sie ermitteln Brennwerte experimentell und stellen Messergebnisse tabellarisch und in Form von Grafiken dar. Alternativ entnehmen sie Daten aus einer Tabelle und übertragen diese in ein Diagramm, z. B.:

- Brennwerte verschiedener Brennstoffe  
z. B. verschiedene Holzarten, die im Kamin verbrannt werden
- Brennwerte verschiedener Nahrungspflanzen
- chemische Reaktion der Fotosynthese
- chemische Reaktion der Zellatmung
- Brennwerte von Energiepflanzen (z. B. Mais, Chinaschilf)

**Lernprodukte diskutieren:** Ausgewählte Diagramme werden vorgestellt. Die Lerngruppe gibt Rückmeldung zur Achsenbeschriftung, Skalierung und fachlichen Richtigkeit.

**Lernzugewinn definieren:** Energiediagramme begegnen den Lernenden in verschiedenen Zusammenhängen. Dabei werden zwei Diagrammtypen unterschieden, zum einen das Vergleichen von verschiedenen Energiegehalten und zum anderen Energieänderungen während einer chemischen Reaktion, z. B. Fotosynthese.

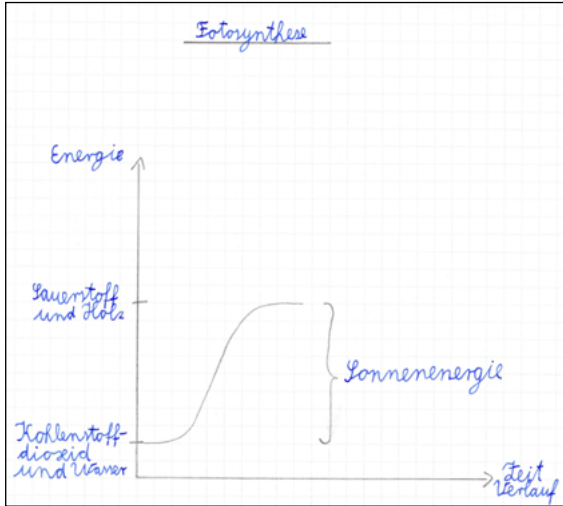


Abb. 13: energetischer Verlauf der Fotosynthese

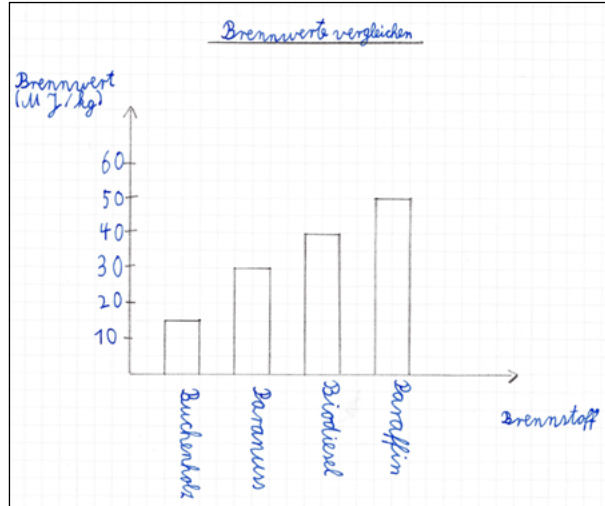


Abb. 14: Brennwerte von Stoffen

Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, Diagramme zu versprachlichen, dabei verwenden sie Fachbegriffe. Sie können einen Text in ein Diagramm umschreiben und umgekehrt.

Brennwert	Energiespeicherung	energiereicher Stoff	energiearmer Stoff
Fotosynthese	Zellatmung	Wärmeenergie	Energieerhaltung
	chemische Energie	Lichtenergie	Energieträger

**Vernetzen und transferieren:** In TF 3 des Lehrplans Chemie wird das Basiskonzept Energie schwerpunktmäßig entwickelt, daher sind zu diesem Zeitpunkt Absprachen mit den Chemielehrkräften sinnvoll und notwendig. Es steht Onlinematerial zum TF 3 des Chemielehrplanes zur Verfügung:

Chemie TF 3 LE2\_AB\_Energiediagramm stecken\_Wasserstoff  
 Chemie TF 3 LE2\_AB\_Energiediagramm – diff Aufgaben

Weiterführendes Arbeitsmaterial:

Bio\_HR\_TF4\_Diagramm

[http://lernen-in-vielfalt.bildung-rp.de/fileadmin/user\\_upload/lernen-in-vielfalt.bildung-rp.de/03\\_Materialien/3\\_3\\_Differenzieren/3\\_3\\_1\\_Differenzieren\\_nach\\_Aufgabenschwierigkeit/gestufte\\_Lernhilfen/Lernhilfen\\_Diagramme.pdf](http://lernen-in-vielfalt.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/lernen-in-vielfalt.bildung-rp.de/03_Materialien/3_3_Differenzieren/3_3_1_Differenzieren_nach_Aufgabenschwierigkeit/gestufte_Lernhilfen/Lernhilfen_Diagramme.pdf)

Alternativer Vorschlag:

**Im Lernkontext ankommen:** Energiepflanzen sind Thema in ländlichen Regionen; an den Tankstellen kann man E10-Benzin wählen; Biogasanlagen oder Bioethanol sind in den Medien präsent. Eine geeignete einführende Lernsituation kann ein Demonstrationsversuch sein, z. B. die Zündung eines Ethanol-Luft-Gemisches in einem Pappzylinder (Gefährdungsbeurteilung\_Ethanol\_Luft\_Gemisch\_entzünden).

Die Lerngruppe stellt Fragen zum Lehrereperiment wie z. B. „Warum fliegt der Deckel weg?“, „Funktioniert das Experiment nur mit Ethanol?“, „Was passiert, wenn ich noch mehr Ethanol hineinfülle?“, „Kann ich auch andere Stoffe für den Versuch verwenden?“. Zielführende Fragen werden detaillierter betrachtet, z. B. „Wie viel Energie steckt im Bioethanol?“, „Wie kann man das messen?“, „Aus welchen Pflanzen gewinnt man Bioethanol?“.

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler planen Versuche hierzu, es werden verschiedene „Pflanzentreibstoffe“ (Biodiesel, Rapsöl, Ethanol, Paranuss, Streichhölzer-Holz) bereitgestellt. Die Gruppen erhalten den Auftrag, herauszufinden, welcher Energieträger am effizientesten ist.

**Lernprodukt herstellen:** Die Lernenden führen Versuche mit dem Kalorimeter (Anleitung) durch und nehmen Messwerte auf, die sie grafisch als Energiediagramm darstellen.

**Lernprodukte diskutieren:** Die Schülerinnen und Schüler tragen im Plenum ihre Gruppenergebnisse zusammen und erstellen ein Säulendiagramm, das die Ergebnisse aller Gruppen einbindet.

**Lernzugewinn definieren:** Die Lernenden sind in der Lage, den Begriff „Energiepflanzen“ zu erklären. Dabei beschreiben sie, dass Energie aus der Sonne im Prozess der Fotosynthese genutzt wird, um aus den energiearmen Stoffen Kohlenstoffdioxid und Wasser energiereiche Stoffe wie Cellulose oder Stärke zu synthetisieren. Sie beschreiben die Methode, den Energieinhalt von Pflanzen experimentell zu bestimmen.

**Vernetzen und transferieren:** Das Wissen über Energiepflanzen kann in Bewertungskontexte im TF 5 eingebracht werden.

Zusätzliches Material:

[http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/2/0/2015\\_energiepflanzen\\_poster.pdf](http://mediathek.fnr.de/media/downloadable/files/samples/2/0/2015_energiepflanzen_poster.pdf)

[http://www.bioenergieregion-cochem-zell.de/kv\\_cochem\\_zell\\_bioenergie/Aktuelles/Archiv/Schüler%20aus%20Lutzerath%20nehmen%20Energiepflanzen%20unter%20die%20Lupe/](http://www.bioenergieregion-cochem-zell.de/kv_cochem_zell_bioenergie/Aktuelles/Archiv/Schüler%20aus%20Lutzerath%20nehmen%20Energiepflanzen%20unter%20die%20Lupe/)

<https://www.schulportal-thueringen.de/media/detail?tspi=3560>

[http://information-medien-agrar.de/webshop/mediafiles//PDF/102-101\\_poster\\_energiepfl\\_vs.pdf](http://information-medien-agrar.de/webshop/mediafiles//PDF/102-101_poster_energiepfl_vs.pdf)

<https://mediathek.fnr.de/broschuren.html>

[www.nachwachsende-rohstoffe.de](http://www.nachwachsende-rohstoffe.de)

## LE 7 „Vom Sonnenlicht zum Brennstoff“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE7

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Bilder von einem Lagerfeuer führen in das Gespräch ein. Schülerinnen und Schüler stellen fest, dass Licht und die Wärme „aus dem Brennholz“ kommen. Eine Leitfrage wird abgeleitet, z. B. „Woher kommen Energie, Licht und Wärme des Lagerfeuers?“

**Vorstellungen entwickeln:** Schülerinnen und Schüler werden Materie und Energie verwechseln („Holz wird beim Verbrennen zu Energie umgewandelt“, „Holz entsteht aus Licht“). Mithilfe der Bildkarten (M 7.1) können Vorstellungen konkretisiert werden (nicht alle Karten ergeben Sinn). Am Ende dieser Phase schreiben die Lernenden erste Vorstellungen zu „Woher kommen Energie, Licht und Wärme des Lagerfeuers?“ nieder.

**Lernprodukt herstellen:** Mithilfe der Texte (M 7.2) wird ein Flussdiagramm erstellt, das den Weg der Energie deutlich macht. Sie sind komplex und führen zu sehr verschiedenen Flussdiagrammen. Die Bildkarten können wieder verwendet werden (M 7.1).

Die Aufgabenstellung und die Lernmaterialien können innerhalb der Klasse auf verschiedenen Niveaustufen eingesetzt werden.

**Lernprodukte diskutieren:** Die Lehrkraft lässt ausgewählte Lernprodukte präsentieren. Die Lernprodukte unterscheiden sich unter anderem durch die Zahl der Prozessschritte, Zahl der berücksichtigten Strukturen in der Pflanze, verschiedenen Systemebenen und dem Zuordnen des Energieaspekts.

**Lernzugewinn definieren:** Die Schülervorstellungen „Woher kommen Energie, Licht und Wärme des Lagerfeuers?“ werden reflektiert und korrigiert. Die Bildkarten ergeben für alle Schülerinnen und Schüler Sinn. Es ist möglich, vertiefend weitere Bildkarten auf zellulärer Ebene anzubieten (mikroskopische Bilder).

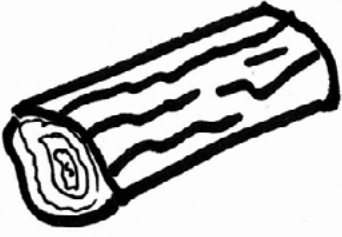

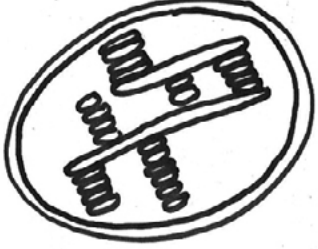





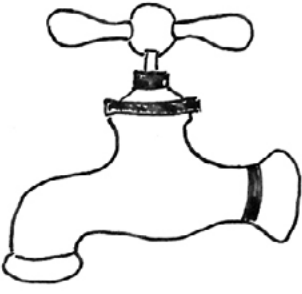
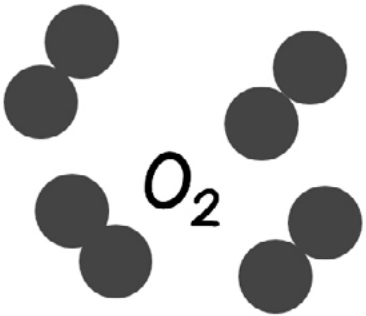
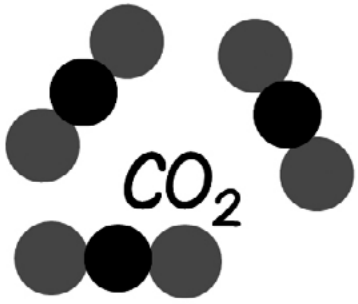

**Vernetzen und anwenden:** Als weitere Aufgabe kann M 7.3 bearbeitet werden. Die Schülerinnen und Schüler nutzen die Darstellungsform „Flussdiagramm“ und erkennen, dass die Fotosynthese auch bei fossilen Energieträgern und neuen Technologien wie Biogasanlagen eine wichtige Rolle spielt.

Vertiefung:

M 7.4 und M 7.5 zeigen eine Möglichkeit, das Verständnis über Energiegehalte von Brennstoffen in nachhaltige Überlegungen einzubringen. Der Einsatz der fertigen Rechenergebnisse lädt zur Diskussion über die Wahl eines Brennstoffs ein. Diese Aufgabe zu lösen, sollte leistungsstarken Lerngruppen oder einzelnen lernstarken Schülerinnen oder Schülern vorbehalten bleiben, z. B. für eine Hausaufgabe oder einen Einzelbeitrag.



Exemplarisches Material aus LE 7:

M 7.1: Energie aus dem Holz?		
 <p>Brennholz</p>	 <p>Wurzel</p>	 <p>Chloroplast</p>
 <p>Blatt</p>	 <p>Spaltöffnung</p>	 <p>Gas</p>
 <p>Sprossachse</p>	 <p>Sonnenlicht</p>	 <p>Wasser</p>
 <p>Sauerstoff</p>	 <p>Kohlenstoffdioxid</p>	 <p>Traubenzucker</p>

### M 7.2: Wie kommt die Energie in das Brennholz?

Brennholz ist energiereich. Die Energie stammt aus dem Sonnenlicht. Pflanzen sind deshalb biologische Solarkraftwerke.

Sonnenlicht ist weiß. Es setzt sich aus verschiedenen Spektralfarben zusammen, das wird im Regenbogen sichtbar. Jede Farbe hat einen anderen Energieinhalt: Blaues Licht ist energiereicher als rotes. Pflanzen nehmen mit ihren grünen Pflanzenteilen blaues und rotes Licht auf und strahlen das grüne Licht ab.

Mit einem Mikroskop sieht man, dass die grünen Teile einer Pflanze aus Zellen aufgebaut sind, in denen sich Chloroplasten befinden. Chloroplasten („Blattgrünkörner“) enthalten den grünen Farbstoff Chlorophyll.

Chlorophyll absorbiert blaues und rotes Licht.

Die Energie des Lichtes geht auf das Chlorophyll über. Im Chloroplasten wird diese Energie auf weitere Stoffe übertragen, um Glucose (Traubenzucker, Formel:  $C_6H_{12}O_6$ ) aufzubauen, dabei wird auch Wärme freigesetzt. Die Rohstoffe für die Glucose sind Wasser ( $H_2O$ ) und Kohlenstoffdioxid ( $CO_2$ ), welche die Pflanze über die Wurzel aus dem Bodenwasser oder die Spaltöffnungen aus der Luft aufnimmt.

Glucose ist ein energiereicher Stoff, ein Teil der Lichtenergie ist also in der Glucose gespeichert.

Glucose dient den Pflanzenzellen als Nährstoff und wird in der Zellatmung zusammen mit Sauerstoff wieder zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Außerdem ist die Glucose der Ausgangsstoff für die Bildung aller anderen Pflanzenstoffe, z. B. Holz. Für diese Stoffe braucht die Pflanze auch Mineralstoffe, die im Bodenwasser gelöst sind. Die Bildung von Glucose durch Sonnenlicht bezeichnet man als Fotosynthese. Die Fotosynthese findet in allen grünen Pflanzenteilen, insbesondere im Laubblatt statt.

Dass bei der Fotosynthese auch Wärme freigesetzt wird, kann man mit einer Wärmebildkamera (Infrarotkamera) sehen. Gesunde und fotosynthetisch aktive Pflanzenteile senden Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) aus.

In der Pflanze findet ein Stofftransport zwischen den grünen Pflanzenteilen und den nicht grünen Teilen statt: Wasser und zuckerhaltiger Pflanzensaft wird in Gefäßen transportiert, die umgangssprachlich als (Blatt-)adern bezeichnet werden. Die Gefäße können leicht entdeckt werden, wenn man die Sprossachse einer Pflanze („Stängel“) mikroskopiert.

Im Onlinematerial befinden sich Differenzierungsangebote für diesen Arbeitsauftrag.

## LE 8 „Pflanzengewebe“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE3 2

Mikroskopische Untersuchungen sind geeignet, ein Struktur-Funktions-Verständnis auf zellulärer Systemebene aufzubauen. Das Erkennen von Strukturen und die Interpretation des Gesehenen erfordert ein hohes Abstraktionsvermögen. Mikroskopieren dient der Erkenntnisgewinnung.

Unterstützende Informationen zur Mikroskopie sind im Methodenkoffer (Kapitel 4.1) zu finden.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Ein Demonstrationsversuch oder eine Abbildung aus dem Buch zeigen, dass nur grüne Pflanzenteile Stärke bilden. Das Phänomen lädt ein, die mikroskopische Struktur zu erforschen.

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen zum „Innenleben“ eines Laubblattes (Moosblättchen, Wasserpest oder Fertigpräparat eines Laubblatt-Querschnittes) an. Die Erwartungen an das mikroskopische Bild werden als Beschreibung oder Zeichnung individuell formuliert.

**Lernprodukt herstellen:** Lernprodukte sind die Beschreibung mikroskopischer Strukturen und deren Bedeutung für die Funktion der Zellen oder Gewebe. Für die Strukturbeschreibung werden (eigene) Zeichnungen oder Mikrofotos angefertigt. (Tipp: Smartphone benutzen um durch das Okular eines Mikroskops zu fotografieren). Um das Erkennen zu unterstützen, sollte das Schülerarbeitsmaterial Mikrofotos von Experten oder Textbeschreibungen (aus dem Schulbuch) vorhalten.

**Lernprodukte diskutieren:** Die Schülerinnen und Schüler präsentieren ihre Zeichnungen/Fotos und benutzen diese, um ihre Vermutungen zu überprüfen.

**Lernzugewinn definieren:** Jede Schülerin und jeder Schüler fertigt ein kleines Forschungsprotokoll an und bringt das Ergebnis der Mikroskopie ein.

**Vernetzen und anwenden:** Die Lernenden stellen Vermutungen zum „Innenleben“ anderer pflanzlicher Objekte an bzw. formulieren konkrete Untersuchungsfragen: „Wie funktionieren die „Härchen“ der Brennnessel?“, „Worin unterscheiden sich die Zellen in der Kartoffelknolle von denen im Laubblatt?“, „Wie sieht das Innere der Wasserpestzelle aus?“. Die Erwartungen an das mikroskopische Bild werden als Beschreibung oder Zeichnung individuell formuliert.

## LE 9 „Teichpflanzen entdecken und beschreiben“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE9

In dieser Lerneinheit finden sich Anknüpfungspunkte an NaWi, TF 4 „Pflanzen – Tiere – Lebensräume“ und an Biologie, TF 1 „Vielfalt“. Es sind Arbeitsaufträge unterschiedlicher Niveaustufen vorhanden.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Der Besuch des eigenen Schulteiches aktiviert die Schülerinnen und Schüler, sich damit zu beschäftigen. Alternativ können Teichrosen und Schilfrohr mit in den Unterricht gebracht werden.

**Vorstellungen entwickeln:** Schülerinnen und Schüler reorganisieren ihr Vorwissen über die Teichpflanzen auch in Verknüpfung mit dem TF 4 aus dem NaWi-Unterricht zu „Pflanzen – Tiere – Lebensräume“. Sie wissen vermutlich, dass Teichpflanzen wichtige Sauerstofflieferanten für den Teich sind und Fotosynthese betreiben. Die Schülerinnen und Schüler erhalten die Aufgabe, die Pflanzen genau zu untersuchen und Pflanzenorgane kennen zu lernen. Sie sammeln Begriffe zur Beschreibung (Blattfläche, Oberflächenbeschaffenheit, Bigsamkeit der Sprossachse, Wurzelmasse usw.).

Differenzierung:

Begriffe und Beobachtungskriterien können im Tafelbild als Zettelkasten gesammelt werden.

**Lernprodukt herstellen:** Die Lernumgebung hält Informationen zu den einzelnen Pflanzen (z. B. [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)) bereit. Der Ablauf basiert auf der Think-Pair-Share-Methode. In Form von Gruppenarbeit/Partnerarbeit ist dies arbeitsgleich und arbeitsteilig möglich. Jede Schülerin und jeder Schüler untersucht eine ihm zugewiesene oder selbst gesammelte Pflanze und protokolliert die Ergebnisse tabellarisch. Die hierzu anzulegenden Tabellen als Vergleich von Schilfrohr und Teichrose können unterschiedlich erarbeitet werden. Die gewählten Vergleichskriterien Blattdurchmesser, Blattlänge, Blattfläche (Differenzierung), Biigsamkeit der Sprossachse können sich unterscheiden. Die Lehrkraft kann hier steuernd unterstützen.

**Lernprodukte diskutieren:** Schülerinnen oder Schüler mit verschiedenen Pflanzen stellen einander ihre Vergleichsergebnisse vor. Sie entwickeln eine gemeinsame Tabelle und ziehen Schlussfolgerungen aus dem Vergleichsergebnis oder stellen weiterführende Fragen: „Warum haben Teichrosen eine glänzende Oberfläche, Schilf aber nicht?“, „Warum haben Teichrosen keine großen Wurzeln?“ usw. Die Fragen werden im Plenum vorgestellt und diskutiert. Dabei werden die verschiedenen Vergleichskriterien offengelegt.

**Lernzugewinn definieren:** Alle sind nun in der Lage, die Vergleichskriterien der Mitschülerinnen und Mitschüler zu nutzen und ihre Pflanze noch einmal zu beschreiben. Die Tabellen werden vervollständigt. Danach stellt jede bzw. jeder mindestens eine Frage, die sich aus der Beobachtung ergeben hat.

Exemplarische Lösung der Tabelle:

Pflanzenorgan	Pflanze	Ausprägung der Struktur	Funktion	Angepasstheit an den Standort
Blüte	Teichrose	farbig, duftend	Insektenanlockung	
	Schilfrohr	grau/braun, Härchen	Windverbreitung	
Spross	Teichrose	flexibel, lang	hohe Beweglichkeit, geringer Wasserwiderstand	größere Wassertiefe
	Schilfrohr	starr, lang, dünn	Stabilität, geringer Luftwiderstand, platzsparend (Struktur ermöglicht dichtes Zusammenstehen der Einzelpflanzen)	windige Uferregion
Blätter	Teichrose	wenige, große Oberfläche, geringe Dichte	Lichtaufnahme, Schwimmblätter (aufgrund der flexiblen Sprossachse kann diese keine großen Blätter außerhalb des Wassers tragen)	größere Wassertiefe
	Schilfrohr	länglich, dünn, viele im Vergleich zur Teichrose	geringer Luftwiderstand Lichtaufnahme, platzsparend	windige Uferregion
Wurzel	Teichrose	stark verzweigt	Verankerung im Boden, Wasser- und Mineralsalzaufnahme	schlammiger Boden
	Schilfrohr	stark verzweigt	Verankerung im Boden, Wasser- und Mineralsalzaufnahme	schlammiger Boden

**Vernetzen und transferieren:** Die Lernenden greifen auf die Kennzeichen des Lebendigen zurück (TF 1) und erstellen einen Steckbrief für „ihre“ Pflanze unter Verwendung der Tabelle.

Vertiefung:

Um die Fachsprache zu üben, kann jede Schülerin und jeder Schüler mithilfe der Tabelle eine entsprechende Zeichnung zur Teichrose und dem Schilfrohr erstellen und beschriften.

## LE 10 „Pflanzenorgane untersuchen“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE10

In dieser Lerneinheit finden sich Anknüpfungspunkte an NaWi TF 2 und TF 4. Es stehen Arbeitsaufträge unterschiedlicher Niveaustufen zur Verfügung.

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Aufbauend auf den äußeren Betrachtungen einer Pflanze in LE 9 entstehen Fragen nach dem „Warum?“. Fragen der Schülerinnen und Schüler können gesammelt werden und z. B. lauten: „Warum schwimmen die Seerosenblätter?“, „Warum perlt das Wasser auf den Seerosenblättern ab?“.

**Vorstellungen entwickeln:** Schülerinnen und Schüler stellen Hypothesen hierzu auf.

**Lernprodukt herstellen:** Sie verfolgen im nächsten Schritt (ggf. mit Hilfe) den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgang, führen Versuche durch, d. h. sie mikroskopieren (M 10.1) und erstellen Protokolle.

**Lernprodukte diskutieren:** Mithilfe der Protokolle werden die gestellten Fragen, soweit möglich, beantwortet. Ergebnisse werden vorgestellt. Dabei lernen die Mitschülerinnen und Mitschüler sich mit dem eigenen Produkt auseinanderzusetzen, indem sie mithilfe selbst erarbeiteter Kriterien Ergebnisse beurteilen.

**Lernzugewinn definieren:** Schülerinnen und Schüler können ihre Antworten mithilfe ihrer Versuchsergebnisse begründen.

**Vernetzen und transferieren:** Weitere Untersuchungen (M 10.2 und Erwartungshorizont M 10.3) und ein Vergleich mit anderen Pflanzen ist möglich (LE 8 und Kapitel 4.1, Methodenkoffer, Mikroskopie).

## LE 11 „Pflanzen betreiben Fotosynthese“

siehe LE 2 „Wie kommt die Stärke in die Pflanze (Kartoffel)?“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE2

Bio\_HR\_TF4\_Banane

## LE 12 „Traumreise – Ohne Licht kein Leben“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE12

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Die Schülerinnen und Schüler benötigen Papier und Stift. Sie schließen die Augen, legen den Kopf auf den Tisch und lauschen der Traumreise, die die Lehrerin oder der Lehrer vorliest (M 12.1). Jedes Mal, wenn die Schülerinnen und Schüler in der Geschichte etwas hören, das ihrer Meinung nach mit Pflanzen zu tun hat, notieren sie dies mit einem Strich auf ihrem Zettel. Mögliche Antworten sind im Text unterstrichen, es sind aber auch andere Nennungen möglich, z. B. der Balkon, da er aus Holz bestehen könnte. Am Ende vergleichen die Schülerinnen und Schüler ihre Ergebnisse und entwickeln Vorstellungen über die Bedeutung der Fotosynthese für ihren Alltag. Sie reorganisieren ihr Vorwissen zur Fotosynthese: Pflanzen nutzen das Sonnenlicht, um Stoffe aufzubauen, z. B. Nährstoffe, Farbstoffe, Brennstoffe, Baustoffe usw. Sie entwickeln erste Ideen, welcher Zusammenhang zwischen dem Sonnenlicht und dem Endprodukt in unserem Alltag besteht. Daraus erwächst die Aufgabenstellung für den Bildertisch.

**Lernprodukt herstellen:** Ein Bildertisch zur Traumreise (M 12.2) lädt dazu ein, über den Weg der Stoffe des täglichen Lebens zu sprechen. Durch Wegnahme oder Hinzunahme von Bildkarten, Einfügen von Textfragmenten oder durch arbeitsteilige Vergabe der Bildkarten kann differenziert werden. Die Arbeit kann in der Think-Pair-Share-Methode (HR TF 3, Methodenkoffer) organisiert werden.

**Lernprodukte diskutieren:** Die Gruppen tragen ihre Erkenntnisse mithilfe ihres Plakates vor, sie diskutieren über den Zusammenhang von „Sonnenlicht“ und „Endprodukt“. Die Erkenntnisse werden im Post-Organizer (M 12.3) festgehalten.

**Lernzugewinn definieren:** Die Schülerinnen und Schüler ziehen eine Bildkarte und schreiben dazu einen Text („Ohne Licht keine Milch“). Sie nutzen ggf. die Plakate. Dabei wird der Stoff- und Energiefluss noch einmal wiederholt und verstanden (M 12.4).

**Vernetzen und transferieren:** Die nächste Lerneinheit fokussiert auf „Brennstoffe und Energiefluss“ und greift die Erkenntnisse über Stoff- und Energiefluss auf.

**Exemplarisches Material aus der LE 12:**

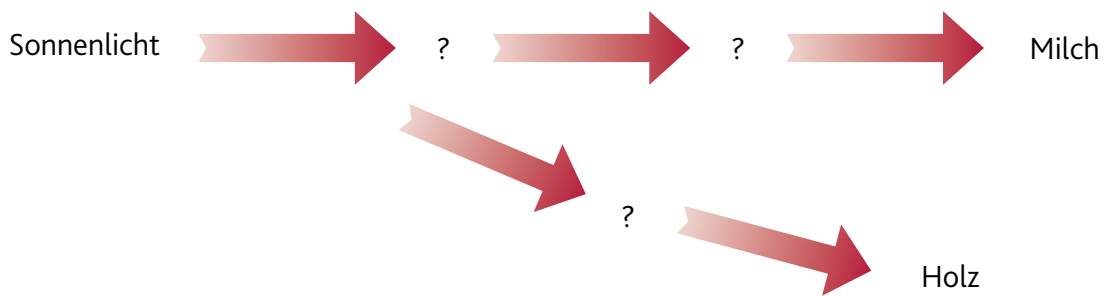
**Arbeitsauftrag (Vierergruppe):**

Erstellt ein Flussdiagramm, das den Weg vom Sonnenlicht zum Endprodukt zeigt. Im Flussdiagramm sollen mindestens vier Produkte vorkommen.

Folgende Vorgehensweisen sind möglich:

- Einzelarbeit:
  - 2 Karten ziehen oder auswählen
  - Flussdiagramm skizzieren
- Partnerarbeit:
  - Flussdiagramme gegenseitig erklären und ggf. verbessern
- Vierergruppe:
  - Flussdiagramme auf einem A3-Plakat zusammenführen

Hilfe für die Darstellungsform:



**LE 13 „Brennstoffe aus Pflanzen“**

siehe LE 6: „Brennstoffe aus Pflanzen“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE6



## LE 14 „Zeitreise in die Vergangenheit“

Onlinematerial: Bio\_HR\_TF3\_LE14

Da es eine große Zahl an Wissenschaftlern gab, die sich in der Vergangenheit mit der Fotosynthese beschäftigten (M 14.2), muss eine Auswahl getroffen werden. Bei der hier ausgewählten Gruppe handelt es sich um fünf Forscher, deren Versuche gut darstellbar sind oder als Gedankenexperiment nachvollzogen werden können. Es kann also ein wissenschaftsgeschichtlicher Ausschnitt beleuchtet werden. Gleichzeitig ergeben sich Aspekte des forschend-entwickelnden Unterrichts (Beobachtungen formulieren, Versuche deuten).

Mögliche Strukturierung der Lerneinheit:

**Im Lernkontext ankommen:** Die Lehrkraft führt in ein fiktives Szenario ein: Ein Zeitreisender kommt aus der Vergangenheit zu Besuch in die Klasse. Er erzählt, dass die Welt voller Wunder ist. So kann er sich nicht erklären, wie aus einer kleinen Pflanze ein stattlicher Baum werden kann – einfach so. Der Zeitreisende stellt die Frage an die Klasse: Wie wachsen Bäume?

**Vorstellungen entwickeln:** Die Schülerinnen und Schüler erklären und reorganisieren ihr Wissen über die Fotosynthese. Daraus entwickelt sich die Aufgabe, das heute „gesicherte“ Wissen zu belegen. Woher wissen wir das, was wir wissen?

**Lernprodukt herstellen:** Aufgabe ist es, die Problemfrage „Wie wachsen Bäume?“ mithilfe der Forschungsergebnisse bzw. -erkenntnisse von fünf Wissenschaftlern zu beantworten. Die Lernumgebung, also die fünf Forscherkarten (M 14.2), enthält Informationen (Vorüberlegungen, Durchführung, Aufbau) zu den entscheidenden Experimenten zur Fotosynthese. In Lerngruppen (z. B. im Form eines Placemates M 14.1) werden nun jeweils zu allen Forschern die einzelnen Beobachtungen hergeleitet und an entsprechender Stelle notiert. Darauf aufbauend kann dann in der Diskussion innerhalb der Lerngruppe eine logische Deutung ausgewählt werden. Hierbei kann eine Differenzierung dahingehend erfolgen, dass die Auswahl und Komplexität an Deutungsmöglichkeiten eingeschränkt wird, oder die Lernenden die Beobachtungen selbstständig interpretieren.

**Lernprodukte diskutieren:** Die Forscher stellen sich und ihre Arbeit vor. Die Lehrkraft achtet auf die Chronologie. Die Ergebnisse werden in Form eines Zeitstrahls oder einer Tabelle (M 14.3 Post-Organizer) stichwortartig festgehalten.

**Lernzugewinn definieren (mögliche Aufgaben):** 1. Die Lernenden nutzen den Post-Organizer, um ein gemeinsames Poster zu erstellen, das den Zeitstrahl darstellt und zu jedem Forscher einen Steckbrief zeigt. 2. Die Lernenden bearbeiten Übungsaufgaben zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisgang (wie z. B. M 14.4).

**Vernetzen und transferieren:** Die naturwissenschaftliche Methoden und die Dokumentation im Forschungsprotokoll werden in LE 16 wieder aufgegriffen.

### Exemplarisches Material aus LE 14:

#### **Arbeitsauftrag** (Placemat, Vierergruppe):

Stellt euch vor, die Forscher treffen sich auf einem Kongress. Ein Kongress ist eine wissenschaftliche Zusammenkunft, in der Forschungsergebnisse vorgestellt und diskutiert werden.

Schlüpft in die Rolle von ..... und stellt euch und eure Forschung vor. Erstellt dazu einen Steckbrief, den ihr für die Vorstellung nutzen werdet.

- Wer bin ich?
- Welche Beobachtung brachte mich zu meiner Forschung?
- Welche Versuche habe ich gemacht?
- Welche Ergebnisse brachten meine Versuche?
- Wie habe ich die Ergebnisse gedeutet?

### LE 15 „Die Fotosynthese im Modell“

siehe LE 4: „Wie funktioniert die Fotosynthese? – mit einem Modell beschreiben“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE4

### LE 16 „Wie funktioniert die Fotosynthese? (Experimente heute)“

siehe LE 3 „Wie funktioniert die Stärkeproduktion?“

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_LE3

# 4 METHODENKOFFER

## 4.1 Fachmethoden

### Gefährdungsbeurteilungen/Sicheres Experimentieren

Gefährdungsbeurteilungen sind zu erstellen und zu unterschreiben wie in „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht“ (Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 27.02.2013) verbindlich festgelegt:

#### I – 0 Allgemeine Anforderungen

Der Arbeitgeber – vor Ort vertreten durch die Schulleiterin oder den Schulleiter – ist verantwortlich, dass ...

- Gefährdungsbeurteilungen nach §§ 5, 6 Arbeitsschutzgesetz und nach § 3 Unfallverhütungsvorschrift „Grundsätze der Prävention“ für alle Gefährdungen (z. B. biologische, chemische und physikalische Gefährdungen) durchgeführt und dokumentiert werden,
- erforderliche Schutz- und Hygienemaßnahmen festgelegt und durchgeführt werden,
- Betriebsanweisungen erstellt werden,
- Unterweisungen und Belehrungen von Schülerinnen und Schülern, Lehrkräften und ggf. sonstigen Beschäftigten (z. B. Reinigungspersonal, Hausmeisterin, Hausmeister, sonstiges Lehrpersonal) erfolgen.

[...] Für Tätigkeiten bei der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung des eigenen Unterrichts, einschließlich der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung ist die Lehrkraft verantwortlich. Reifegrad und Kenntnisstand der Schülerinnen und Schüler sind zu berücksichtigen.

Gefährdungsbeurteilungen befinden sich unter <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/sicherheit/gebrauchsgesundheit/sekundarstufe-i.html>.

Zu den hier in der Handreichung aufgeführten Versuchen stehen sie als Onlinematerial zur Verfügung.

LE 1, LE 3, Banane	Gefährdungsbeurteilung_Nachweis_Stärke Gefährdungsbeurteilung_Nachweis_Traubenzucker
LE 6	Gefährdungsbeurteilung_Ethanol_Luft_Gemisch_entzünden Gefährdungsbeurteilung_Rapsöl_verbrennen Gefährdungsbeurteilung_Biodiesel_verbrennen Gefährdungsbeurteilung_Ethanol_verbrennen Gefährdungsbeurteilung_Paranuss_verbrennen Gefährdungsbeurteilung_Holz_verbrennen

## Mikroskopieren

**Zeitsparende Organisation:** Mikroskopieren ist immer in einer Schulstunde von 45 Minuten möglich. Alle im weiteren Verlauf genannten Präparate sind von den Schülerinnen und Schülern einfach zu handhaben und können in einer Stunde untersucht werden. Soll das Objekt gezeichnet werden, dann ist eine Doppelstunde sinnvoll.

Als zeitsparende Organisation hat sich erwiesen, dass die Arbeitstische durch ausgewählte Schülerinnen und Schüler mit allen benötigten Materialien vorbereitet werden.

Die Schülerinnen und Schüler haben in NaWi TF 2 den Aufbau des Mikroskops und die Herstellung eines Frischpräparates behandelt. Zu Beginn des Mikroskopierens in der Mittelstufe sollte der Aufbau des Mikroskops kurz wiederholt werden. Danach empfiehlt sich, noch einmal das korrekte Einstellen mit Dauerpräparaten zu üben.

**Probleme beim Mikroskopieren:** Schwierigkeiten bereiten das Einstellen und die Interpretation des mikroskopischen Bildes. Die Lehrkraft verfügt besonders in diesem Bereich über einen erheblichen Wissensvorsprung und weiß genau, nach welcher Struktur sie in einem bestimmten Präparat zu suchen hat. In Unkenntnis eben dieser Struktur messen Schülerinnen und Schüler oft völlig Nebensächlichem (Luftblasen, Schmutzpartikel, ...) überhöhte Bedeutung zu. Deshalb sind Vorinformationen notwendig, damit die für die Klasse neuen Strukturen schnell gefunden werden. Hier sei als Hilfe die Mikroprojektion zu nennen. Die mittlerweile kostengünstigen digitalen Kameras erlauben die simultane Durchsicht und die Diskussion eines Präparates mit der gesamten Lerngruppe und stellen sicher, dass „das Richtige“ gesehen wird. Eine weitere Alternative ist die Fotografie mittels Smartphone durch das Okular. Hierzu gehört Fingerspitzengefühl und eine ruhige Hand. Damit kann den Schülerinnen und Schülern auch schnell ein Bild ihres Präparates gezeigt und besprochen werden.

Link zum Fotografieren mit Smartphone:

<https://www.handysektor.de/navigation-middle/smartphone-kreativ/basteltipps/detailansicht/article/handy-im-bio-unterricht-mach-aus-deinem-smartphone-ein-mikroskop.html>

## Geeignete Präparate zum Mikroskopieren der Chloroplasten:

### Objekte ohne Präparation

- Wasserpest, z. B. *Elodea canadensis* (Kanadische Wasserpest), Sternmoos, z. B. *Plagiomnium undulatum* (welliges Sternmoos), Salatgurke, grüne Paprika, Blattspinat, Mangold, Efeu, Grünlilie, äußere Blätter von Kopfsalat

### Quetschpräparate

- Kartoffelstärke (Anfärben mit Lugol'scher Lösung), Tomate – Chromoplasten, Paprika – Chromoplasten, Gurke – Vakuolen

### Einfache Präparation durch Abziehen

- Rotkraut (Epidermis), Zwiebelhaut (Epidermis), Zimmerpflanzen (untere Epidermis mit Spaltöffnungen, z. B. Grünlilie)

### Schnittpräparate

- Stängelquerschnitt, z. B. Taubnessel, Laubblattquerschnitt, z. B. Oleander.

Komplexe Schnittführung: Schnitte sind mit Skalpellen durchzuführen (siehe nachfolgende „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht“, Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 27.02.2013, S. 88).

## „II – 3.2 Umgang mit Pflanzen und Pilzen

*Giftige Pflanzen oder deren Teile (Blätter, Wurzeln, Samen, Früchte) und Giftpilze kenntlich machen. Giftige Pflanzen und Giftpilze nach Art und Anzahl auf den notwendigen Bedarf im Unterricht beschränken.*

*Nach der Untersuchung von Pflanzen und Pilzen, insbesondere von giftigen Pflanzen und Giftpilzen, Hände waschen. Falls erforderlich, z. B. bei Neigung zu Allergien, geeignete Schutzhandschuhe tragen.*

*Schülerinnen und Schüler auf Verletzungs- und Infektionsgefahr beim Arbeiten mit Präparierbesteck oder Mikrotom hinweisen, z. B. Mikroskopieren, Seziersuche.*

*Grundsätzlich sind zur Präparation sicher zu benutzende und geeignete Werkzeuge zu verwenden. In der Regel handelt es sich um Skalpelle mit festem Metallgriff oder Skalpelle mit austauschbaren Klingen. Sofern Skalpelle mit austauschbaren Klingen verwendet werden, darf der Austausch der Klingen ausschließlich von der Lehrkraft vorgenommen werden. Die Verwendung von selbstgebaute Werkzeugen ist grundsätzlich nicht erlaubt.“*

## 4.2 Methoden zum Diagnostizieren und Rückmelden

### Checkliste

Onlinematerial:

Bio\_HR\_TF4\_Checkliste

Mit einer Checkliste können die Schülerinnen und Schüler ihre geübten Kompetenzen zu TF 4 überprüfen. Dies kann in Einzelarbeit aber auch mit Hilfestellungen durch Mitschülerinnen oder Mitschüler erfolgen.

### Wissenslotto

Das Wissenslotto ermöglicht die Evaluation von Fachkompetenz. Es ist eine Alternative zur herkömmlichen schriftlichen oder mündlichen Leistungskontrolle und kann während, aber auch zum Ende einer Einheit gut eingesetzt werden. Zur Vorbereitung notiert die Lehrkraft Begriffe oder Fragen auf Kärtchen. Die Anzahl der Kärtchen sollte mindestens der Anzahl der Schülerinnen und Schüler entsprechen und sie sollten in ihrem Schwierigkeitsgrad ähnlich sein. Die Karten werden verdeckt ausgelegt. Die Lernenden ziehen eine Karte und bearbeiten diese in Einzelarbeit. Jede Schülerin und jeder Schüler hängt das Arbeitsergebnis (Wissenskarte) im Klassenraum für alle sichtbar auf. Alle Schülerinnen und Schüler clustern die Wissenskarten an eine Pinnwand, es entsteht ein „Klassen-Produkt“. Es wird sichtbar, was die Lerngruppe und was der Einzelne dazu beitragen kann. Dies gibt Auskunft über den Wissensstand der Schülerinnen und Schüler.

### Offene Aufgabe mit Begriffskarten

Mögliche Begriffe für das TF 4 könnten sein:

Fotosynthese	Zelle	Chloroplast	Sauerstoff
Energiereiche Stoffe	Laubblatt	Nährstoffe	Energiepflanzen
Energiearme Stoffe	Diagramm	Organismus	...

**Geschlossene Aufgabe** (leitet stärker an und fordert konkrete Kompetenzen ein)

Arbeitsauftrag: Erstelle eine Wissenskarte, die jeweils zu einer der Aufgaben passt.

<p>Jemand sagt: Pflanzen brauchen die Fotosynthese, sonst würden sie verhungern.</p> <p>Prüfe die Aussage.</p>	<p>Jemand sagt: Tiere brauchen Nährstoffe aus der Nahrung. Pflanzen brauchen keine Nährstoffe. Sie leben von Luft und Wasser.</p> <p>Prüfe die Aussage.</p>	<p>Jemand sagt: Pflanzen sind grün, ... weil ihre Zellen grün sind, ... weil sie Chloroplasten haben, ... weil sie Chlorophyll haben.</p> <p>Prüfe die Aussagen.</p>	<p>Jemand sagt: Sauerstoff ist ein Abfallprodukt der Fotosynthese. Ein anderer sagt: Sauerstoff ist für Pflanzen und Tiere lebenswichtig.</p> <p>Prüfe die Aussagen.</p>
<p>Ohne Licht gäbe es kein Leben auf der Erde. Schreibe 2-3 Sätze auf, in denen folgende Begriffe vorkommen: Sonnenlicht, grüne Pflanzen, energiereiche Stoffe, Nahrung und Brennstoffe</p>	<p>Schreibe 1-2 Sätze auf, in denen folgende Begriffe vorkommen: Laubblatt, Laubblattzelle, Chloroplast, Fotosynthese</p>	<p>Zellen von Pflanzen und von Tieren enthalten Mitochondrien. Schreibe 1-2 Sätze auf, in denen folgende Begriffe vorkommen: Mitochondrium, Zellatmung, Glucose, Sauerstoff, Kohlenstoffdioxid und Wasser</p>	<p>Viele Landwirte bauen Energiepflanzen an. Schreibe 1-2 Sätze auf zu Energiepflanzen.</p>
	<p>Eine Pflanzenzelle enthält Chloroplasten.</p> <p>Zeichne die Pflanzenzelle.</p>	<p>Pflanzenzellen enthalten Chloroplasten.</p> <p>Wozu werden sie gebraucht?</p>	<p>Wenn Pflanzen Fotosynthese betreiben, wird aus den energiearmen Stoffen Kohlenstoffdioxid und Wasser ein energiereicher Stoff aufgebaut.</p> <p>Beschreibe dies in einem Energiediagramm.</p>

# LITERATURVERZEICHNIS

„Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht“ (Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 27.02.2013)



# AUTORINNEN UND AUTOREN

**Frank Beßler**

Freiherr-vom-Stein Realschule plus, Nentershausen

**Dr. Stefanie Böhm**

Realschule plus Bobenheim-Roxheim, Bobenheim-Roxheim

**Sandra Diederichs**

Integrierte Gesamtschule Rülzheim, Rülzheim

**Yvonne Dumont**

Integrierte Gesamtschule Waldfischbach-Burgalben, Waldfischbach-Burgalben

**Christian Haag**

Adolf-Diesterweg-Realschule plus, Ludwigshafen

**Eugen Herrmann**

Konrad-Adenauer Schule, Realschule plus, Treis-Karden

**Dirk Hofmann**

Max-Planck-Gymnasium, Trier

**Peter Klöcker**

Johann-Wolfgang-Goethe-Gymnasium, Germersheim

**Ursula Loewen**

Sebastian-Münster-Gymnasium, Ingelheim

**Gabriele Merk**

Elisabeth-Langgässer-Gymnasium, Alzey

**Nicole Paulus**

Integrierte Gesamtschule Deidesheim/Wachenheim, Deidesheim

**Dr. Miriam Repplinger**

Regino-Gymnasium, Prüm

**Ulrike Richter-Grönblad**

Integrierte Gesamtschule Anna Seghers Mainz, Mainz

**Dr. Myriam Rupp-Dillinger**

Bischöfliches Willigis-Gymnasium, Mainz

**Kathrin Scholz**

PAMINA-Schulzentrum Kooperative Gesamtschule Herxheim – Gymnasium, Herxheim

**Thorsten Scholz**

Eduard-Spranger-Gymnasium, Landau

**Dagmar Schöttler-Baur**

Realschule plus Adenau, Adenau

**Waltraud Suwelack**

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Koblenz

**Dr. Gunnar Weisheit**

Geschwister-Scholl-Gymnasium, Daun

Sofern in der Bildunterschrift nicht anders deklariert, liegen die Urheberrechte beim Pädagogischen Landesinstitut Rheinland-Pfalz oder bei den mitwirkenden Autorinnen und Autoren selbst.





Rheinland-Pfalz

PÄDAGOGISCHES  
LANDESINSTITUT

Butenschönstr. 2  
67346 Speyer

[pl@pl.rlp.de](mailto:pl@pl.rlp.de)  
[www.pl.rlp.de](http://www.pl.rlp.de)