



Alles im

grünen Bereich

Unterrichtskonzepte zu Fotosynthese und Biogas
Versuche und Arbeitsblätter für Biologie und Chemie



Mit Hinweisen
zur Berufsorientierung

SCIENCE  ON STAGE
DEUTSCHLAND

Impressum

HERAUSGEBER

Science on Stage Deutschland e.V. (SonSD)
Poststraße 4/5
10178 Berlin

AUTOREN

Soraya Cornelius, Gymnasium im Bildungszentrum
Reutlingen-Nord
Richard Spencer, Middlesbrough College, UK

KOORDINATION UND REDAKTION

Helga Fenz, Vorstand SonSD
Ines Hurrelbrink, Projektmanagerin SonSD
Thomas Lundschiem, Vorstand SonSD
Stefanie Schlunk, Geschäftsführerin SonSD

KOOPERATIONSPARTNER

tecnopedia 
Technik macht Schule



HAUPTFÖRDERER SCIENCE ON STAGE DEUTSCHLAND

think
ING.
Die Initiative für
Ingenieurnachwuchs

GESTALTUNG

WEBERSUPIRAN.berlin

ÜBERSETZUNG

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH
www.transformcologne.de

DRUCK

LASERLINE Druckzentrum Berlin GmbH & Co. KG

TEXT- UND BILDNACHWEISE

Die Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

iStock.com/GlobalIP (S. 1, 4, 6, 11), iStock.com/ognianm (S. 1, 4, 24), iStock.com/ImagineGolf (S. 1, 4, 24)

Diese Publikation kann bestellt werden bei:

www.science-on-stage.de · info@science-on-stage.de

www.ihk-tecnopedia.de · info@tecnopedia.de



Creative-Commons-Lizenz: Namensnennung,
Nicht-kommerziell, Weitergabe unter gleichen Bedingungen

ISBN 978-3-942524-38-4 (PDF)

2. Auflage 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Publikation meist auf die weibliche Form verzichtet. Bei Nennung der männlichen Form sind stets beide Geschlechter gemeint.

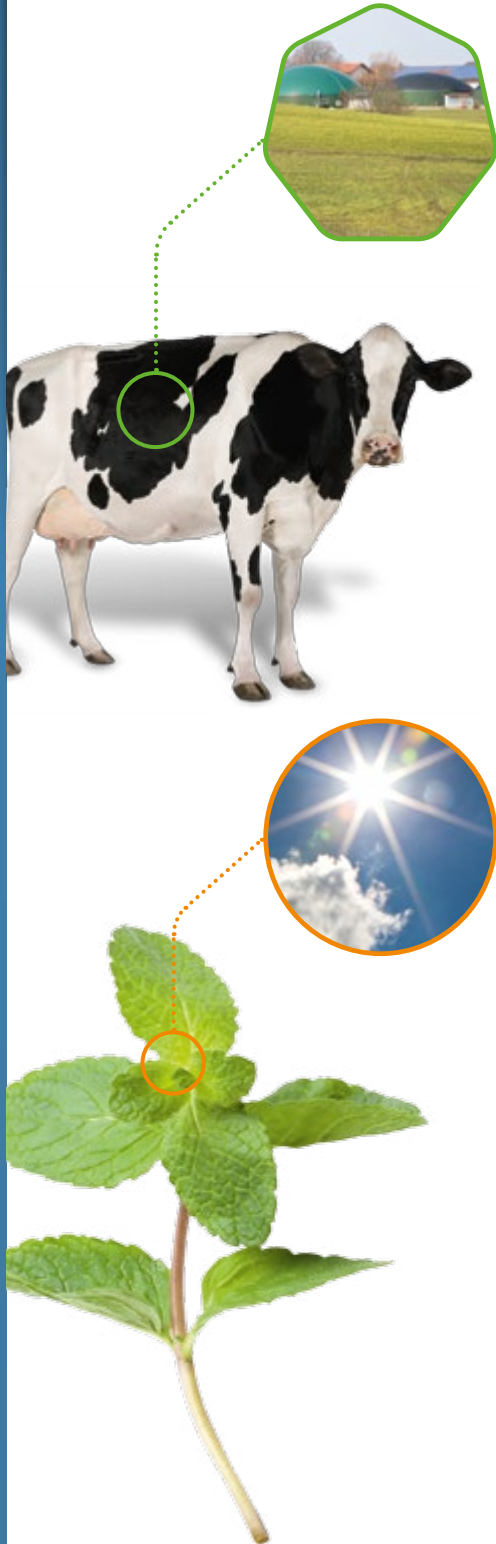
Alles im grünen Bereich

Unterrichtskonzepte zu Fotosynthese und Biogas
Versuche und Arbeitsblätter für Biologie und Chemie

Mit Hinweisen
zur Berufsorientierung

SCIENCE  ON STAGE
DEUTSCHLAND

Inhalt



Einleitung

5

Bioabfall von heute – Energieversorgung von morgen?

6

Arbeitsmaterialien:

A1: Ist es für einen Landwirt sinnvoll eine Biogasanlage zu bauen?	11
A2: Entstehung von Biogas	12
A3: Vereinfachte Vorgänge der Biogasherstellung	13
A4: Arbeitsauftrag: Herstellung von Biogas	14
A5: Biogasanlage	15
B1–B2: Zur Bestimmung der Energiedichte	16
B3: Versuch zur Ermittlung der Energiedichte	18
B4: Berechnung der Energiedichte	19
C1: Verhalten von Gasen bei Temperaturänderung	20
C2–C4: Aufbau und Funktionsweise des Stirlingmotors	21

Biologie mit Minze – Plants 'R' Mint

24

Arbeitsmaterialien:

A1–A3: Versuch: Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern	28
Hinweise für Lehrkräfte: Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern	31
B1–B3: Versuch: Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate	32
Hinweise für Lehrkräfte: Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate, DCPIP	36
Hinweise für Lehrkräfte: Herstellung der Lösungen	37

Die BRAIN AG – Produkte und Lösungen für die Chemie-, Kosmetik- und Nahrungsmittelbranche

38

ENTEGA AG – Nachhaltige Energieversorgung und moderne Daseinsvorsorge

40

tecnopedia – Die MINT-Initiative der IHK-Organisation

42

Science on Stage Deutschland

42

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wie unterrichten MINT-Lehrkräfte in Polen, Schweden oder Großbritannien? Welche Experimente werden in anderen Ländern durchgeführt? Science on Stage bietet als größtes europäisches Netzwerk deutschen Lehrerinnen und Lehrern eine Bühne, sich mit engagierten Kolleginnen und Kollegen aus 29 Ländern auszutauschen: Alle zwei Jahre kommen 350 Lehrkräfte beim Science on Stage Bildungsfestival zusammen, um eigene Unterrichtsideen zu präsentieren, zu diskutieren und voneinander zu lernen. Besonders gelungene Projekte werden im Anschluss über Science on Stage Lehrerfortbildungen in Kooperation mit Stiftungen, Verbänden oder Partnern aus der Wirtschaft bundesweit verbreitet.

Zwei solcher Projekte stellen wir Ihnen in dieser Publikation vor. Die darin enthaltenen Arbeitsblätter mit Versuchen rund um die Themen Biogas und Fotosynthese wurden von Soraya Cornelius (Deutschland) und Richard Spencer (Großbritannien) erstellt, denen wir an dieser Stelle sehr herzlich danken!

Welche Möglichkeiten Naturwissenschaften und Technik nach der Schule bieten, zeigen zahlreiche Berufsbilder. Die BRAIN AG aus Zwingenberg und die ENTEGA AG mit Sitz in Darmstadt

stellen Ihnen in dieser Broschüre anhand von Ausbildungsberufen den Anwendungsbezug der beiden Projekte in der beruflichen Praxis dar.

Wir danken sehr herzlich tecnopedia – der MINT-Bildungsinitiative der IHK-Organisation – die es uns ermöglichte, eine berufsorientierende Fortbildung zu beiden Projekten durchzuführen und diese Broschüre zu veröffentlichen.

„Alles im grünen Bereich“ zeigt mithilfe von Versuchen und Arbeitsmaterialien, warum Blätter grün sind und wie Biogas entsteht. Wir freuen uns, wenn auch Sie in unseren Materialien Anregungen für Ihren Biologie- und Chemieunterricht finden, mit denen Sie Ihre Schülerinnen und Schüler für Naturwissenschaften und Technik begeistern!

Stefanie Schlunk

Geschäftsführerin Science on Stage Deutschland e.V.



Weitere Materialien finden Sie unter www.science-on-stage.de

Liebe Lehrerinnen, liebe Lehrer,

Sie engagieren sich dafür, dass Kinder und Jugendliche sich für naturwissenschaftliche und technische Themen begeistern. Mit tecnopedia, der MINT-Bildungsinitiative der IHK-Organisation, wollen die Industrie- und Handelskammern Sie dabei unterstützen. Auf www.ihk-tecnopedia.de finden Sie Anregungen für mehr Praxis in Ihrem Unterricht: In unseren Online-Specials zu aktuellen Themen und mit spannenden Experimenten, die schulische Lerninhalte veranschaulichen.

Innovative Anregungen bietet Ihnen auch die vorliegende Broschüre, die von engagierten Lehrkräften der Biologie und Chemie für Sie zusammengestellt wurde. Möglich macht das Lehrernetzwerk Science on Stage diesen Austausch von innovativen Lehrkonzepten. Wir finden: eine tolle Idee – die wir sehr gerne unterstützt haben!

Engagierte Lehrkräfte haben engagierte und interessierte Schülerinnen und Schüler, die ein grundlegendes Verständnis für naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen

entwickeln. Eine Grundvoraussetzung für die mündige und aktive Teilhabe an unserer heutigen Gesellschaft und Arbeitswelt!

Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Umsetzung der vorliegenden Unterrichtsideen zu aktuellen „grünen“ Themen. Sie werden ergänzt durch Informationen zu erfolgreichen Unternehmen aus der Biotechnologie- und Energiebranche sowie zu attraktiven Ausbildungsmöglichkeiten. Damit zeigen wir, wie man Berufsorientierung in den Unterricht einbauen und dem Nachwuchs Perspektiven aufzeigen kann. So ergänzen diese Beispiele aus der Arbeitswelt die Theorie in tecnopedia-Manier: Um eine Prise Praxis für den Unterricht!

Ihr Dr. Roland Lentz

Leiter Geschäftsbereich Innovation und Umwelt
IHK Darmstadt Rhein Main Neckar





Bioabfall von heute –

Energieversorgung von

morgen?

Soraya Cornelius

Referendarin am Gymnasium im Bildungszentrum Reutlingen-Nord

„Die Arbeit mit Kindern und Jugendlichen und dabei vor allem auch die Wissensvermittlung hat mir schon immer sehr große Freude bereitet. Im Lehrerberuf kann ich dies mit meinem Interesse an Naturwissenschaft und Technik verbinden. Mein Ziel ist es, mit meinem zukünftigen Unterricht bei den Schülerinnen und Schülern das Interesse für die Naturwissenschaften und für die naturwissenschaftlichen Berufe zu wecken.“



i

Klassenstufe: 8–10**Fächer:** Chemie, Physik, Technik, Naturwissenschaften**Zeitlicher Rahmen der Einheit:** 3 Doppelstunden (3-mal 90 Min.)**Schlüsselwörter:** Biogas, Energieumwandlung, erneuerbare Energien, Stirlingmotor, Energiedichte**Bezug zum Lehrplan:** Nachhaltigkeit; ethische, ökologische und wirtschaftliche Auseinandersetzung mit erneuerbarer Energie; Kohlenwasserstoffe als Energieträger; Kohlenstoffkreislauf und nachwachsende Rohstoffe; Energieumwandlung; Energieeffizienz; technische Umsetzung einer Biogasanlage; Optimierung eines Prozesses**Erforderliche Vorkenntnisse:** Grundlagen zur Energieumwandlung; Grundlagen zur organischen Chemie vorteilhaft

Kurzbeschreibung


In dieser Unterrichtseinheit wird der Frage „Ist der Bioabfall von heute die Energieversorgung von morgen?“ nachgegangen. Gemeinsam mit den Schülern wird erarbeitet, ob die Biogasherstellung eine Alternative zu den fossilen Brennstoffen darstellt. Hierfür ist die Unterrichtseinheit in drei aufeinander aufbauende Blöcke mit unterschiedlichen Schwerpunkten aufgeteilt:

- A** Entstehung von Biogas: Diskussion z. B. ethische Aspekte, Theorie der Biogasenstehung, Versuch zur Biogasherstellung
- B** Bestimmung der Energiedichte: Kennenlernen der Wärmekapazität, Bestimmung der Energiedichte des hergestellten Biogases
- C** Stirlingmotor: Aufbau und Funktionsweise

Ablauf


A · Entstehung von Biogas

Eingangsthese: Der Bioabfall von heute ist die Energieversorgung von morgen.

Schülerauftrag: Diskutiert bitte in Partnerarbeit, was ihr von dieser These haltet! Handelt es sich hierbei nur um eine Träumerei oder kann das die Wirklichkeit sein? Stimmt ab und tragt es in die jeweilige Spalte ein (siehe rechts,  TAFELBILD).

Anschließend werden die Ergebnisse gemeinsam besprochen.

- ?** Wie kann ich überhaupt Bioabfall in nutzbare Energie umwandeln? Warum denkt ihr, dass es die Wirklichkeit bzw. eine Träumerei ist?

 **ARBEITSMATERIAL A1** (Seite 11) wird gezeigt.

Was machen diese Texte deutlich?

Der erste Teil zeigt das Potenzial, das in unserem Abfall steckt. Das Interview dagegen macht deutlich, dass es auch ausreichend Material geben muss, mit dem eine Biogasanlage „gefüttert“ werden kann.

Zusätzlich kann hier auf die ethische Frage eingegangen werden: Verbrennen wir das Essen Anderer?

- ?** Was haltet ihr jetzt von der Produktion von Biogas? Ist es wichtig, die Produktion von Biogas weiter zu fördern?

Eine Weiterentwicklung der erneuerbaren Energien ist unerlässlich (Klimawandel, Abnahme der Ressourcen an fossilen Brennstoffen).

- ?** Welche Materialien eignen sich besonders gut zur Herstellung von Biogas?

Tafelbild

Der Bioabfall von heute ist die Energieversorgung von morgen.

Wirklichkeit

Träumerei

Die Schüler sollen durch wissenschaftliches Arbeiten herausfinden, was sich besonders gut zur Herstellung von Biogas eignet. Dazu müssen die Grundlagen der Biogasproduktion vermittelt werden.

Besprechung der einzelnen Entstehungsschritte (📄 **ARBEITSMATERIALIEN A2 BIS A4** auf Seiten 12 bis 14).

🧪 **Versuch: Herstellung von Biogas**

(📄 **ARBEITSMATERIAL A4** auf Seite 14)

Hinweis: Da die Herstellung von Biogas einige Tage dauert, müssen Sie sicherstellen, dass Sie die Versuchsaufbauten über mehrere Tage stehen lassen können.

Nun beginnen die Schüler in Teams von drei bis vier Personen mit der Produktion von Biogas. Dazu sollen sie sich überlegen, welche Materialien sie verwenden wollen und warum (eine Auswahl von Materialien sollte ausliegen).

Mögliche Materialien: Milch, altes Brot, Kartoffelschalen, Zwiebelschalen, Karottenschalen, Grasschnitt, Fette, Apfelschalen, Mais, Salat, Maissilage, Grassilage

Bakterien: Teichwasser (mit Grünalgen) und/oder Rindergülle und/oder Pansenmaterial (vom Schlachthof) und/oder Klärwasser

Wichtig: Um Frustration bei den Schülern zu vermeiden, sollte nach der Entscheidung über die verwendeten Materialien eine kurze Absprache mit der Lehrkraft erfolgen, damit im Notfall, wenn die Produktion augenscheinlich nicht funktionieren wird, (z. B. die Bakterien fehlen) eingegriffen werden kann. Eventuell sollte hier eine Begrenzung an eingesetztem Material pro Gruppe vorgenommen werden, um später einen Vergleich der unterschiedlichen eingesetzten Substrate hinsichtlich der Energiedichte und Methanmenge vornehmen zu können.

Die Mengen der eingesetzten Materialien müssen abgewogen und notiert werden. Diese Werte werden für den Vergleich der eingesetzten Substrate benötigt.

Das angesetzte Gemisch muss zunächst eine Weile erhitzt werden. Während dieser Zeit könnte ein Arbeitsblatt zur Biogasanlage bearbeitet werden (📄 **ARBEITSMATERIAL A5**, Seite 15). Darauf sollen die einzelnen Komponenten der Biogasproduktion in einer Biogasanlage beschriftet werden. Außerdem können die Schüler vergleichen, welche Bauteile den im Versuch verwendeten Teilen entsprechen.

Gemeinsames Aufräumen und Ende der ersten Doppelstunde.

B · Bestimmung der Energiedichte

Zu Beginn wird erneut die These zu sehen sein: Der Bioabfall von heute ist die Energieversorgung von morgen.

Es erfolgt die Auswertung der letzten Stunde, in der das Gärsubstrat angesetzt wurde. Ist Gas entstanden? Um herauszufinden, ob das entstandene Gas energiereich ist, wird die Energiedichte ermittelt.

❓ Was genau wird mit der Energiedichte angegeben?

❗ Mit der Energiedichte gibt man den Energiegehalt pro Volumen (kJ/cm^3) eines Stoffes an.

Wie kann der Energiegehalt bestimmt werden? Um die Energiedichte bestimmen zu können, wird die spezifische Wärmekapazität benötigt (📄 **ARBEITSMATERIAL B1**, Seite 16).

Versuchsaufbau wird gezeigt (📄 **ARBEITSMATERIAL B1**, Seite 16).

❓ Welcher der Stoffe, die in der Übersicht für die spezifischen Wärmekapazitäten aufgeführt sind, eignet sich eurer Meinung nach zur Messung der Temperaturerhöhung am besten und warum?

❗ Wasser (günstig, ungefährlich, Umrechnungsfaktor von Volumen auf Masse (Dichte = ca. $1 \text{ kg}/\text{dm}^3$))

❓ Könnt ihr euch vorstellen wie diese Apparatur funktioniert?

Durchführung des Versuchs zur Bestimmung der Energiedichte (📄 **ARBEITSMATERIAL B3**, Seite 18).

Wichtige Hinweise:

- In das Glasröhrchen, an dem das Gas entzündet wird, wird als Rückschlagschutz etwas Eisenwolle hineingegeben.
- Schutzbrille tragen! 🧯

🧪 **Versuch: Energiedichtemessung**

Bei geschlossenem Hahn wird Wasser in den Scheidetrichter eingefüllt und dieser mit dem Schlauch verbunden. Dabei wird etwas mehr Wasser genommen, als entstandenes Gas vorliegt. In einen Erlenmeyerkolben werden 100 ml Wasser gegeben und mit einem Lochstopfen mit Thermometer verschlossen. Der Erlenmeyerkolben mit dem Methangas wird mit einem Zweifach-Lochstopfen verschlossen und aus dem Wasserbad genommen. In dem ersten Loch des Stopfens ist ein Glasröhrchen und in dem anderen ein Glasröhrchen mit

einer verengten Spitze, welches mit Eisenwolle als Rückschlagschutz gefüllt ist. Der Schlauch wird ganz schnell über das Glasröhrchen gezogen und der Hahn des Scheidetrichters leicht geöffnet, sodass das Wasser in den Erlenmeyerkolben und ein konstanter Strom an Methangas aus dem zweiten Röhrchen des Erlenmeyerkolbens fließt, welcher möglichst schnell angezündet wird. Das Wasser verdrängt also das Methangas aufgrund der geringeren Dichte des Gases aus dem Erlenmeyerkolben.

Der obere Erlenmeyerkolben stellt dabei das Kalorimeter dar. Hierfür werden die Anfangstemperatur des Wassers vor dem Entzünden und die Endtemperatur (maximale Temperatur) notiert und daraus dann die Energiemenge und die Energiedichte berechnet.

Berechnung der Energiedichte (■ ARBEITSMATERIAL B4, Seite 19). Falls Hilfe nötig ist: siehe Hinweise, ebenfalls auf Seite 19. Während der Versuchsdurchführung wird das ■ ARBEITSMATERIAL B2 (Seite 17) durchgegeben. Darauf wird die Zusammensetzung des Substrats notiert.

Vergleich der Berechnung: Sammeln und Vergleichen der Ergebnisse.

❓ Wie kommen so unterschiedliche Ergebnisse zustande?

- ➔ Biogas setzt sich aus unterschiedlichen Bestandteilen zusammen (Tabelle auf ■ ARBEITSMATERIAL B2, Seite 17).
- ➔ Dies ist abhängig vom Gärsubstrat (Beispiele auf ■ ARBEITSMATERIAL B2, Seite 17).

Die Energiedichte hängt direkt vom Methangehalt ab.

Energiedichte von Methan: $33\,480\text{ kJ/cm}^3$

- ➔ Wie viel Methan enthielt das Biogas der Schüler?

Weitere mögliche Aufgabe:

Vergleich des Kohlenstoffkreislaufs bei der Verwendung von Methan aus Erdgas bzw. Methan aus Biogas.

C · Stirlingmotor – Umwandlung der thermischen in elektrische Energie

Der Weg vom Biogas zur nutzbaren Energie: Mit Biogas können Strom und Wärme erzeugt werden. Eine Möglichkeit ist der Stirlingmotor.

Biogas-Verbrennung ➔ Wärme ➔ Strom

Vorführung eines Stirlingmotors und/oder Aufzeigen der Funktionsweise.

Um das Prinzip des Stirlingmotors verstehen zu können, werden zunächst einige Grundlagen angeschaut:

- Kompression und Expansion (■ ARBEITSMATERIAL C1, Seite 20)
- Aufbau und Funktionsweise des Stirlingmotors (■ ARBEITSMATERIAL C2, Seite 21)
- Funktionsweise des Stirlingmotors in vier Phasen (■ ARBEITSMATERIALIEN C3 + C4, Seite 22–23)

Der Stirlingmotor

Robert Stirling (*1790; † 1878), schottischer Priester und Ingenieur, gilt zusammen mit seinem jüngeren Bruder James als Erfinder des nach ihnen benannten Heißluftmotors. Bereits 1816 meldete er ihn zum Patent an. In den folgenden Jahren entwickelten die Brüder ihre Maschine weiter. Sie wollten damit eine Alternative zu Hochdruckdampfmaschinen bieten, die immer wieder zahlreiche Opfer durch Kesselexplosionen forderten. Ende des 19. Jahrhunderts diente der Stirlingmotor in vielen Privathaushalten als Antrieb für Ventilatoren oder auch kleine Zimmerspringbrunnen. Später wurde er als Generator zum Betrieb von Röhrenradios genutzt. Allerdings wurde der Motor immer mehr von Otto- und Dieselmotoren verdrängt. Bis heute wurde der Motor durch zahlreiche Ingenieure und Techniker weiterentwickelt. Er wird z. B. in kleineren Blockheizkraftwerken, in solarthermischen Anlagen oder auch in U-Booten eingesetzt.

Quellen:
Schleder, Frank (2011), Stirlingmotoren. Vogel Buchverlag, Würzburg. S. 152.
Stempel, Ulrich E. (2010), Experimente mit dem Stirlingmotor. Franzis Verlag GmbH, Poing. S. 11.

Der Ablauf in einem Stirlingmotor wird in vier Phasen eingeteilt. Mit den Schülern wird die erste Phase gemeinsam besprochen und beschriftet. Danach beschäftigen sich die Schüler in Gruppen jeweils mit einer Phase, beschreiben diese und erklären den Vorgang. Die Ergebnisse werden zusammengetragen, sodass der vollständige Kreislauf des Stirlingmotors zu sehen ist.

Zusammenfassend kann ein Kurzfilm zur Funktionsweise des Stirlingmotors gezeigt werden.

Eine vereinfachte Beschreibung der Phasen im Stirlingmotor finden Sie im **ARBEITSMATERIAL C4** auf Seite 23.

? Wie lässt sich aber letztendlich mithilfe der Drehung des Schwungrades Strom gewinnen?

! Mit dem Stirlingmotor wird Wärmeenergie in Bewegungsenergie umgewandelt. Mithilfe eines elektrischen Generators kann diese Bewegungsenergie in Strom umgewandelt werden. Unter www.science-on-stage.de/biogas finden Sie Arbeitsmaterial zur Funktionsweise eines Generators.

? Mit welchen emissionsfreien Alternativen zum Biogas könnte man so einen Stirlingmotor noch betreiben?

- Sonne
- radioaktive Zerfallswärme
- heißes Wasser oder Dampf aus der Geothermie

Zusatz:

Bis jetzt wurde der Stirlingmotor als Wärmepumpe betrachtet. Das heißt, dem Stirlingmotor wird Wärme zugeführt (die Wärmequelle besitzt eine höhere Temperatur als die Umgebung). Die Luft erwärmt sich an der unteren Seite des Stirlingmotors und kühlt sich an der oberen Seite maximal auf die Umgebungstemperatur ab.

Der Stirlingmotor kann aber auch als Kältemaschine eingesetzt werden. Dabei wird die untere Seite des Stirlingmotors gekühlt. Die Luft kühlt sich also an dieser Seite ab und wärmt sich an der oberen Seite maximal bis auf die Umgebungstemperatur auf.

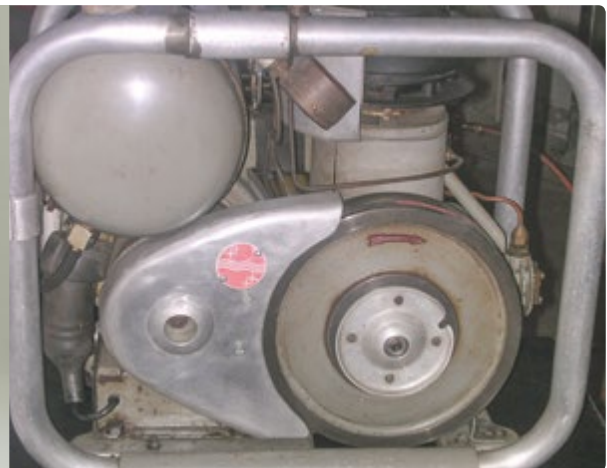
Vorführen des Stirlingmotors mit Kühlung.

Die Funktionsfähigkeit und der Wirkungsgrad eines Stirlingmotors basieren auf dem Temperaturunterschied. Üblicherweise liegt er zwischen 10 und 30 Prozent. Wird aber die thermische Energie (Abwärme) mitgenutzt, so können Wirkungsgrade von bis zu 90 Prozent erreicht werden. Wenn sowohl thermische Energie und elektrische Energie genutzt werden, nennt man das Kraft-Wärme-Kopplung.

Viel Spaß und Erfolg bei der Durchführung!



Ein funktionierendes Modell eines Stirlingmotors
(Foto: Claudio Minonzio (Eigenes Werk), via Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)



Philips-Stirlingmotor mit 180 W, Baujahr 1953
(Foto: Norbert Schnitzler (Eigenes Werk), via Wikimedia Commons, CC-BY-SA-3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)

Ist es für einen Landwirt sinnvoll eine Biogasanlage zu bauen?

Vier Kühe machen pro Tag etwa 60 kg Mist, daraus können ca. 6 Kubikmeter Biogas hergestellt werden. Die Biomasse, welche diese Kühe in einem Jahr erzeugen, entspricht der Energie von mehr als 1000 Liter Heizöl.



Befragung eines Landwirts

„Herr Becker, haben Sie vor auf Ihrem Hof eine Biogasanlage einzurichten?“

„Ich habe das mal durchkalkuliert. Mein Betrieb hat eine Fläche von ca. 180 Hektar. Das ist aber zu klein für eine Biogasanlage, denn man muss ja berücksichtigen, dass die technische Anlage, die man braucht, um Biogas zu erzeugen, Geld kostet. Man muss ja die entsprechenden Anlagenteile zunächst mal bauen, dann die Technik usw. z. B. die Steuerungsanlagen und die Entschwefelung. Diese Anschaffungskosten, die man auf alle Fälle hat, lohnen sich aber erst ab einer bestimmten Größe. Meine Meinung ist, dass sich so eine Investition nach 10 bis 11 Jahren amortisiert haben sollte. Dann muss man schwarze Zahlen schreiben, sonst hat das keinen Wert. Nach meiner Rechnung wäre das ab einer Fläche von 500 Hektar der Fall. Ich habe das mit einigen Kollegen mal angedacht, aber dann ist daraus nichts geworden, weil wir uns nicht einigen konnten, wie wir die Investitionen, Arbeiten und Betriebskosten gerecht aufteilen können. Außerdem wollten einige der Kollegen ihren jetzt laufenden Betrieb nur teilweise auf Biogasproduktion umstellen. Dann haben auch die Forstleute und Jäger Bedenken gehabt. Eine Biogasanlage braucht eben bestimmte Mengen von bestimmten Pflanzen, damit sie gut läuft. Das bedeutet, dass man bei uns zum Beispiel ziemlich viel Grünmais anbauen müsste, was wieder gut für die Wildschweine wäre. Deren Bestand bekommen dann die Jäger nur schwer in den Griff, weil sich die Wildschweine gern in den Maisfeldern aufhalten und kaum zu bejagen sind. Letztlich habe ich mich dann entschlossen lieber eine Fotovoltaik-Anlage auf meinem Kuhstall zu bauen.“



Quelle: Chemieportal des Landesbildungsservers Baden-Württemberg: [http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/chemie/projekte/methan, Maisenbacher \[22.01.2016\]](http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/chemie/projekte/methan, Maisenbacher [22.01.2016])

Entstehung von Biogas

Biogas entsteht durch den Abbau von organischem Material mithilfe von Kleinstlebewesen, wie Hefepilzen oder Bakterien. Der Vorgang läuft unter Ausschluss von Sauerstoff ab, deshalb wird dieser „anaerobe Gärung“ genannt. Die oben genannten Lebewesen brauchen Nährstoffe, die auch für uns Menschen die Hauptnährstoffe darstellen:

Kohlenhydrate: Zucker, Stärke und Cellulose. Kommen z. B. vor in Obst und Gemüse, Brot, Nudeln, Getreide, Gras, Mais, Hülsenfrüchten, verschiedenen Fleischsorten, Fisch, Nüssen und auch Milch und Milchprodukten.

Eiweiße (werden auch Proteine genannt): Kommen z. B. vor in Fleisch, Fisch, Milch und Milchprodukten sowie Eiern, Hülsenfrüchten, Kartoffeln, Mais, Reis, Getreide, Brot und Teigwaren.

Fette: Kommen z. B. vor in Milch und pflanzlichen Ölen.

Information

Es gibt auch natürliche Orte der Methanbildung:

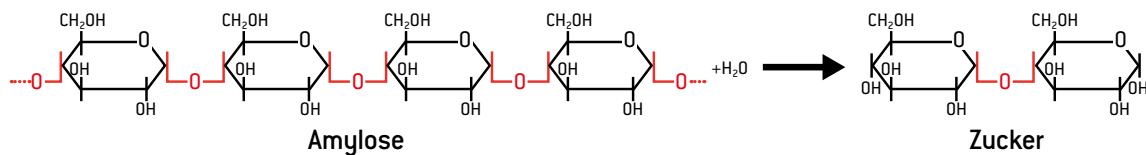
- Sümpfe, Teiche, Seen
- Kläranlagen
- Pansen von Wiederkäuern. Der Pansen ist einer der drei Vormägen von Wiederkäuern.
- Blinddarm von Pferden
- Nassreisbau

Überall dort müssen Bakterien vorhanden sein, die die Methanbildung möglich machen!

Vereinfachte Vorgänge der Biogasherstellung

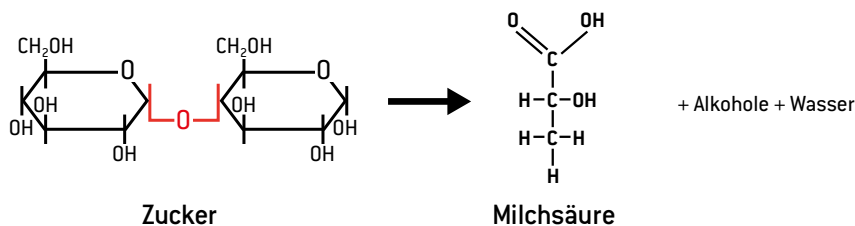
Die anaerobe Gärung läuft im Wesentlichen in vier Schritten ab:*

1. Hydrolyse: Die langkettigen Moleküle (Kohlenhydrate, Fette und Proteine) werden durch Anlagerung von Wassermolekülen gespalten.



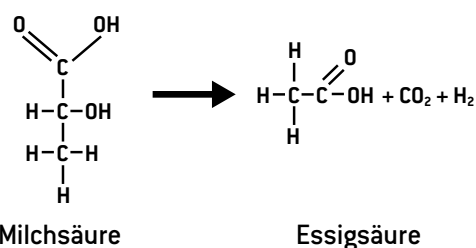
Beispiel: Amylose (Bestandteil der natürlichen Stärke in Kartoffeln) wird in Zucker gespalten.

2. Säurebildung: Acidogene Bakterien wandeln die Spaltprodukte in Säuren um.



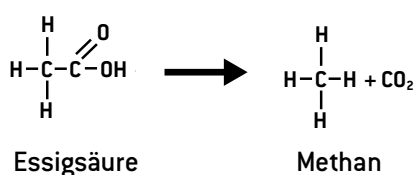
Beispiel: Zucker wird in Milchsäure umgewandelt.

3. Essigsäurebildung: Acetogene Bakterien wandeln die Säure in Essigsäure, Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff um.



Beispiel: Die entstandene Milchsäure wird in Essigsäure, Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff umgewandelt.

4. Methanbildung: Methanogene Bakterien wandeln die Essigsäure letztendlich in den gasförmigen Stoff Methan und Kohlenstoffdioxid um. Methan ist der Hauptbestandteil von Biogas.



* Reaktionsgleichungen didaktisch vereinfacht

Arbeitsauftrag: Herstellung von Biogas

Ihr habt nun die einzelnen Entstehungsschritte von Biogas kennengelernt. In dieser Experimentalphase geht es darum, dass ihr wissenschaftlich arbeitet und dabei Möglichkeiten zur Synthese von Biogas ausprobiert.

Überlegt euch in Teams von drei bis vier Personen, was eine sinnvolle Zusammenstellung von höchstens vier der ausgelegten Stoffe wäre, um Methan herzustellen.

Überlegt euch auch, wie viel ihr in etwa von jedem Stoff einsetzen wollt. Es soll der gesamte Erlenmeyerkolben mit der Substratmischung befüllt und eine maximale Menge an Methan erhalten werden.

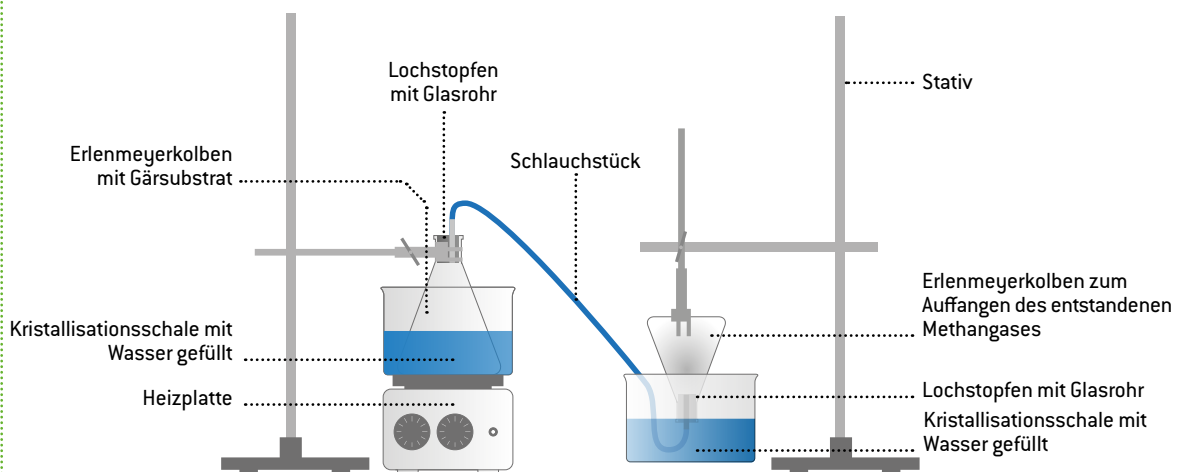
Einige Überlegungen, die ihr bedenken solltet:

1. Welche Stoffe sind nötig, damit die Biogassynthese ablaufen kann?
2. In welchen der ausgelegten Stoffe sind Bakterien enthalten, die die Biogassynthese erst möglich machen?
3. Wie bekommt ihr es hin, dass der Behälter, in dem die Gärung abläuft, keine Luft enthält?

Wenn ihr euch die Stoffe für die Substratmischung ausgesucht habt, sprecht ihr dieses mit eurer Lehrkraft durch. Anschließend könnt ihr mit dem Versuchsaufbau beginnen und eure Substratmischung ansetzen. Wiegt alle eingesetzten Materialien vorher ab und notiert die Werte. Diese werden später benötigt.

Die angesetzte Substratmischung wird kräftig umgerührt und dann im Wasserbad (30–40 °C) 15 Minuten lang erhitzt. Der Gärbehälter wird aus dem Wasserbad genommen und in Alufolie eingepackt, damit die Gärmischung nicht so schnell abkühlt. Der Gärprozess braucht jetzt mehrere Tage.

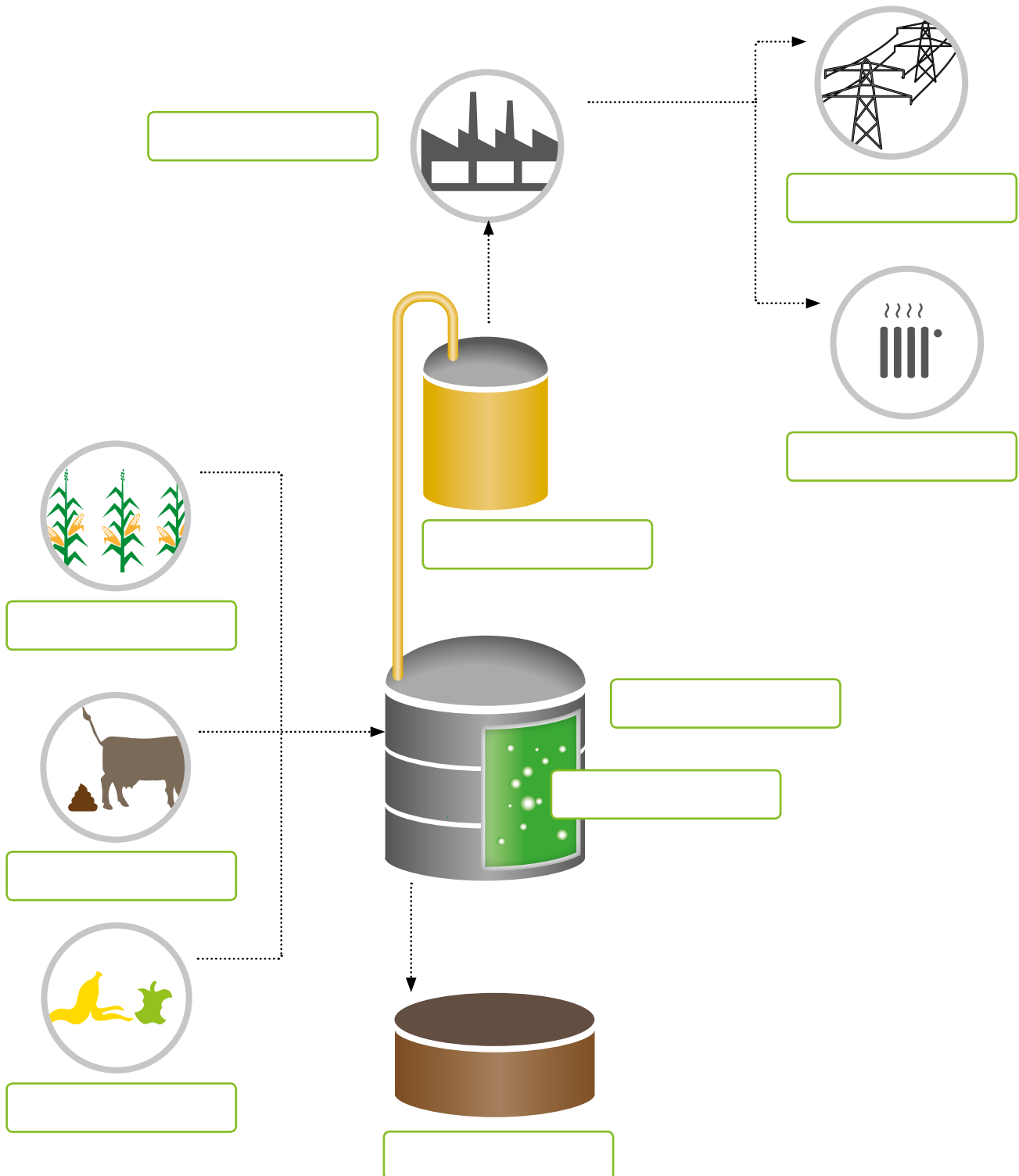
Versuchsaufbau zur Biogasherstellung:



Biogasanlage

Beschrifte bitte die einzelnen Bestandteile der Biogasanlage mit folgenden Begriffen:

- Energiepflanzen
- Biogasspeicher
- Wärme
- Fermenter
- Bioabfall
- Strom
- Gärrestlager
- Biogas
- Gülle/Mist
- Wärmetauscher



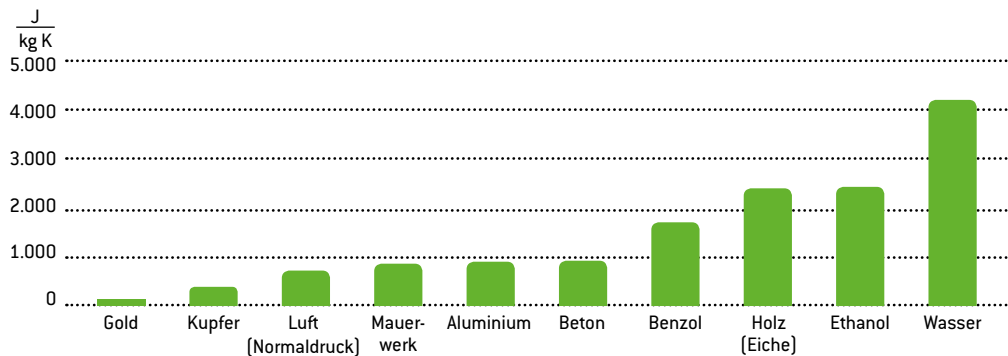
Energiedichte

Mit der Energiedichte gibt man den Energiegehalt pro Volumen (kJ/cm^3) eines Stoffes an.

Die spezifische Wärmekapazität

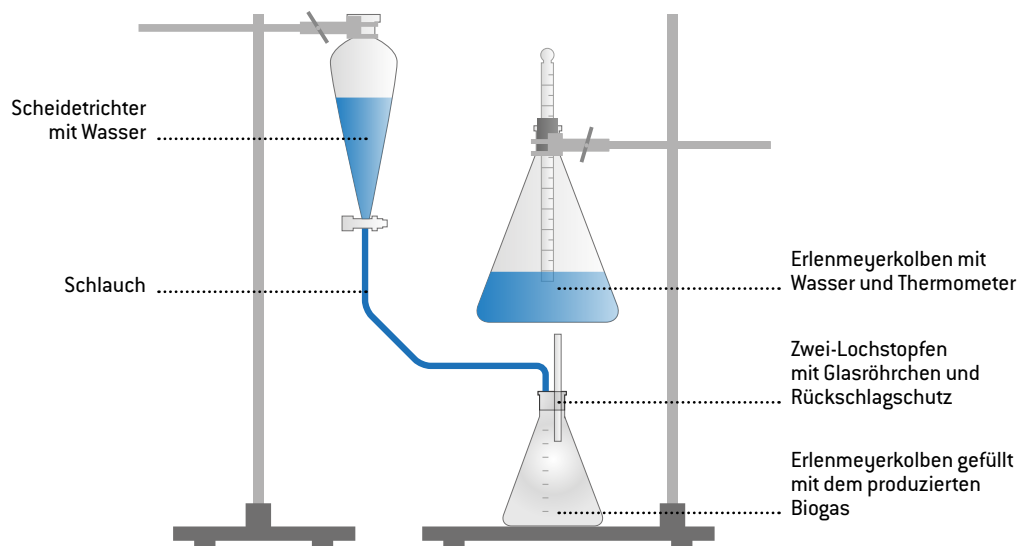
Sie gibt die Energiemenge an, die benötigt wird, um 1 kg eines Stoffes um 1°C (bzw. 1 K) zu erwärmen.

Beispiele für spezifische Wärmekapazitäten:



Werte entnommen aus: Erbrecht, R. u. a. (Hrsg.), Das große Tafelwerk interaktiv. Cornelsen Verlag, Berlin 2006. S. 101 ff.

Versuchsaufbau zur Ermittlung der Energiedichte:



Gruppe	Zusammensetzung Gärsubstrat	Energiedichte
1		
2		
3		
4		
5		

Durchschnittliche Zusammensetzung von Biogas:

Bestandteil	Konzentration (Volumenprozent)
Methan (CH ₄)	50 bis 75
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	25 bis 45
Wasser (H ₂ O)	2 (20°) bis 7 (40°)
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	20 bis 20.000 ppm (2 Vol.-%)
Stickstoff (N ₂)	< 2
Sauerstoff (O ₂)	< 2
Wasserstoff (H ₂)	< 1

Quelle: Kaltschmitt, M. und Hartmann, H. (2001), Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren. Berlin u. a.: Springer, S. 676.

Die Zusammensetzung des Biogases variiert je nach Gärsubstrat und Reaktionsbedingungen:

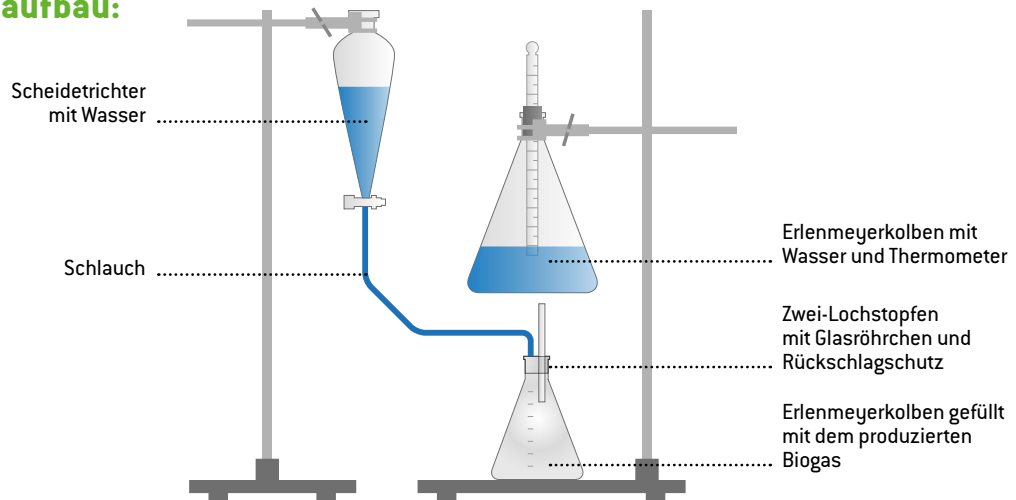
Gärsubstrat	Methananteil
Milchviehgülle	55 %
Vollmilch	62,8 %
Kartoffeln roh	51,4 %
Zwiebelschalen	65 %
Altbrot	52,8 %
Karotten	52 %

Quelle: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie

- ➔ Die Energiedichte hängt direkt vom Methangehalt ab.
- ➔ Reines Methan hat eine Energiedichte von 33.480 kJ/cm³
- ❓ Wie viel Methan ist demzufolge in eurem Gärsubstrat enthalten?

Versuch zur Ermittlung der Energiedichte


Versuchsaufbau:



Versuchsdurchführung:

Baut den Versuch wie oben gezeigt auf, lasst den Kolben mit dem Gas aber noch im Wasserbad liegen. In den oberen Erlenmeyerkolben füllt ihr 100 ml Wasser mit Raumtemperatur. In den Scheidetrichter füllt ihr eine abgemessene Menge an Wasser, die in etwa der Gasmenge in eurem unteren Erlenmeyerkolben entspricht. Notiert euch die eingesetzte Menge an Wasser.

Wichtig: Bei den folgenden Schritten darf das Methangas nicht entweichen. Methan hat eine geringere Dichte als Luft, deshalb darf der Gaskolben nicht an der Luft geöffnet werden!

Nehmt nun den Gaskolben aus dem Wasserbad und verschließt ihn im mit Wasser gefüllten Waschbecken mit dem Stopfen mit zwei Löchern, an dem bereits die beiden Glasröhrchen befestigt sind. Das eine Glasrohr ist mit Eisenwolle als Rückschlagschutz versehen. Jetzt muss der Hahn des Scheidetrichters langsam geöffnet werden, sodass kontinuierlich Wasser in den Gaskolben fließt. Im selben Moment wird das Gas an dem Glasröhrchen **vorsichtig (Schutzbrille! 

Nach einer Weile, wenn das Gas schon verbrannt ist, steigt die Temperatur des Wassers nicht weiter. Diese Temperatur notiert ihr als Endtemperatur. Wenn sich die Endtemperatur eingestellt hat, entfernt ihr den Schlauch von dem Erlenmeyerkolben und gebt das restliche Wasser aus dem Scheidetrichter in einen Messzylinder. Durch Verrechnen des ursprünglich eingesetzten Volumens an Wasser mit dem übrigen Wasservolumen könnt ihr dann das Volumen an verbranntem Gas berechnen.**

Anfangstemperatur

Endtemperatur

Temperaturdifferenz

Mithilfe der spezifischen Wärmekapazität von Wasser ($c_w = 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$) kann die durch die Verbrennung des Gases abgegebene Energiemenge bestimmt werden.

Berechnung der Energiedichte

1. Berechnung der Wärmemenge:

$$Q = c_w \cdot \Delta T \cdot m_w$$

Q	Wärmemenge
c_w	spezifische Wärmekapazität von Wasser
ΔT	Temperaturdifferenz
m_w	Masse Wasser

2. Berechnung der Energiedichte:

$$w = \frac{Q}{V_{\text{Gas}}}$$

w	Energiedichte
Q	Wärmemenge
V_{Gas}	Volumen Gas

Hinweise:

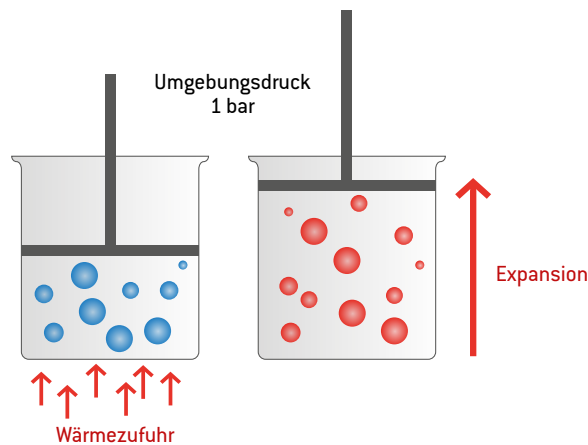
- $1 \text{ ml} \triangleq 1 \text{ cm}^3$
- $1000 \text{ cm}^3 \triangleq 1 \text{ dm}^3$
- $1 \text{ l} \triangleq 1 \text{ dm}^3$
- Die Dichte von Wasser ist 1 g/cm^3 bzw. 1 kg/dm^3 .
- Die vom Gas abgegebene Energie errechnet sich über die Formel: $Q = c_w \cdot \Delta T \cdot m_w$
- c_w : spezifische Wärmekapazität von Wasser
- ΔT : Temperaturdifferenz (in Kelvin)
- m_w : Masse des Wassers (in kg)

Verhalten von Gasen bei Temperaturänderung

Volumenausdehnung von Gasen

Erhöht man die Temperatur von einem Gas bei gleichbleibendem Druck (Umgebungsdruck), dehnt sich das Gas aus. → Volumenzunahme

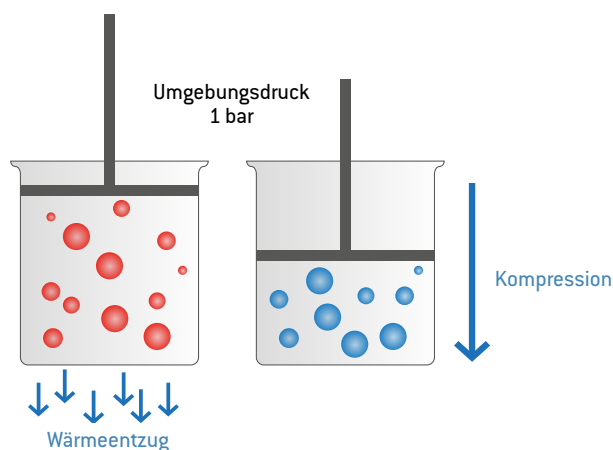
Diesen Vorgang nennt man **Expansion**.



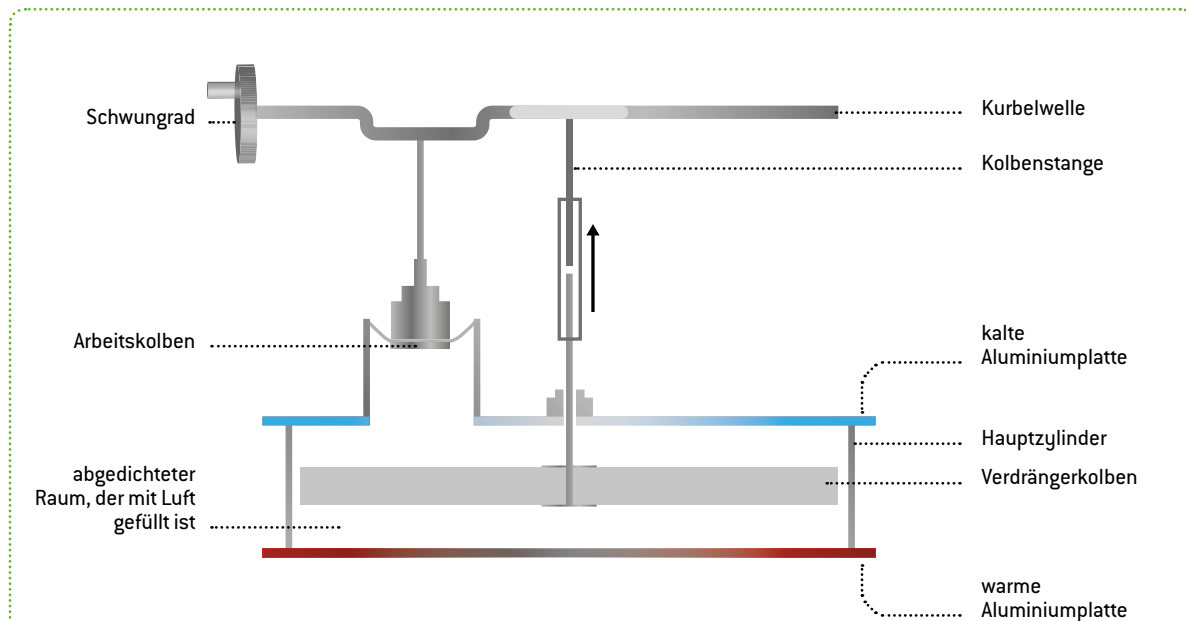
Volumenverringering von Gasen

Verringert man die Temperatur eines Gases bei gleichbleibendem Druck (Umgebungsdruck), zieht sich das Gas zusammen. → Volumenabnahme

Diesen Vorgang nennt man **Kompression**.



Aufbau und Funktionsweise des Stirlingmotors

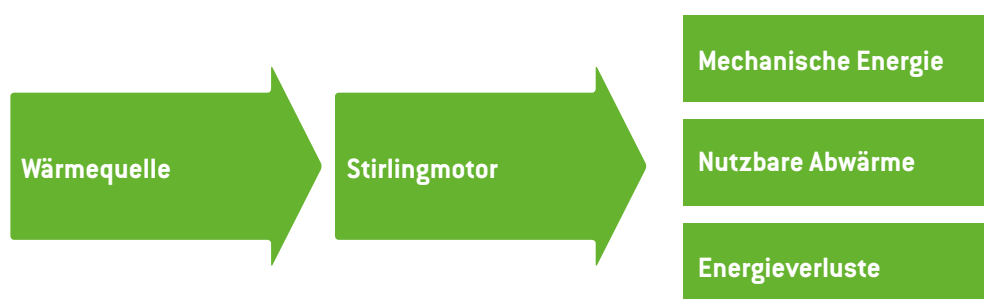


Der Verdrängerkolben besteht aus einer Schaumstoffscheibe, welche mit einer Kolbenstange verbunden ist. Mit dieser Kolbenstange kann der Verdrängerkolben innerhalb des Hauptzylinders auf und ab bewegt werden. Durch diese Auf-und-Ab-Bewegung wird die Luft abwechselnd hin zu der warmen oder zu der kalten Aluminiumplatte gedrückt. Die Luft wird also abwechselnd erwärmt und abgekühlt. Dadurch dehnt sich die Luft abwechselnd aus (an warmer Aluminiumplatte) und zieht sich wieder zusammen (an kalter Aluminiumplatte).

Da der Hauptzylinder mit dem **Arbeitskolben** verbunden ist und dieser aus elastischem Material besteht, wird dieser abwechselnd weggeschoben und angesaugt. Es entsteht eine periodische Bewegung des Arbeitskolbens, wodurch die **Kurbelwelle** gedreht wird. Mit dieser wiederum ist ein großes Schwungrad verbunden.

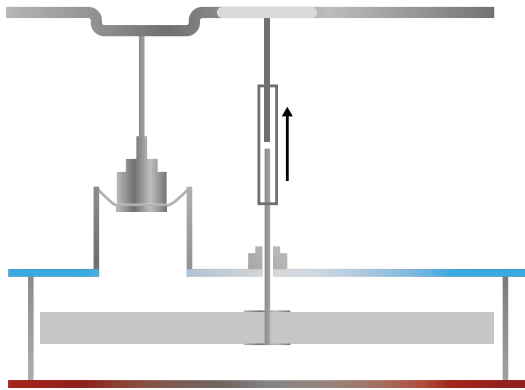
Durch die Kurbelwelle sind der Verdrängerkolben und der Arbeitskolben um eine Vierteldrehung zueinander versetzt, wodurch eine kontinuierliche rotierende Bewegung physikalisch erst möglich wird.

! Wärmeenergie wird in Bewegungsenergie umgewandelt.

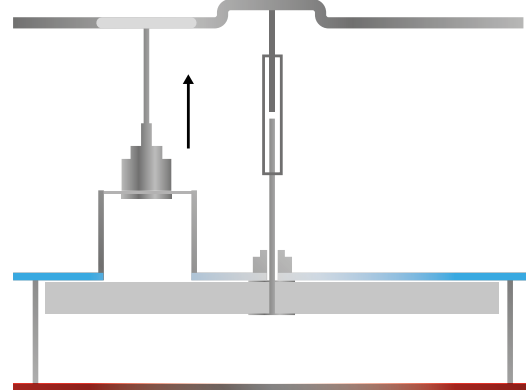


Funktionsweise des Stirlingmotors

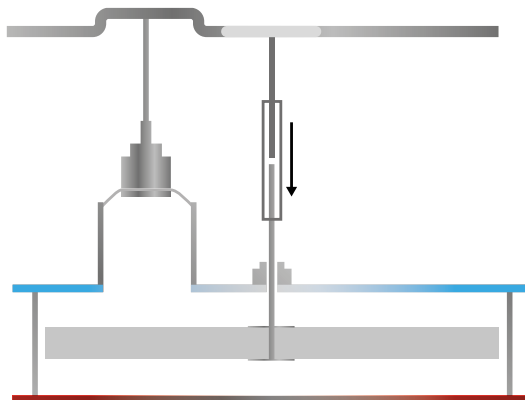
Phase 1



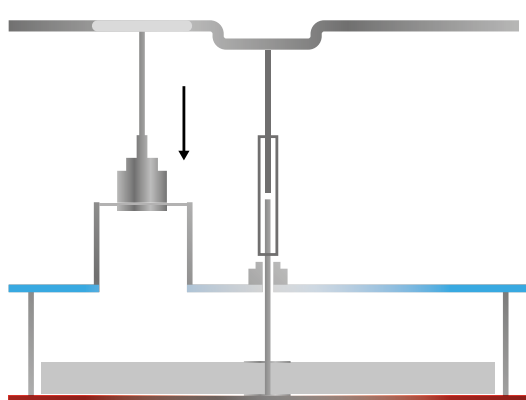
Phase 2



Phase 3



Phase 4



Funktionsweise des Stirlingmotors

[vereinfacht]

Phase 1

Beschreibung des Zustands:

Der Verdrängerkolben befindet sich in der Mitte des Hauptzylinders. Dabei hat die Luft oberhalb des Verdrängerkolbens eine niedrigere Temperatur als die Luft unterhalb des Verdrängerkolbens.

Der Arbeitskolben befindet sich im unteren Umkehrpunkt seiner Bewegung.

Folgende Veränderung des Zustands:

Der Verdrängerkolben bewegt sich nach oben. → Die Luft niedrigerer Temperatur strömt zu der erwärmten Metallplatte und dabei kommt es durch die Erwärmung zur Expansion.

Phase 2

Beschreibung des Zustands:

Der Verdrängerkolben befindet sich im oberen Umkehrpunkt seiner Bewegung. Die Luft befindet sich unterhalb des Verdrängerkolbens an der erwärmten Metallplatte des Hauptzylinders.

Der Arbeitskolben bewegt sich mit maximaler Geschwindigkeit nach oben.

Folgende Veränderung des Zustands:

Aufgrund der Expansion erhöht sich der Druck der eingeschlossenen Luft und der Arbeitskolben bewegt sich nach oben.

Phase 3

Beschreibung des Zustands:

Der Verdrängerkolben befindet sich in der Mitte des Hauptzylinders. Dabei hat die Luft oberhalb des Verdrängerkolbens eine niedrigere Temperatur als die Luft unterhalb des Verdrängerkolbens.

Der Arbeitskolben befindet sich im oberen Umkehrpunkt seiner Bewegung.

Folgende Veränderung des Zustands:

Der Verdrängerkolben bewegt sich nach unten. → Die Luft höherer Temperatur strömt zu der nicht erwärmten Metallplatte und dabei kommt es durch die Abkühlung zur Kompression.

Phase 4

Beschreibung des Zustands:

Der Verdrängerkolben befindet sich im unteren Umkehrpunkt seiner Bewegung. Dabei befindet sich die Luft oberhalb des Verdrängerkolbens an der nicht erwärmten Metallplatte des Hauptzylinders.

Der Arbeitskolben bewegt sich mit maximaler Geschwindigkeit nach unten.

Folgende Veränderung des Zustands:

Aufgrund der Kompression vermindert sich der Druck der eingeschlossenen Luft und der Arbeitskolben bewegt sich nach unten.



Biologie mit Minze –

Plants 'R' Mint

Dr. Richard Spencer

Lehrer für Biologie und Chemie am Middlesbrough College, England

„Was ich am Unterrichten liebe? Das Privileg, mit jungen Menschen zusammenzuarbeiten, ihre Leidenschaft zu wecken und ihre Energie zu nutzen. Die Möglichkeit, kreativ zu sein und Wissenschaft auf verschiedenen Wegen zu vermitteln... und das erhebende Gefühl solcher Aha-Momente, wenn ein kompliziertes Thema plötzlich von den Schülern durchschaut wird und man merkt, dass sich die vielen Stunden der Planung gelohnt haben. Zu sehen, wie das Selbstbewusstsein meiner Schüler wächst, und zu wissen, dass ich dazu beitragen kann, sie für künftigen Erfolg vorzubereiten und zwar lange über die Zeit in meinem Klassenzimmer hinaus.“

Mit dieser Einstellung gewann er mehrere Lehrpreise und schaffte es 2015 unter die 10 Nominierten des Global Teacher Prize.





Klassenstufe: 11–13

Fächer: Biologie, Chemie

Zeitlicher Rahmen der Einheit: ca. 2 Stunden

Schlüsselwörter: Fotosynthese, Chromatografie

Bezug zum Lehrplan: Die Schülerinnen und Schüler vertiefen und erweitern ihre Kenntnisse über Ökosysteme (und Fotosynthese) und deren Strukturierungselemente. Mit dieser Unterrichtseinheit wird das fächerübergreifende Lernen unterstützt. Das Auswerten statistischer Daten, das Erstellen sachgerechter Diagramme sowie das Erörtern der Tragweite und der Grenzen von Untersuchungsergebnissen wird gefördert.

Einführung

Plants 'R' Mint ist eine innovative Lerneinheit, recherchiert und entwickelt von Dr. Richard Spencer, gefördert durch einen SAPS Associate Award (GB) und vorgestellt auf dem Science on Stage Festival 2013 in Stübice/Frankfurt (Oder). Ursprünglich wurde sie dazu entwickelt, ein breiteres Verständnis von Biologie auf Abiturniveau zu vermitteln.

Von der Auswirkung von Menthol auf Raucher bis hin zu Mutationen und ihren Folgen für die Evolution bringt diese Lerneinheit Schüler dazu, Verbindungen zwischen verschiedenen Themen herzustellen, und fördert ihre Fähigkeit, bestehendes Wissen in neuen Zusammenhängen anzuwenden.

Zusätzlich zu diesem Unterrichtsmaterial nutzen die Schüler einen eigenen „Studienorganismus“ – eine Minzpflanze, die sie selbst ziehen und im Laufe des Schuljahres wachsen lassen. Ein solcher Studienorganismus ist wichtig für die Schüler, um die abgedeckten biologischen Themen mit einem Beispiel aus dem echten Leben verknüpfen zu können.

Die Lerneinheit besteht aus fünf Lernpaketen, in denen verschiedenste Bereiche der Biologie der Tiere, Menschen und Pflanzen um ein gemeinsames Thema herum zusammengebracht werden. Die Lernpakete sollen für Schüler eine Herausforderung sein und sie in ihrem Wissen weiterbringen. Sie zeigen vor allem, dass Pflanzen und Tiere voneinander abhängige Organismen sind, deren biologische Eigenschaften sich gegenseitig beeinflussen.

In dieser Unterrichtseinheit wird ein Auszug aus dem Projekt Plants 'R' Mint vorgestellt.

A. Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern:

Separation und Identifikation von vier Arten fotosynthetisch aktiver Pigmente in Minzpflanzen mithilfe von Papierchromatografie.

- Einführung: Seite 26
- Versuchsanleitung für Schüler: Seite 28
- Fragen zum Versuch für Schüler: Seite 30
- Hinweise für Lehrkräfte: Seite 31

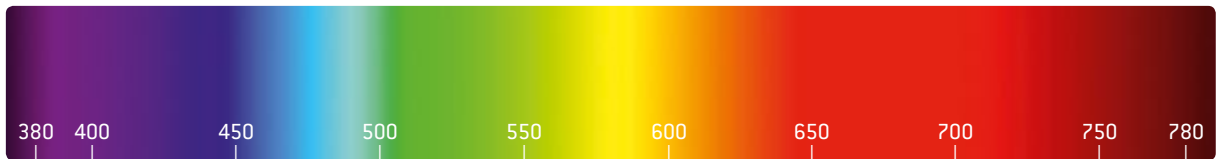
B. Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate:

Verwendung von DCPIP (Dichlorphenolindophenol auch bekannt als Tillmans Reagenz) als Indikator für die Fotosyntheserate von Minzpflanzenextrakt, das Licht mit unterschiedlicher Wellenlänge ausgesetzt wird.

- Versuch: Seite 32
- Fragen zum Versuch für Schüler: Seite 34
- Hinweise für Lehrkräfte: Seite 36

Das vollständige Material (in englischer Sprache) finden Sie auf: <http://www.saps.org.uk/secondary/teaching-resources/1262>

Dort finden sich Unterrichtseinheiten mit Arbeitsblättern, Versuchsbeschreibungen, Lösungsblättern etc. zu verschiedenen Themen: Zellmembran, Nerven, Hormone, Atmung, Gesundheit und Krankheit, Fotosynthese, Meiose, Gentechnologie, Biodiversität, Zellstruktur, Ökosystem u. v. m.



Sichtbares Spektrum · Quelle: Wikipedia

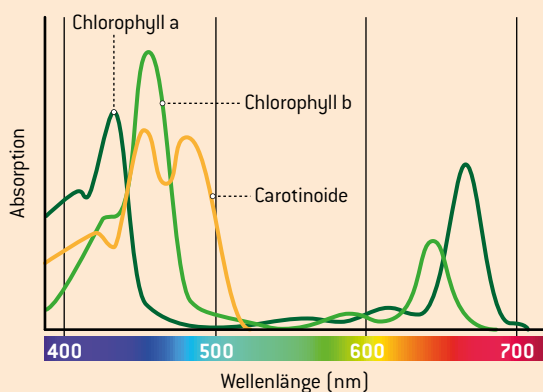
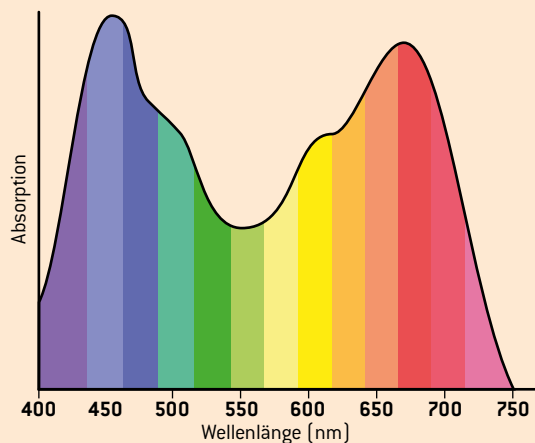
1. Fotosynthetisch aktive Pigmente – Einführung

Sichtbares Spektrum:

Das sichtbare Spektrum (weißes Licht) besteht aus unterschiedlichen Wellenlängen und verschiedenen Farben.

Farbe:

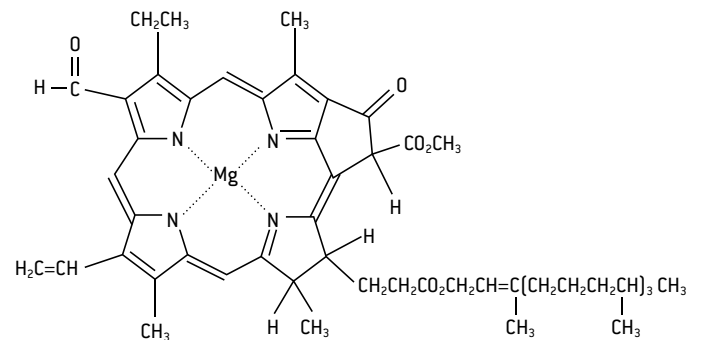
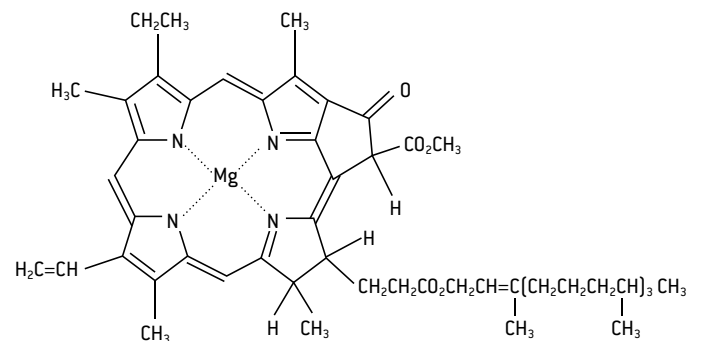
Die Farbe eines Gegenstands oder einer Lösung hängt davon ab, welcher Teil des sichtbaren Spektrums übertragen oder reflektiert wird und welcher Teil absorbiert wird. Fotosynthetisch aktive Pigmente haben die Farbe des Lichts, das sie reflektieren [geringe Absorption].



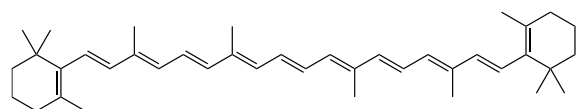
Fotosynthetische Pigmente:

Die Blätter der Minzpflanzen enthalten verschiedene fotosynthetisch aktive Pigmente mit unterschiedlichen Absorptionsspektren, die somit auch unterschiedlich gefärbt sind. Chlorophyll a hat ein anderes Grün als Chlorophyll b. Bei den Carotinoiden gibt es Betacarotin (gelborange) und Xanthophylle (gelb).

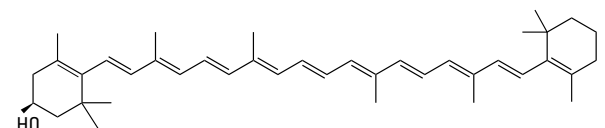
Struktur von Chlorophyll a (oben) und Chlorophyll b (unten)



Struktur von Betacarotin:



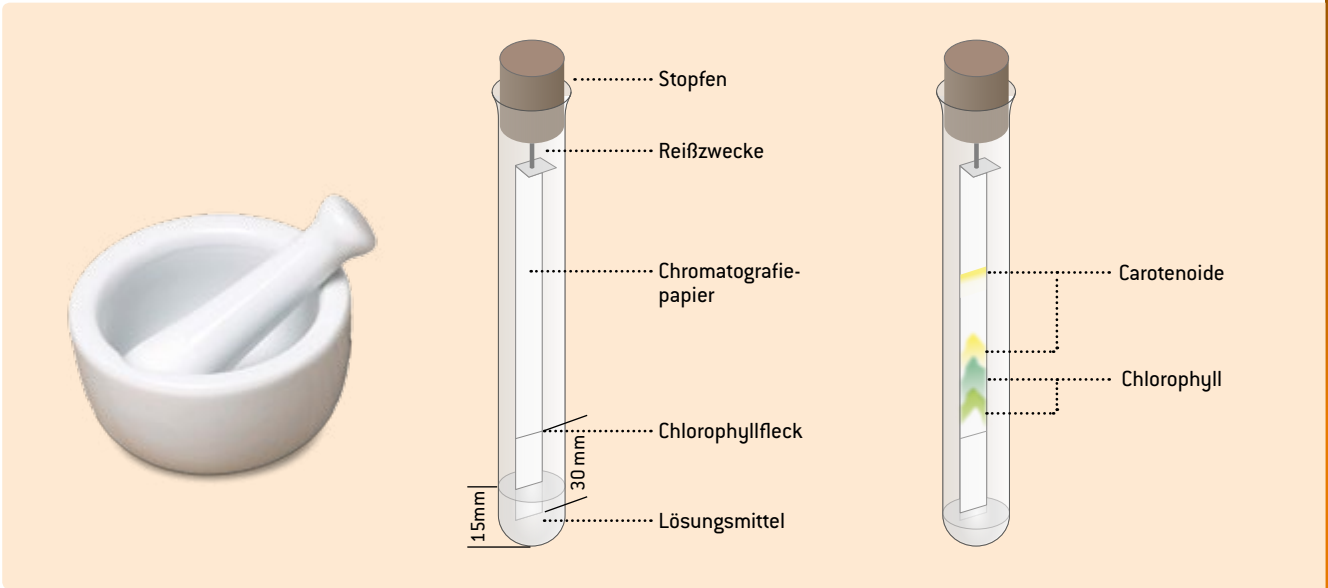
Struktur eines Xantophyll (hier Cryptoxanthin):



Chromatografie:

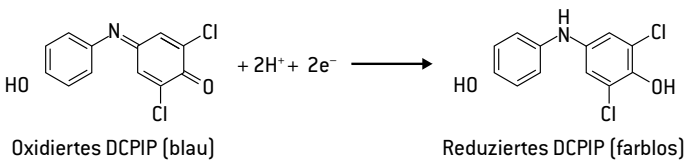
Fotosynthetisch aktive Pigmente lassen sich aus Minzblättern extrahieren und mit Papierchromatografie mit einem unpolaren Lösungsmittel separieren.

Je mehr Sauerstoffatome ein Pigment enthält, desto weniger löslich ist es im unpolaren Lösungsmittel und desto kürzer ist die Distanz, die es zurücklegt.



2,6-Dichlorphenolindophenol – DCPIP

(Tillmans Reagenz)



Versuch: Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern

Hinweise zur Sicherheit



Das Lösungsmittel ist flüchtig und brennbar: Von offenem Feuer fernhalten und das Einatmen der Dämpfe vermeiden.

Schutzbrille und Schutzkleidung tragen!

Ziele

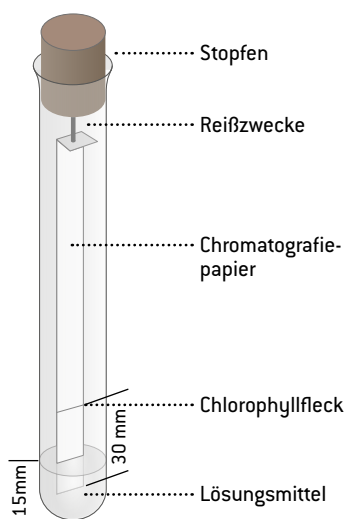
1. Extraktion und Identifikation unterschiedlicher fotosynthetisch aktiver Pigmente aus den Blättern einer Minzpflanze.
2. Erklärung, warum Minzblätter grün sind.

Material (pro Gruppe)

- frische Minzblätter (ca. 15 Stück, z. B. Grüne Minze oder Pfefferminze)
- Mörser und Stößel
- Spatel
- Sand
- Lösungsmittel
- Streifen Chromatografiepapier
- Reagenzglas mit Ständer
- (Kork-)Stopfen
- Reißzwecke
- Lineal und Bleistift
- destilliertes Wasser
- zwei 5 ml Spritzen oder Messzylinder 10 cm³
- leere Schnapdeckelflasche o.ä. mit Deckel
- Farbstifte: blau, grün, gelb und orange
- Kapillarrohr (z. B. Schmelzpunktröhrchen) für das Spotting

Durchführung

1. 15 frische Minzblätter in einen Mörser geben, einen Spatel Sand hinzufügen und mit dem Stößel zu einer Paste zermahlen.
2. Das zermahlene Material in eine Schnappdeckelflasche geben. Mit einer Spritze 10 cm³ Lösungsmittel hinzufügen. Die Flasche fest mit dem Deckel verschließen und 2 Minuten lang stehen lassen.
3. In der Zwischenzeit auf dem Streifen Chromatografiepapier 30 mm vom unteren Rand entfernt mit dem Lineal eine Bleistiftlinie ziehen.
4. Das Papier mit einer Reißzwecke an den Korkstopfen des Reagenzglas stecken. Das untere Ende des Streifens muss dabei fast den Boden des Reagenzglas erreichen und die Ränder dürfen die Innenwände nicht berühren.
5. Das Papier wieder vom Stopfen nehmen. Etwa 15 mm hoch Lösungsmittel in das Reagenzglas geben und den Stopfen wieder anbringen, damit die Atmosphäre im Reagenzglas gesättigt wird.
6. Mit einer Spritze 3 cm³ Wasser in den Extrakt in der Universalflasche geben. Kräftig schütteln und stehen lassen, dass sich zwei Schichten bilden können.
7. Mit einem Kapillarrohr einen Tropfen der oberen Schicht in der Flasche (mit dem Pigment) in die Mitte der Bleistiftlinie auf dem Chromatografiepapier geben.
8. Den Tropfen trocknen lassen und einen zweiten Tropfen darüber geben. Dieses Verfahren etwa 5 Minuten lang wiederholen, um einen konzentrierten Fleck zu erhalten (je kleiner desto besser).
9. Jetzt wird das Papier wieder an den Stopfen gesteckt und in das Reagenzglas gehängt, sodass das Ende in das Lösungsmittel eintaucht, aber **Vorsicht**: Der Pigmentfleck darf **nicht eingetaucht** werden.
10. Etwa 15 Minuten lang verschlossen lassen oder solange bis das Lösungsmittel etwa 10 mm vom oberen Rand des Streifens entfernt ist.
11. Streifen entfernen. Mit einer Bleistiftlinie wird die Lösungsmittelfront markiert (wie weit das Lösungsmittel gewandert ist).



Beobachtung

1. Das Chromatogramm zeichnen und beschriften (Pigmentnamen und R_f -Werte).

Pigment	Farbe	R_f
Betacarotin	gelborange	0,95
Xanthophyll	gelb	0,71
Chlorophyll a	blaugrün	0,65
Chlorophyll b	gelbgrün	0,45

2. Die vorderste Kante jedes erkennbaren Pigments markieren und dessen R_f -Wert berechnen.

$$R_f = \frac{\text{Strecke zwischen Startlinie und Pigment}}{\text{Strecke zwischen Startlinie und Lösungsmittelfront}}$$

3. Mit der R_f -Werte-Tabelle (oben) kann jedes Pigment im Chromatogramm identifiziert werden.

Auswertung/Fragen:

1. Erklären Sie, warum unterschiedliche fotosynthetisch aktive Pigmente verschiedene Farben haben!

2. Begründen Sie die grüne Farbe der Minzblätter, obwohl sie aus mehreren verschiedenfarbigen fotosynthetisch aktiven Pigmenten bestehen.

3. Warum werden die Blätter sommergrüner Laubbäume im Herbst goldgelb?

4. Erläutern Sie die Vorteile für Pflanzen wie Minze, mehrere fotosynthetisch aktive Pigmente zu besitzen.

Extraktion fotosynthetisch aktiver Pigmente aus Minzblättern – Chromatografie

Hinweise zur Sicherheit



Das Lösungsmittel ist flüchtig und brennbar: Von offenem Feuer fernhalten und das Einatmen der Dämpfe vermeiden.



Schutzbrille und Schutzkleidung tragen!

Materialliste (pro Schülergruppe)

- frische Minzblätter (ca. 15 Stück, z. B. Grüne Minze oder Pfefferminze)
- Mörser und Stößel
- Spatel
- Sand
- 20 cm³ Lösungsmittel
(1 Teil Propanon, 9 Teile Petrolether)
- Streifen Chromatografiepapier (1,7 cm × 18,0 cm)
- Reagenzglas (2 cm breit × 15 cm hoch)
- (Kork) Stopfen
- Reißzwecke
- Lineal und Bleistift
- 20 cm³ destilliertes Wasser
- zwei 5-cm³-Spritzen oder Messzylinder 10 cm³
- leere Schnapdeckelflasche 20 cm³
- Farbstifte: blau, grün, gelb und orange
- Kapillarrohr (z. B. Schmelzpunktröhrchen) für das Spotting

Antworten auf die Fragen

1. Unterschiedliche fotosynthetisch aktive Pigmente haben verschiedene Farben, weil sie unterschiedliche Teile des sichtbaren Spektrums absorbieren und reflektieren. Die nicht absorbierte Wellenlänge ergibt ihre Farbe.
2. Minzblätter sind grün, weil sie vor allem Chlorophyll a enthalten, das die Farbe der anderen fotosynthetisch aktiven Pigmente verdeckt.
3. Im Herbst machen die Blätter sommergrüner Bäume eine Seneszenz (Alterungsprozess) durch, ehe sie abfallen. Wertvolle Nährstoffe werden aus den Blättern gezogen und für die Produktion neuer Blätter im nächsten Frühjahr gespeichert. Die Blätter werden gelb, weil durch den Zerfall der grünen fotosynthetisch aktiven Pigmente (Chlorophyll a und b) die gelben und orangefarbenen fotosynthetisch aktiven Pigmente sichtbar werden, die schon die ganze Zeit vorhanden waren. Übrigens: Blätter, die im Herbst rot werden, stellen neue Pigmente her, die Anthocyane genannt werden. Diese fungieren als Sonnenschutz der Zellen gegen Fotooxidation, was die Effizienz des Nährstoffrückzugs verbessert.
4. Da Minzpflanzen mehrere fotosynthetisch aktive Pigmente besitzen, können sie einen größeren Teil des sichtbaren Spektrums absorbieren und somit mehr Lichtenergie für die Fotosynthese nutzen. Übrigens: Die Schüler werden vielleicht fragen, warum Blätter nicht schwarz sind, denn das würde bedeuten, dass sie einen größeren Teil des sichtbaren Spektrums absorbieren und somit mehr Lichtenergie. Ein möglicher Grund ist, dass sich die Blätter überhitzen würden, wodurch die Enzyme und andere Proteine, die an der Fotosynthese beteiligt sind, denaturiert würden. Schwarze/dunkel gefärbte Pflanzen findet man beispielsweise in arktischen Regionen, wo die Lichtintensität gering ist und eine Überhitzung somit unwahrscheinlich.

Versuch: Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate

Hinweise zur Sicherheit

Die Lampe zur Beleuchtung der Kapillarrohre wird heiß. DCPIP ist giftig, es müssen Schutzbrillen getragen werden. Bei Kontakt von DCPIP mit der Haut muss die betroffene Stelle gründlich mit Leitungswasser abgewaschen werden.



Schutzbrille tragen!

Ziel

Untersuchung der Auswirkung der Wellenlänge des Lichts auf die Fotosyntheserate.

Hintergrundinformationen: DCPIP

DCPIP ist ein Redoxindikator, der bei Oxidation blau und bei Reduktion farblos erscheint. Es kann zur Einschätzung der Fotosyntheserate verwendet werden.

Wenn DCPIP dem Chloroplastextrakt hinzugefügt wird, wird es von den Elektronen und Protonen reduziert, die bei den lichtabhängigen Fotosynthesereaktionen gebildet werden, wenn der Extrakt beleuchtet wird. Je schneller diese Reaktionen ablaufen, desto schneller wird das DCPIP reduziert und dadurch entfärbt.

Material (pro Gruppe)

- 8 Kapillarrohre
- Pasteur-Pipette
- Weißes Papier
- Stoppuhr
- Lampe (60 W)
- 6 Filter (rot, orange, gelb, grün, blau, violett)
- Papiertücher
- Chloroplastextrakt (10 cm³)
- DCPIP-Lösung (5 cm³)
- Bogen Aluminiumfolie (20 cm x 20 cm)

Das Experiment sollte in einem Zimmer mit so wenig Tageslicht und künstlicher Beleuchtung wie möglich durchgeführt werden (sodass die Lampe am Platz die Hauptlichtquelle ist).

Durchführung

1. Die Flasche mit dem Chloroplastextrakt vorsichtig schütteln. Ein Ende eines Kapillarrohrs in den Chloroplastextrakt tauchen, damit dieser aufgesogen wird. Das Kapillarrohr herausnehmen und mit einem Tuch an der Außenseite abtrocknen. Dieses Rohr dient als Farbreferenz (es ist grün gefärbt).
2. Mit einer Pasteur-Pipette die DCPIP-Lösung tropfenweise in den übrigen Chloroplastextrakt geben und die Flasche zum Mischen vorsichtig schütteln. Ausreichend DCPIP hinzufügen bis der Extrakt dauerhaft von grün auf blaugrün wechselt, dann die ganze Flasche so schnell wie möglich in Aluminiumfolie wickeln, um den Extrakt aus Chloroplast + DCPIP im Dunkeln zu halten.
3. Eine Lampe 20 cm über einem weißen Papier platzieren (aber noch nicht anschalten). Das farbige Referenzrohr aus Schritt 1 auf das weiße Papier legen und einen Violettfilter darüber platzieren. Jetzt ein zweites Kapillarrohr in den Extrakt aus Chloroplast + DCPIP tauchen, wie zuvor abtrocknen und neben das Farbreferenzrohr unter den Violettfilter legen. Dies muss so schnell wie möglich passieren. Dieses Rohr ist das Versuchsrohr.
4. Die Lampe einschalten und die Stoppuhr starten.
5. Alle 20 Sekunden den Filter entfernen und die Farbe des Versuchsrohrs (das zunächst blaugrün ist) mit der des Referenzrohrs (grün) vergleichen. Dies muss so schnell wie möglich erfolgen. Solange das Versuchsrohr eine blauere Farbe hat als das Farbreferenzrohr, wird der Filter schnell wieder positioniert und nach 20 Sekunden wird erneut geprüft. Dies wird maximal 10 Minuten lang durchgeführt.
6. Die Zeit $\{t\}$, die es dauert, bis die Farbe des Versuchsrohrs mit der des Farbreferenzrohrs übereinstimmt, wird in der Ergebnistabelle vermerkt. Die Lampe ausschalten. Die Geschwindigkeit $\{1/t\}$ der Farbveränderung berechnen und aufschreiben. Wenn nach 10 Minuten keine Farbveränderung vorliegt, wird „keine Veränderung“ vermerkt und die Geschwindigkeit der Farbveränderung als 0 angegeben.
7. Das Experiment mit den anderen Filtern wiederholen.

Auswertung/Fragen:**Ergebnistabelle:**

Filterfarbe	Wellenlänge des Lichts (nm)	Zeit (s), bis das Versuchsrohr die gleiche Farbe hat wie das Farbreferenzrohr	Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion = $1/t$ (s^{-1})
Violett	420		
Blau	450		
Grün	520		
Gelb	570		
Orange	620		
Rot	680		

1. Zeichnen Sie einen Graphen, der die Abhängigkeit zwischen der Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion von der Wellenlänge des Lichts darstellt.



2. Identifizieren Sie die Wellenlängen und die Farben des Lichts, die (a) die schnellste DCPIP-Reduktion und (b) die langsamste hervorrufen.

3. Erklären Sie unter Einbeziehung der lichtabhängigen Reaktionen, warum DCPIP farblos wird, wenn Fotosynthese stattfindet.

4. Warum wirkt sich die Wellenlänge des Lichts auf die DCPIP-Reduktion aus?

5. Diskutieren Sie, welche Einschränkungen dieses Experiment hat und wie man es verbessern könnte.

Auswirkungen der Wellenlänge von Licht auf die Fotosyntheserate, DCPIP

Hinweise zur Sicherheit

Die Lampe zur Beleuchtung der Kapillarrohre wird heiß. DCPIP ist giftig, es müssen Schutzbrillen getragen werden. Bei Kontakt von DCPIP mit der Haut muss die betroffene Stelle gründlich mit Leitungswasser abgewaschen werden.



Schutzbrille tragen!

Materialliste (pro Schülerpaar)

- 8 Kapillarrohre
- Pasteur-Pipette
- weißes Papier
- Stoppuhr
- Lampe (60 W)
- 6 Filter (rot, orange, gelb, grün, blau, violett) zugeschnitten auf 3 cm × 10 cm
- Papiertücher
- Chloroplastextrakt (10 cm³), siehe Seite 37
- DCPIP-Lösung (5 cm³), siehe Seite 37
- Bogen Aluminiumfolie (20 cm × 20 cm)

Antworten auf die Fragen

1. Graph zur Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion im Bezug zur Wellenlänge des Lichts.
2. Am schnellsten: Violett (420 nm). Am langsamsten: Grün (520 nm).
3. Während der lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese (nichtzyklische Fotophosphorylierung) absorbieren Chlorophyllmoleküle Lichtenergie. Die Elektronen werden angeregt, verlassen das Chlorophyllmolekül und werden schließlich dazu verwendet, ein Koenzym namens NADP zu reduzieren. Die Elektronen, die das Chlorophyll verloren hat, werden durch Elektronen ersetzt, die durch die Fotolyse von Wasser produziert werden. Bei der Fotolyse entstehen auch Protonen (H⁺-Ionen), die ebenfalls zur Reduktion von NADP zum Einsatz kommen. In diesem Experiment wird DCPIP von Elektronen und Protonen reduziert, die während dieser Reaktionen bereitgestellt werden.
4. Chlorophyll absorbiert manche Wellenlängen des Lichts (z. B. violett, rot) besser als andere (z. B. grün, gelb). Je mehr Lichtenergie absorbiert wird, desto mehr Elektronen und Protonen werden bei den lichtabhängigen Reaktionen produziert, die dann zu einer schnelleren DCPIP-Reduktion führen.
5. Zu den Einschränkungen gehören: mangelnde Wiederholungen, die Überprüfung nur alle 20 Sekunden, sodass die präzise Zeit der Farbveränderung nicht bekannt ist, die Exposition mit Licht von außen, wenn die Filter entfernt werden, die Schwierigkeit, Farben exakt abzustimmen, die mangelnde Temperaturkontrolle (Lampe erwärmt sich).

Beispielergebnisse

Filterfarbe	Wellenlänge des Lichts (nm)	Zeit (s), bis das Versuchsrohr die gleiche Farbe hat wie das Farbreferenzrohr	Geschwindigkeit der DCPIP-Reduktion = 1/t (s ⁻¹)
Violett	420	180	≈ 5,56 · 10 ⁻³
Blau	450	360	≈ 2,78 · 10 ⁻³
Grün	520	unverändert	–
Gelb	570	620	≈ 1,61 · 10 ⁻³
Orange	620	260	≈ 3,85 · 10 ⁻³
Rot	680	320	≈ 3,13 · 10 ⁻³

Herstellung der Lösungen (für 20 Schüler)

Chemikalien / Materialien

- Dinatriumhydrogenphosphathydrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)
- wasserfreies Kaliumdihydrogenphosphat (KH_2PO_4)
- Saccharose
- Kaliumchlorid
- DCIP (2,6-Dichlorphenolindophenol Natriumsalz)
- destilliertes Wasser
- Baumwolltuch
- pH-Meter

1. pH-7,5-Pufferlösung

Diese Lösung wird benötigt, um die Saccharoselösung und die DCPIP-Lösung herzustellen.

2,7 g Natriumhydrogenphosphathydrat und 1,0 g wasserfreies Kaliumdihydrogenphosphat in 250 cm³ destilliertem Wasser lösen. Mehr destilliertes Wasser hinzufügen, um auf ein Endvolumen von 300 cm³ zu kommen. Mit einem pH-Meter prüfen, ob der pH-Wert bei 7,5 liegt. Liegt der pH-Wert unter 7,5, dann wird etwas mehr Natriumhydrogenphosphathydrat hinzugefügt, bis dieser bei 7,5 liegt. Liegt der pH-Wert über 7,5, dann wird etwas mehr wasserfreies Kaliumdihydrogenphosphat hinzugefügt, bis dieser auf 7,5 gesunken ist.

Im Kühlschrank aufbewahren.

2. Saccharoselösung

Diese Lösung wird benötigt, um den Chloroplastextrakt herzustellen.

20 g Saccharose und 0,15 g Kaliumchlorid in 150 cm³ pH-7,5-Pufferlösung lösen.

Im Kühlschrank aufbewahren.

3. Chloroplastextrakt

Muss kurz vor der praktischen Stunde frisch zubereitet werden!

25 g frische Minzblätter in 150 cm³ Saccharoselösung geben. 20 Sekunden lang mischen, um die Zellen aufzubrechen und die Chloroplasten freizusetzen. Durch ein Baumwolltuch filtern, um alle Zellwandstücke zu entfernen.

Im Kühlschrank aufbewahren.

4. DCPIP-Lösung

0,1 g DCIP und 0,4 g Kaliumchlorid in 100 cm³ pH-7,5-Pufferlösung lösen.

Im Kühlschrank aufbewahren.

Die BRAIN AG – Produkte und Lösungen für die Chemie-, Kosmetik- und Nahrungsmittelbranche

B•R•A•I•N

Die Biotechnology Research and Information Network Aktiengesellschaft (BRAIN AG) im südhessischen Zwingenberg gehört auf dem Gebiet der industriellen, sogenannten weißen Biotechnologie zu den führenden Unternehmen in Europa. Die BRAIN AG entwickelt für Unternehmen in der Chemie-, Pharma-, Kosmetik- und Nahrungsmittelbranche Produkte und Lösungen, wie zum Beispiel eine Gesicht- und Körperpflege-linie (SYNIC und Perlance Blanc Pur) oder „Aurase“, eine Komponente, die für die Verwendung in Medizinprodukten entwickelt wird, um eine bessere Heilung von chronischen Wunden zu ermöglichen. Auch an der zu 100 Prozent biologisch abbaubaren Plastiktüte, hergestellt aus dem Treibhausgas CO₂ arbeitet das Unternehmen.

Gemeinsam in die Zukunft – strategische Kooperationen

Die BRAIN AG arbeitet bei der Entwicklung ihrer Produkte und Lösungen nicht immer alleine, sondern kooperiert zum Teil

mit anderen Unternehmen oder Forschungsgruppen. Seit der Unternehmensgründung im Jahr 1993 ist die BRAIN AG über 100 strategische Kooperationen mit nahezu allen relevanten Akteuren der chemischen Industrie eingegangen. Zu den Kooperationspartnern zählen unter anderem BASF, Bayer Schering, Clariant, Diana Pet Food, DSM, Evonik, Genencor, Henkel, Nutrinova, RWE, Sandoz, Südzucker und Symrise.

Bioökonomie – für ein nachhaltiges Wirtschaften

Ihren Fokus setzt das Biotechnologie-Unternehmen auf zukunftsorientiertes Wirtschaften, die Bioökonomie. Die Produkte und Lösungen erkennt und entwickelt BRAIN auf Basis der in der Natur vorhandenen aber bislang unerschlossenen biologischen Lösungen – also aus dem in den Gefrierschränken des Unternehmens lagernden „Werkzeugkasten der Natur“.

Ziel der Bioökonomie ist die Biologisierung von Industrien. Das Wachstum der Weltbevölkerung schreitet fort, Ressourcen verknappt und das globale Klima wandelt sich. Das erfordert ein großräumiges Umdenken. Wirtschaft und Wissenschaft, Politik und Gesellschaft stehen neuen Herausforderungen gegenüber. Bioökonomie ist der Weg, der für diese zentralen Zukunftsfragen biologische Lösungen und neue wirtschaftliche Perspektiven bietet. Es beendet die Abhängigkeit von Rohstoffen zu Gunsten von mehr Nachhaltigkeit, Natur- und Klimaschutz.

Der Begriff „Bioökonomie“ wurde 2003 von der OECD, der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, geprägt. Als vernetztes System markiert die Bioökonomie den Wandel ganzer Industrien und Wertschöpfungsketten. Dass Bioökonomie kein Nischenthema mehr ist, zeigt unter anderem die Tatsache, dass seit 2009 ein Bioökonomierat existiert, der als unabhängiges Beratungsgremium der Bundesregierung fungiert. Ziel des Rates ist es nach eigener Aussage, eine bio-basierte Wirtschaft in Deutschland „zu etablieren, die mit möglichst wenig fossilen Rohstoffen auskommt“ (www.bioekonomierat.de/bioekonomierat).





Weißer Biotechnologie als Pfeiler der Bioökonomie

Die BRAIN AG agiert auf dem Gebiet der sogenannten weißen Biotechnologie. Die weiße Biotechnologie nutzt biotechnologische Methoden für industrielle Produktionsverfahren, übersetzt also biologische und biochemische Kenntnisse und Prozesse in technische Anwendungen. Dabei werden oftmals Bakterien wie *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, Hefen und Pilze verwendet, um bioaktive Enzyme, neuartige Produkte und Materialien aus Naturstoffen zu entwickeln.

In der Innovationskraft der „weißen“ oder auch industriellen Biotechnologie steckt ein enormes Potential, das sie zu einem Treiber auf dem Weg zu einer bio-basierten Wirtschaft macht. Eine Umstellung von chemische auf biologische Prozesse soll erdölabhängige Verfahren ersetzen. In diesem weltweiten Wandlungsprozess war BRAIN 1993 ein Pionier und ist heute eines der führenden, kreativen Unternehmen.

Die Bioökonomie ist eine junge, aufstrebende Disziplin mit großem Wachstumspotential. Sie bietet moderne, zukunftsfähige Berufsbilder mit herausragenden Entwicklungsmöglichkeiten. Die Berufe sind zudem in einem Umfeld angesiedelt, in welchem die Alternativen zur Nutzung der endlichen Ressourcen wie Rohöl, Kohle oder Gas etabliert werden – für eine saubere, erfolgreiche Zukunft in Deutschland und der ganzen Welt.

Weitere Informationen unter www.brain-biotech.de.

Berufe in der Biotechnologie

Die BRAIN AG beschäftigt über 120 hoch qualifizierte Mitarbeiter, davon je circa ein Drittel Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker. Unter anderem sind folgende Berufe in der dualen Ausbildung im Bereich der Biotechnologie zu finden:

Biologielaborant (m/w)

Biologielaboranten arbeiten schwerpunktmäßig im naturwissenschaftlichen Bereich, beispielsweise in der molekularbiologischen Forschung, was in einem akademischen Kontext (Universitäten, Forschungsinstitute) oder auch in einem industriellen Umfeld (chemisch-pharmazeutische Industrie, Biotech-Unternehmen) angesiedelt sein kann. Sie verfügen über ein breit angelegtes Grundwissen, was die Disziplinen Immunologie, Biochemie, Botanik, Mikrobiologie, Pharmakologie aber auch Molekularbiologie, Zellbiologie wie auch verwandte naturwissenschaftliche Bereiche (Chemie) umfasst. Biologielaboranten planen, beobachten, protokollieren und werten naturwissenschaftliche Experimente an Pflanzen, Mikroorganismen, Zellkulturen, Tieren oder daraus isolierten Stoffen (z. B. DNA, Proteine) aus, meist in enger Abstimmung mit Wissenschaftlern, Ingenieuren und Masterabsolventen der genannten Disziplinen.

Chemielaborant (m/w)

Chemielaboranten prüfen in Laboren chemische Produkte und Prozesse. Sie trennen beispielsweise Stoffgemische auf und stellen organische oder anorganische Präparate und Substanzen her. Chemielaboranten verfügen über ein breites chemisches Wissen und können sich je nach Ausbildungsvertiefung zum Beispiel in präparativer Chemie und Synthesetechniken oder auch in der Anwendung von spektroskopischen Analyseverfahren spezialisieren. In enger Kooperation mit Naturwissenschaftlern und Ingenieuren arbeiten sie in Forschungs-, Entwicklungs- und Produktionslaboren der Industrie, an Hochschulen, in chemischen Forschungsstätten und in Untersuchungsstellen.

Weitere Informationen zu Berufsbildern und Ausbildungen erhalten Sie bei Ihrer Industrie- und Handelskammer: www.dihk.de/ihk-finder.

ENTEKA AG

Nachhaltige Energieversorgung und moderne Daseinsvorsorge



Die ENTEKA AG ist einer der größten kommunalen Regionalversorger Deutschlands und befindet sich über die HEAG Holding AG mehrheitlich im Besitz der Wissenschaftsstadt Darmstadt. Mit seinen Tochtergesellschaften ist das Unternehmen in den Geschäftsfeldern Energieerzeugung, Energiehandel, Energievertrieb, Energienetze, öffentlich-rechtliche Betriebsführung und Shared Services aktiv. Damit deckt der Konzern die gesamte Wertschöpfungskette einer nachhaltigen Energieversorgung und modernen Daseinsvorsorge ab.

Klimaneutrale Energie und gemeinnütziges Engagement

Das Unternehmen verfolgt eine konsequente Nachhaltigkeitsstrategie, für die es 2013 mit dem renommierten Deutschen Nachhaltigkeitspreis ausgezeichnet wurde.

Die Vertriebs Tochter ENTEKA Energie ist einer der größten Anbieter von klimaneutralen Energien in Deutschland. ENTEKA verkauft nicht nur Ökostrom, sondern investiert auch in den Umbau der Energieversorgung. Dabei verfolgt das Unternehmen das strategische Ziel, den Bedarf seiner Ökostromprivatkunden mit selbst erzeugtem Strom abzudecken, den das

Unternehmen in eigenen Anlagen mit seinen Partnern erzeugt. Größte Einzelinvestition ist die Beteiligung am Windpark Global Tech I in der Nordsee.

Über die ENTEKA Stiftung fördert das Unternehmen zudem gemeinnütziges bürgerschaftliches Engagement in der Region Rhein-Main-Neckar. Mit dem 2008 als gemeinnützige GmbH gegründeten ENTEKA-NATURpur Institut für Klima- und Umweltschutz unterstützt das Unternehmen Forschung für eine zukunftsfähige Energieversorgung.

Ausbildungsbetrieb im Spannungsfeld technischer Entwicklungen und gesellschaftlicher Herausforderungen

Mit etwa 2.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gehört der ENTEKA-Konzern zu den großen Arbeitgebern in Südhessen; mit knapp 100 Auszubildenden zu den wichtigen Ausbildungsbetrieben der Region.

Dabei befindet sich das Unternehmen in einem Spannungsfeld aus technischen Entwicklungen und gesellschaftlichen Herausforderungen. Während erstere neue Lösungen wie Smart Grids oder nachhaltige Energieversorgungskonzepte erfordern, steht das Unternehmen durch den demografischen Wandel mit einem anhaltenden Geburtenrückgang sowie durch den Trend zur Akademisierung einer wachsenden Fachkräftelücke im Bereich der technischen Ausbildung gegenüber. Hinzu kommen neue Bedürfnisse einer Generation von „Digital Natives“, die in modernen Ausbildungskonzepten berücksichtigt werden müssen.

Mehr als Ausbildung – für den Nachwuchs von morgen

Um bei den zukünftigen Fachkräften zu punkten und junge Menschen für die Ausbildungsberufe des Unternehmens zu begeistern, vermittelt ENTEKA ihren Auszubildenden und dualen Studierenden neben den berufsbezogenen Lerninhalten zahlreiche interessante Zusatzangebote. In speziellen Veranstaltungen wird der Teamzusammenhalt gefördert und die sozialen und persönlichen Kompetenzen gestärkt. In einem „Business-Knigge“ Seminar werden der Umgang mit Vorge-





setzen, mit Kollegen und Kunden sowie allgemeine Verhaltensnormen vermittelt und geübt. Damit erlernen die neuen Mitarbeiter wichtige Soft Skills, die sie für ihr späteres Berufsleben benötigen.

Technische Ausbildungsberufe in der kommunalen Regionalversorgung

Die ENTEGA bietet eine Reihe von Ausbildungsberufen an, von denen im Folgenden einige kurz dargestellt werden.

Interessierte junge Menschen müssen einen guten Haupt- oder Realschulabschluss, Fachabitur oder Abitur mitbringen und sollten Interesse an technischen Zusammenhängen haben. Außerdem sollten sie über ein ausgeprägtes mathematisches und analytisches Denkvermögen verfügen.

Anlagenmechaniker (m/w) – Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK)

Anlagenmechaniker planen und installieren komplexe Anlagen und Systeme in der Versorgungstechnik von Gebäuden. In der Hauptsache werden Sanitär-, Heizungs- und klimatechnische Anlagen eingebaut, gewartet und repariert. Die Arbeitsschwerpunkte liegen in der Montage und Demontage von Rohrleitungen, von Kanälen, versorgungstechnischen Anlagen und Systemen sowie in der Unterweisung des Kunden in die Bedienbarkeit der Systeme.

Mechatroniker für Kältetechnik (m/w)

Mechatroniker für Kältetechnik planen und installieren komplexe kältetechnische Anlagen und Klimaanlage und nehmen sie in Betrieb. Sie lernen, mit Mess-, Steuer- und Regelungstechnik umzugehen und kennen sich mit Inbetriebnahmen, Wartungsarbeiten und Überwachungsaufgaben aus. Für diesen

Beruf müssen die jungen Auszubildenden kontaktfreudig sein: Vor allem bei der Übergabe von klimatechnischen Anlagen und Systemen und bei der Einweisung in die Bedienung von Anlagen spielt die Kundenbetreuung eine wichtige Rolle.

Fachkraft für Abwassertechnik (m/w)

Diese Ausbildung ist eine der vielfältigsten Ausbildungsberufe bei der ENTEGA. Als Fachkraft für Abwassertechnik arbeiten die Auszubildenden in den modernen Klärwerken der ENTEGA. Hier wird das Abwasser der Stadt Darmstadt gereinigt. Zu den Aufgaben einer Fachkraft für Abwassertechnik gehört es, den Betrieb und die Wartung der Abwasserbehandlungsanlage, die Klärschlammbehandlung und die Verwertung von Abfällen aus der Abwasserbehandlung sicherzustellen. Außerdem fallen die Probenentnahme und Untersuchung von Abwasser und Schlamm in den Verantwortungsbereich der Auszubildenden. Eine wichtige Rolle spielen Qualitäts- und Umweltmanagement, die Bedienung elektrischer Anlagen sowie Wartung und Reparatur der Steuerungs- und Maschinenmechanik. Die Ausbildung erfordert viele verschiedene Fachqualifikationen und findet daher neben dem Klärwerk an verschiedenen Einsatzorten statt: Labor, mechanische Werkstatt, Elektrowerkstatt, Verwaltung, Schlamm-trocknungsanlage, Messgerätetechnik, Wasserwerk und Müllheizkraftwerk.

Weitere Informationen zu Berufsbildern und Ausbildungen erhalten Sie bei Ihrer IHK: www.dihk.de/ihk-finder.

tecnopedia α

Technik macht Schule



Darmstadt
Rhein Main Neckar

tecnopedia

**Die MINT-Initiative der IHK-Organisation –
für mehr Praxis im Unterricht!**

Während man heute nicht mehr davon ausgeht, dass ein flächendeckender Fachkräftemangel in den naturwissenschaftlichen und technischen Berufen jetzt und in der Zukunft besteht, herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass es in einzelnen Branchen und Regionen zu Engpässen kommen kann. Dabei sind es v.a. die technischen Ausbildungsberufe, in denen es an Nachwuchs mangelt.

Mit tecnopedia, der MINT-Bildungsinitiative der IHK-Organisation, wollen die Industrie- und Handelskammern Lehrkräfte dabei unterstützen, Kinder und Jugendliche für Naturwissenschaften und Technik zu begeistern. Im Vordergrund steht dabei die Berufsorientierung. Ziel ist es, jungen Menschen berufliche Perspektiven im MINT-Bereich zu vermitteln und die duale Ausbildung als gute und attraktive Alternative oder als Ergänzung zu Abitur und Studium in der gesellschaftlichen Wahrnehmung zu verankern.

Mit Publikationen, mit aufbereiteten Sachthemen, mit Karrierbildern und -biografien, aber auch mit Veranstaltungen und Workshops sollen junge Menschen für MINT begeistert und in ihrer Berufswahl begleitet werden. Dabei geht es auch um „Aha-Erlebnisse“: MINT-Berufe sind kreativ und können Spaß machen!

Auf diese Weise leisten die Industrie- und Handelskammern einen Beitrag zur Fachkräftesicherung in Deutschland und unterstützen ihre Mitgliedsbetriebe dabei, ihren Bedarf an Auszubildenden und qualifizierten Fachkräften auch in der Zukunft zu sichern!



Science on Stage Deutschland

Als größtes europäisches Netzwerk von MINT-Lehrkräften bringt Science on Stage Pädagoginnen und Pädagogen mit hervorragenden Unterrichtsideen aus ganz Europa auf Bildungsmessen, in Workshops und Fortbildungen zusammen. Der persönliche Austausch über erfolgreiche Konzepte und der Blick über den nationalen Tellerrand zeichnen die Aktivitäten von Science on Stage Deutschland aus. Die gemeinnützige Initiative besteht seit 2003 und erreicht europaweit von der Grundschule bis zur Oberstufe 100.000 Lehrkräfte.

Unsere Ziele:

- engagierte Lehrkräfte europaweit vernetzen
- geniale Unterrichtsideen entdecken und verbreiten
- mehr junge Menschen für Ingenieur- und Naturwissenschaften begeistern

Science on Stage Deutschland wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für Ingenieur Nachwuchs des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

Machen Sie mit und sammeln Sie neuen Schwung für den Schulalltag:

- Finden auch Sie neue Ideen und Inspirationen bei unseren MINT-Lehrerfestivals und geben Sie eigene Konzepte an internationale Kolleginnen und Kollegen weiter.
- Diskutieren Sie innovative Ansätze in Lehrerfortbildungen.
- Profitieren Sie von kostenlosen Unterrichtsmaterialien, die Lehrkräfte zu aktuellen Themen in länderübergreifender Zusammenarbeit erstellt haben.



FrISCHE Ideen für Ihren Unterricht

Materialien für Sachunterricht, Biologie, Chemie, Physik, Mathematik, Informatik und Technik

Science on Stage bietet Lehrkräften aus 29 europäischen Ländern eine Bühne für den Austausch frischer Ideen und Anregungen für den Unterricht: Profitieren auch Sie vom umfangreichen Know-how Ihrer Kollegen und nutzen Sie Unterrichtskonzepte für die Primar- und Sekundarstufe, die

von Lehrern für Lehrer entwickelt wurden! Sie können die Materialien unter www.science-on-stage.de herunterladen oder bei Science on Stage bestellen. Holen Sie sich neuen Schwung für den Alltag nach Hause!



iStage 2 – Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht

Von der Messung der Beschleunigung einer Achterbahn bis zur Frage wie laut Vögel in der Großstadt zwitschern: Smartphones bieten zahlreiche Möglichkeiten, den Unterricht packend und lebensnah zu gestalten.



iStage 3 – Fußball im MINT-Unterricht

Was ist die perfekte Ballflugkurve, welche besonderen Eigenschaften hat der Rasen im Stadion und wie hoch ist die CO₂-Bilanz einer Europameisterschaft? In Fußball steckt eine Menge MINT!



Laternenmond und heiße Ohren

- Sprachförderung im Grundschulunterricht durch Forschendes Lernen an Biografien
- Experimente, Arbeitsblätter, Texte etc.

Die Broschüren sind kostenlos erhältlich!

Bestellung per E-Mail unter info@science-on-stage.de oder als PDF-Download auf www.science-on-stage.de.

Kontakt, Bestellung, Newsletter, Mitgliedschaft:

Science on Stage Deutschland e.V.

Poststraße 4/5 · 10178 Berlin

Telefon +49 30 400067-40

info@science-on-stage.de

[facebook.com/scienceonstagedeutschland](https://www.facebook.com/scienceonstagedeutschland)

twitter.com/SonS_D

www.science-on-stage.de





HAUPTFÖRDERER VON
SCIENCE ON STAGE
DEUTSCHLAND

think
ING.
Die Initiative für
Ingenieurnachwuchs

KOOPERATIONSPARTNER

tecnopedia

Technik macht Schule



Darmstadt
Rhein Main Neckar