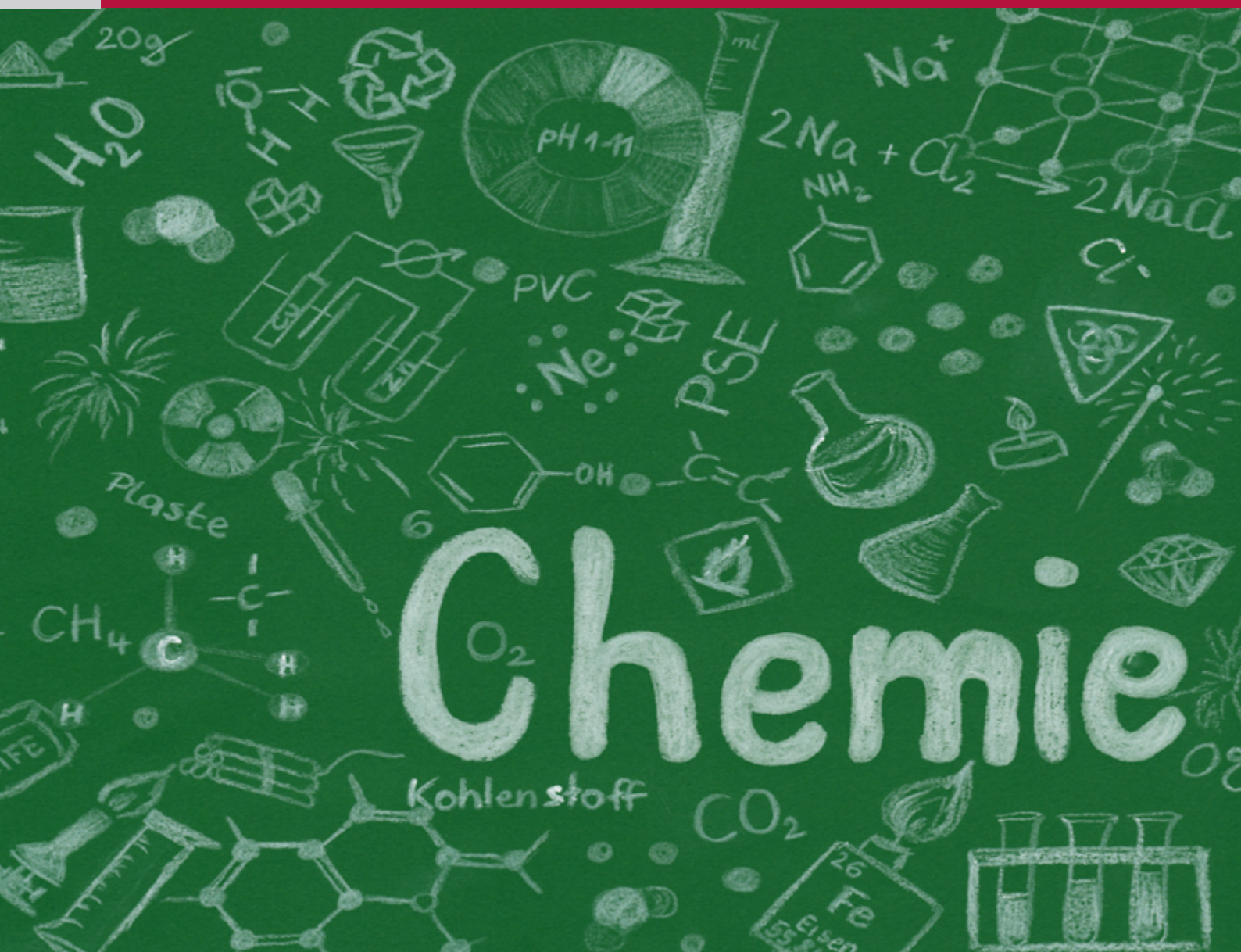




VOM REAGENZGLAS ZUM REAKTOR

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Chemie – Themenfeld 8



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:

<https://pl.bildung-rp.de/publikationen>

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

IMPRESSUM

Herausgeber:

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz
Standort Bad Kreuznach
Röntgenstraße 32
55543 Bad Kreuznach
pl@pl.rlp.de

Redaktion:

Barbara Dolch, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Skriptbearbeitung:

Ute Nagelschmitt, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Titelbild:

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: Januar 2018

© Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz 2018

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

1	Themenfeld 8: Vom Reagenzglas zum Reaktor	3
1.1	Vorüberlegungen	3
1.2	Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene	4
1.3	Konzept- und Kompetenzentwicklung	6
2	Vom Lehrplan zum kompetenzorientierten Unterricht	8
2.1	Die Stellung des Themenfeldes 8 im Lehrplan	8
2.2	Die Themenfeld-Doppelseite	12
2.3	Von der Themenfeld-Doppelseite zur Unterrichtsplanung	14
2.4	Überblick über die Kontexte des Themenfeldes	20
2.5	Differenzierungsmöglichkeiten	23
3	Zu den Lerneinheiten	24
4	Zusammenfassung	49
4.1	Üben und Vernetzen	49
4.2	Möglicher Unterrichtsgang im Überblick	52
4.3	Liste der verfügbaren Muster-Gefährdungsbeurteilungen zum Themenfeld 8	58
	Literaturverzeichnis	58
	Autorinnen und Autoren	59

1 THEMENFELD 8: VOM REAGENZGLAS ZUM REAKTOR

1.1 Vorüberlegungen

Der aktuelle Lehrplan im Fach Chemie 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 Unterrichts Kompetenzen, Basiskonzepte und Kontexte bilden auch die Stützpfiler des Chemieunterrichts und erfordern eine darauf aufbauende unterrichtliche Umsetzung.

Die „Aspekte der Chemie“, die sich aus ihrer Bedeutung für den Menschen ableiten, begründen den bildenden Charakter des Unterrichtsfaches Chemie und sind die Grundlage für die Themenfelder. Sie bieten eine Orientierung für die Auswahl der Kontexte.

In dieser Handreichung geht es um die Ausgestaltung des Unterrichts zum Themenfeld 8 „Vom Reagenzglas zum Reaktor“ gemäß der Intentionen des Lehrplanes. Dazu werden die Themenfeld-Doppelseite vorgestellt und exemplarisch mögliche Kontexte und Lerneinheiten ausgeführt.

Die Leitfragen lauten: „Wie lese ich das Themenfeld?“, „Welche Stellung hat das Themenfeld im Gesamtlehrplan?“ und „Wie kann ich dieses Themenfeld den Lehrplananforderungen entsprechend konkret im Unterricht umsetzen?“

Da aus ökologischen und ökonomischen Gründen nur ein kleiner Teil der Materialien abgedruckt wird, gibt es die Möglichkeit, die gesamte Handreichung sowie die Materialien mit möglichen Lösungen über den folgenden Link herunterzuladen:

<http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/chemie/unterricht.html>.

1.2 Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene

Ein wesentliches Merkmal des Faches Chemie ist der Wechsel zwischen der makroskopischen (Stoffebene) und der submikroskopischen Ebene (Teilchenebene). (Vgl. Lehrplan, S. 57-58.)

Schwerpunkt des Themenfeldes ist der Aspekt „Stoffe neu herstellen“.

Auf der **Stoffebene** stehen Substanzen im Fokus, die aufgrund des enormen gesellschaftlichen Bedarfs in technischen Verfahren in großen Mengen hergestellt werden. Darüber hinaus werden in diesem Themenfeld der Einfluss von Reaktionsbedingungen auf die ausgewählte chemische Reaktion und deren verfahrenstechnische Realisierungsmöglichkeiten thematisiert.

Die Visualisierung der ablaufenden chemischen Reaktion in dem ausgewählten technischen Verfahren wird auf der **Teilchenebene** über Formelgleichungen und Molekülmodelle vorgenommen.

Dies führt zu einer kontinuierlichen Entwicklung auf beiden Ebenen und durch den permanenten Wechsel wird Vernetzung möglich. Die Deutung von Phänomenen auf der Teilchenebene wird zu einem Prinzip von Chemieunterricht.

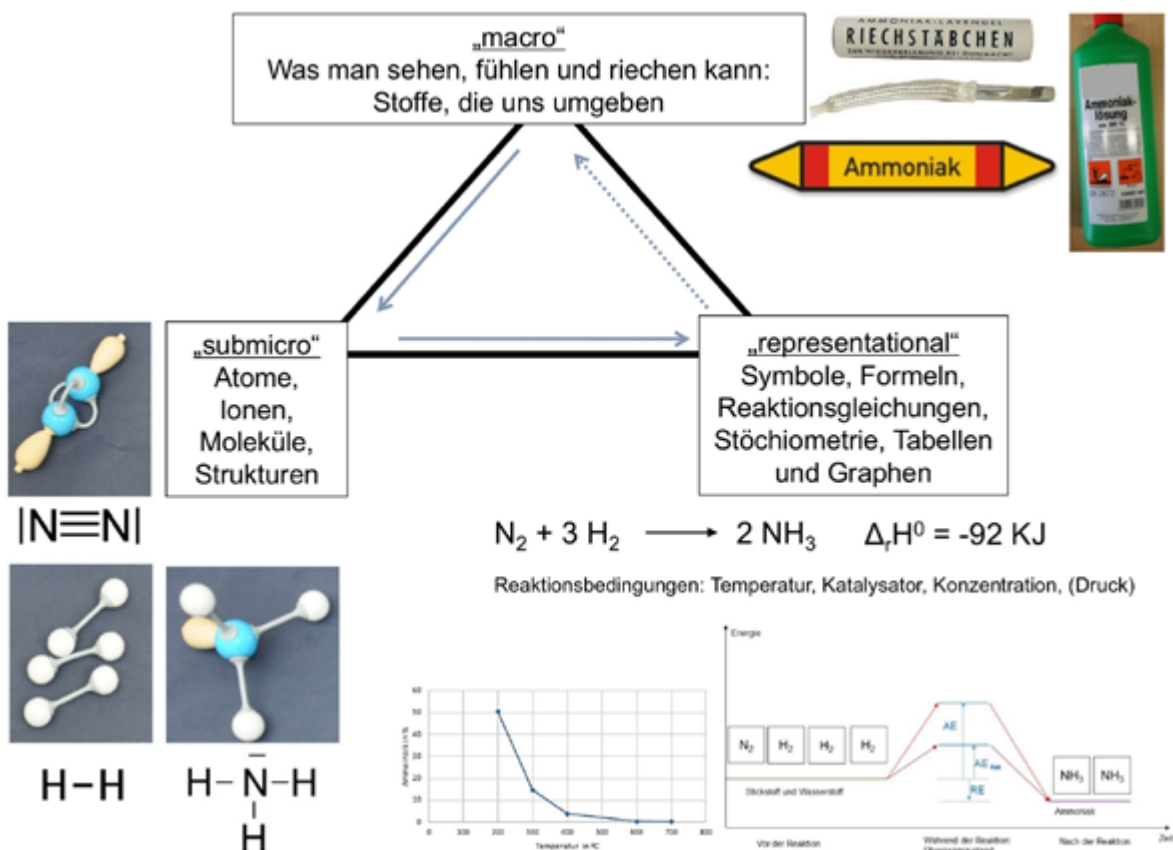


Abb. 1: nach Johnstone-Dreieck¹ (erweiterte Abbildung) für Ammoniaksynthese

1 Springer-Lehrbuch Chemiedidaktik, Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen; bearbeitet von Hans-Dieter Barke, 1. Auflage 2006, S. 31

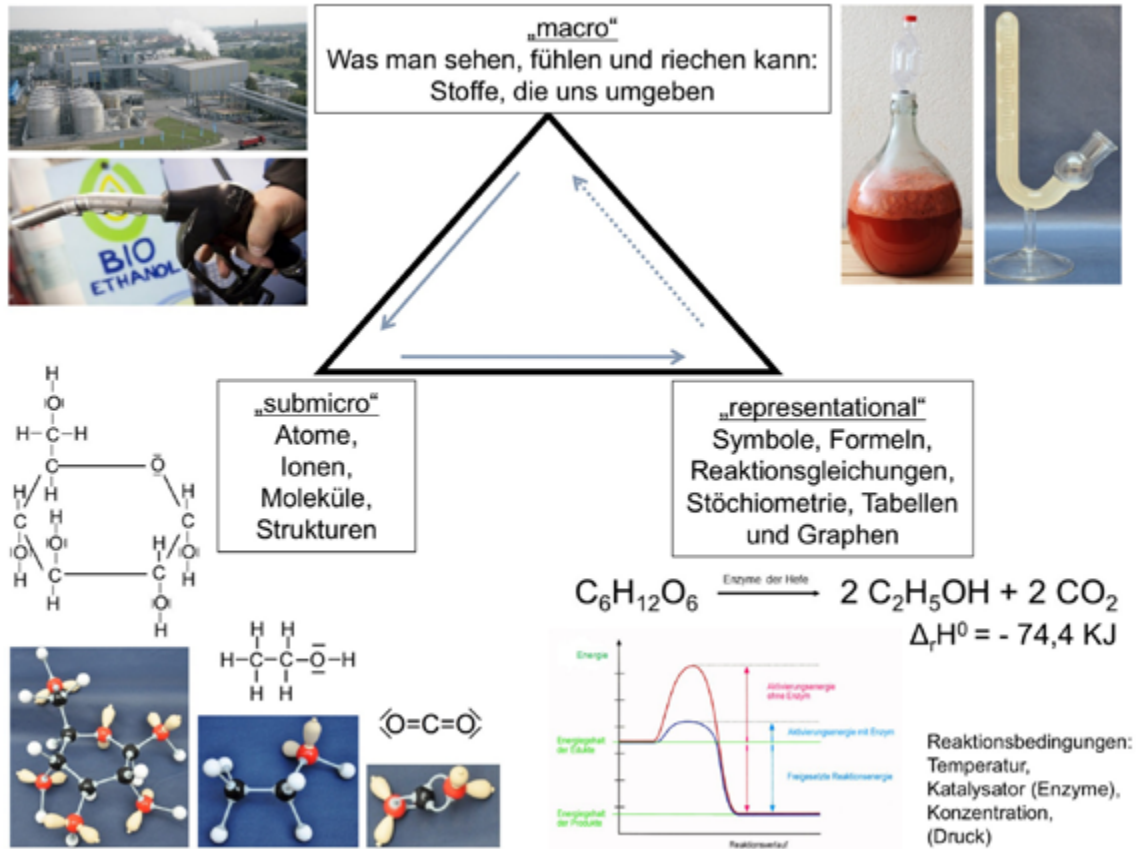


Abb. 2: nach Johnstone-Dreieck² (erweiterte Abbildung) für Bioethanolherstellung

1.3 Konzept- und Kompetenzentwicklung

Die thematischen Schwerpunkte im Lehrplan Chemie sind so gewählt, dass parallel die Kompetenzentwicklung und die Entwicklung der Basiskonzepte möglich sind (vgl. Lehrplan Kapitel 5.3, „Zur Arbeit mit dem Lehrplan Chemie“). Die im Themenfeld 8 angestrebte Kompetenzentwicklung ist im Rahmen des Unterrichts **verbindlich** zu ermöglichen.

Das Themenfeld 8 bietet Gelegenheit, chemische Reaktionen, die ggf. aus Laborversuchen bekannt sind, als im Industriemaßstab umgesetzte technische Verfahren kennen zu lernen. In den Themenfeldern 1-7 erworbenes Wissen wird angewandt und erweitert, so dass die Schülerinnen und Schüler Reaktionsgleichungen formulieren können. Dabei werden die Reaktionsbedingungen genauer betrachtet, da ihnen ökonomische und ökologische Bedeutung zukommt. Optimierungen des Verfahrens wie Stoffströme im Kreislauf und kontinuierliche bzw. diskontinuierliche Arbeitsweise stehen im Mittelpunkt. Variationen der Reaktionsbedingungen (z. B. Temperatur, Konzentration) beeinflussen die chemischen Reaktionen (z. B. Ausbeute) und entwickeln das **Basiskonzept Chemische Reaktion** weiter.

Das **Basiskonzept Energie** wird im Themenfeld 8 weiter entwickelt, indem chemische Reaktionen und technische Verfahren unter energetischem Blickwinkel betrachtet werden. Eine Optimierung ist möglich, wenn mithilfe von Katalysatoren die Energiekosten gesenkt werden. Dazu nutzen die Schülerinnen und Schüler ihr **Wissen** über chemische Reaktionen und deren Darstellung in Energiediagrammen. Außerdem wird die Energiebilanz für den Prozess mithilfe von Heiz-/Kühlsystemen nach dem Gegenstromprinzip verbessert.

Die historische Betrachtung technischer Verfahren (z. B. Haber-Bosch-Verfahren) gibt Gelegenheit, den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu reflektieren. Damit werden Kompetenzen auf dem Gebiet der **Erkenntnisgewinnung** weiter entwickelt. Am Beispiel von Bioethanol wird der Weg vom Reagenzglas bis zur technischen Anlage in Auszügen „erlebbar“, z. B. wenn Experimente zu optimalen Reaktionsbedingungen durchgeführt werden.

Ihre Kompetenzen im Bereich der **Kommunikation** entwickeln die Schülerinnen und Schüler in Themenfeld 8 weiter, indem sie zur chemischen Industrie in Rheinland-Pfalz Informationen (Daten zu wirtschaftlicher Bedeutung, Produkten, Arbeitsplätzen) aus geeignetem Material gezielt entnehmen sowie sach- und adressatengerecht präsentieren. Schülerinnen und Schüler bereiten eine Betriebserkundung vor, führen sie durch und werten sie fragengeleitet aus. Sie recherchieren und präsentieren Berufsbilder und Ausbildungsmöglichkeiten.

Technische Verfahren stellen sie mithilfe von Verfahrensfleißbildern dar bzw. präsentieren sie kriteriengeleitet und adressatengerecht.

Aspekt	Themenfeld	TF	TMS	SEF	CR	E	Stoffebene	Teilchenebene
Was ist Stoff?	Chemikers Vorstellung von den Stoffen	1	■		■		Vielfalt der Stoffe	Atom, Massenerhaltung
Stoffe gewinnen	Von der Saline zum Kochsalz	2	■	■			Kochsalz (Salze)	Ionen, Ionenbindung
Stoffe nutzen	Heizen und Antreiben	3	■		■	■	Wasserstoff, Methan (u. a. Kohlenstoffverbindungen)	Moleküle, Elektronenpaarbindung
Stoffe gewinnen	Vom Erz zum Metall	4	■	■	■		Erze, Metalle	Metallbindung
Stoffe nutzen	Sauber und schön	5	■	■			Wasser, Kohlenwasserstoffe, Alkanole	Dipol, Elektronenpaarbindung
	Säuren und Laugen	6	■	■	■		Säuren und Laugen	Ionen, Donator-Akzeptor
	Schöne neue Kunststoffwelt	7	■	■			Polymere	Makromoleküle
Stoffe neu herstellen	Vom Reagenzglas zum Reaktor	8			■	■	Produkte der chem. Industrie (nach Wahl)	Je nach gewähltem Stoff
Stoffe untersuchen	Den Stoffen auf der Spur	9	■	■	■		Wässrige Lösungen	Ionen
Stoffe verantwortungsvoll handhaben	Gefährliche Stoffe	10		■	■	■	Explosivstoffe, Giftstoffe	Je nach gewähltem Stoff
	Stoffe im Fokus von Umwelt und Klima	11		■	■	■	Kohlenstoffkreislauf	Moleküle, Ionen
Mit Stoffen Zukunft gestalten	Mobile Energieträger	12	■		■	■	Metalle	Ionen, Donator-Akzeptor

Abb. 3: Entwicklung der Basiskonzepte

TF = Themenfeld

TMS = Teilchen-Materie/Stoff

SEF = Struktur-Eigenschaft-Funktion

CR = Chemische Reaktion

E = Energiekonzept

Gefüllte Felder bedeuten:

Das entsprechende Basiskonzept wird eingeführt bzw. (weiter)entwickelt.

Felder mit Kästchen bedeuten:

Das entsprechende Basiskonzept wird genutzt bzw. angewandt.

2 VOM LEHRPLAN ZUM KOMPETENZ-ORIENTIERTEN UNTERRICHT

2.1 Die Stellung des Themenfeldes 8 im Lehrplan

Chemieunterricht vermittelt den jungen Menschen ein Bild der Chemie, das die Relevanz der Chemie im Alltag und in der Berufswelt deutlich macht und sie zur verantwortungsvollen Teilhabe an der Gesellschaft im Hinblick auf naturwissenschaftliche und technisch bezogene Entscheidungen hinführt.

Zum Verständnis der Rolle der chemischen Industrie in der heutigen Gesellschaft betrachten Schülerinnen und Schüler ihre Bedeutung für die Bundesrepublik bzw. für Rheinland-Pfalz anhand von wirtschaftlichen Kenngrößen. In Industrieunternehmen sind neben der Wirtschaftlichkeit insbesondere Nachhaltigkeit und Umweltverantwortung bei der Umsetzung einer chemischen Reaktion vom Labormaßstab in den technischen Produktionsmaßstab von zunehmender Bedeutung.

Für die einzelne Schülerin bzw. den einzelnen Schüler können die vielfältigen beruflichen Möglichkeiten in der chemischen Industrie persönlich interessant werden, so dass die Auseinandersetzung mit Berufsbildern aus dem Bereich der Chemie anzustreben ist. Betriebserkundungen als authentisches Erleben von Arbeitsplätzen sind von großem Wert. Vor Ort wird sichtbar, welche Bedeutung chemisches Fachwissen für ein Wirtschaftsunternehmen hat und was wissenschaftliche Arbeit hervorbringen kann.

Fortschritte durch chemische und technische Errungenschaften, deren Entwicklung teilweise schon vor Jahrzehnten begann (Haber-Bosch-Verfahren) und auch aktuell in der Entwicklung befindliche Verfahren (Bioethanol) sind eine Basis unseres Wohlstandes. Sie bieten Gelegenheit, die Ambivalenz solcher Errungenschaften zu diskutieren.

Die folgende Grafik verdeutlicht den Schwerpunkt im Themenfeld, der auf dem Aspekt „Stoffe neu herstellen“ liegt, und weist Möglichkeiten in Bezug auf die übrigen Aspekte aus.

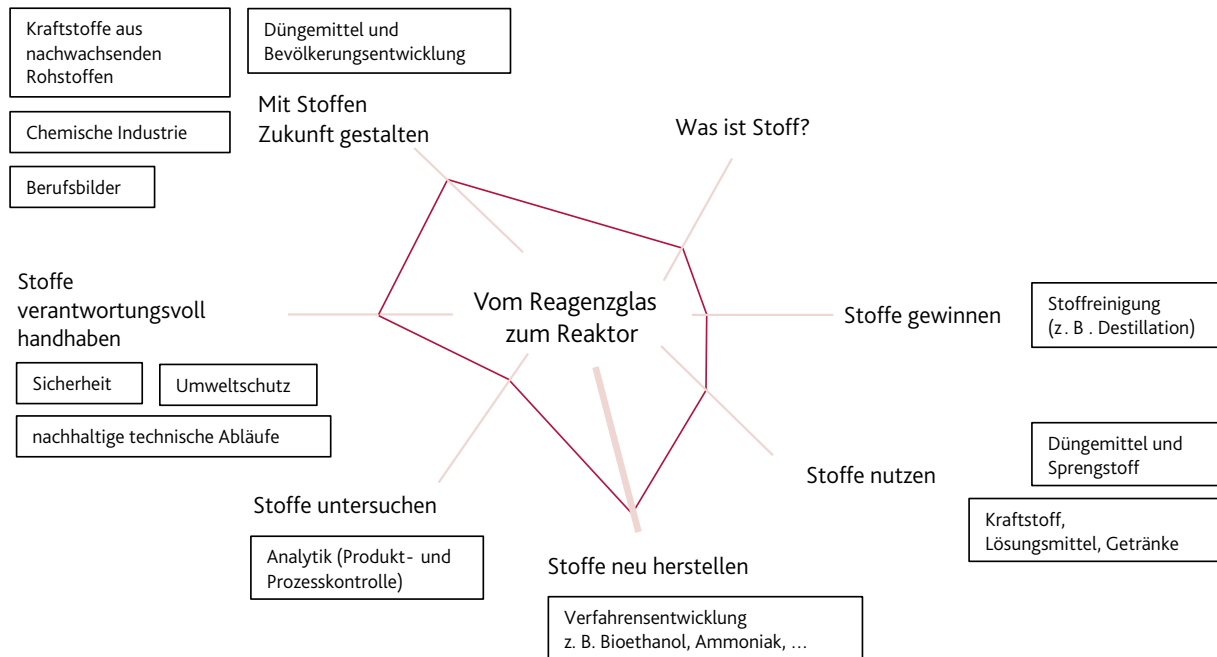


Abb. 4: Aspekte im Themenfeld 8

Auf der Stoffebene:

In diesem Themenfeld wird deutlich, dass die chemische Industrie in technischen Verfahren große Mengen wichtiger Produkte für die Gesellschaft herstellt und weiter verarbeitet.

Ein Überblick über Industriestandorte in Rheinland-Pfalz vermittelt die Vielfalt dieser Produkte und deren wirtschaftliche und gesellschaftliche Relevanz. Damit verbunden sind auch Überlegungen zu Standortbedingungen, Rohstoffvorkommen, Energiebedarf, Arbeitsplätzen und Ausbildungsmöglichkeiten.

Im Fokus stehen dabei die Herausforderungen an Chemie und Technik bei der Entwicklung von Verfahren vom Reagenzglas über den Labormaßstab bis zu großtechnischen Produktionsanlagen. Von besonderer Wichtigkeit sind die Reaktionsbedingungen, die bei der technischen Umsetzung bedeutsam sind und ggf. eine große Herausforderung darstellen.

Auf der Teilchenebene:

In den Themenfeldern 1-7 wurde bereits am Beispiel konkreter Stoffe oder Stoffgruppen ein differenziertes Teilchenmodell eingeführt und weiter entwickelt. Das in diesen Themenfeldern erworbene Konzeptwissen (Chemische Reaktion und Energie) wird in Themenfeld 8 genutzt bzw. weiterentwickelt. Damit können Schülerinnen und Schüler an dem gewählten Beispiel eines technischen Verfahrens die chemischen Abläufe auf der Teilchenebene darstellen und Reaktionsgleichungen in der Formelsprache ausdrücken.

Die Handreichungen und ergänzende Onlinematerialien stehen zum Download bereit unter <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/chemie/unterricht.html>.

Besonderheit im Themenfeld 8 ist die Vermittlung der zentralen Idee von der Bedeutung der Chemischen Industrie in Deutschland.

Die Herstellung von chemischen Erzeugnissen gehört zu den bedeutendsten Industriebranchen in Deutschland. Gemessen am Umsatz liegt sie hinter dem Straßenfahrzeugbau, dem Maschinenbau und knapp hinter der Elektro- und Elektronikindustrie auf Rang 4, gemessen an der Anzahl der Beschäftigten auf Rang 5.

Erzeugnisse der chemischen Industrie werden in nahezu allen Produktionszweigen eingesetzt. Kaum eine andere Industriebranche weist eine so breite Kundenstruktur auf. Die größten Abnehmer sind – neben der Chemieindustrie selbst – die gummi- und kunststoffverarbeitende Industrie, private Haushalte (vor allem über die Nachfrage nach Reinigungs- und Pflegemitteln), das Textil-, Bekleidungs- und Ledergewerbe, der Automobilbau, das Baugewerbe, die Papier- und Druckindustrie, die Metallerzeugung und die Pharmaindustrie. Deutschland ist eines der wenigen Länder, die sowohl eine starke Basischemie als auch eine große Spezialchemie vorweisen können.

In Rheinland-Pfalz ist die chemische Industrie mit deutlichem Abstand der umsatzstärkste Wirtschaftszweig. Über 80% der Erzeugnisse werden zur Weiterverarbeitung an andere Industriezweige geliefert. Das macht die Chemie in Rheinland-Pfalz zur Schlüsselindustrie.

Neben dem weltgrößten zusammenhängenden Industriestandort, der BASF, wird die Struktur von kleinen (weniger als hundert Mitarbeiter) und mittelständischen (weniger als fünfhundert Mitarbeiter) Unternehmen bestimmt.

Viele Schülerinnen und Schüler entscheiden sich für eine Ausbildung in diesen Betrieben. Über 50 abwechslungsreiche Berufe und Studiengänge stehen zur Verfügung. Neben den „üblichen“ Berufen, die die Nähe zu dem Unterrichtsfach Chemie deutlich zeigen, z. B. Chemiker, Chemielaborant, pharmazeutisch-technischer Assistent u. a. gibt es viele Bereiche, die naturwissenschaftliches bzw. chemisches Fachwissen benötigen, aber in anderen Bereichen angesiedelt sind.

Chemisches Fachwissen wird nicht nur zur Erzeugung oder Verarbeitung von chemischen Produkten benötigt, sondern auch z. B. in der Verfahrenstechnologie, Lebensmittelindustrie, der Pharmazie, dem Baugewerbe, der Medizin, der Biologie, den Umweltwissenschaften, der Getränkeherstellung, der Wasserwirtschaft, der Feuerwehr, der Kriminalistik, dem Katastrophenschutz, der Pyrotechnik, der Agrarindustrie u. v. m.

Dieses Bewusstsein gilt es zu vermitteln.

2.2 Die Themenfeld-Doppelseite

TF 8: Vom Reagenzglas zum Reaktor	
<p>Stoffe zu gewinnen bzw. neu herzustellen ist heute kaum mehr ein Problem. Eine ganze Reihe von Stoffen wird jedoch in so großen Mengen benötigt, dass ihre Herstellung die Möglichkeiten eines Labors weit überschreitet. Allerdings kann man nicht einfach dieselben Prozesse und Verfahren vom Labormaßstab auf die industriellen Verfahren übertragen. Energiekosten, Rohstoffressourcen und Umweltverträglichkeit etwa spielen bei Großverfahren eine deutlich wichtigere Rolle.</p> <p>Vor diesem Hintergrund werden in diesem Themenfeld die Produktionsabläufe, die Berufsbilder und die wirtschaftlichen Aspekte eines der bedeutendsten Wirtschaftszweige Deutschlands, insbesondere auch in Rheinland-Pfalz, betrachtet. Außerschulische Lernorte vermitteln dies authentisch und können mit schulischen Maßnahmen zur Berufsorientierung verknüpft werden.</p> <p>Bei einer Betriebserkundung nehmen Schülerinnen und Schüler neben den Produktions- und Umweltaspekten auch wirtschaftliche, soziale und berufliche Aspekte in den Blick. Sie beschäftigen sich mit Berufsbildern und Anwendungsbereichen chemischer Kenntnisse in der Industrie, um die Vielfalt der Berufe bewusst zu machen.</p> <p>Die Schwerpunkte auf der Stoff- und Teilchenebene ergeben sich aus dem gewählten Unterrichtsbeispiel. Die Auswahl sollte sich an der Vermittlung technischer Abläufe orientieren und Gelegenheit bieten, Fragen der Nachhaltigkeit einzubeziehen.</p>	
<p>Kompetenzen: Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • stellen Produktionsprozesse schematisch dar, • erstellen Reaktionsgleichungen zu technischen Prozessen, • stellen Berufsbilder adressatengerecht dar, bei denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind, • entwickeln Kriterien, erheben Daten und werten Daten aus (z. B. Produkte, Arbeitsplätze, Wirtschaftsfaktor, Umweltrelevanz), um die Bedeutung der chemischen Industrie für Rheinland-Pfalz zu erfassen. 	
<p>Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:</p> <p>Auf der Stoffebene:</p> <p>Technische Verfahren sind Systeme chemischer Reaktionen, von denen Teile im Kreislauf geführt werden. Sie werden nach bestimmten Aspekten optimiert (Produktionskosten, Eduktrückgewinnung, Ausbeute, Umweltbelastung, Energieaufwand, ...).</p> <p>Chemische Reaktionen werden durch Variation der Reaktionsbedingungen gesteuert. (CR)</p> <p>Um die Energiebilanz von technischen Verfahren zu optimieren, wird die an die Umgebung abgegebene Energie möglichst sinnvoll genutzt (Heizung durch Fernwärme, Vorwärmen der Edukte).</p> <p>Um die Aktivierungsenergie herabzusetzen, werden in der Regel Katalysatoren eingesetzt. (E)</p>	<p>Fachbegriffe:</p> <p>Ausbeute kontinuierliche und diskontinuierliche Produktionsweise</p> <p>Gegenstromprinzip Energiebilanz Aktivierungsenergie Katalysator</p>

Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung:

```

    graph TD
      Center[Vom Reagenzglas zum Reaktor] --- GKG[Geschichte und Kultur]
      Center --- TLG[Tägliches Leben und Gesundheit]
      Center --- TI[Technologie und Industrie]
      Center --- UV[Umwelt und Verantwortung]
      
      GKG --- GKG1[Chemie in der Industrie in Rheinland-Pfalz]
      GKG --- GKG2[Industriekultur (z. B. Völklinger Hütte)]
      GKG --- GKG3[Unternehmensgeschichte]
      GKG --- GKG4[Produktionsgeschichte (z. B. Nylon, Indigo, Düngemittel)]
      GKG --- GKG5[...]
      
      TLG --- TLG1[Berufe in der Industrie]
      TLG --- TLG2[Arbeitsschutz]
      TLG --- TLG3[Schülerbetriebspraktikum]
      TLG --- TLG4[...]
      
      TI --- TI1[Reaktionsbedingungen]
      TI --- TI2[Verfahrensfließbild]
      TI --- TI3[Vom Labormeißstab über das Technikum zum Betrieb]
      TI --- TI4[...]
      
      UV --- UV1[Kriterien für die Standortauswahl von Unternehmen]
      UV --- UV2[Stoffströme]
      UV --- UV3[Umweltschutz in Betrieben]
      UV --- UV4[...]
    
```

Differenzierungsmöglichkeiten:

G: Für ein Grundverständnis wichtiger technologischer Prinzipien ist ein einfaches Verfahren sinnvoll. Einfache Informationsquellen (z. B. Sachtexte, Schaubilder) sind ausreichend für die Beschreibung von Produktionsabläufen. Die Optimierung technischer Verfahren wird ausreichend durch den Zerteilungsgrad, das Vorwärmen der Edukte bzw. den Einsatz von Katalysatoren erklärt. Zugunsten schülernaher, alltagsbezogener Aufgaben (z. B. Recherche von Berufsbildern in der regionalen Industrie, bei denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind) kann auf eine vertiefte Betrachtung der chemischen Reaktionen verzichtet werden.

V: Werden technische Verfahren im Kontext von Industrieentwicklung vertieft betrachtet, können Schülerinnen und Schüler sie um eine Diskussion gesamtgesellschaftlicher Bewertungen ergänzen. Prozessbeschreibungen auf der Basis mathematisierter Darstellungsarten (z. B. Fließdiagramm, Energie-, Konzentrations- oder Ausbeutediagramme) sind anspruchsvoller. Reaktionsgleichungen vertiefen die fachsprachliche Kompetenz. Die Bewertung/Deutung/Ableitung von Prozessoptimierungen (z. B. Druck, Konzentration, Kreislaufprinzip, Wärmetauscher) ist fächerübergreifend und eher für leistungsstarke Lernende geeignet.

Bezüge:

NaWi --	Biologie TF 12 Biotechnologie
Chemie TF 1 Chemische Reaktion, Edukt, Produkt TF 3 Energiewandlung	Physik TF 7 Moderne Wissenschaft TF 8 Thermischer Energiestrom und seine Steuerung TF 9 Ströme und ihre Steuerung TF 10 Energie, Wirkungsgrad

Abb. 5: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Chemie“, S. 80-81

2.3 Von der Themenfeld-Doppelseite zur Unterrichtsplanung

Das Themenfeld 8 wird, wie jedes Themenfeld des Chemielehrplans, in Form einer Themenfeld-Doppelseite dargestellt. In den einzelnen Rubriken finden sich neben den verbindlichen Teilen auf der linken Seite auch fakultative Elemente rechts.

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

Die Planung beginnt mit der Auswahl eines den Intentionen des Themenfeldes entsprechend geeigneten Kontextes. Anregungen dazu geben die Rubriken der Themenfeld-Doppelseite, aktuelle Ereignisse, Medienberichte, regionale Gegebenheiten, die Sammlung in der Schule oder besondere Interessen von Lehrkräften und der Lerngruppe. Ein Kontext ist dann geeignet, wenn er

- einen Ausschnitt aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler darstellt,
- die Intentionen des Themenfeldes transportieren kann,
- Anlass bietet, die Basiskonzepte zu bearbeiten,
- Aktivitäten für die vorgesehene Kompetenzentwicklung ermöglicht,
- in einem angemessenen Zeitrahmen zu bearbeiten ist.

In der Begegnungsphase lernen die Schülerinnen und Schüler mit Hilfe von ausgewähltem Datenmaterial die chemische Industrie als bedeutenden Wirtschaftsfaktor in Rheinland-Pfalz kennen.

Onlinematerial:

PDF_IHK_Die groessten Arbeitgeber in RLP

PDF_Faszinierend Facettenreich_chemische Industrie in RLP

PDF_Elementare Vielfalt_Deine Ausbildung in der Chemie-Branche

In diesem Themenfeld erreicht man durch einen regionalen Bezug bei der Auswahl eines Betriebes für eine Betriebserkundung eine höhere Motivation und entwickelt bei Schülerinnen und Schülern das Bewusstsein für chemierelevante Arbeitsplätze und Berufsbilder bei in der Region ansässigen Unternehmen.

Auswahl des Unternehmens mit seinem chemischen Produkt

Vorrang hat ein Unternehmen, in dem eine chemische Reaktion im Zentrum des Produktionsprozesses steht.

Solche Betriebe werden nicht immer der chemischen Industrie zugerechnet. Beispiele sind Brauereien oder Kellereien, bei denen die Gärungsreaktion im Vordergrund steht, die aber der Landwirtschaft zugerechnet werden. Diese Betriebe sind gut geeignet für die Intentionen des Themenfeldes.

Andererseits gibt es Betriebe, die der chemischen Industrie zugerechnet werden, die aber einen vorproduzierten Stoff mit physikalischen Verfahren verarbeiten. Auch solche Betriebe sind für eine Erkundung bedingt geeignet, weil dort Verfahrensschritte und Verfahrensabläufe zu beobachten sind, die über Prozessbedingungen optimiert werden (Temperatur, Geschwindigkeit von Fließbändern, ...).

Die Publikation „Die größten Arbeitgeber in Rheinland-Pfalz“ der IHK Arbeitsgemeinschaft Rheinland-Pfalz gibt der Lehrkraft Anregungen für die Auswahl eines geeigneten Unternehmens. Zu beachten ist, dass die Liste nicht mehr ganz aktuell ist und ggf. Unternehmen fehlen, die der Veröffentlichung nicht zugestimmt haben (Onlinematerial LE1 als pdf).

Wichtig ist die Gestaltung der einführenden Lernsituation. Sie soll den Unterricht zügig in die Richtung der vorgesehenen fachlichen Inhalte führen, d. h. die Gedanken und Fragen von Schülerinnen und Schülern in diese Richtung lenken. Nicht alle Äußerungen und Fragen lassen sich sinnvoll in den Chemieunterricht integrieren. Hier steuert die Lehrkraft, um die Inhalte in Beziehung zu anderen Naturwissenschaften und zu gesellschaftlichen Belangen zu setzen und gleichzeitig ein Ausufern zu verhindern.

Aktuelle Presseartikel, ggf. mit regionalem Bezug zu einem Unternehmen, fokussieren anschließend den Unterricht auf ein Unternehmen, seine mitunter technisch komplexe Produktion/Verarbeitung und die chemiespezifischen beruflichen Perspektiven.

Onlinematerial:

EL_ZeitungRheinpfalz_BASF

EL_Brauereibesuch vorbereiten

Mögliche Schülerfragen, die sich bei der Begegnung mit dem ausgewählten Betrieb ergeben, sind in der folgenden Tabelle dargestellt und können nach und nach bearbeitet werden.

Mögliche Schülerfragen	Fachlicher Inhalt
Was wird produziert?	Stoff (Produkt)
Wozu braucht man das?	als Verbraucherendprodukt, als Zwischenprodukt zur Weiterverarbeitung
Wie wird es produziert?	Chemische Reaktion
Welche (Roh-)stoffe werden gebraucht? Woher bekommt man sie?	Stoffströme
Wie funktioniert eine Anlage?	Reaktionsbedingungen Prozessbild
Hat die Produktion Auswirkungen auf die Umwelt? Gibt es Abfallstoffe?	Stoffströme, Umweltrelevanz
Wie viel wird produziert? Wie kann eine Anlage mehr/effektiver produzieren?	Ausbeute Prozessoptimierung: Temperatur, Konzentration, Katalysator, kontinuierliche und diskontinuierliche Produktionsweise
Wie werden diese Bedingungen kontrolliert und gesteuert?	Messgeräte, Steuerung und Regelung, z. B.: Temperatur: Thermofühler, Thermostat
Wieviele kosten die Rohstoffe? Welche Kosten verursacht die Produktion?	Produktionskosten
Wie lässt sich die Qualität des Produkts messen?	(eigenes) Labor, Analytik (TF 9)
Welche Sicherheitsbestimmungen gelten in der Anlage und warum?	Sicherheit, Gefährliche Stoffe (TF 10)
Wie hoch sind die Energiekosten?	Energiebilanz
Wie kann man Energie sparen?	Gegenstromprinzip
Wie viele Beschäftigte und welche Berufe gibt es in dem Betrieb?	Berufsbilder Berufsorientierung
Welchen Beruf kann ich lernen?	
Was muss ich für den Beruf können bzw. mitbringen?	
Wo sind die Standorte der Ausbildungsbetriebe?	

Bei der Gestaltung der Erarbeitungsphasen achtet die Lehrkraft auf den Zusammenhang zum Kontext, auf die Möglichkeit zur Kompetenzentwicklung für alle Schülerinnen und Schüler und nutzt die Differenzierungsvorschläge der Themenfeld-Doppelseite. Absprachen mit den Lehrkräften anderer Fächer werden durch die Rubrik „Bezüge“ erleichtert.

Kompetenzen

Die folgende Übersicht zeigt einige Zusammenhänge zwischen den Kompetenzbereichen und den konkreten Kompetenzen dieses Themenfeldes.

Die Schülerinnen und Schüler können ...		TF 8	Schülerinnen und Schüler ...
... naturwissenschaftliche Konzepte zur Problemlösung nutzen.	Umgang mit Fachwissen		... stellen Produktionsprozesse schematisch dar.
... mit Geräten, Stoffen, Verfahren umgehen.			
... Fachwissen strukturieren und Erklärungszusammenhänge herstellen.		■	
... naturwissenschaftlich untersuchen, experimentieren.	Erkenntnisgewinnung		... erstellen Reaktionsgleichungen zu technischen Prozessen.
... modellieren.		■	
... naturwissenschaftliche Erkenntnisse bzw. den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess reflektieren.		■	
... Informationen sachgerecht entnehmen.	Kommunikation	■	... stellen Berufsbilder adressatengerecht dar, bei denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind.
... sach- und adressatengerecht präsentieren und dokumentieren.		■	
... naturwissenschaftlich argumentieren und diskutieren.			
... Bewertungskriterien festlegen und anwenden.	Bewertung		... entwickeln Kriterien, erheben Daten und werten Daten aus, (z. B. Produkte, Arbeitsplätze, Wirtschaftsfaktor, Umweltrelevanz).
... Handlungsoptionen erkennen und aufzeigen.			
... Sachverhalte naturwissenschaftlich einordnen und (multiperspektivisch) bewerten.		■	

Abb. 6 : Kompetenzentwicklung im Themenfeld 8

Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

Fachinhalte werden im neuen Lehrplan immer in Basiskonzepte eingebunden, um den Schülerinnen und Schülern über die Jahre hinweg einen systematischen Aufbau der Konzepte der Chemie zu ermöglichen. In den beiden Rubriken „Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte“ und „Fachbegriffe“ der Themenfeld-Doppelseite werden die Schwerpunkte der Fachinhalte so gesetzt, dass das angestrebte Konzeptverständnis erreicht werden kann. Die verbindlich von den Schülerinnen und Schülern im Unterricht zu verwendenden Fachbegriffe sind explizit aufgeführt.

Die folgende Übersicht weist die konkreten Umsetzungen von Teilkonzepten der Basiskonzepte aus (vgl. Lehrplan S. 174-182).

Teilkonzepte Chemische Reaktion (CR)	Themenfeld 8
Stoffkreisläufe werden als Systeme chemischer Reaktionen aufgefasst.	Technische Verfahren sind Systeme chemischer Reaktionen, von denen Teile im Kreislauf geführt werden.
Chemische Reaktionen werden durch Variation der Reaktionsbedingungen gesteuert.	Technische Verfahren werden nach bestimmten Aspekten optimiert (Produktionskosten, Edukt-rückgewinnung, Ausbeute, Umweltbelastung, Energieaufwand, ...).
	Chemische Reaktionen werden durch Variation der Reaktionsbedingungen gesteuert.
Teilkonzepte Energie (E)	Themenfeld 8
Die Energie wird mit Hilfe von Energieträgern transportiert.	Stoffe sind Energieträger. Bei chemischen Reaktionen entstehen neue Stoffe mit anderem Energiegehalt.
Der Wirkungsgrad gibt an, welcher Anteil der eingesetzten Energie auf den gewünschten Träger wechselt.	Chemische Reaktionen und technische Verfahren werden unter energetischem Aspekt optimiert.
	Um die Energiebilanz von technischen Verfahren zu optimieren, wird die an die Umgebung abgegebene Energie möglichst sinnvoll genutzt (Heizung durch Fernwärme, Vorwärmen der Edukte).
	Um die Aktivierungsenergie herabzusetzen, werden in der Regel Katalysatoren eingesetzt.

Ein Schwerpunkt dieses Themenfeldes ist die Weiterentwicklung des Basiskonzeptes **Chemische Reaktion**. Es beschreibt die Veränderungen von Stoffen aus makroskopischer und aus submikroskopischer Sicht.

In den vorangegangenen Themenfeldern wurde makroskopisch die chemische Reaktion mithilfe von Merkmalen charakterisiert, die sich auf die stoffliche Veränderung sowie auf den Energieumsatz beziehen (Themenfelder 1, 3, 4, 6, 7).

In diesem Themenfeld richtet sich der Schwerpunkt auf die Reaktionsbedingungen. Abhängig vom gewählten Beispiel sollte grundsätzlich darauf eingegangen werden, wie das technische Verfahren mithilfe verschiedener Prozessparameter zur Steigerung der Ausbeute bzw. Senkung der Produktionskosten (Energiekosten) optimiert werden kann/wird.

Das Basiskonzept **Teilchen–Materie/Stoff** findet Anwendung, wenn das ausgewählte technische Verfahren auf der Teilchenebene und mit Reaktionsgleichungen dargestellt wird.

Das in Themenfeld 3 schwerpunktmäßig bearbeitete Basiskonzept **Energie** wird hier weiterentwickelt. Bei technischen Verfahren ist man bestrebt, die Kosten für die eingesetzte Energie möglichst zu minimieren, weil sie ein wichtiger Faktor sind. Daneben sind auch ökologische Betrachtungen, die zu Energieeinsparungen führen, erstrebenswert. Das gewählte technische Verfahren wird hinsichtlich dieser Kriterien erörtert und die Energieebene der chemischen Reaktion (exotherm, endotherm) beurteilt.

Der Begriff des Katalysators wird eingeführt und seine Rolle mit dem Energiediagramm beschrieben.

Mit Wärmetauschern, die nach dem Gegenstromprinzip arbeiten, lernen die Schülerinnen und Schüler effiziente Energienutzung kennen.

Zusammentragen, Reflektieren, Anwenden

Zum Abschluss der Erarbeitung werden die Ergebnisse zusammengetragen und der Arbeitsprozess reflektiert.

Onlinematerial: Post-Organizer oder Concept Map/Mindmap

Im Rahmen der Dekontextualisierung wenden die Schülerinnen und Schüler ihr Wissen in neuen Zusammenhängen an und verankern es nachhaltig. Die Anwendung von Wissen erfolgt herausgelöst aus dem ursprünglichen Kontext und wird so zu Konzeptwissen.

Onlinematerial: ÜV_Verfahrensfließbilder lesen

Um Sicherheit und Selbstvertrauen zu gewinnen ist es wichtig, dass Schülerinnen und Schüler die neu gewonnenen Konzepte und Kompetenzen anwenden. Für diesen Schritt eignen sich angemessene Aufgaben.

Onlinematerial: ÜV_Vom Reagenzglas zum Reaktor

2.4 Überblick über die Kontexte des Themenfeldes

Die Umsetzung des Themenfeldes erfolgt mittels schüler naher, lebensweltlicher **Kontexte**. Jeder Kontext ist spezifisch gegliedert und in der Lage, die Intentionen des Themenfeldes umzusetzen.

Die Vorgaben des Lehrplans im Bereich der Kompetenzen und der Konzepte lassen sich in **Lerneinheiten** gliedern. Dabei entstehen diese „Einheiten“ insbesondere durch die Zugehörigkeit zu einem fachlichen Konzept bzw. durch eine systematische fachliche Betrachtung.

In der praktischen unterrichtlichen Umsetzung ergibt sich, dass die Inhalte der hier vorgestellten Lerneinheiten nicht zwingend zeitlich aufeinanderfolgend behandelt werden müssen. Im Rahmen der Betrachtung verschiedener Kontexte kann es sinnvoll sein, die Inhalte der verschiedenen Lerneinheiten in einer veränderten und in Bezug auf den jeweiligen Kontext angepassten Reihenfolge zu unterrichten.

Die Grafik zeigt Zugangsmöglichkeiten zur Planung des Themenfeldes, ausgehend von verschiedenen Kontexten. Der gewählte Kontext beinhaltet, genau wie alle Alternativen, die ausgewiesenen Schwerpunkte der Konzeptentwicklung. Die rechts abzweigenden Felder stellen mögliche Vertiefungen dar. Im Sinne der Dekontextualisierung wird ein weiterer Kontext gewählt, um erworbene Kompetenzen und Konzepte anzuwenden und zu üben.

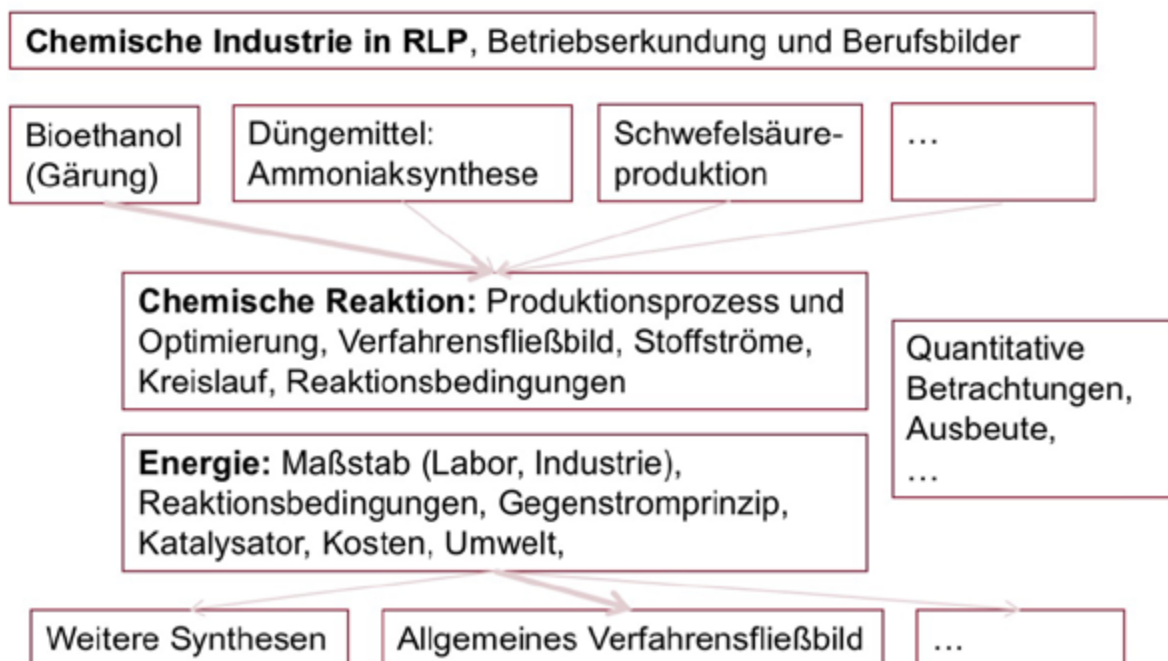


Abb. 7: Struktur des Themenfeldes 8

Kontext Ammoniak

Rheinland-pfälzischen Schülerinnen und Schülern ist die BASF als größtes Wirtschaftsunternehmen in Rheinland-Pfalz (und der Welt) wahrscheinlich bekannt, regional sind ggf. Familienangehörige dort tätig. Das Unternehmen bietet viele Ausbildungs- und Beschäftigungschancen.

Unter Schullaborbedingungen sind Experimente zur Ammoniaksynthese nicht möglich. Der Fokus des Unterrichts wird auf die historische Leistung von Haber und Bosch gerichtet. Schülerinnen und Schüler erfahren konkret, was wissenschaftliche Forschung antreibt und erreichen kann. Ammoniak leistet als Grundstoff für die Düngemittelherstellung einen wesentlichen Beitrag zur Sicherung der Welternährung. Seine Synthese war allerdings auch für die Sprengstoffherstellung im ersten Weltkrieg entscheidend und macht die Ambivalenz wissenschaftlicher Erkenntnisse deutlich.

Noch heute erfolgt die Ammoniaksynthese im Wesentlichen nach dem Verfahren von Haber und Bosch. Es basiert auf einer „einfachen“ chemischen Reaktion. Allerdings muss sie in der Mittelstufe um die Behandlung des chemischen Gleichgewichts didaktisch reduziert werden.

Das technische Verfahren selbst bietet gute Anknüpfungspunkte, um Reaktionsbedingungen zu diskutieren und die wirtschaftliche Bedeutung von Katalysatoren herauszuarbeiten. Es ist in Vorbereitung auf die Oberstufe möglich, die Wirkungsweise eines Katalysators auch auf der Teilchenebene zu thematisieren.

Kontext Bioethanol

Ethanol wird in ganz unterschiedlichen Zusammenhängen hergestellt, beispielsweise als Trinkalkohol, als Lösungsmittel und als Kraftstoff im Gemisch mit Benzin. Bisweilen entsteht er auch als Nebenprodukt, so bei der Herstellung von Hefeteig. Seine Herstellung oder Verwendung ist den Schülerinnen und Schülern in der Regel bekannt.

Zur Schonung fossiler Energieträger stellt man seit einigen Jahren Ethanol für Kraftstoff aus zucker- oder stärkehaltigen Pflanzen her.

Der Kontext Bioethanol bietet in besonderem Maße die Möglichkeit, einfache, preiswerte und ungefährliche Experimente durchzuführen. Die Gärungsreaktion selbst ist mit dem Vorwissen des vorausgegangenen Unterrichts leicht zu verstehen. Vor diesem Hintergrund kann der Fokus des Unterrichts auf die Beeinflussung der Reaktion durch die Reaktionsbedingungen (Konzentration, Temperatur, Katalyse) und die Herausforderungen durch die Veränderung des Maßstabs gelegt werden (Prozessoptimierung).

Beispielhaft für die beiden in dieser Handreichung ausgewählten Kontexte ist hier aufgeführt, was sie leisten können.

	Kontext Bioethanol	Kontext Ammoniak
Bezug zu Rheinland-Pfalz	CropEnergies/Südzucker	BASF
Schülerrelevanz	eher mehr	eher weniger
Geschichte	„uralt“ (alkoholische Gärung)	Liebig, Haber-Bosch, BASF
Anbindung an vorherige Themenfelder	Stoffebene: Treibstoff in TF 3, Ethanol in TF 5 Trennverfahren: Destillation in TF 2	Stoffebene: Methan und Wasserstoff in TF 3, Ammoniak in TF 6
Komplexität der chemischen Reaktionen	Edukte und Produkte aus TF 5 (Ethanol) und 7 (Stärke) bekannt	Edukte und Produkte aus TF 3 und 6 bekannt
Teilchenebene	komplex	einfach
energetische Betrachtung der chemischen Reaktion	chemische Energie des Zuckers liefert bei der Gärung etwas Energie für die Lebensprozesse der Hefe, Wärme und das energiereiche Produkt Alkohol	Gesamtbilanz mathematisch mithilfe der Bindungsenthalpien darstellbar (keine Berücksichtigung der Teilreaktionen, kein Gleichgewicht)
Experimente im Unterricht	Gut möglich (Enzyme der Hefe, Gärung, Einfluss von Temperatur, Konzentration)	Kaum möglich
Verfahrensfließbild	Neben der eigentlichen chemischen Reaktion sind die Gewinnung des Edukts (Stärkeverzuckerung) und die Reinigung des Produkts (u.a. Destillation) vermittelbar.	Neben der eigentlichen chemischen Reaktion ist die Gewinnung des Edukts (Synthesegas) vertiefend und die Abtrennung des Produkts grundlegend vermittelbar.
Prozessoptimierung	Biokatalysator, Kreislaufprinzip	Gegenstrom- und Kreislaufprinzip, Katalysator
Bewertungskompetenz	Nahrung versus Kraftstoff	Dünger versus Sprengstoff
Anschlussfähige Themenfelder	TF 11 Klimawandel, CO ₂ -neutral	TF 10 Gefährliche Stoffe, Sprengstoff

2.5 Differenzierungsmöglichkeiten

Die unter dieser Rubrik in der Lehrplan-Doppelseite gegebenen Hinweise beziehen sich sowohl auf unterschiedlich leistungsstarke Lerngruppen als auch auf das leistungsdifferenzierte Arbeiten innerhalb einer Lerngruppe. Der mit „G“ gekennzeichnete Abschnitt reduziert das Themengebiet auf ein grundlegendes Verständnis, der mit „V“ gekennzeichnete Abschnitt zeigt mögliche Vertiefungen und Erweiterungen, um leistungsstärkeren Schülerinnen und Schülern gerecht zu werden.

In jedem Kontext zum Themenfeld 8 passt die Lehrkraft den Unterricht in Bezug auf die Gewichtung von Stoff- und Teilchenebene an.

Grundverständnis:

Die Recherche von Berufsbildern, bei denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind, ist – auch wegen der bevorstehenden Berufswahl – besonders wichtig.

Um die Rolle der Chemischen Industrie in Rheinland-Pfalz deutlich werden zu lassen, kann man die Anzahl an Quellen zur Datenentnahme reduzieren bzw. fertige Grafiken nutzen.

Bei der Behandlung des gewählten chemischen Prozesses werden einfache Verfahrensfließbilder, Filme sowie einfache Sachtexte verwendet.

Die gewählte chemische Reaktion wird mit einer Wortgleichung und nur ggf. mit einer Formelgleichung dargestellt. Auf eine vertiefte Betrachtung auf der Teilchenebene wird verzichtet.

Prozessoptimierungen werden durch den Einsatz von Katalysatoren und Wärme(austausch) erreicht. Einfache Energiediagramme (vgl. Themenfeld 3) stellen dies ausreichend dar.

Vertiefung:

Im Hinblick auf die Sekundarstufe II bearbeiten Schülerinnen und Schüler mehrere Quellen und erstellen die Grafiken zur Rolle der Chemischen Industrie in Rheinland-Pfalz selbst.

Der gewählte technische Prozess wird mit Verfahrensfließbildern aus tiefer gehenden Sachtexten und Filmen selbst erstellt.

Die Auswertung der Verfahrensfließbilder und Prozessoptimierungen mithilfe mathematisierter Darstellungsarten (Diagramme und Graphen) erfordert einen höheren Abstraktionsgrad.

Dieser ist auch bei der Betrachtung der Wirkungsweise eines Katalysators auf der Teilchenebene notwendig.

Eine Energiebilanzierung bei der Bindungsspaltung und Bindungsausbildung nutzt vertieftes Wissen aus den vorangegangenen Themenfeldern.

3 ZU DEN LERNEINHEITEN

Die im Kap 2.4 vorgeschlagenen Kontexte lassen sich in Lerneinheiten gliedern. Sie entstehen insbesondere durch die Zugehörigkeit zu einem fachlichen Konzept bzw. durch eine systematische, fachliche Betrachtung.

In der unterrichtlichen Umsetzung ergibt sich, dass die Inhalte der hier vorgestellten Lerneinheiten nicht zwingend zeitlich aufeinanderfolgend behandelt werden müssen. Es kann sinnvoll sein, die Inhalte der verschiedenen Lerneinheiten in einer veränderten und in Bezug auf den jeweiligen Kontext angepassten Reihenfolge zu unterrichten.

Im Zentrum einer jeden Lerneinheit steht die Konzept- und Kompetenzentwicklung.

Lerneinheiten		Schwerpunkt der Konzeptentwicklung	Schwerpunkt der Kompetenzentwicklung
1	Die chemische Industrie in RLP, Betriebserkundung und Berufsbilder Daten erheben und auswerten zu Produkten, Arbeitsplätzen, Wirtschaftsfaktor, Umweltrelevanz		Kommunikation Bewertung
2	Chemische Reaktionen in technischen Verfahren Stoffströme, Kreislaufprinzip, Produktionsprozess, kontinuierliche und diskontinuierliche Arbeitsweise, Verfahrensfließbild	Chemische Reaktion	Erkenntnisgewinnung Kommunikation
3	Prozessoptimierung Reaktionsbedingungen, Rohstoffressourcen, Umwelt und Ausbeute, Gegenstromprinzip	Chemische Reaktion	Erkenntnisgewinnung Umgang mit Fachwissen
4	Energie im Fokus von technischen Verfahren Maßstab (Labor, Industrie), Aktivierungsenergie, Katalysator, Reaktionsbedingungen, Gegenstromprinzip, Kosten, Umwelt	Energie	Erkenntnisgewinnung Umgang mit Fachwissen

Nach den im Lehrplan für das Themenfeld 8 festgelegten Schwerpunkten der Konzept- und Kompetenzentwicklung ergeben sich diese vier Lerneinheiten, die grundsätzlich auf jeden vorgeschlagenen Kontext anwendbar sind. Die unterrichtliche Abfolge der Lerneinheiten richtet sich nach der Sachlogik in der Beantwortung der auftretenden Fragen und kann daher von der numerischen Folge abweichen.

Die in den folgenden Tabellen vorgestellten Lerneinheiten enthalten jeweils entsprechende Materialien, mit denen sie umgesetzt werden können. Nach der Vorstellung der Lerneinheiten schließen sich zwei exemplarische Unterrichtsgänge (Kapitel 4.2) an.

LE 1: Die chemische Industrie in Rheinland-Pfalz, Betriebserkundung und Berufsbilder		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: „Wusstest du, dass ...“ Aktuelle Wirtschaftsdaten aus Rheinland-Pfalz, aktuelle Medienberichte, Vorbereitung einer Betriebserkundung		
Schülerinnen und Schüler ...		
... entwickeln Kriterien, erheben Daten und werten Daten aus (z. B. Produkte, Arbeitsplätze, Wirtschaftsfaktor, Umweltrelevanz), um die Bedeutung der chemischen Industrie für Rheinland-Pfalz zu erfassen.	... leiten die Bedeutung der chemischen Industrie für RLP aus entsprechenden Daten ab. ... recherchieren Informationen und charakterisieren verschiedene Unternehmen der chemischen Industrie in RLP zu vereinbarten Kriterien.	Kriterien zur Beschreibung eines Unternehmens sind: Ökonomie, Produktion und Qualitätskontrolle, Betrieb und Umwelt, Betrieb als Arbeitsplatz, Ausbildung und Berufsbilder
... stellen Berufsbilder adressatengerecht dar, bei denen chemische Kenntnisse von Bedeutung sind.	... sammeln Fragen zu einem Berufsbild. ... bereiten ein Mitarbeiterinterview vor. ... erstellen eine Präsentation zu einem Berufsbild. ... dokumentieren eine Betriebserkundung (Protokoll, Fotos, Bericht für die Homepage ...).	
Material/Medien		
LE1_Die groessten Arbeitgeber in RLP_IHK_mit excel		
LE1_Chemiewirtschaft in Zahlen_VCI_mit excel		
LE1_Excel_Anleitung		
LE1_Chemische Industrie in RLP		
LE1_Chemische Berufe Recherche_Webquest		
LE1_RLP_Unternehmensportrait		
LE1_Arbeitsanleitung Betriebserkundung		
LE1_Checkliste Vorbereitung Betriebserkundung		
LE1_Mitarbeiterinterview		
LE1_Links zur chemischen Industrie		
LE1_ppt_Chemische Industrie in Zahlen		
PDF_IHK_Die groessten Arbeitgeber in RLP		
PDF_Faszinierend Facettenreich_chemische Industrie in RLP		
PDF_Elementare Vielfalt_Deine Ausbildung in der Chemie-Branche		

Chemie in Zahlen

Schülerinnen und Schüler bekommen einen Eindruck von einigen Unternehmen, z. B. der Unternehmensgröße, dem Tätigkeitsfeld, der Anzahl der Arbeitsplätze, dem Standort, der Umweltrelevanz und setzen Daten in Beziehung zu denen anderer Branchen. Intendiert ist die Mitwirkung der Lernenden an der Erstellung einer Kriterienliste zur Charakterisierung eines Unternehmens.

Methodisch-didaktisch bietet sich eine Vielfalt von Möglichkeiten der Umsetzung an, von freier Recherche bis zur angeleiteten Ermittlung bestimmter Informationen z. B. für ein Unternehmensportrait aus vorgegebenen Quellen.

Das Material sieht auch die Übertragung tabellarischer Daten in eine Grafik (mit Hilfe von Excel) vor und leistet damit einen Beitrag zur Entwicklung der u.a. im Medienkompass für die Sekundarstufe I vorgesehenen Kompetenzen.

Mögliche Rechercheergebnisse können sein, dass

- das Gelände der BASF in Ludwigshafen der weltgrößte zusammenhängende Chemiestandort ist,
- die Struktur der chemischen Industrie ansonsten von kleinen und mittelständischen Unternehmen geprägt ist,
- die chemische Industrie ein breites Produktsortiment herstellt,
- die chemische Industrie in Rheinland-Pfalz mit deutlichem Abstand der umsatzstärkste Wirtschaftszweig ist und über 80% der Produkte innerhalb der Industrie weiterverarbeitet werden,
- die chemische Industrie in Rheinland-Pfalz über 63.000 Arbeitsplätze bereithält,
- es in den Betrieben über 50 abwechslungsreiche Ausbildungsberufe gibt,
- die sogenannten MINT-Berufe den Großteil der Ausbildungsmöglichkeiten in der chemischen Industrie bilden,
- man nach vielen Studiengängen in der Chemie gute Verdienstmöglichkeiten, sichere Arbeitsplätze und interessante Karrieremöglichkeiten finden kann,
- die Chemie die Schlüsselindustrie für Energiewende, Klimaschutz und Elektromobilität ist,
- wesentliche Innovationen mit der Chemie aus Rheinland-Pfalz möglich sind:
Nanotechnologie, moderne Klebstoffe, Medikamente, Bakterien als Rohstofflieferanten z. B. für Knorpel, Multimedia (Glasfaserkabel, Flüssigkristallbildschirme, ...).

(Beispiele für Rechercheergebnisse unter Verwendung von:
Auf einen Blick: Chemische Industrie 2017, www.vci.de/Publikationen)

Betriebserkundung

„Die Betriebserkundung ist eine Unterrichtsmethode, die Schülerinnen und Schülern in einer Exkursion einen Ausschnitt der komplexen Arbeits- und Wirtschaftswelt erfahrbar macht. Betriebserkundungen werden zwar im Betrieb durchgeführt, sie unterliegen jedoch der schulischen Organisation und Integration in deren Lernprogramm. Es handelt sich also nicht um einen Lernort neben der Schule, sondern um eine unterrichtliche Methode zur Einbeziehung von betrieblicher Praxis in den Lernort Schule.“ (Karst, 1984, S.1)

Wann und wo immer regional möglich, ist die Betriebserkundung einer Recherche vorzuziehen. Bei der Auswahl eines Unternehmens ist zu berücksichtigen, dass die Anwendung chemischer Reaktionen zwar in vielen Betrieben von Bedeutung ist, diese Betriebe aber möglicherweise nicht der chemischen Industrie im engeren Sinne zugerechnet werden.

Betriebserkundungen können grundsätzlich unter folgenden Blickwinkeln gestaltet werden: Produktionstechnik, Ökonomie, Ökologie, Soziales und Berufskunde.

Vom Fachunterricht her steht der produktionstechnische Blickwinkel rund um die chemischen Produkte bzw. chemischen Reaktionen im Unternehmen im Vordergrund.

In diesem Themenfeld kommt dazu, dass der Lehrplan den chemiespezifisch-berufskundlichen Blickwinkel besonders betont. Er eröffnet Perspektiven für einen Ausbildungs- oder Arbeitsplatz. Verzahnt mit den Lerneinheiten 2 und 3 liegen Fragen für eine Betriebserkundung auf der Hand (siehe Kapitel 2.3, Kontextfragen).

Fächerübergreifendes Arbeiten mit dem Fach Sozialkunde ist hilfreich. Dort werden Betriebserkundungen entsprechend unter anderen Blickwinkeln durchgeführt.

„Kapitel 4: Ausgehend von den Richtlinien zur Ökonomischen Bildung an allgemeinbildenden Schulen in Rheinland-Pfalz wurden in den Lernfeldern Verknüpfungsmöglichkeiten mit dem Themenfeld „Wirtschaft“ aufgezeigt. Weil ökonomische Prozesse zunehmend komplexer werden und zugleich für junge Menschen die Notwendigkeit wächst, sich kompetent im Wirtschaftsleben zu bewegen, müssen Wirtschaftsabläufe für Jugendliche verstärkt im Unterricht thematisiert werden. Hierfür eignen sich auch die fächerübergreifenden Projekte. [...]

Kapitel 5: Lernfelder des Fachlehrplans Sozialkunde; Lernfeld II.1 Wirtschaft

Fachkompetenz: Sie benennen Merkmale der Sozialen Marktwirtschaft, erklären grundlegende ökonomische Zusammenhänge, analysieren den Umgang mit eigenen und fremden Ressourcen und begründen die Notwendigkeit nachhaltiger ökonomischer Entscheidungen.

Kommunikationskompetenz: Sie verbalisieren Schaubilder, Grafiken etc. und präsentieren ihre Ergebnisse adressatengerecht. [...]

Möglichkeiten zur Öffnung von Schule: Betriebserkundung – dabei Gespräche mit Auszubildenden und Jugendvertretern.“

(Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur (Hrsg.) (2016), S. 148, 156-157.)

Berufsorientierung

Chemisches Fachwissen wird nicht nur zur Erzeugung oder Verarbeitung von chemischen Produkten benötigt, sondern auch z. B. in der Lebensmittelindustrie, der Pharmazie, dem Baugewerbe, der Medizin, der Biologie, den Umweltwissenschaften, der Getränkeherstellung, der Wasserwirtschaft, der Feuerwehr, der Kriminalistik, dem Katastrophenschutz, der Pyrotechnik, der Agrarindustrie, der Verfahrenstechnologie, der Biotechnologie u. v. m.

Für die Lernenden ist es beeindruckend, in welchen Unternehmen chemisches Wissen relevant ist. Über 50 abwechslungsreiche Berufe und Studiengänge, z. B. Biotechnologie oder Verfahrenstechnik, stehen zur Verfügung.

Die Chemieverbände bieten Portale zur Recherche:

<http://www.chemie-rp.de/ausbildung.html>

<http://www.elementare-vielfalt.de/>

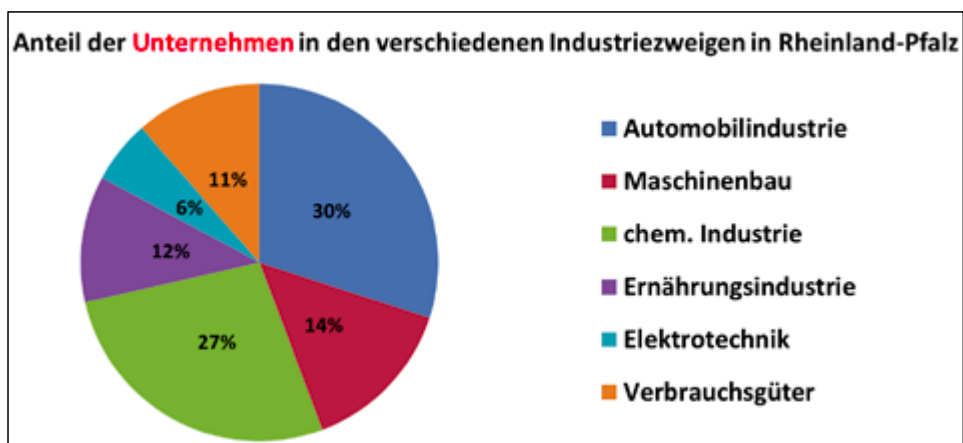
Die internetbasierte Erkundung unterstützt die Lernenden, persönliche Berufsinteressen zu erkennen, einen Überblick über die Vielfalt an Branchen zu gewinnen sowie Unternehmen kennenzulernen. Darüber hinaus leistet sie einen Beitrag zur Entwicklung von Medienkompetenz.

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 1:



Quelle: Chemieverbände Rheinland-Pfalz, <http://www.chemie-rp.de/>

Prozentualer Anteil der Unternehmen in den verschiedenen Industriezweigen in Rheinland-Pfalz		
Industriezweig	Anzahl der Betriebe	Prozentualer Anteil
Automobilindustrie	21	30,0
Maschinenbau	10	14,3
Chemische Industrie	19	27,1
Ernährungsindustrie	8	11,4
Elektrotechnik	4	5,7
Verbrauchsgüter	8	11,4
Summe:	70	100



Zusätzliche Materialien:

■ Rheinland-Pfalz

Chemie in Rheinland-Pfalz; Kurzüberblick über die chemische Industrie in Rheinland-Pfalz und deren Geschichte.

<http://www.chemie-rp.de/chemie-in-rheinland-pfalz.html>

Jahresbericht der Chemieverbände Rheinland-Pfalz (Ausgabe 2016/17); Zahlen zur Bedeutung der chemischen Industrie in RLP.

<http://www.chemie-rp.de/presse-und-publikationen/publikationen.html>

Service-Portal Elementare Vielfalt

Ausbildungskampagne der Chemie-Arbeitgeberverbände; interaktive Online-Tools und modernes Informationsangebot für Lernende und Lehrende bei der Berufsorientierung.

<https://www.elementare-vielfalt.de/lehrer.html>

■ Bundesrepublik Deutschland

Faltblatt: Auf einen Blick: Chemische Industrie 2017

<https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/chemische-industrie-auf-einen-blick.jsp>

Eine alphabetische Liste vieler Betriebe mit einer kurzen Vorstellung der Unternehmensgeschichte.

<http://www.wirtschaftsgeschichte-rlp.de/a-z.html>

Schulpartnerschaft Chemie; Angebote zur Unterrichtsförderung, Unterrichtsmaterialien, Lehrerkooperation, Lehrerweiterbildung

<https://www.vci.de/fonds/schulpartnerschaft/seiten.jsp>

Chemiewirtschaft in Zahlen; ausführliche Excel-Tabellen nach verschiedenen Kriterien

<https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/chemiewirtschaft-in-zahlen.jsp>

Pressemeldungen von regionalen chemischen Betrieben, z. B.

http://www.solvay.de/de/binaries/Nbz_Hoeningen_2-15-264800.pdf

Chemische Industrie und Verdienstmöglichkeiten im Vergleich „Top Ten“, z. B.

<http://www.gehaltsvergleich.com/gehalt>

Information über Berufsbilder mithilfe von Videoclips, z. B.

<https://youtu.be/-Nx08ffjPb8>

LE 2: Chemische Reaktionen in technischen Verfahren		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Eine Betriebserkundung vorbereiten/nachbereiten. Einen Film von einem Produktionsprozess sehen.		
Schülerinnen und Schüler ...		
... erstellen Reaktionsgleichungen zu technischen Prozessen. ... stellen Produktionsprozesse schematisch dar.	... formulieren den betrachteten chemischen Vorgang als Reaktionsgleichung. ... erstellen ein Verfahrensfließbild aus einem Film oder einem Text.	Kreislauf kontinuierlicher und diskontinuierlicher Betrieb Verfahrensfließbild
Material/Medien		
Ammoniak LE2_NH3_Grundchemikalie LE2_NH3_Prozessschema LE2_NH3_DreiEbenenDarstellung LE2_ppt_NH3_Prozessbausteine LE2_NH3_Teilchenebene_CR	Bioethanol LE2_Bioeth_Verwendung LE2_Bioeth_DreiEbenenDarstellung LE2_3_ppt_Bioeth_Prozessbausteine_Prozessbilder LE2_3_G_ppt_Bioeth_Prozessbausteine_Prozessbilder LE2_G_Bioeth_Puzzle dir eine Bioethanolanlage LE2_Bioeth_Teilchenebene_CR LE2_SV_Gaerung	
LE2_BatchFlow_mit Bsp und Modellversuch		

Nach den übergeordneten Betrachtungen zur chemischen Industrie und ihrer Bedeutung für Deutschland und insbesondere für Rheinland-Pfalz richtet die Lehrkraft mit ihren Schülerinnen und Schülern den Blick auf ein bestimmtes Unternehmen mit einem konkreten Produktionsprozess.

Die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler beschränken sich i. d. R. auf kleine Maßstäbe wie beim Kochen oder Backen in der heimischen Küche oder auf chemische Reaktionen in Reagenzgläsern oder Kolben in der Schule. Der Aufbau einer technischen Anlage zur Herstellung eines Produkts und die darin ablaufenden Vorgänge sind dagegen bisweilen komplex.

Die Schülerinnen und Schüler erlangen in dieser Lerneinheit eine Vorstellung von den Dimensionen einer Produktionsanlage und den damit verbundenen technischen Herausforderungen. Neben der originalen Begegnung während einer Betriebserkundung sind Filme über das ausgewählte technische Verfahren geeignet.

Die Kenntnis über die zugrundeliegende chemische Reaktion erleichtert das Verständnis für das Verfahren. Für die Lernenden ist es hilfreich, die Vorgänge vereinfacht darzustellen.

Grundverständnis:


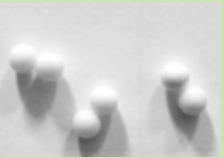

Man braucht Ausgangsstoff(e), die in einer Apparatur unter bestimmten Bedingungen zusammengebracht werden und reagieren und erhält Produkt(e).



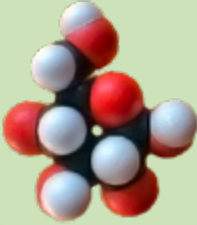
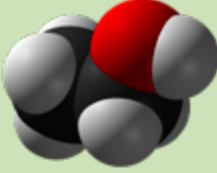
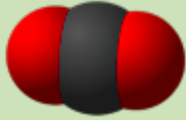
Abb. 8: Schema einer chemischen Reaktion in technischen Verfahren

Die chemische Reaktion wird mit einer Wortgleichung und nur ggf. mit einer Formelgleichung dargestellt. Auf eine vertiefte Betrachtung auf der Teilchenebene wird verzichtet. Mit der bereits bekannten Drei-Ebenen-Darstellung kann die Verschränkung von Stoff- und Teilchenebene erfolgen.

Beispiel Ammoniaksynthese

Stoffebene <i>Eigenschaft</i>	nicht brennbares, farbloses Gas	+	brennbares, farbloses Gas	→	stechend riechendes, farbloses, wasserlösliches und giftiges Gas
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Stickstoff	+	Wasserstoff	→	Ammoniak
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>		+		→	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> <i>(ohne erkennbare Bindungen)</i>	N₂	+	3 H₂	→	2 NH₃

Beispiel Bioethanolherstellung

Stoffebene <i>Eigenschaft</i>	kristalliner, weißer Feststoff	→	farblose Flüssigkeit	+	farbloses Gas
Stoffebene <i>Wortschema</i>	Glukose	→	Ethanol	+	Kohlenstoffdioxid
Teilchenebene <i>Kugelschema</i> (ohne erkennbare Bindungen)		→		+	
Teilchenebene <i>Formelschema</i> (ohne erkennbare Bindungen)	$C_6H_{12}O_6$	→	$2 C_2H_5OH$	+	$2 CO_2$

Vertiefung:

Komplexer wird die Betrachtung, wenn man die Teilchenebene mithilfe des eingeführten Teilchenmodells ausdifferenziert sowie auf der Stoffebene die Gewinnung/Herstellung der Edukte aus Stoffen in der Natur und die Abtrennung/Reinigung/Konzentration der Produkte einbezieht.

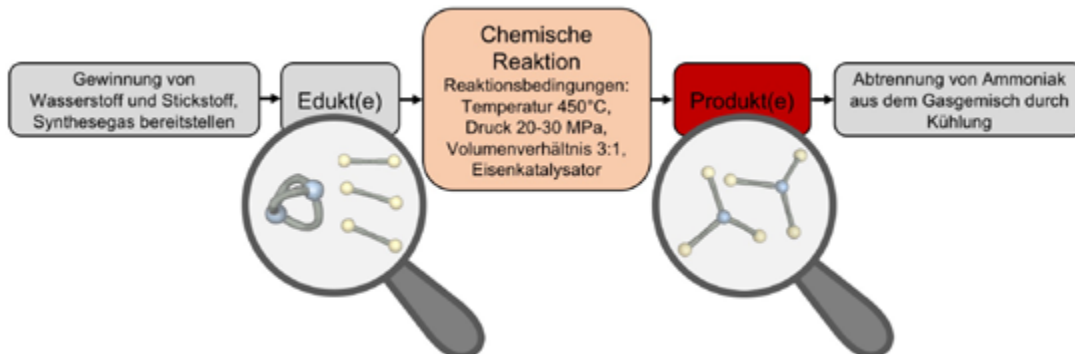


Abb. 9: erweitertes Schema (Ammoniaksynthese)

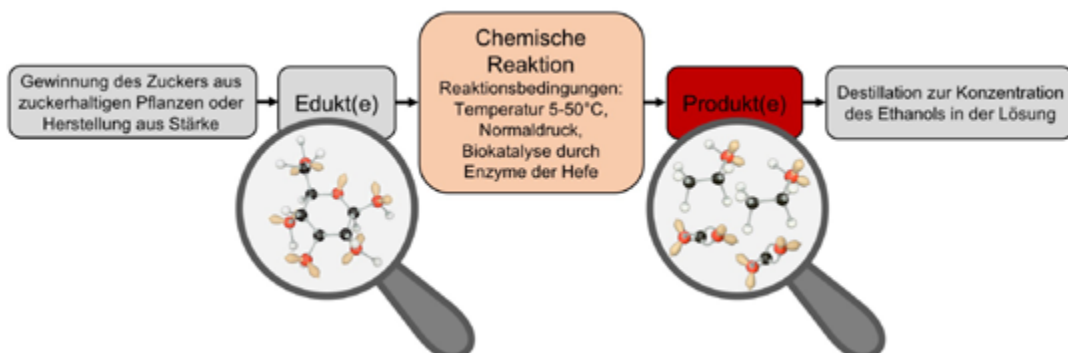


Abb. 10: erweitertes Schema (Bioethanolherstellung)

Die Betrachtung der eigentlichen chemischen Reaktion im Reaktor führt zur Auswertung/Bewertung der tatsächlichen Reaktionsbedingungen, die Inhalt von LE 3 und LE 4 sind.

Verfahrensfließbilder von Produktionsanlagen visualisieren die großtechnische Herstellung von chemischen Produkten und reduzieren die Komplexität von Fotografien. Schülerinnen und Schüler abstrahieren und schaffen Übersicht im Wirrwarr der Leitungen komplexer Anlagen. Sie identifizieren das Kreislaufprinzip und das Gegenstromprinzip (LE 3).

Grundverständnis:

Nach einer Betriebserkundung oder einem Video/Film können die Lernenden auf der Basis der zugrunde liegenden chemischen Reaktion und eines Verfahrensfließbildes einfache Stoffströme beschreiben.

Vertiefung:

Leistungsstarke Lerngruppen kommentieren ein Verfahrensfließbild ohne Hilfen oder entwickeln es auf der Basis von geeignetem Material selbstständig.

Das Onlinematerial enthält zum Kontext Bioethanol eine darauf abgestimmte Serie von Folien (LE2_3_G_ppt_Bioeth_Prozessbausteine_Prozessbilder). Mit diesem Material wird ein komplexes Verfahrensfließbild in einzelnen Schritten angeleitet entwickelt und unter verschiedenen Fragestellungen genutzt. Das Lesen und Vergleichen von im Internet verfügbaren Verfahrensfließbildern kann an mehreren Beispielen geübt werden. Möglichkeiten der Prozessoptimierung, wie sie zu den LE 3 und LE 4 gehören, werden behandelt.

In den einzelnen Abschnitten der Präsentation wird die jeweilige Fragestellung fokussiert. Zur Bearbeitung nutzen Schülerinnen und Schüler einen Text. In diesem sind zur Differenzierung jeweils die notwendigen Begriffe oder Textstellen farbig markiert. Mit dieser Präsentation steht der Lehrperson ein flexibel einsetzbares Material zur Verfügung. Es kann an die Bedingungen der Lernsituation angepasst, differenzierend eingesetzt bzw. auszugsweise an verschiedenen Stellen des Unterrichtsganges verwendet werden.

Ein weiteres Material (LE2_G_Bioeth_Puzzle dir eine Bioethanol-Anlage) ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, die Bauteile selbst zu platzieren.

Zum Kontext Ammoniak liegt ein entsprechendes, kürzer gehaltenes Material im PowerPoint-Format vor (LE2_ppt_NH3_Prozessbausteine).

Ein Onlinematerial zur kontinuierlichen und diskontinuierlichen Betriebsweise (LE2_BatchFlow_mit Bsp und Modellversuch) führt in die unterschiedlichen Möglichkeiten der Prozessführung ein. Analogien zwischen dem Kochen im Kochtopf zu Hause und den Reaktorkesseln in einem technischen Verfahren erleichtern das Verständnis für die diskontinuierliche Betriebsweise. Die kontinuierliche Betriebsweise kann durch ein Beispiel im Unterricht erklärt und an einem einfachen Beispiel vorgestellt und geübt werden. Einen vergleichenden Modellversuch entwickeln die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig.

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 2:

Die Ammoniak-Synthese

Mögliche Arbeitsaufträge:

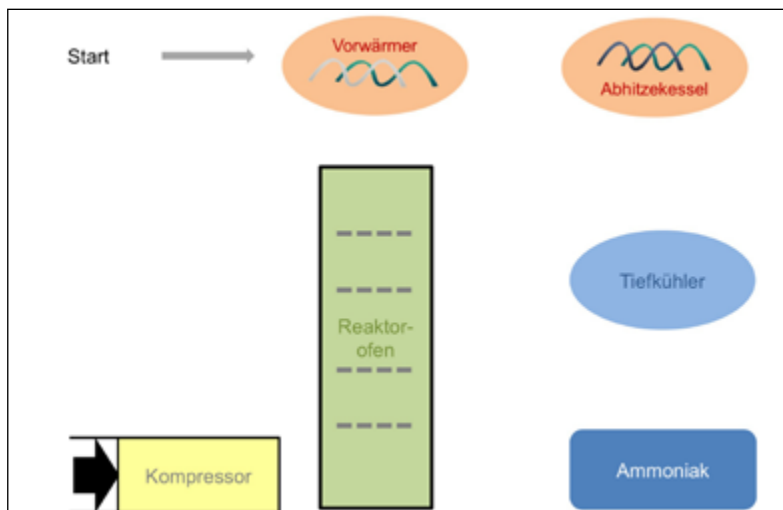
1. Betrachte den Film und notiere die Prozessschritte.

<https://www.basf.com/de/de/company/about-us/sites/ludwigshafen/commitment-for-the-region/education/angebote-7-13/unterrichtsmaterialien/Ammoniaksynthese.html>

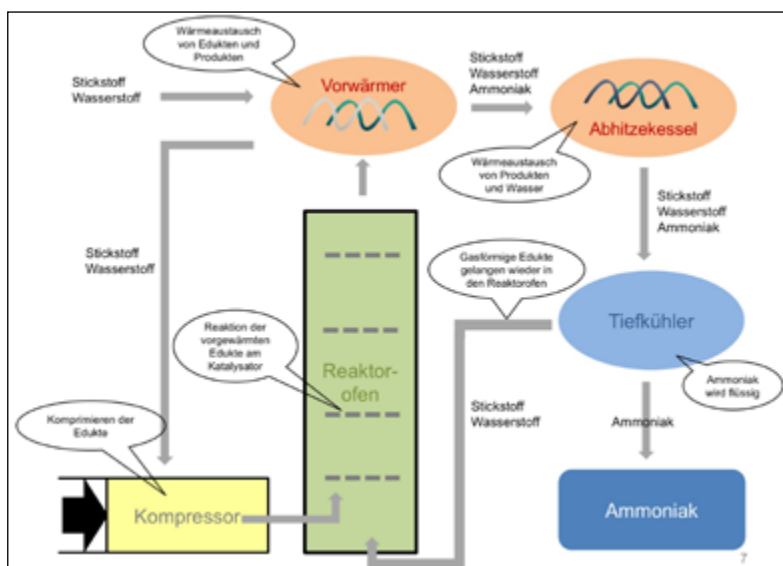
<https://www.youtube.com/watch?v=uL83uYZ5sm8>

(Alternative: Lies den Text und notiere die Prozessschritte.)

2. Vervollständige das Verfahrensfließbild. Zeichne die Stoffströme mit Pfeilen ein und notiere in kurzen Sätzen die in den Bauteilen ablaufenden Vorgänge.



Mögliche Lösung:



Die Bioethanolherstellung

Text: Der Prozess der Bioethanol-Produktion

- Zur Gewinnung von Bioethanol werden zerkleinerte, stärkehaltige Pflanzen verwendet, z. B. Getreide. Zugegebene Enzyme setzen die Stärke in wässriger Umgebung im **Maischebottich** zu Zucker um. Aktuelle Forschung befasst sich mit der Einsetzbarkeit zellulosehaltiger Pflanzenbestandteile.
- Alternativ kann Zuckersaft auch aus zuckerhaltigen Pflanzen (z. B. Zuckerrüben) isoliert werden. Dies geschieht in **Zuckerfabriken**.
- Im **Gärbottich** setzt zugegebene Hefe Zucker zu Ethanol um. Die Hefe enthält die notwendigen Enzyme. Dieser Vorgang heißt Gärung. Als weiteres Gärungsprodukt entsteht Kohlenstoffdioxid.
- Nach dem Gärprozess wird durch **Destillation** ein Gemisch von Alkohol und Wasser von einem Rückstand (Schlempe) abgetrennt.
- Zur Verwendung von Alkohol als Kraftstoff muss Ethanol eine Konzentration von über 99,5% haben. Um die Konzentration an Alkohol zu erhöhen, sind Destillationen und weitere Reinigungsschritte notwendig.
- Der hochprozentige Alkohol wird an Tankstellen als Treibstoff eingesetzt.
- Die Schlempe wird im **Dekanter** entwässert. Getrocknet und gepresst entsteht eiweißreiches Viehfutter. Um Energie zu sparen, verwertet man die getrocknete Schlempe zur Beheizung der Destillationsanlage. Schlempe nutzt man auch als Rohstoff in **Biogasanlagen**. Diese leisten als Heizgas einen Beitrag zur Versorgung mit Gas (Methan), Strom und Wärme.

Quellen: <https://www.bdbe.de/bioethanol/verfahren> <https://de.wikipedia.org/wiki/Bioethanol>

Mögliche Arbeitsaufträge:

Nutze den Text „Der Prozess der Bioethanol-Produktion“.

Erstelle ein **Verfahrensfließbild**:

- Skizziere (schematisch) die Bauteile und beschrifte sie.
- Zeichne die Stoffströme mit beschrifteten Pfeilen ein.
- Notiere in Stichpunkten die in den Bauteilen ablaufenden Vorgänge.

Identifiziere die **Prozessabschnitte**:

- die zentrale Stelle in diesem Prozess, bei der das eigentliche Produkt entsteht
- den Prozessabschnitt, bei dem die Rohstoffe vorbereitet werden
- die Prozessschritte, die der Reinigung und Konzentration des Produkts dienen
- die Schritte zur weiteren Verwendung von Reststoffen

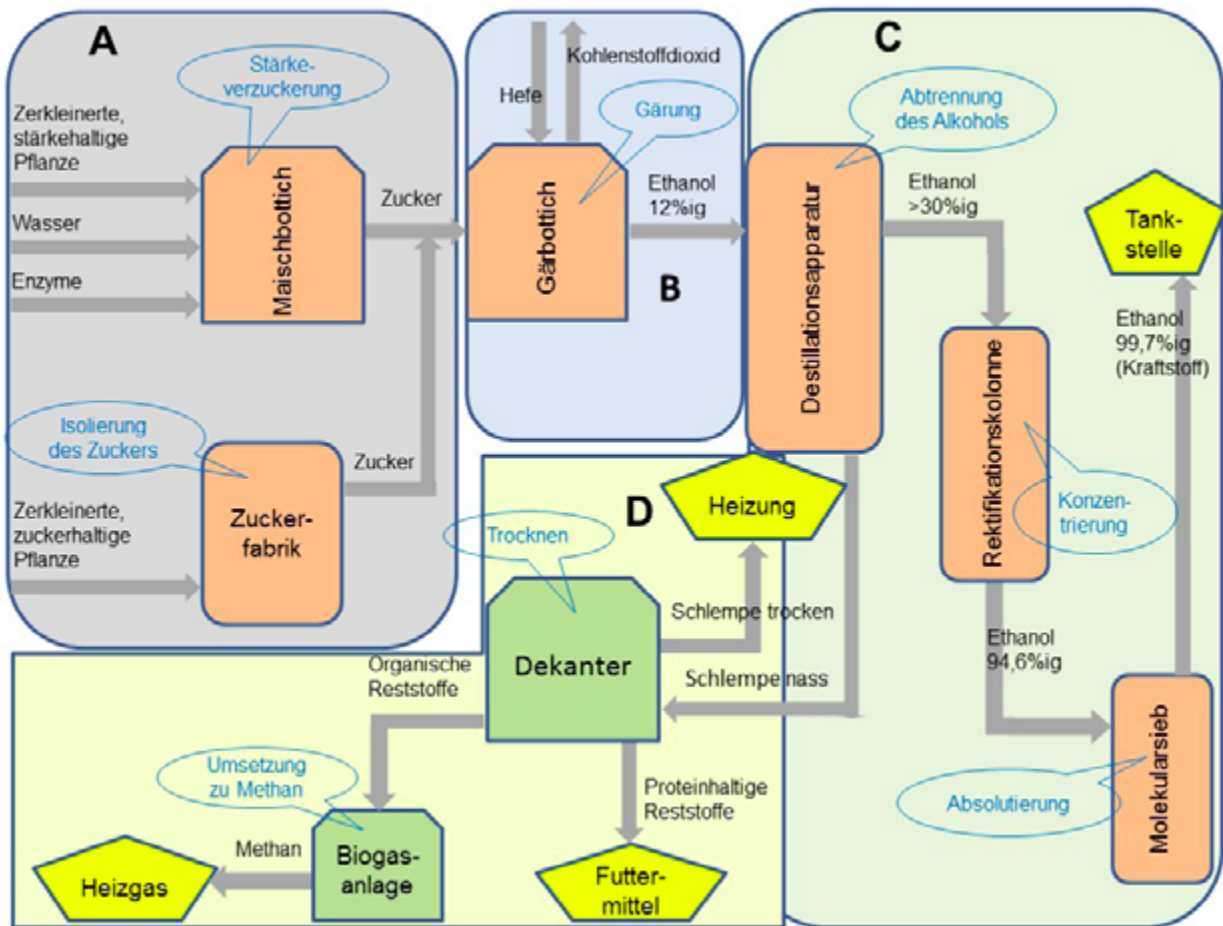
Markiere die Stellen im Prozess, an denen **chemische Reaktionen** stattfinden.

Formuliere eine (Wort-)Gleichung für die Gärung.

Kennzeichne die Maßnahmen im Prozess, die der **Schonung von Ressourcen und der Energieeinsparung** dienen. Diskutiere die Begriffe Kreislauf, Gegenstromprinzip, Katalyse und Nachhaltigkeit am Beispiel der Bioethanol-Produktion.

Vergleiche dein Verfahrensfließbild mit verschiedenen **recherchierten Abbildungen**.

Mögliche Lösung:



LE 3: Prozessoptimierung		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen:		
Film: 044 „Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik - Dünger aus der Luft“, https://www.youtube.com/watch?v=LCmI9cDJ-dA		
Bioethanol (Experimente), Verfahrensfließbild eines alkoholproduzierenden Betriebes		
Schülerinnen und Schüler ...		
... argumentieren und diskutieren naturwissenschaftlich.	... diskutieren Möglichkeiten der Prozessoptimierung. ... überprüfen (ggf. experimentell) Variationen der Versuchsbedingungen (z. B. Konzentration, Druck). ... vergleichen den Labormaßstab mit dem Industriemaßstab. Vertiefung: ... erstellen und nutzen mathematisierte Darstellungen (Diagramme und Graphen)	Ressourcen Umwelt Prozessoptimierung: Ausbeute
Material/Medien		
Ammoniak	Bioethanol	
LE3_NH3_Duenger aus der Luft_Film	LE3_Bioeth_Schema_Prozessoptimierung	
LE3_NH3_Schema_Prozessoptimierung	LE3_4_SV_Bioeth_Gaerung_TempAbhg	
LE3_NH3_Diagramme_Prozessoptimierung	LE3_Bioeth_Vom Hefeteig zur Industrieanlage	
	LE3_Bioeth_Lösung_Vom Hefeteig zur Industrieanlage	
LE3_Text_Prozessoptimierung		

Die Schülerinnen und Schüler haben ein technisches Verfahren kennengelernt. Für ein Unternehmen ist es von essentieller Bedeutung, die Prozesse zu optimieren, um konkurrenzfähig zu bleiben (ökonomisches Kriterium) und gleichzeitig die entsprechenden Umweltauflagen (ökologisches Kriterium) zu berücksichtigen.

Optimierungen können sein:

Produktionskosten senken

■ Ausbeute steigern

Grundsätzlich sucht man nach den optimalen Reaktionsbedingungen für die maximale Ausbeute. Dies bezieht sich auch auf die Konzentration bzw. den Druck bei den Edukten. Dem gegenüber stehen die Kosten für diese Bedingungen. Es muss ein wirtschaftlicher Kompromiss gefunden werden, auch ggf. unterhalb der maximalen Ausbeute „zu arbeiten“. Auch mit der Erhöhung des Zerteilungsgrades (bei Edukten und Katalysator) lässt sich in einer bestimmten Zeit eine größere Menge Produkt erzeugen.

Ammoniaksynthese:

Die Ammoniak-Ausbeute in Abhängigkeit vom Druck und von der Temperatur können Schülerinnen und Schüler mit Hilfe von Diagrammen diskutieren. Dabei ist es zu diesem Zeitpunkt nicht intendiert, das Prinzip von Le Chatelier und damit die Gleichgewichtsreaktion einzuführen.

Bioethanolherstellung:

Schülerinnen und Schüler untersuchen experimentell einige Einflussfaktoren zur Steigerung der Ausbeute: die Zuckerkonzentration, die Hefekonzentration und ihre Verteilung im Medium, die Temperatur.

■ Edukte zurückgewinnen

Die bei einem Reaktionsprozess entstehenden Produkte enthalten oft auch noch Edukte, die nicht reagiert haben. Diese können nach der Abtrennung wieder in den Prozess zurückgeführt werden (Kreislaufprinzip).

Ammoniaksynthese:

Die Lernenden erkennen im Schaubild (LE3_Schema_Prozessoptimierung), dass die Edukte Wasserstoff und Stickstoff wieder in den Reaktor zurückgeführt werden.

Bioethanolherstellung:

Das für die Betrachtung der Prozessoptimierung ausgewählte Verfahrensfließbild zeigt die Rückführung von Reststoffen der Dehydrierung zur Rektifikation. Während der alkoholischen Gärung im Fermenter bleibt die Hefe erhalten. Sie kann für weitere Ansätze genutzt werden.

■ Energieaufwand senken

Diese Facette wird in der LE 4 (siehe Seite 43) beschrieben.

Umweltbelastungen vermeiden

Viele Optimierungen vereinigen wirtschaftliche Vorteile mit der Schonung von Ressourcen, entweder durch verminderten Edukteinsatz oder durch geringere Abfall-/Abgas-Produktion.

Die Eduktrückgewinnung bzw. Edukteinsparung nach dem Kreislaufprinzip zeigt sich letztlich auch in der Weiterverwendung/Weiterverarbeitung von Abfällen (Recycling).

Ammoniaksynthese:

Im eigentlichen Produktionsprozess bleiben mit Stickstoff und Wasserstoff keine umweltschädlichen Edukte übrig. Sie werden zudem aus wirtschaftlichen Gründen im Kreislauf geführt. Wenn man sich in der Vertiefung mit der Bereitstellung von Synthesegas beschäftigt, wird deutlich, dass in diesem Prozess entstehendes Kohlenstoffdioxid in der Gaswäsche absorbiert wird.

Bioethanolherstellung:

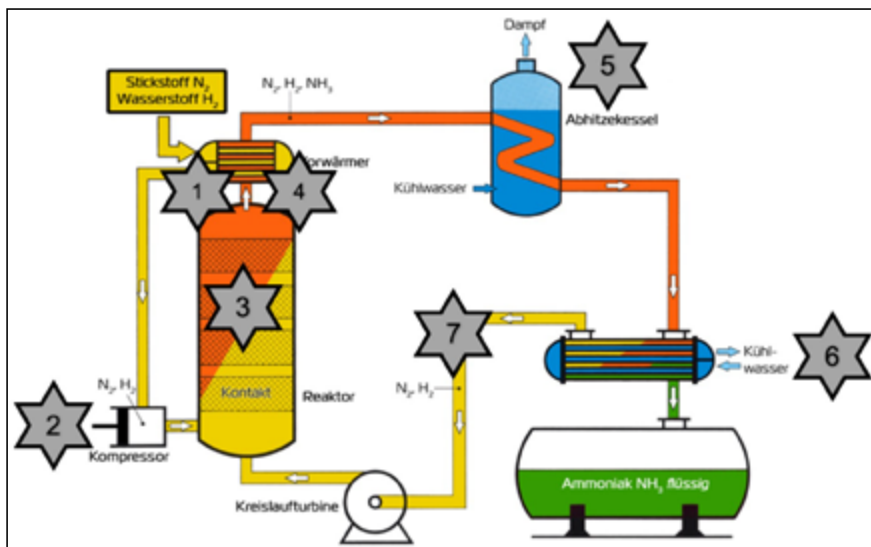
Durch die Nutzung nachwachsender Rohstoffe für die Gärung werden fossile Rohstoffe geschont. So kann der CO₂ Ausstoß vermindert werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass Anbau, Ernte und Verarbeitung der Pflanzen umweltbelastend sein können. Rückstände der Fermentation werden nach dem Abdestillieren des Produkts als „Schlempe“ getrocknet und zum Beheizen der Destillationsanlage oder zum Betreiben einer Biogasanlage genutzt.

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 3:

Die Ammoniak-Synthese

Arbeitsaufträge:

Finde Prozessoptimierungen, die im Haber-Bosch-Verfahren umgesetzt sind und die die Ausbeute verbessern. Stelle sie tabellarisch zusammen. Nutze dazu das Informationsmaterial zu den Facetten der Prozessoptimierung. Finde die beschriebenen Optimierungen in dem Verfahrensfließbild und ordne ihnen die Nummern zu.



Quelle: Hoechst AG, Folienserie 4 „Vom Stickstoff zum Düngemittel“ (Referat Schulinformation, Frankfurt am Main, Ausgabe 1987), bearbeitet von: Frank Schneider, Das naturwissenschaftliche Wissensportal, eqiooki.de

	Anlagenteil	Vorgang	Prozessoptimierung
1	Vorwärmer	Erwärmung des Synthesegases	Erhöhung der Ausbeute pro Zeiteinheit
2	Kompressor		
3	Reaktor (Kontaktoven mit Katalysator)		
4	Vorwärmer		
5	Abhitzekeessel		
6	Tiefkühler		
7	Rückführung der Edukte in den Reaktor		

Vom Hefeteig zur Industrieanlage: Bioethanol-Gewinnung in verschiedenen Maßstäben

Mögliche Arbeitsaufträge:

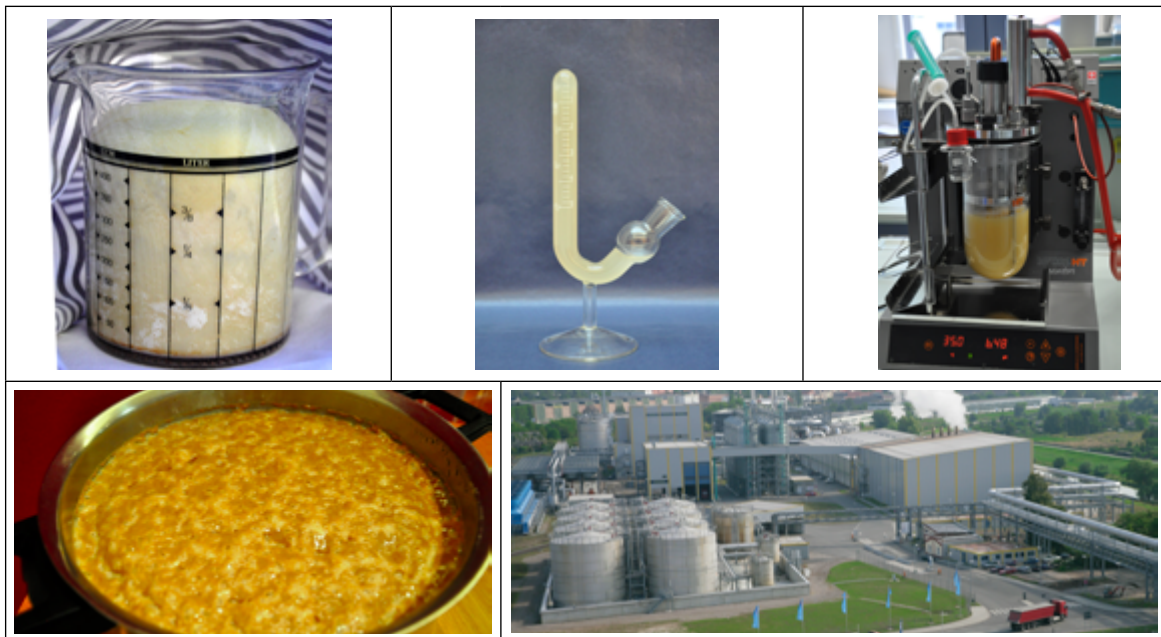
Stelle Unterschiede zwischen den verschiedenen Maßstäben hinsichtlich der Gerätschaften, der Reaktionsbedingungen, der Energieeinsparungen, der Ressourcenschonung und der Prozessoptimierung tabellarisch dar.

Alternativ: Bereite einen Vortrag zum Thema „Bioethanol-Herstellung in verschiedenen Maßstäben“ vor.

Differenzierung:

- Nutze die Informationstexte.
- Berücksichtige z. B. folgende Kriterien: Wärmen und Kühlen, Rühren, Temperatur einstellen und messen, Material der Gefäße, Wärmerückgewinnung, Kreislaufprinzip, Gegenstromprinzip, Ausbeute, Nutzung der Nebenprodukte, Umweltbilanz.
- Nutze die Vergleichstabelle.

	Hefeteig	Schullabor	Labor-Reaktor	Bierherstellung	Brauerei	Industrielle Produktion



LE 4: Energie im Fokus technischer Verfahren		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen (analog LE 3): Film: 044 „Meilensteine der Naturwissenschaft und Technik - Dünger aus der Luft“, https://www.youtube.com/watch?v=LCmI9cDJ-dA Bioethanol (Experimente), Verfahrensfließbild eines alkoholproduzierenden Betriebes		
Schülerinnen und Schüler...		
... betrachten/untersuchen technische Verfahren unter energetischen Aspekten.	... beschreiben ein Energiediagramm für eine Reaktion mit und ohne Katalysator ... ggf. experimentell: variieren die Temperatur und untersuchen die Rolle eines Katalysators. ... diskutieren diese Parameter im Hinblick auf Energieeinsparung. Vertiefung: ... erstellen ein Energiediagramm	Energiebilanz Prozessoptimierung: Aktivierungsenergie, Katalysator Gegenstromprinzip
Material/Medien		
Ammoniak LE4_NH3_DreiEbenenDarstellung LE4_NH3_Energiediagramm stecken LE4_V_NH3_Bilanzierung Energieumsatz LE4_V_NH3_ppt Katalyse_Teilchenebene LE4_ppt_NH3_Kopiervorlage Energiepfeile	Bioethanol LE4_Bioeth_DreiEbenenDarstellung LE4_Info Biologie der Bäckerhefe LE3_4_SV_Bioeth_Gaerung_TempAbhg_Konz LE4_Bioeth_Energiediagramm stecken LE4_V_Bioeth_Bilanzierung Energieumsatz LE4_ppt_Bioeth_Kopiervorlage Energiepfeile	
LE4_Info_Katalysatoren		

Die Energiebetrachtung (hier: Energieeinsparung) gehört inhaltlich in die Reihe der weiteren Facetten der Prozessoptimierungen (siehe LE 3 auf Seite 38).

Der Energie kommt eine zentrale Rolle zu. Hier werden die ökonomischen und ökologischen Kriterien besonders deutlich, da Wirtschaftlichkeit und Umweltbewusstsein eines Unternehmens heute auf verschiedene Weise miteinander verschränkt sind. Energie kostet und sorgt originär für Umweltbelastungen. Energieeinsparungen führen zur Umwelt- und Ressourcenschonung. Helfen z. B. neue Katalysatoren einerseits Energie zu sparen, so kann ihre Produktion andererseits ggf. an anderen Orten in der Welt für Umweltbelastungen sorgen.

■ Energieaufwand senken

Um Aufwärm- und Abkühlvorgänge zu vermeiden, wird, wenn möglich, eine kontinuierliche Prozessführung gewählt.

Das Vorwärmen der Edukte bei gleichzeitiger Kühlung der Produkte nach dem Gegenstromprinzip bewirkt eine Energieeinsparung. Das Gegenstromprinzip kann durch geeignete Modellversuche, z. B. mit dem Liebig-Kühler, visualisiert werden.

Durch den Einsatz effektiver(er) Katalysatoren (Senkung der Aktivierungsenergie), sofern diese wirtschaftlich sind, kann der Produktionsprozess auf die mindestens notwendige Energie für die chemische Reaktion beschränkt werden.

Bei der Einführung des Katalysators in diesem Themenfeld knüpft man an die Energiediagramme chemischer Reaktionen, insbesondere aus dem Themenfeld 3 (Wasserstoff, Methan) an, wiederholt exotherme und endotherme Reaktionsverläufe sowie ggf. die Aktivierungsenergie.

Ammoniaksynthese:

Die Lehrkraft kann den historischen Erkenntnisweg wählen. Dabei wird die enorme Bedeutung des Katalysators für den Erfolg der technischen Synthese deutlich. Jahrelange, mühevollen, gefährlichen Forschungen von Haber, Bosch und Mittasch haben dazu geführt, den hohen Betrag an Aktivierungsenergie zu reduzieren.

Mithilfe eines Verfahrensfließbildes und Text diskutieren die Lernenden Optimierungen zu den Prinzipien des (geschlossenen Stoff-)kreislaufs und des Wärmetauschs im Gegenstrom.

Bioethanolherstellung:

In einem bestimmten Temperaturbereich arbeitet Hefe (enthält Enzyme, die als Biokatalysatoren wirken) optimal. Das technische Verfahren beinhaltet einige Aufwärm- und Abkühlvorgänge, die mit Hilfe von Wärmetauschern realisiert und optimiert sind.

Jeder Biokatalysator hat ein mehr oder weniger breites Temperaturoptimum. Daraus ergibt sich für den industriellen Maßstab, dass die Reaktionszeit durch eine passend gewählte Temperatur verkürzt werden kann.

Die der alkoholischen Gärung zugrunde liegende chemische Reaktion ist Lernenden ggf. bekannt. Sie eignet sich, die Wirkung eines Katalysators (Enzyme der Hefezelle) experimentell zu untersuchen. Die Enzyme, die im Stoffwechsel der Hefe vorkommen, katalysieren die verschiedenen Schritte von der Glukose zum Ethanol. Glukose würde ohne die Enzyme nicht spontan zu Ethanol reagieren. Enzyme setzen somit die Aktivierungsenergie herab.

Synergien mit dem Fach Naturwissenschaften oder Biologie beruhen auf der Tatsache, dass Schülerinnen und Schüler katalytische Reaktionen bereits aus dem NaWi-Unterricht im TF 8 auf der propädeutischen Ebene (Stärke mit Speichel spalten) kennen. Sie erfahren, dass es im lebenden Organismus keine chemische Reaktion ohne Enzyme (Biokatalysatoren, Proteine) gibt.

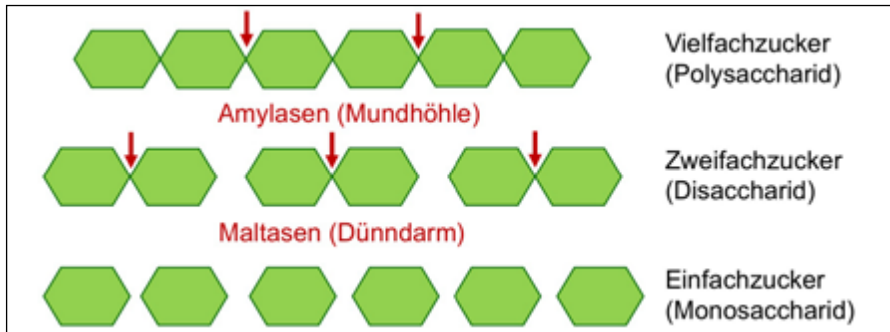


Abb. 11: enzymatische Hydrolyse von Stärke

Der Wirkungsmechanismus eines Katalysators kann somit aus dem biologischen Fachwissen übertragen und weiterentwickelt werden.

- Das Edukt würde ohne Katalysator nicht zu einem Produkt reagieren (Aktivierungsenergie).
- Der Katalysator geht aus der Wechselwirkung unverbraucht wieder hervor.

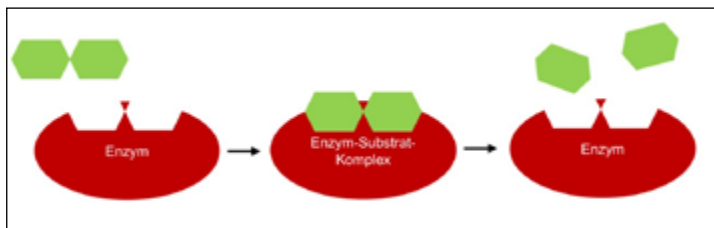


Abb. 12: Wirkungsprinzip eines Biokatalysators (hier Maltase)

Ergänzende Anmerkung:

Im Themenfeld 4 wurde der Hochofenprozess zur Eisengewinnung als möglicher Kontext ausgewiesen. Sollte dieser hier im Themenfeld 8 wieder aufgegriffen werden, so kann er als Beispiel für den stofflichen und thermischen Gegenstrom dienen.

Stofflicher Gegenstrom: Der Hochofen wird von oben mit Eisenerz, Kohle und Zusätzen, den sogenannten Zuschlägen, beschickt. Von unten wird Luft eingeleitet, die mit Koks zu Kohlenstoffmonoxid reagiert. Das aufsteigende Kohlenstoffmonoxid reduziert seinerseits Eisenoxid zu metallischem Eisen.

Thermischer Gegenstrom: Die aufsteigenden heißen Gase geben Wärme an die von oben kommenden Feststoffe ab, die auf diese Weise auf die notwendige Reaktionstemperatur gebracht werden.

Grundverständnis:

Die Wirkungsweise des Katalysators wird über das Energiediagramm erklärt.

Es ist ausreichend, wenn die Wirkungsweise von Katalysatoren auf der Basis von „Black-Box-Modellen“ vergleichend mit den Biokatalysatoren (Enzyme) dargestellt wird. Analogien zwischen der Wechselwirkung Enzym-Substrat und der Wechselwirkung zwischen Katalysatoroberfläche und Edukten werden sichtbar.

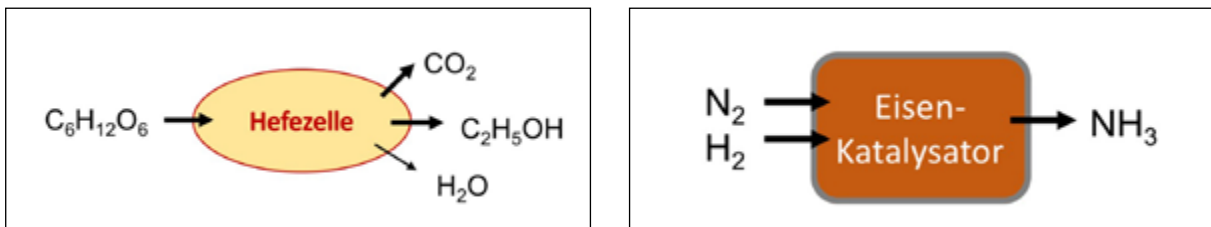


Abb. 13: Black-Box-Modell Wirkungsweise Biokatalysator (Enzym) und technischer Katalysator

Der Zusammenhang zwischen Katalysator und Aktivierungsenergie kann mit Hilfe eines einfachen Energiediagramms diskutiert werden (in vielen Schulbüchern vorhanden) oder ein solches hergestellt werden.

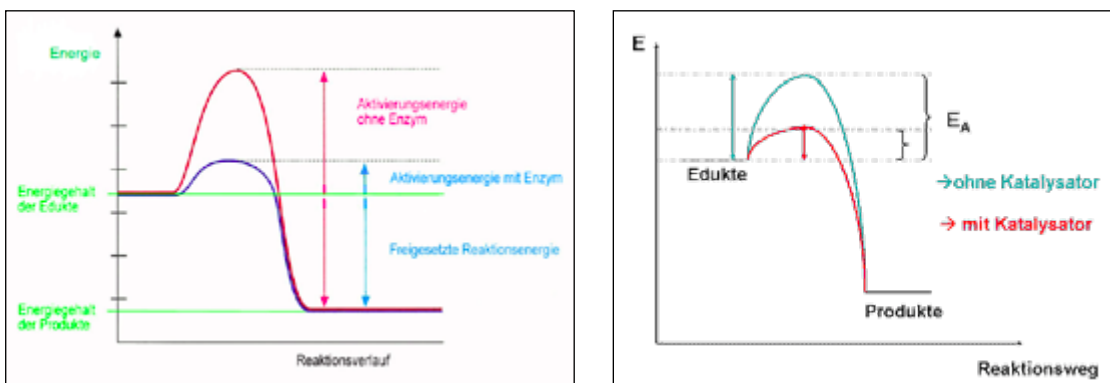
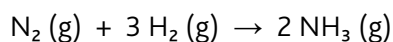


Abb. 14: Energiediagramme zur Wirkungsweise Biokatalysator (Enzym) und technischer Katalysator

Vertiefung:

Die Wirkungsweise des Katalysators wird vertiefend auf der Teilchenebene erklärt. Hat die Lehrkraft in den vorangegangenen Themenfeldern die energetischen Verhältnisse auf der Teilchenebene vertiefend betrachtet, können Schülerinnen und Schüler ihr erworbenes Wissen anwenden und die Energiebilanz der Ammoniakbildung aus den Elementen erarbeiten.

Anmerkung: Die Einführung des chemischen Gleichgewichts ist an dieser Stelle nicht intendiert, so dass auch der Gleichgewichtspfeil noch nicht eingeführt und als didaktische Reduktion der einfache Reaktionspfeil verwendet wird.



Bilanz (Produkte – Edukte):

$$(6 \text{ mal } -391 \text{ kJ/mol}) - (1 \text{ mal } 945 \text{ kJ/mol} + 3 \text{ mal } 436 \text{ kJ/mol}) = -93 \text{ kJ/mol}$$

Die Bilanz der Bindungsenthalpien entspricht in guter Übereinstimmung der Standardreaktionsenthalpie für diese Reaktion. Die Entsprechung basiert auf der Tatsache, dass Edukte und Produkte in gleicher Phase (hier Gasphase) vorliegen.

Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, die Reaktionsträgheit des Stickstoffs aus dem hohen aufzuwendenden Energiebetrag zum Lösen der Dreifachbindung abzuleiten.

Bindung	Anzahl der zu lösenden bzw. bildenden Bindungen	Aufzuwendender Energiebetrag
$\text{N}\equiv\text{N}$	3	945 kJ
$\text{O}=\text{O}$	2	497 kJ
$\text{H}-\text{H}$	1	436 kJ

Bei Nachfragen zu den Mechanismen kann die Lehrkraft ein Material nutzen, das die zentralen Wirkungsmechanismen eines technischen Katalysators didaktisch stark reduziert erklären kann. Es zeigt den Zusammenhang zwischen dem Wirkungsmechanismus des Katalysators und der Herabsetzung der Aktivierungsenergie, ohne dass es sich um nachprüfbares Fachwissen handeln soll.

Die zentrale (didaktisch reduzierte) kommentierende Erklärung durch die Lehrkraft muss sein: Die Lockerung der Bindung im Stickstoffmolekül und das gleichzeitige Ausbilden der Bindung Stickstoff-Metall-Katalysator benötigen weniger Energie als die Spaltung des Stickstoffmoleküls im Gasraum.

Bei der Bioethanolherstellung bietet es sich an, mit Bindungsenthalpien zu rechnen.

Bilanz (Produkte – Edukte):

$$(2 \text{ mal } -278 \text{ kJ/mol}) + (2 \text{ mal } -393,5 \text{ kJ/mol}) - (1 \text{ mal } -1268 \text{ kJ/mol}) = -75 \text{ kJ pro Formelumsatz Glukose}$$

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 4:

Katalyse – auf der Teilchenebene betrachtet

Mithilfe mehrerer Folien können folgende Aufträge bearbeitet werden:

- Ordne den Prozessbildern den entsprechenden Text zu.
- Bringe die Einzelbilder für die Prozessabfolge in die richtige Reihenfolge.
- Bringe die Texte in eine sinnvolle Reihenfolge.
- Formuliere zu jedem Prozessbild einen Satz zur Beschreibung.
- Zeichne zu den Texten die fehlenden Prozessbilder.
- Produziere einen Stop-Motion-Film zum Prozess. Schneide dazu die „Bauteile“, Teilchen und Bindungen aus.

Mögliche Lösung:

Beschreibung	Prozessbild
Stickstoff- und Wasserstoffmoleküle treffen auf der Katalysatoroberfläche auf und lagern sich an den Katalysator (Adsorption) an. Adsorbierte Atome sind auf der Katalysatoroberfläche frei verschiebbar.	
Die Elektronenpaar-Bindung (Dreifachbindung) zwischen den Stickstoff-Atomen eines Stickstoff-Moleküls wird infolge der Wechselwirkung mit den Eisen-Atomen gelockert. Die nun schwächere Bindung erfordert eine geringere Aktivierungsenergie und wird leichter gelöst.	
Eine erste Elektronenpaar-Bindung zwischen Wasserstoff-Atom und Stickstoff-Atom wird ausgebildet.	
Eine zweite Elektronenpaar-Bindung zwischen einem zweiten Wasserstoff-Atom und einem Stickstoff-Atom wird ausgebildet.	
Eine dritte Elektronenpaar-Bindung zwischen einem dritten Wasserstoff-Atom und einem Stickstoff-Atom wird ausgebildet.	
Aufgrund geringer Wechselwirkung mit der Eisen-Oberfläche lösen sich die Ammoniak-Moleküle ab (Desorption).	

4 ZUSAMMENFASSUNG

4.1 Üben und Vernetzen

Schülerinnen und Schüler erhalten Gelegenheit, ihren Lernzugewinn zu erfahren. Mithilfe von entsprechendem Material reflektieren sie ihren Lernerfolg und wenden ihre Kompetenzen an. Dabei erfolgt eine Verankerung in vorhandenen Begriffs- und Wissensnetzen, wodurch das neu erworbene Wissen nachhaltig verfügbar wird. In allgemeines Konzeptwissen überführtes konkretes Einzelwissen hilft, Vorgänge in der Natur, in der Technik und im Alltag zu verstehen, bei neuen Phänomenen und Fragestellungen bekannte Zusammenhänge sowie Strukturen zu erkennen und zur Erklärung heranzuziehen.

Onlinematerial zu Üben und Vernetzen:

ÜV_Postorganizer

ÜV_Verfahrensflussbilder lesen

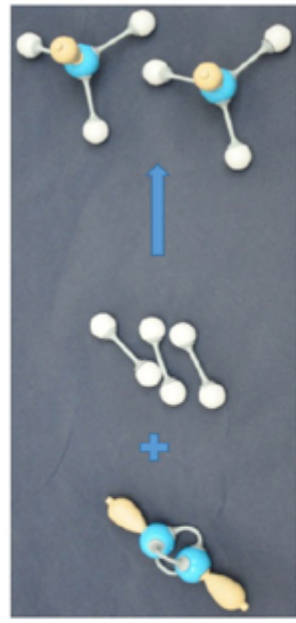
ÜV_Vom Reagenzglas zum Reaktor

Zusätzliche Materialien:

Unterricht Chemie „Chemie und Beruf“, 2/2014, 25. Jahrgang, Heft 140, Friedrich-Verlag GmbH

Lehrer-Online: Unterrichtsreihe:

<http://www.lehrer-online.de/bioethanol.php?sid=8578146926232135693630161016201>

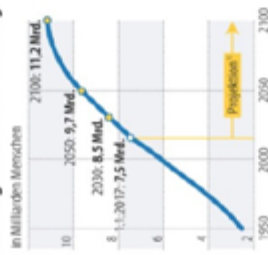


- Ammoniak
- Salpetersäure
 - Düngemittel
 - Sprengstoffe
 - Kunststoffe
 - Farbstoffe
 - Kältemittel
 - ...

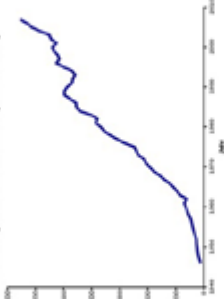


QUALIFIKATION
 CHANCE
 BERUF
 ZUKUNFT
 CO2
 UENTWICKLUNG
AUSBILDUNG
 BERUFSWAHL
 MOTIVATION
 BEWERTUNG
 LERNEN
 VERBUNDENHEIT
 ARBEIT
 STÄRKE
 KARRIERE
 & LEHRSTELLE

Anstieg der Weltbevölkerung



Ammoniakproduktion 1981-2017 (in Gt Stickstoff)



Stoffe neu herstellen

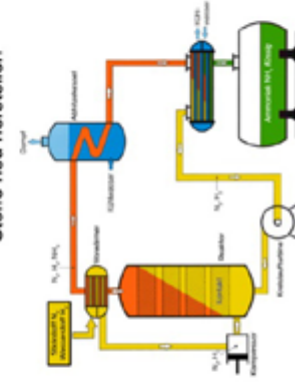


Abb. 15: Post-Organizer Ammoniak

GLOBALER VERWENDUNG VON ETHANOL

Verwendungszweck	Anteil
Industriell	33%
Getränk	40%
Bioethanol	27%

AUSBILDUNG BERUFSWAHL ARBEIT

Wahl der Zukunft

Wahl der Karriere

Wahl der Lebensstelle

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{Enzyme der Hefe}} 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$$

Mit Stoffen
Zukunft gestalten

Was ist Stoff?

**Vom Reagenzglas zum
Reaktor: Bioethanol**

Stoffe gewinnen

Stoffe
verantwortungsvoll
handhaben

Stoffe untersuchen

CO₂-Nachweis
bei der Gärung

Kalkwasser
Traubensaft mit Hefe

Gärung: Reaktionsbedingung
Temperatur

Stoffe nutzen

Stoffe neu herstellen

Stoffe neu herstellen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Stoffe gewinnen

Abb. 16: Post-Organizer Bioethanol

4.2 Möglicher Unterrichtsgang im Überblick

UG Ammoniak

Phase/ Stunde	Fachwissen/Basiskonzept	Kompetenzentwicklung/ Schüleraktivitäten Schülerinnen und Schüler ...	Materialien	Mögliche Vertiefung und zusätzliche Materialien
LE 1 1, 2	Die chemische Industrie in Rheinland-Pfalz	... entwickeln Kriterien, erheben Daten und werten diese aus, um die Bedeutung der chemischen Industrie in Rheinland-Pfalz zu erfassen.	LE1_Die_groessten_Arbeitgeber_in_RLP_IHK_mit_excel LE1_Chemiewirtschaft_in_Zahlen_VCI_mit_excel LE1_Excel-Anleitung LE1_Chemische Industrie in RLP LE1_Arbeitsanleitung_Betriebskennung LE1_Checkliste_Vorbereitung_Betriebskennung LE1_Mitarbeiterinterview LE1_RLP_Unternehmensportrait LE1_ppt_Chemische Industrie in Zahlen	PDF_Die_groessten_Arbeitgeber_in_RLP PDF_Faszinierend_Facettenreich_chemische Industrie in RLP Excel_Chemie_in_Zahlen_RLP Excel_Chemie_in_Zahlen_VCI
Einführende Lernsituation und Erarbeitung				
3	Ammoniak – eine Grundchemikalie	... nennen Produkte, die mit Hilfe von Ammoniak hergestellt werden können. ... kennen das Unternehmen BASF und die Bedeutung von Ammoniak. ... bewerten die Ammoniakherstellung global und multiperspektivisch.	EL_NH3_ZeitungRheinpfalz_BASF EL_NH3_Grundchemikalie EL_NH3_Bevölkerung_Filme EL_NH3_historischer Kontext PDF_NH3_ZeitungRheinpfalz	
LE 2 4	Ammoniak chemische Reaktion	... erstellen die chemische Reaktionsgleichung zur Ammoniak-Synthese.	LE2_NH3_DreiEbenenDarstellung LE2_NH3_Teilchenebene_CR	

<p>LE 2 5, 6</p>	<p>Technische Herstellung von Ammoniak Prozessbild der Anlage</p>	<p>... formulieren einen Sachtext zu einem Verfahrensbild der Ammoniak-Synthese. ... erstellen ein Verfahrensbild aus einem Text/einer Animation zur Ammoniak-Synthese.</p>	<p>LE2_NH3_Prozessschema Vertiefung: LE2_ppt_V_NH3_Prozessbausteine</p>	<p>nicht intendiert: Herstellung des Synthesegases</p>
<p>LE 4 6, 7</p>	<p>Technische Herstellung von Ammoniak Katalysator</p>	<p>... erklären, dass Katalysatoren chemische Reaktionen beschleunigen und nicht verbraucht werden. ... erläutern, dass durch den Einfluss eines Katalysators die Aktivierungsenergie herabgesetzt und dadurch Energiekosten gespart werden können.</p>	<p>LE4_NH3_DreiEbenenDarstellung LE4_NH3_Energiediagramm stecken LE4_Info_Katalysatoren Vertiefung: LE4_ppt_V_NH3_Katalyse_Teilchenebene LE4_ppt_V_NH3_Kopiervorlage Energiepfeile LE4_V_NH3_Bilanzierung Energieumsatz</p>	<p>nicht intendiert: Gleichgewichtsbetrachtungen</p>
<p>LE 3 8, 9</p>	<p>Technische Herstellung von Ammoniak Optimierung</p>	<p>... beschreiben technisch umgesetzte Optimierungen zur Ausbeute.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreislaufprinzip • Kontinuierlicher Betrieb • Gegenstromprinzip • Temperaturerhöhung • Druckerhöhung <p>... bewerten die Anlage unter dem Aspekt von Energiekosten, Rohstoffressourcen und Umweltverträglichkeit.</p>	<p>LE3_NH3_Dünger aus der Luft_Film https://www.youtube.com/watch?v=LCmI9cDJ-dA LE3_NH3_Schema_Prozessoptimierung Animation: 2:29 https://www.youtube.com/watch?v=UL83uYZ5sm8 (Gegenstromprinzip, Wärmetauscher, Rückführung nicht umgesetzter Edukte, Abscheidung des Produkts, Vertiefung: Herstellung Synthesegas) LE3_Text_Prozessoptimierung LE3_NH3_Diagramme_Prozessoptimierung</p>	<p>LE2_BatchFlow_mit Bsp und Modellversuch</p>

LE 1 10	Berufsbilder	... stellen adressatengerecht Berufsbilder dar, bei denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind.	PDF_elvi_Elementare Vielfalt_Deine Ausbildung in der Chemie-Branche LE1_chemische Berufe Recherche_WEBQUEST	Youtube-Clips: Berufe in der chemischen Industrie
Dekontextualisierung				
11, 12	andere technische Verfahren, z. B. Bioethanolherstellung	... entwickeln oder nutzen ein all-gemeingültiges Schema mit den Abschnitten Eduktgewinnung, chemische Reaktion mit Reaktionsbedingungen und Produktaufbereitung. ... untersuchen ggf. Optimierungen der alkoholischen Gärung im Experiment.	LE2_G_Bioeth_Puzzle dir eine Bioethanolanlage LE2_SV_Bioeth_Gaerung LE3_4_SV_Bioeth_Gaerung_TempAbhg_Konz ÜV_Vom RG zum Reaktor ÜV_Verfahrensfließbilder lesen	

UG Bioethanol

Phase/ Stunde	Fachwissen/Basiskonzept	Kompetenzentwicklung/ Schüleraktivitäten Schülerinnen und Schüler ...	Material	Mögliche Vertiefung und zusätzliche Materialien
LE 1 1, 2	Die chemische Industrie in Rheinland-Pfalz	... entwickeln Kriterien, erheben Daten und werten diese aus, um die Bedeutung der chemischen Industrie in RLP zu erfassen.	LE1_Die groessten Arbeitgeber in RLP_IHK_ mit excel LE1_Chemiewirtschaft in Zahlen_VCI_mit excel LE1_Excel-Anleitung LE1_Chemische Industrie in RLP LE1_ppt_Chemische Industrie in Zahlen	PDF_Die groessten Arbeitgeber in RLP PDF_Faszinierend Facetten-reich_chemische Industrie in RLP
LE 1 3, 4	Betriebserkundung und Berufsbilder	... stellen adressatengerecht Berufsbilder dar, bei denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind.	LE1_chemische Berufe Recherche_WEBQUEST LE1_RLP_Unternehmensportrait	PDF_Elementare Vielfalt_Deine Ausbildung in der Chemie-Branche Youtube-Clips
Einführende Lernsituation und Erarbeitung: Erkundung einer Brauerei				
LE 1 5		... bereiten eine Betriebserkundung vor. ... recherchieren Informationen zu einem Unternehmen zu vereinbarten Kriterien.	LE1_Arbeitsanleitung Betriebserkundung LE1_Checkliste Vorbereitung Betriebserkundung LE1_Mitarbeiterinterview	Film: „Vom Halm zum Glas“ https://www.youtube.com/watch?v=PXg-MdjsQjw (13 min) Broschüre: http://www.brauer-bund.de/download/Archiv/PDF/vom_halm_zum_glas_01.pdf

<p>LE 2 6</p>	<p>Chemische Reaktion in technischen Verfahren</p>	<p>... erstellen oder nutzen ein Verfahrensfließbild zur Brauerei. ... erstellen eine Reaktionsgleichung zur Gärung.</p>	<p>virtuelle Führung: http://www.brauer-bund.de/Brauerieintro01.swf LE2_Bioeth_DreiEbenenDarstellung Vertiefung: LE2_V_Bioeth_Teilchenebene_CR Lehrer-Online: Unterrichtsreihe: http://www.lehrer-online.de/bioethanol.php?sid=85781469262321356936301610162010</p>	<p>Schema Brauprozess: http://www.brauer-bund.de/bier-ist-rein/so-wird-bier-gebraut/der-brauprozess.html Steuerung beachten, z. B. Temperaturführung Brauerei als altes biotechnologisches Verfahren, Reinheitsgebot</p>
<p>LE 2 7</p>	<p>Alkoholische Gärung im Labormaßstab</p>	<p>... führen den Prozess der alkoholischen Gärung im Labormaßstab durch und weisen das entstandene Kohlenstoffdioxid nach.</p>	<p>LE2_SV_Bioeth_Gaerung</p>	<p>Kallfelz, M.: Bierbrauen im Kochtopfmaßstab, in: Biologie im naturwissenschaftlichen Unterricht 5-10, Heft 3, 2014, Seiten 34-39, Friedrich-Verlag</p>
<p>LE 4 8</p>	<p>Einfluss von Biokatalysatoren bei der alkoholischen Gärung</p>	<p>... erklären die Wirkung von Enzymen als Biokatalysatoren.</p>	<p>LE4_Info_Biologie der Bäckerhefe LE4_Bioeth_DreiEbenenDarstellung LE4_Info_Katalysatoren LE4_Bioeth_Energiediagramm stecken Vertiefung: LE4_V_Bioeth_Bilanzierung Energieumsatz LE4_V_Bioeth_Kopiervorlage_Energiepfeile</p>	<p>Prinzip der enzymatischen Katalyse</p>
<p>LE 2 8,9</p>	<p>Bioethanol – Produktion im großtechnischen Maßstab</p>	<p>... nennen Verwendungsbereiche von Bioethanol und arbeiten die Bedeutung dieser Chemikalie für den Kraftstoffsektor heraus. ... entwickeln ein Verfahrensfließbild für die Bioethanol-Produktion aus einem Text und vergleichen es mit recherchierten Abbildungen.</p>	<p>LE2_Bioeth_Verwendung LE2_3_Bioeth_Prozessbausteine_Prozessbilder LE2_3_G_Bioeth_Prozessbausteine_Prozessbilder LE2_C_Bioeth_Puzzle dir eine Bioethanolanlage</p>	

<p>LE 3-4 10, 11</p>	<p>Prozessoptimierung</p>	<p>... entwickeln Hypothesen zur Erhöhung der Ausbeute an Bioethanol durch Variation der Reaktionsbedingungen. ... planen entsprechende Experimente im Labormaßstab zur Erhöhung des Ethanolanteils, führen sie durch und werten sie aus.</p>	<p>LE3_4_SV_Bioeth_Gaerung_TempAbhg_Konz LE3_Text_Prozessoptimierung</p>	<p>Grafische Darstellung der Versuchsergebnisse: Optimumskurven</p>
<p>LE 3 12</p>		<p>... beschreiben und diskutieren technisch umgesetzte Optimierungen der Ausbeute.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kreislaufprinzip • Kontinuierlicher Betrieb • Gegenstromprinzip • Temperaturerhöhung <p>... vergleichen den Labormaßstab mit dem Industriemaßstab hinsichtlich der Kriterien: Energiekosten, Rohstoffressourcen und Umweltverträglichkeit.</p>	<p>LE3_Bioeth_Vom Hefeteig zur Industrieanlage LE3_Bioeth_Lösung_Vom Hefeteig zur Industrieanlage LE2_3_Bioeth_Prozessbausteine_Prozessbilder LE2_3_G_Bioeth_Prozessbausteine_Prozessbilder</p>	<p>LE2_BatchFlow_mit Bsp und Modellversuch</p>
<p>Dekontextualisierung</p>				
<p>13</p>	<p>andere technische Verfahren, z. B. Ammoniaksynthese</p>	<p>... entwickeln oder nutzen ein all-gemeingültiges Schema mit den Abschnitten Eduktgewinnung, chemische Reaktion mit Reaktionsbedingungen und Produktaufbereitung.</p>	<p>ÜV_Vom RG zum Reaktor ÜV_Verfahrensfließbilder lesen LE3_NH3_Diagramme_Prozessoptimierung LE3_NH3_Schema_Prozessoptimierung</p>	

4.3 Liste der verfügbaren Muster-Gefährdungsbeurteilungen zum Themenfeld 8

Kalkwasser – Nachweis der alkoholischen Gärung

Ethanol – Nachweis des Gärungsprodukts

LITERATURVERZEICHNIS

Karst, Bernd: Die Betriebserkundung als unterrichtsbezogene schulische Veranstaltung (1984) in: W. Wünschel, R. Bender, M. Laveuve, Schule in der Praxis, Handbuch für den Lehrer in Rheinland-Pfalz, Band 1, Wingen Verlag, Essen. S. 1.

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Abteilung Wirtschaft, Finanzen und IT, Frankfurt am Main.
www.vci.de, „Chemiewirtschaft in Zahlen 2017“.

Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur (Hrsg.) (2016): Lehrplan für die gesellschaftswissenschaftlichen Fächer Erdkunde, Geschichte, Sozialkunde; Rheinland-Pfalz, S. 148, 156-157.

AUTORINNEN UND AUTOREN

Dr. Alexander Bender

Gymnasium an der Stadtmauer, Bad Kreuznach

Helmuth Biernoth

Integrierte Gesamtschule Kandel, Kandel

Barbara Dolch

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Monika Kallfelz

Görres-Gymnasium, Koblenz

Kathrin Klose

Wilhelm-Remy-Gymnasium, Bendorf

Elisabeth Kukula

Frauenlob-Gymnasium Mainz, Mainz

Dr. Holger Kunz

Max-Planck-Gymnasium Trier, Trier

Christian Lauer

Integrierte Gesamtschule und Realschule plus Georg Friedrich Kolb, Speyer

Yvonne Lesiak

Justus-von-Liebig-Realschule plus, Maxdorf-Lamsheim

Heike Nickel

Kurfürst-Ruprecht-Gymnasium, Neustadt an der Weinstraße

Michaela Ostermann

Regino-Gymnasium Prüm, Prüm

Susanne Pleus

Maria-Ward-Schule, Landau

Maria Reiner

Are-Gymnasium Bad Neuenahr, Bad Neuenahr

Dr. Myriam Replinger

Regino-Gymnasium Prüm, Prüm

Karsten Rodigast

Konrad-Adenauer-Schule, RS+ und FOS, Asbach

Cornelia Schäfers

Are-Gymnasium Bad Neuenahr, Bad Neuenahr

Karin Scheick

Kopernikus-Gymnasium Wissen, Wissen

Thomas Schemer

Max-Planck-Gymnasium Trier, Trier

Volker Tschiedel

Gutenberg-Gymnasium Mainz, Mainz

Wilhelm Willer

Eduard-Spranger-Gymnasium Landau, Landau

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
www.pl.rlp.de