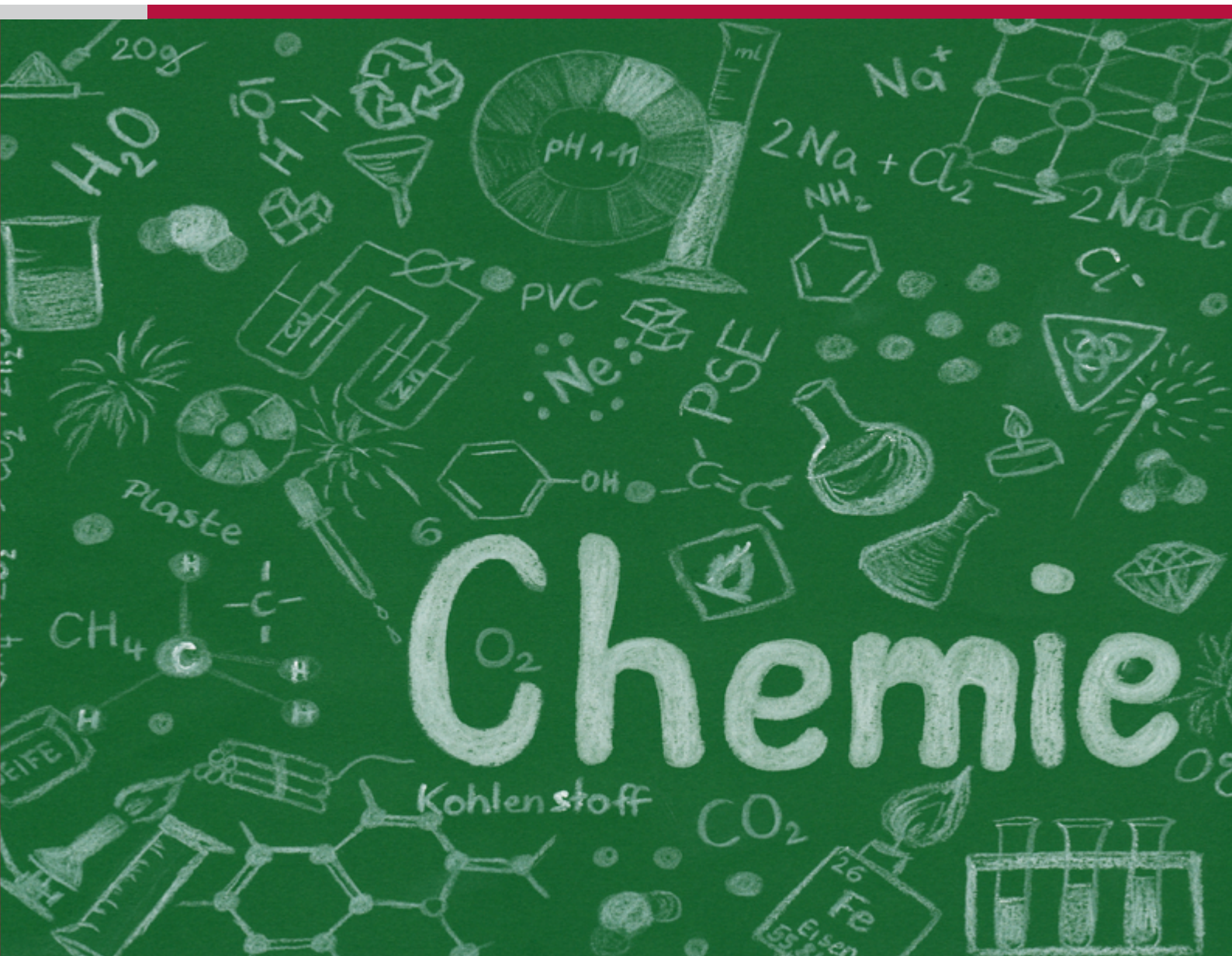




SCHÖNE NEUE KUNSTSTOFFWELT

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Chemie – Themenfeld 7



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

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

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

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

bestellung@pl.rlp.de

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

Illustration:

Renate Müller, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: März 2017

© Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz 2017

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 7: Schöne neue Kunststoffwelt	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 7 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	21
2.5	Differenzierungsmöglichkeiten	28
3	Zu den Lerneinheiten	30
3.1	LE 1: Teilchen-Materie/Stoff (Stoffebene): Eigenschaften von Kunststoffen	31
3.2	LE 2: Teilchen-Materie/Stoff (Teilchenebene): Polymere werden aus Monomeren mit Doppelbindungen bzw. funktionellen Gruppen aufgebaut	36
3.3	LE 3: Struktur-Eigenschaft-Funktion: Zusammensetzung und Struktur der Makromoleküle bewirken die makroskopischen Eigenschaften	43
3.4	LE 4: Struktur-Eigenschaft-Funktion: Eigenschaften und Verwendung von Kunststoffen	47
3.5	LE 5: Nachhaltiger Umgang mit Kunststoffen	50

4	Zusammenfassung	55
4.1	Üben und Vernetzen	55
4.2	Möglicher Unterrichtsgang im Überblick	57
4.3	Liste der verfügbaren Muster-Gefährdungsbeurteilungen zum Themenfeld 7	60
	Literaturverzeichnis	61
	Autorinnen und Autoren	63

1 THEMENFELD 7: SCHÖNE NEUE KUNSTSTOFFWELT

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 Stützpfeiler 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 7 „Schöne neue Kunststoffwelt“ 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?“

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen werden die in dieser PL-Information vorgestellten Materialien (z. B. Arbeitsblätter) nicht 1:1 abgedruckt. Handreichung und Materialien (in editierbarer Form) stehen deshalb zum kostenlosen Download auf dem Bildungsserver Rheinland-Pfalz bereit unter:

<http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/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.)

Auf der **Stoffebene** stehen Kunststoffe aus dem Alltag der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt. Das Spektrum verwendeter Stoffe reicht von Artikeln des täglichen Bedarfs (Zahnbürste, Geschirr, Verpackungen, ...), über Bekleidung (Textilfasern, ...), Freizeitartikel (Spielzeug, Sportgeräte, ...) bis zu Bau- und Werkstoffen (Gehäuse, Bauteile, ...).

Die Verwendung bestimmter Kunststoffe für diese Zwecke steht jeweils in direktem Zusammenhang zu den Eigenschaften: Kunststoffe isolieren, sind leicht, verformbar oder elastisch usw. Die Beschreibung und Untersuchung der Eigenschaften von Kunststoffen ergibt sich auch vor dem Hintergrund der Abfallproblematik und Möglichkeiten der weiteren Verwendung oder Verarbeitung (Umweltpersistenz, Entsorgung, Recycling) im Sinne eines nachhaltigen Umgangs mit diesen Stoffen.

Ein Vergleich mit natürlichen Makromolekülen vertieft das Verständnis.

Auf der **Teilchenebene** erfolgen Deutungen der Stoffeigenschaften (Thermoplast-Duroplast-Elastomer) mithilfe von Modellvorstellungen (Makromolekül, intermolekulare Wechselwirkungen).

Der Aspekt „maßgeschneiderte Stoffe neu herstellen“ richtet den Blick auf den Bau der Monomere. Die funktionellen Gruppen und Mehrfachbindungen ermöglichen Erklärungen mithilfe einfacher Modellvorstellungen.

Eine Vernetzung mit dem Biologieunterricht bietet sich im Hinblick auf die natürlichen Makromoleküle Stärke, Cellulose, Proteine und Nucleinsäuren an. Durch den Chemieunterricht stehen aus den vorausgegangenen Themenfeldern Elektronenpaarbindungen und die Vielfalt der Kohlenstoffverbindungen als Grundlagen zur Verfügung.

Die parallele Betrachtung von Stoff- und Teilchenebene 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.

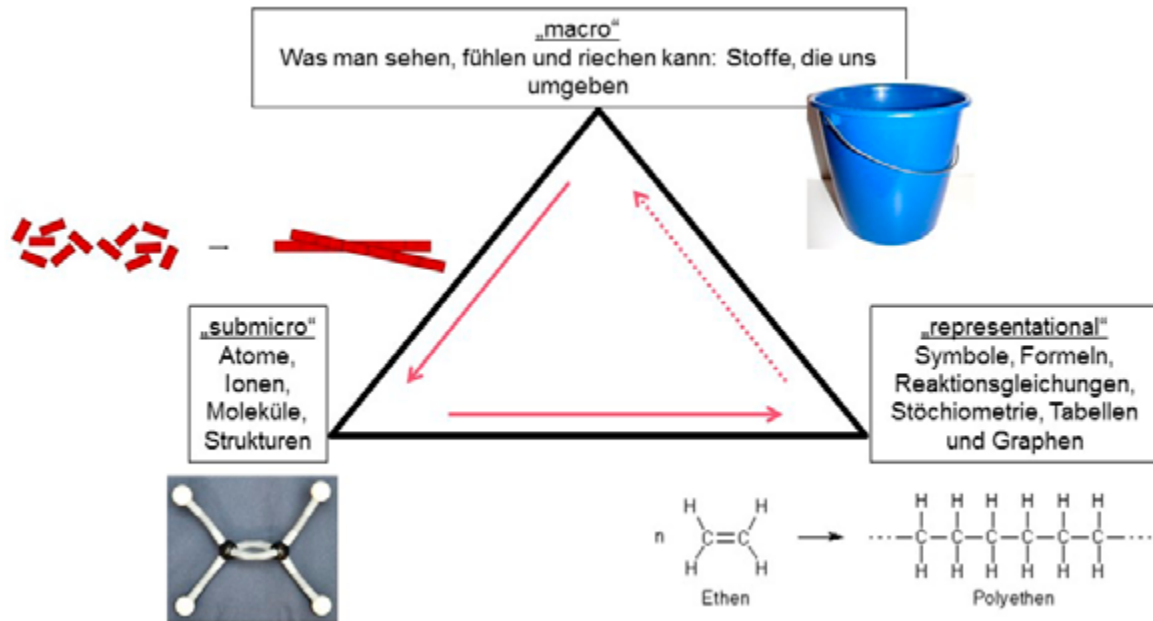


Abb. 1: nach Johnstone-Dreieck¹

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

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 7 angestrebte Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler ist im Rahmen des Unterrichts **verbindlich** zu ermöglichen.

Alle Schülerinnen und Schüler bekommen Gelegenheit, einfache Experimente zu Eigenschaften von Kunststoffen zu planen, durchzuführen oder auszuwerten, um ihre Kompetenzen auf dem Gebiet der **Erkenntnisgewinnung** weiter zu entwickeln. Sie nutzen oder bauen geeignete Modelle, um Fragen zu Eigenschaften der Kunststoffe zu bearbeiten.

Dabei bietet sich die Gelegenheit, Kunststoffe mit ihren typischen Eigenschaften als Stoffklasse zu charakterisieren und sie gegenüber anderen Stoffklassen beispielsweise den Metallen oder den Salzen abzugrenzen.

Die Deutung/Erklärung der Eigenschaften auf der Teilchenebene ermöglicht die Weiterentwicklung des **Basiskonzepts Teilchen-Materie/Stoff**.

Speziell in den Themenfeldern 3 und 5 erworbenes Wissen über die Elektronenpaarbindung und zwischenmolekulare Wechselwirkungen wird angewandt, damit Schülerinnen und Schüler

- einfache Kunststoffe auf der Teilchenebene mit geeigneten Modellen darstellen und
- einfache Reaktionsgleichungen formulieren können.

Die Verschränkung zwischen Stoff- und Teilchenebene wird erreicht, wenn Schülerinnen und Schüler Erklärungszusammenhänge zu Stoffeigenschaften am Beispiel des Verhaltens beim Erwärmen oder der Verformbarkeit ableiten können.

Dabei wird das **Basiskonzept Struktur-Eigenschaft-Funktion** weiter entwickelt.

Ihre Kompetenzen im Bereich der **Kommunikation** entwickeln die Schülerinnen und Schüler in Themenfeld 7 weiter, indem sie ihre Experimente dokumentieren. Sie recherchieren fragengeleitet zu Eigenschaften und Verwendung von Kunststoffen und stellen ihre Ergebnisse adressatengerecht dar.

Indem sie anhand des Einsatzes oder der Entsorgung von Kunststoffen argumentieren und diskutieren, **wenden** sie erworbenes naturwissenschaftliches **Wissen an**.

Das Themenfeld bietet die Möglichkeit, Kunststoffprodukte und Verbundwerkstoffe multiperspektivisch zu **bewerten** (z. B. Umweltpersistenz, fossile und nachwachsende Rohstoffe). Damit wird das Verantwortungsbewusstsein im Sinne der Nachhaltigkeit gefördert.

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
Stoffe neu herstellen	Schöne neue Kunststoffwelt	7	■	■			Polymere	Makromoleküle
	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. 2: Entwicklung der Basiskonzepte (vgl. Lehrplan S.59)

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 KOMPETENZORIENTIERTEN UNTERRICHT

2.1 Die Stellung des Themenfeldes 7 im Lehrplan

Auf der Stoffebene:

Menschen nutzen ständig und überall Stoffe. Im Chemieunterricht geht es u. a. darum, die Vielfalt der Stoffe bewusst zu machen und abzubilden. Dabei wird auch die gesellschaftliche Relevanz der Chemie deutlich und sollte Gegenstand von Unterricht sein.

Dem Menschen gelingt es mehr und mehr, das natürliche Stoffspektrum durch die Herstellung neuer Stoffe zu erweitern. Ein Beispiel solch „unnatürlicher“ Stoffe sind die Kunststoffe. Sie betonen einen neuen Aspekt. Der Mensch kann Stoffe produzieren, die die Natur nicht hervorbringt. „Maßgeschneiderte“ Stoffe haben genau die Eigenschaften, die erwünscht sind. Diese Erkenntnis ist ein bedeutendes Bildungsziel.

Die Vermittlung dieser Erkenntnis findet auf der Stoffebene statt (LE 4). Sie wird mit Schülerexperimenten und anschaulichen Materialien unterstützt. Beispiele können sein: Kabelisolation durch PVC, Schutzhelm aus ABS, Dämmmaterial aus Baustyropor.

Dabei ergibt sich die Frage nach der gesellschaftlichen Verantwortung. Kann der Mensch die Folgen abschätzen? Was passiert, wenn „naturfremde“ Stoffe in die Natur gelangen? Werden sie in die Kreisläufe der Natur integriert? Das Themenfeld 7 eignet sich in besonderer Weise, Schülerinnen und Schüler auf eine verantwortungsvolle Teilhabe an der Gesellschaft im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung vorzubereiten.

Der Aspekt „Stoffe neu herstellen“ betont auch, was wissenschaftliche Arbeit hervorbringen kann. Erst auf der Grundlage unseres vielfältigen und immer tiefer reichenden Wissens um die Stoffe, ihre Eigenschaften und ihre Reaktionen und dadurch, dass der Mensch die Naturgesetze besser versteht, sind wir in der Lage, neue Stoffe zu synthetisieren (LE 4).

Unter diesem Aspekt begründen sich systematisch die Themenfelder 7 „Schöne neue Kunststoffwelt“ (Stoffe nach Maß herstellen) und 8: „Vom Reagenzglas zum Reaktor“ (Stoffe herstellen in industriellen Verfahren).

Im Themenfeld 8 rücken Massenproduktion, industrielle Verfahren und die Entwicklung der chemischen Industrie in den Blick. Neben den spezifischen Anforderungen, die man an die Eignung eines Verfahrens für die Produktion im industriellen Maßstab stellt, spielen Berufsfelder und Umweltverantwortung eine wichtige Rolle.

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.

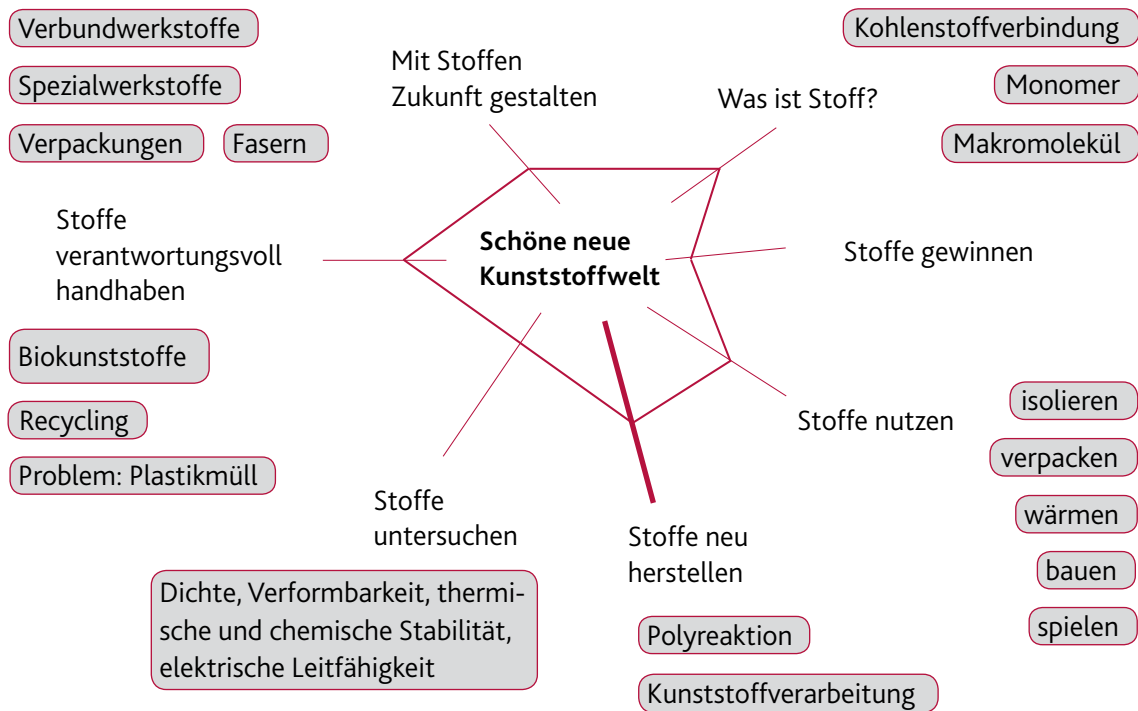


Abb. 3: Aspekte im Themenfeld 7

Auf der Teilchenebene:

Im Lehrplan Chemie ist die Reihenfolge und der Inhalt der Themenfelder stark von der Entwicklung des Teilchenkonzepts bestimmt. Die Zuordnung von Stoffgruppen zu diesen Themenfeldern folgt fachdidaktischen Überlegungen.

In den Themenfeldern 1-6 wurde bereits am Beispiel konkreter Stoffe oder Stoffgruppen ein differenziertes Teilchenmodell eingeführt und weiter entwickelt. Die Handreichungen der Themenfelder 1-6 und ergänzende Onlinematerialien stehen zum Download bereit unter <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/chemie/unterricht/sekundarstufe-i.html>.

Im Themenfeld 3 (Elektronenpaarbindung, Methan) und im Themenfeld 5 (polare Elektronenpaarbindung, Alkane, Alkanole) wird die modellhafte Darstellung von Molekülen erarbeitet. Darüber hinaus geht es im Themenfeld 5 um Wechselwirkungen zwischen polaren, unpolaren sowie amphiphilen langkettigen Kohlenstoffverbindungen.

In diesem Themenfeld rückt die Anwendung und Erweiterung des Wissens über die Struktur der Kohlenstoffverbindungen in den Fokus. Als Monomere kommen Moleküle mit einer Mehrfachbindung oder mit mehreren funktionellen Gruppen vor. Intermolekulare Wechselwirkungen und Elektronenpaarbindungen begründen die räumlichen Strukturen der Makromoleküle.

Insbesondere ist die Betrachtung der Anzahl funktioneller Gruppen von Molekülen von Bedeutung für die Eigenschaften des Polymers. Dies wird am Beispiel von Thermoplast, Duroplast und Elastomer bearbeitet.

In Anlehnung an den vorausgegangenen Unterricht werden Monomere mit dem Kern-Hülle-Modell, dem Schalenmodell oder dem Kugelwolkenmodell dargestellt. Die Arbeit mit diesen Darstellungen fördert das Verständnis von Polaritäten und Elektronenpaarbindungen.

Zur Bearbeitung der submikroskopischen Ebene im Themenfeld 7 sind Molekülbaukästen oder Zellstoffkugeln in der Kombination mit der Lewisschreibweise angemessen.

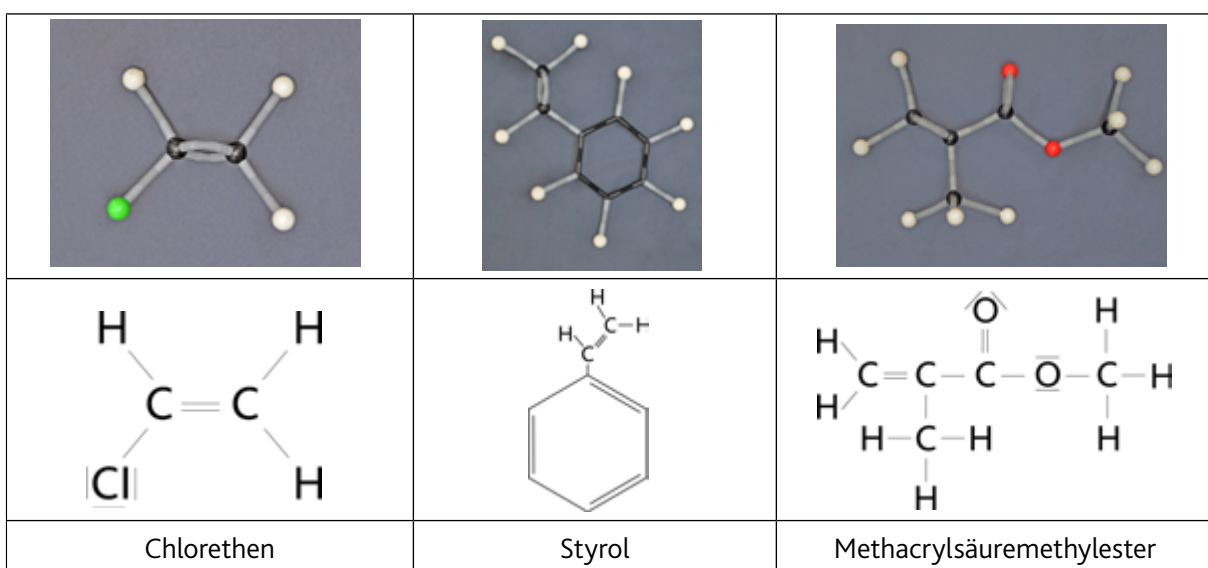


Abb. 4: Beispielhafte Molekülmodelle und Lewisschreibweise von Monomeren

Darstellungen von Polymer-Molekülen (Makromolekülen) und deren Bildungsreaktionen mit einem der differenzierten Atommodelle sind sehr komplex und im Sinne der Intention gut verzichtbar.

Für ein Grundverständnis genügt auf der Teilchenebene die Darstellung der Polymerisation mit einfachen Modellen (z. B. Micky Maus), Molekülbaukästen und Lewisschreibweise.

Vertiefend kann in leistungsstarken Gruppen die Polykondensation als Reaktionsgleichung dargestellt werden, weil viele gebräuchliche, lebensweltnahe Kunststoffe so hergestellt werden.

Die Behandlung von Reaktionsmechanismen bleibt der Oberstufe vorbehalten.

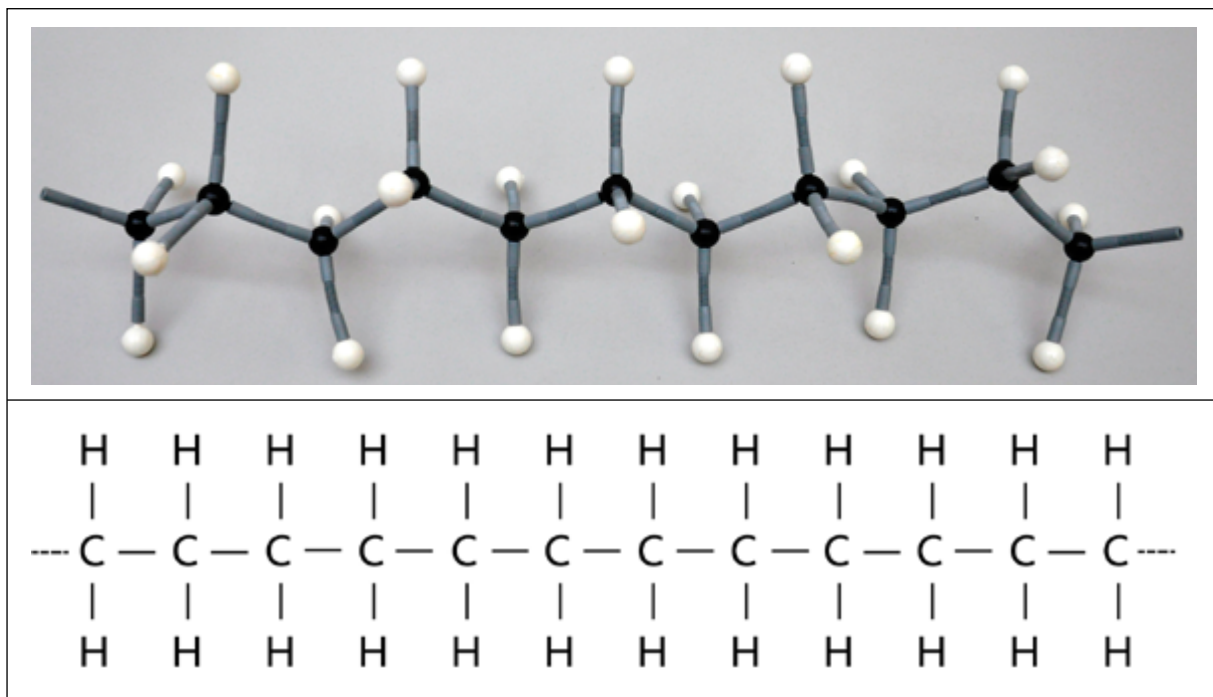


Abb. 5: Beispielhaftes Molekülmodell und Lewisschreibweise des Polymers PE

2.2 Die Themenfeld-Doppelseite

TF 7: Schöne neue Kunststoffwelt

Über Jahrtausende hat der Mensch die Stoffe genutzt, die er in der Natur vorfand oder relativ einfach aus natürlichen Stoffen gewinnen konnte. Erst in den letzten 100 Jahren ist es ihm gelungen, völlig neue, „unnatürliche“ Stoffe synthetisch herzustellen: die Kunststoffe. Dabei gelingt es immer besser, Stoffe maßgeschneidert und mit exakt den gewünschten, definierten Eigenschaften zu produzieren. Fragen der Nachhaltigkeit gewinnen immer mehr an Bedeutung. Das Bewusstsein für die Ökobilanz (nicht nur) eines Kunststoffes ist Teil der modernen Auseinandersetzung des Menschen mit der Vielfalt der seinen Alltag bestimmenden Produkte.

Auf der Stoffebene stehen Kunststoffe im Zentrum. Auf der Teilchenebene werden Makromoleküle betrachtet. Vergleichend können auch natürliche Makromoleküle (z. B. Stärke, Cellulose) thematisiert werden.

Kompetenzen:

Schülerinnen und Schüler

- entwickeln geeignete Versuche zur Untersuchung von Kunststoffeigenschaften und führen sie durch,
- stellen die Strukturen von Kunststoffen mit Modellen bzw. vereinfachten chemischen Formeln dar,
- erklären Elastizität und Plastizität mit Hilfe von Modellen,
- recherchieren fragengeleitet über Eigenschaften und Verwendung von High-Tech-Materialien und stellen ihre Ergebnisse adressatengerecht dar,
- nutzen fachspezifisches Wissen, um Kunststoffprodukte und Verbundwerkstoffe mit Blick auf anwendungsbezogene, ökologische und ökonomische Kriterien zu bewerten.

Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:

Auf der Stoffebene:

Aus den Eigenschaften der Polymere resultieren Verwendungsmöglichkeiten und damit verbundene Vor- und Nachteile. Polymere werden in Elastomere, Thermoplaste und Duroplaste eingeteilt.

Zusammensetzung und Struktur der Makromoleküle sowie die Wechselwirkungen zwischen den Makromolekülen entscheiden über die Eigenschaften der Polymere. (SEF)

Auf der Teilchenebene:

Als Monomere kommen Moleküle mit einer Mehrfachbindung oder mit mehreren funktionellen Gruppen vor.

Polymere sind Makromoleküle, die aus vielen mehr oder weniger gleichartigen Monomeren entstanden sind.

Elektronenpaarbindungen und intermolekulare Wechselwirkungen begründen die räumlichen Strukturen bei den Kunststoffen. (TMS)

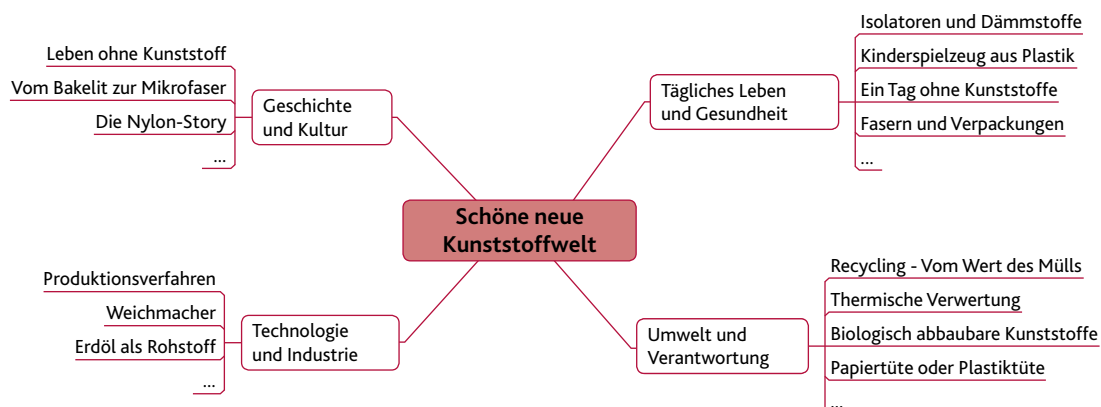
Fachbegriffe:

Kunststoff
Thermoplaste, Elastomere,
Duroplaste

Makromolekül

Monomer, Mehrfachbindung
Polymer, Polyreaktion

Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung:



Differenzierungsmöglichkeiten:

G: Ein Grundverständnis über Polymere kann über die exemplarische Behandlung eines einfachen Kunststoffes (PE, PP) erzielt werden, dessen Herstellung mit Strukturformeln beschrieben und mit Molekülmodellen veranschaulicht wird. Für eine multiperspektivische Bewertung unter dem Fokus der Nachhaltigkeit eignen sich Verpackungsmaterialien (z. B. Papier- oder Plastiktüte?).

V: Betrachtungen von funktionellen Gruppen und intermolekularen Wechselwirkungen vertiefen das Verständnis von Zusammenhängen zwischen Struktur, Eigenschaften und Verwendung.

Anspruchsvoll wäre das Nachvollziehen des Aufbaus oder sogar die Planung eines geeigneten (Verbund-)Kunststoffes für eine bestimmte Anwendung (Babywindel, Winterjacke, Tetrapak).

Eine vergleichende Betrachtung mit natürlichen Makromolekülen (Stärke, Cellulose, DNA) vertieft das Verständnis und fördert die fächerübergreifende Vernetzung.

Didaktisch-methodische Hinweise:

Eine vereinfachte Darstellung von Monomer-Einheiten sollte mit dem Fachbereich Biologie abgestimmt sein (z. B. „Perlschnurmodell“).

In Abgrenzung zur Oberstufe werden keine Reaktionsmechanismen besprochen.

Bezüge:

NaWi

--

Biologie

- TF 3 Stärke
- TF 4 Cellulose, Speicherstoff
- TF 8 Actin und Myosin als Elastomere
- TF 10/11 Proteine, DNA, Makromoleküle

Chemie

- TF 3 Elektronenpaarbindung
- TF 5 Kohlenstoffverbindung

Physik

- TF 3 Thermisches Verhalten von Gummibändern
- TF 4 Wechselwirkung
- TF 5 Wechselwirkung

Abb. 6: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Chemie“, S. 78-79

2.3 Von der Themenfeld-Doppelseite zur Unterrichtsplanung

Das Themenfeld 7 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.

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.

Konkrete Kontexte können sein:

- Beim Musikfestival: Rock am Ring
- Der gelbe Sack
- Zurück zur Natur? Klettern gestern und heute
- Comic: Eine Stadt im Kunststoffieber

In der Begegnungsphase erfahren Schülerinnen und Schüler Kunststoffe als häufige und praktische Werkstoffe in ihrer Lebenswelt. Besonders interessant für den Chemieunterricht sind resultierende Äußerungen und Fragen, die durch die Weiterentwicklung der Basiskonzepte erläutert, erklärt oder beantwortet werden können, wie z. B. „Wo wird Kunststoff verwendet? Wie wird er hergestellt? Welchen anderen Werkstoff hat Kunststoff ersetzt? Warum? Welche Nachteile haben Kunststoffe?“

Soweit wie möglich können Schülerinnen und Schüler an der Identifizierung der zu bearbeitenden Inhalte mitwirken. Daraus ergibt sich die Motivation, diese Inhalte zu erarbeiten, Informationen zu beschaffen, zu experimentieren und Erklärungszusammenhänge herzustellen.

Konkret:

Schülerinnen und Schüler können vorschlagen, die Eigenschaften von Kunststoffen zu untersuchen, um Möglichkeiten für die weitere Verwertung eines Kunststoffes zu entwickeln. Zur Erklärung der Beobachtungen, z. B. zum Verhalten beim Erwärmen, können Schülerinnen und Schüler anregen, die Teilchenebene zu betrachten.

Schülerinnen und Schüler können vorschlagen, einen Kunststoff herzustellen. Zum Verständnis der chemischen Reaktion können Schülerinnen und Schüler den Gedanken entwickeln, die Teilchenebene zu betrachten und eine einfache Reaktionsgleichung für eine Polymerisation zu formulieren.

Schülerinnen und Schüler können vorschlagen, einen Verbundwerkstoff zu untersuchen. Geeignet sind Gegenstände aus dem Alltag wie Milchverpackungen oder Funktions-Kleidung.

In der Erarbeitungsphase werden dabei Struktur-Eigenschaft-Funktionszusammenhänge erörtert.

Schülerinnen und Schüler können anregen, persönliche oder gesellschaftliche Einstellungen und aktuelle Entwicklungen im Bereich der Kunststoffe zu reflektieren und Schlussfolgerungen abzuleiten. Inhalte könnten beispielsweise Recyclingverfahren, Biokunststoffe oder Kunststoffmüll im Meer sein.

Das Ergebnis der Planung kann eine Übersicht sein, z. B. in Form einer Liste, einer Tabelle, einer Mindmap, einer Concept-Map. Exemplarisch ist in der nachfolgenden Tabelle der Zusammenhang zwischen dem Kontext „Zurück zur Natur? Klettern gestern und heute“ und dem fachlichen Inhalt des Themenfeldes dargestellt.

Zurück zur Natur? Klettern gestern und heute

Schülerfragen zum Kontext	Fachlicher Inhalt
Aus welchem Material sind die Kleider?	Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere
Welche Arten Plastik gibt es bei der Ausrüstung und wofür verwendet man sie?	Benennung von Kunststoffen Bedeutung der Vorsilbe „Poly“: Bauprinzip
Gibt es Phänomene aus der Natur, die beim Klettern nützlich sein können (z. B. wasserabweisende Schuhe)?	Zusammensetzung und Struktur der Makromoleküle bewirken die makroskopischen Eigenschaften
Wieso ist die Sportkleidung heute wasserabweisend?	
Was macht ein Seil so zugfest?	
Warum stellt man Kunststoffe her?	Eigenschaften von Kunststoffen
Welche Möglichkeiten ergeben sich durch Synthetikmaterial?	Natürliche Makromoleküle (Stärke, Cellulose) Elektronenpaarbindungen und intermolekulare Wechselwirkungen
Ist synthetisches Material wirklich effektiver als Baumwolle oder Wolle?	
Was hält wärmer? Welches hält länger?	
Wie stellt man Kunststoffseile ... her?	Monomer, Mehrfachbindung Polymer, Makromolekül, Polyreaktion Kunststoffverarbeitung
Ist Plastik gesundheitsschädlich (Kleider, Wasserflaschen)?	Nachhaltigkeit Biokunststoffe (z. B. Stärke, Polymilchsäure)
Wieso ist Plastik „böse“?	
Wo liegt das Problem?	
Kann man aus Plastikflaschen Funktionskleidung machen? Ist es möglich, alles aus recyceltem Plastik herzustellen?	Recycling: Thermisch, werkstofflich und rohstofflich, Downcycling
Wann sind die Kunststoffe entdeckt worden? Seit wann benutzt man Kunststoffe?	Kunststoff versus Naturstoff

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 unterrichtlichen Aktivitäten und den Kompetenzbereichen.

Die Schülerinnen und Schüler können ...		TF 7	Schülerinnen und Schüler ...
... naturwissenschaftliche Konzepte zur Problemlösung nutzen.	Umgang mit Fachwissen		... entwickeln geeignete Versuche zur Untersuchung von Kunststoffeigenschaften und führen sie durch.
... mit Geräten, Stoffen, Verfahren umgehen.			
... Fachwissen strukturieren und Erklärungszusammenhänge herstellen.			
... naturwissenschaftlich untersuchen, experimentieren.	Erkenntnisgewinnung	■	... stellen die Strukturen von Kunststoffen mit Modellen bzw. vereinfachten chemischen Formeln dar.
... modellieren.		■	
... naturwissenschaftliche Erkenntnisse bzw. den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess reflektieren.			
... Informationen sachgerecht entnehmen.	Kommunikation	■	... recherchieren fragengeleitet über Eigenschaften und Verwendung von High-Tech-Materialien und stellen ihre Ergebnisse adressatengerecht dar.
... sach- und adressatengerecht präsentieren und dokumentieren.		■	
... naturwissenschaftlich argumentieren und diskutieren.			
... Bewertungskriterien festlegen und anwenden.	Bewertung		... nutzen fachspezifisches Wissen, um Kunststoffprodukte und Verbundwerkstoffe mit Blick auf anwendungsbezogene, ökologische und ökonomische Kriterien zu bewerten.
... Handlungsoptionen erkennen und aufzeigen.		■	
... Sachverhalte naturwissenschaftlich einordnen und (multiperspektivisch) bewerten.		■	

Abb. 7: Kompetenzentwicklung im Themenfeld 7

Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

Kompetenzerwerb geschieht immer im Zusammenhang mit fachlichen Inhalten. Welches Fachwissen im Themenfeld erarbeitet werden soll, wird im folgenden Absatz erläutert.

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 Teilchen-Materie/Stoff (TMS)	Themenfeld 7
Materie/Stoff besteht aus Teilchen, die sich bewegen und miteinander wechselwirken.	Als Monomere kommen Moleküle mit einer Mehrfachbindung oder mit mehreren funktionellen Gruppen vor.
Durch die unterschiedliche Kombination von Teilchen, ihre Anordnung und die Wechselwirkungen zwischen ihnen ergibt sich die Vielfalt der Stoffe.	Polymere sind Makromoleküle, die aus vielen mehr oder weniger gleichartigen Monomeren entstanden sind.
Bindungsmodelle dienen zur Interpretation von Teilchenanordnungen (Aggregationen), räumlichen Strukturen und zwischenmolekularen Wechselwirkungen.	Elektronenpaarbindungen und intermolekulare Wechselwirkungen begründen die räumlichen Strukturen bei den Kunststoffen.
Teilkonzepte Struktur-Eigenschaft-Funktion (SEF)	Themenfeld 7
Die Eigenschaften der Stoffe bestimmen ihre Verwendung.	Aus den Eigenschaften der Polymere resultieren ihre Verwendungsmöglichkeiten und damit verbundene Vor- und Nachteile.
Die Struktur und die Zusammensetzung der Stoffe bestimmen ihre Eigenschaften.	Zusammensetzung und Struktur der Makromoleküle sowie die Wechselwirkungen zwischen den Makromolekülen entscheiden über die Eigenschaften der Polymere.
Stoffeigenschaften werden mit Teilchenmodellen gedeutet.	
Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften bzw. ähnlicher Struktur bilden eine Stoffklasse.	Polymere werden in Elastomere, Thermoplaste und Duroplaste eingeteilt.

Ein Schwerpunkt dieses Themenfeldes ist die Weiterentwicklung des Basiskonzeptes **Struktur-Eigenschaft-Funktion**.

Der Zusammenhang zwischen der Struktur, den Eigenschaften und der Verwendung wurde auch in den vorausgegangenen Themenfelder mehrfach thematisiert:

Themenfeld 2: Ionenbindung → Eigenschaft Salze

Themenfeld 4: Metallbindung → Eigenschaft Metalle → Verwendung als elektrischer Leiter

Themenfeld 5: polare und unpolare Elektronenpaarbindung, zwischenmolekulare Wechselwirkungen → Eigenschaft Kohlenstoffverbindungen → Verwendung als Lösungsmittel

Themenfeld 6: Ionenbindung, polare Elektronenpaarbindung → Eigenschaft Säuren und Laugen → Verwendung als Reinigungsmittel

Das Themenfeld 7 schließt nahtlos an. Zusammensetzung und Struktur der Makromoleküle sowie die Wechselwirkungen zwischen den Makromolekülen entscheiden über die Eigenschaften der Polymere. Wie auch bei den Salzen, den Metallen oder den Säuren ergeben sich die Verwendungsmöglichkeiten aus den Eigenschaften.

Das Basiskonzept **Teilchen-Materie/Stoff** wird auf der Basis der Kenntnisse über chemische Bindungen weiterentwickelt. Hier werden insbesondere Makromoleküle thematisiert.

- Strukturmerkmale von Monomeren wie Mehrfachbindungen oder mindestens zwei funktionelle Gruppen sind Voraussetzung für die Polyreaktion.
- Zwischenmolekulare Wechselwirkungen sind die Ursache für die Eigenschaften der verschiedenen Kunststoffe.

Zusammentragen, Reflektieren, Anwenden

Zum Abschluss der Erarbeitung werden die Ergebnisse zusammengetragen und der Arbeitsprozess reflektiert. Konkret kann das im Sinne eines Post-Organizers, einer Concept Map oder eines Concept Cartoons erfolgen.

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 (Kapitel 4.1 Üben und Vernetzen).

Konkret:

Schülerinnen und Schüler können nach der exemplarischen Bearbeitung von Polyethen auf die Herstellung weiterer Polymerisate schließen (z. B. PP, PS).

Schülerinnen und Schüler können Kunststoffprodukte kriteriengeleitet ordnen, da sie deren Eigenschaften untersucht und auf der Teilchenebene erarbeitet haben (z. B. Thermoplaste/Duroplaste/Elastomere).

Schülerinnen und Schüler können ihr Wissen über Strukturmerkmale von Makromolekülen anwenden, um sie vergleichend darzustellen (z. B. Monomer, Polymer, zwischenmolekulare Wechselwirkungen).

Schülerinnen und Schüler können ausgewählte Kunststoffprodukte und „Naturprodukte“ vergleichend bewerten (z. B. Einkaufstüte).

Ausgehend von Kenntnissen über Kunststoffe können Schülerinnen und Schüler Fragen zum verantwortungsvollen Umgang mit ihnen beantworten (z. B. Müllvermeidung, Recycling).

Gerade die Stoffgruppe der Kunststoffe eignet sich, um die Rolle der Chemie in der gesellschaftlichen Entwicklung zu beleuchten. Chemiker haben im 20. Jahrhundert Kunststoffe entwickelt, Verfahren optimiert und immer spezieller Stoffe zielgerichtet und maßgeschneidert hergestellt. So haben die Kunststoffe in viele Lebensbereiche Einzug gehalten, von Massenprodukten für Verpackungen über Fasern für Textilien bis hin zu Spezialkunststoffen für die Medizin oder technische Anwendungen. Kunststoffe wurden gerade wegen ihrer Haltbarkeit als moderner Werkstoff sehr geschätzt. Die Kunststoffindustrie hat große wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Die auftretenden Probleme hinsichtlich der Umweltpersistenz sind erst später ins Bewusstsein gerückt. An der Lösung dieser Probleme arbeiten Chemiker in vielfältiger Weise. Sie befassen sich mit Recyclingverfahren und deren Weiterentwicklung und auch mit möglichen Ersatzstoffen wie den sogenannten „Biokunststoffen“.

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.

Konkret:

Schülerinnen und Schüler sind in der Lage, die Strukturmerkmale der Makromoleküle auf die Beschreibung weiterer Beispiele anzuwenden (z. B. Polymerisate, Polykondensate).

Sie können die Struktur natürlicher und synthetischer Makromoleküle vergleichen (z. B. Stärke, Proteine).

Sie sind in der Lage, Zusammenhänge zwischen Strukturmerkmal und Eigenschaft zu beschreiben (z. B. Thermoplast, Duroplast, Elastomer).

Ausgehend von Kenntnissen über Herstellung, Verwendung und Entsorgung von Kunststoffen entwickeln die Schülerinnen und Schüler ein Bewusstsein für die eigene Verantwortung bei Fragen der Nachhaltigkeit (z. B. Plastikmüll im Meer).

2.4 Überblick über die Kontexte des Themenfeldes

Die Umsetzung des Themenfeldes erfolgt mittels schülernaher, 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. Dabei ergeben sich in den verschiedenen Kontexten etwas unterschiedliche Schwerpunkte, so dass es sinnvoll sein kann, zwei Kontexte nacheinander zu bearbeiten. 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.

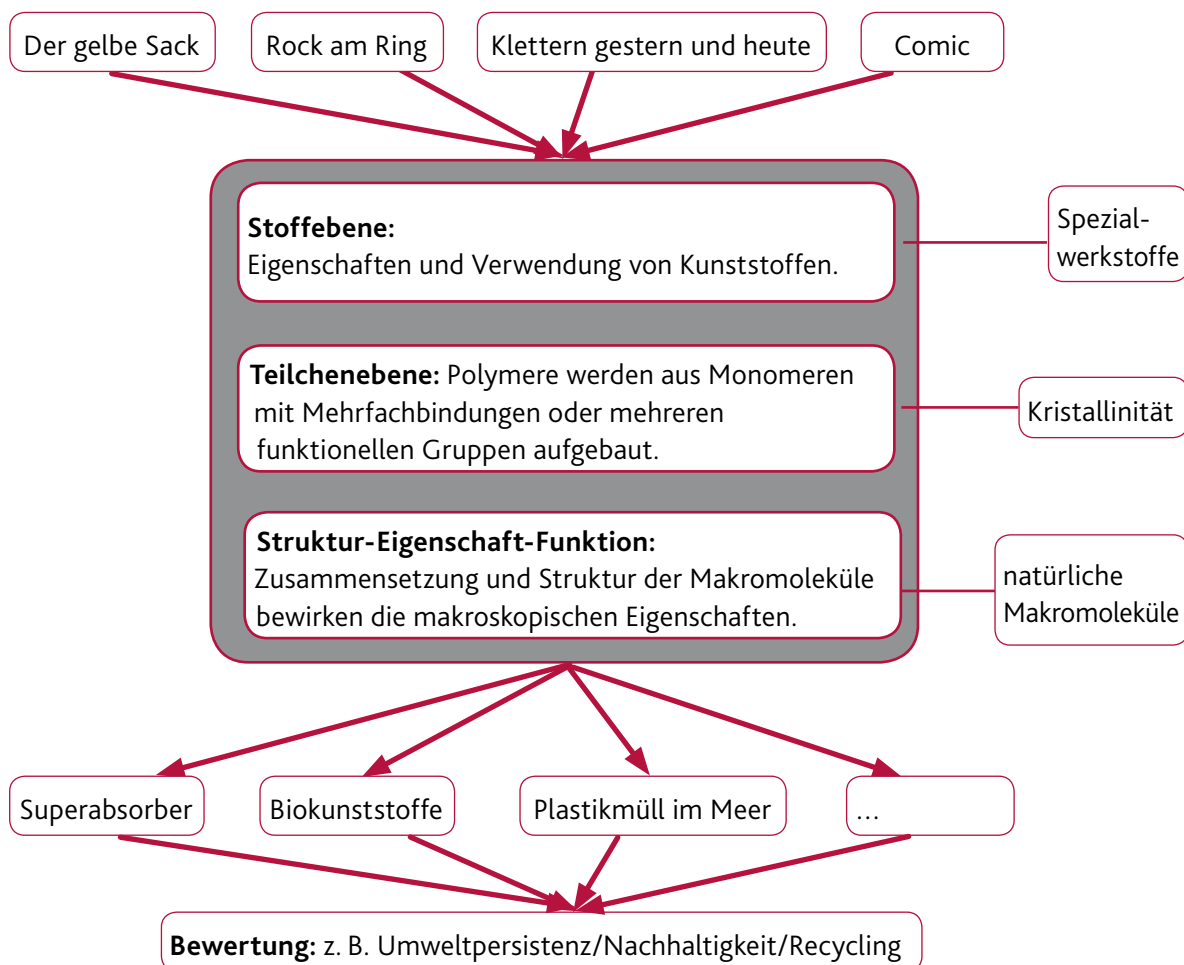


Abb. 8: Struktur des Themenfeldes 7

In diesem Themenfeld geht es darum, einen ersten Eindruck zu gewinnen von der Vielfalt der Kunststoffe, die in den Variationsmöglichkeiten der Polymerketten begründet ist.

Einerseits begegnen den Schülerinnen und Schülern die Kunststoffe als Massenprodukte in Form von Verpackungen oder Fasern. Diese Kunststoffe haben zur Zeit ihrer Entwicklung zu einer deutlichen Euphorie geführt. Eine gewisse Ernüchterung ist mit dem Bewusstsein für die Ökobilanz und die Problematik von Kunststoffmüll eingetreten. In dieser Hinsicht wird die Chemie der Kunststoffe heute oft sehr kritisch gesehen.

Während Nylon und PET bei ihrer Einführung außerordentliche High-Tech-Materialien waren, sind sie heute gewöhnliche Massenprodukte.

Auf der anderen Seite sind Kunststoffe für viele Anwendungen in Medizin und Technik und insbesondere auch im Bereich der Sportgeräte als „High-Tech-Produkte“ nicht zu ersetzen. Auch heute gilt dieser Teil der Kunststoffchemie als modern, zukunftsweisend, hoch entwickelt und positiv.

Eine erschöpfende Behandlung der Spezialkunststoffe auf der Teilchenebene ist nicht intendiert. Im Unterricht gilt es vielmehr, die Ambivalenz der Nutzung von Kunststoffen zu vermitteln und Schülerinnen und Schülern eine differenzierte Sicht auf deren Chancen und Gefahren zu ermöglichen.

Verschiedene Kontexte im Vergleich

	Der gelbe Sack	Rock am Ring	Klettern	Comic
authentisch, aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler	o	+	o	-
schülernah	o	+	o/-	+
kommt mit wenigen, „einfachen“ Kunststoffen aus	+	+	-	o
eher Massenkunststoffe	+	+	-	o
Verpackungen	+	+	o	+
Fasern	-	+	+	-
eher High-Tech-Kunststoffe	-	-	+	o
Kunststoffe treten eher als Problem auf	+	+	-	+/-
Kunststoffe treten eher als Bereicherung auf	-	-	+	+/-
Gelegenheit zum Planen von Experimenten zu Eigenschaften	+	+	o	o

+ = trifft für diesen Kontext zu o = trifft etwas zu - trifft für diesen Kontext eher nicht zu

Kontext „Rock am Ring“

Als einführende Lernsituation eignet sich ein Foto des Festival-Geländes am Ende der Veranstaltung. Das landesweit sehr bekannte Ereignis steht hier stellvertretend für alle Festivals und Open-Air-Veranstaltungen. Unglaubliche Mengen zurückgelassenen Mülls machen die Schülerinnen und Schüler betroffen. Das Foto lenkt zielgerichtet auf die Frage, was aus diesem Müll wird.



Abb. 9: Nach dem Festival (CCO)

Kann man den Müll einschmelzen und zu neuen Produkten verarbeiten? Sollte man den Müll verbrennen?

Um unterschiedlichen Vorschlägen nachzugehen, ergibt sich die Notwendigkeit, die Eigenschaften verschiedener Kunststoffe zu untersuchen. Dabei wird deutlich, dass die Kunststoffe für die weitere Verarbeitung sortenrein gesammelt oder später sortiert werden müssen. Für die Trennung müssen Verfahren gefunden werden, die Eigenschaften ausnutzen, in denen sich verschiedene Kunststoffe unterscheiden. So kann erarbeitet werden, welche Optionen für welchen Kunststoff bestehen. Die Betrachtung auf der Teilchenebene erlaubt es, Vorhersagen für weitere Stoffe zu treffen.

Neben den großen Mengen „einfacher“ Kunststoffe kommen in geringeren Mengen auch chemisch gesehen komplexere Stoffe vor, Verbundmaterialien, Funktionskunststoffe oder Kunststoffe mit Zusatzstoffen. Von der Problemstellung her sind sie hier wegen des geringeren Aufkommens sekundär. Sollen sie dennoch unterrichtlich bearbeitet werden, kann z. B. mit Bildkarten eine Auswahl an Gegenständen in den Fokus gerückt werden.

Ein anderer Zugang zur Bearbeitung von Spezialkunststoffen in diesem Kontext wäre die Fragestellung, welche Gegenstände Schülerinnen und Schüler einpacken würden, wenn sie zu einem Rockfestival reisen würden.

Denkbar ist auch, den Bereich der Spezialkunststoffe in einem zweiten Kontext anzuschließen, z. B. „Klettern gestern und heute“ (siehe Tabelle Seite 16).

Kontext „Der gelbe Sack“

Schülerinnen und Schüler begegnen den Kunststoffen über Inhalte des gelben Sacks. Aus hygienischen Gründen wird mit gesäuberten Materialien gearbeitet.

Da im „gelben Sack“ nur Verpackungsmaterialien gesammelt werden, kann man mit diesem Kontext die Komplexität reduzieren. Er stellt einen lösungsorientierten Ansatz zum Umgang mit Verpackungsmüll dar.

Weitergehende Schülerfragen könnten sein: „Warum gibt es Gelber-Sack-Plastik und Plastik für den Wertstoffhof?“, „Welches Plastik muss in die Restmülltonne?“

Die Trennung von Kunststoffen (Gelber Sack, Restmülltonne, Wertstoffhof) öffnet den Blick auf die Vielfalt der Kunststoffe.

Eigenschaften der Kunststoffe werden am Beispiel verschiedener Verpackungsmaterialien untersucht. Ihre Vorteile bezüglich Dichte, Haltbarkeit oder Verformbarkeit gegenüber natürlichen Werkstoffen wie Metall oder Holz begründen die massenhafte Nutzung. Darüber hinaus sind die Eigenschaften die Grundlage für die weitere Behandlung oder Verwertung der Kunststoffe.

Die Vielfalt führt zur Unterscheidung und modellhaften Darstellung der Makromoleküle und der Wechselwirkungen zwischen den Molekülen bei Thermoplast, Duroplast und Elastomer.

An Polyethylen, Polypropylen und Polystyrol lässt sich auf der Teilchenebene der Zusammenhang Monomer-Polyreaktion-Polymer gut vermitteln. Fachsystematik und -sprache konzentrieren sich dabei auf die zentralen Inhalte des Themenfeldes.

Dieser Kontext bietet direkten Anschluss zum Recycling und zu multiperspektivischen Bewertungen im Sinne der Nachhaltigkeit (z. B. Papier- oder Plastiktüte).

Schülerinnen und Schüler reflektieren ihr eigenes Verhalten (z. B. Vermeidung von Kunststoffverpackung und Einweggeschirr) und entwickeln Bewusstsein für nachhaltiges Handeln. Neue Wege bei Abfallvermeidung und Entsorgung führen zu den Biokunststoffen (bioabbaubarer Müllbeutel, Stärkefolie, biobasierter PLA-Becher).

Ein Tetrapak (im gelben Sack) oder eine Babywindel (in der Restmülltonne) erfüllen den Anspruch an einen Verbundwerkstoff/ein High-Tech-Material auf Grundniveau.

Schülerinnen und Schüler recherchieren exemplarisch einen Verbundwerkstoff (im Sinne eines High-Tech-Materials wie z. B. Tetrapak, Goretex, Babywindel).

Beachtenswert ist, dass Kunststoffe als Werkstoffe in diesem Kontext leicht einseitig negativ erscheinen können. Die Lehrkraft sollte die Ambivalenz der Nutzung von Kunststoffen vermitteln. Beispielsweise könnte ein kurzer Kontext „Klettern gestern und heute“ die Vorteile maßgeschneiderter Stoffe für spezielle Anwendungen gegenüber Naturstoffen betrachten.

Der gelbe Sack

Schülerfragen zum Kontext	Fachlicher Inhalt
Was ist Plastik?	Kohlenstoffverbindung Kunststoff versus Naturstoff
Welche Arten gibt es überhaupt und was ist darin?	Thermoplaste, Duroplaste, Elastomere
Was darf alles in den „Gelben Sack“?	Benennung von Kunststoffen Bedeutung der Vorsilbe „Poly“:
Was bedeuten die Kürzel?	Bauprinzip Makromolekül Fächerübergreifend mit Sozialkunde: Grüner Punkt
Wie stellt man Plastik her?	Monomer, Mehrfachbindung Polymer, Makromolekül
Woraus und wie werden „Gelbe Säcke“ hergestellt? Aus recycelten Materialien?	Polyreaktion
Weshalb verrottet Plastik nicht/ganz langsam?	Makromolekül, Polymer Fächerübergreifend mit Biologie: biologisch abbaubare Kunststoffe
Kann es zersetzt werden? Ist Plastik mit Chemie abbaubar?	
Was macht den Sack geruchs- und wasserundurchlässig? Was macht den Sack reißfest? Wieso ist der Sack dehnbar?	Eigenschaften von Kunststoffen Elektronenpaarbindungen und intermolekulare Wechselwirkungen
Warum laufen Milchtüten nicht aus? Welche Beschichtungen haben sie von innen?	Verbundwerkstoffe High-Tech-Materialien
Wo kommt der „Gelbe Sack“ hin, wenn er abgeholt wurde?	Recycling: Thermisch, werkstofflich und rohstofflich, Downcycling
Was passiert mit dem Müll? Werden die verschiede- nen Plastikarten getrennt? Wenn ja, wie?	
Stimmt es, dass man daraus neue Produkte herstel- len kann?	
Wie wird von den Milchtüten die Pappe getrennt? Wie wird das Material, das nicht in den gelben Sack dürfte, von dem Rest getrennt?	
Wie umweltschädlich ist Plastik? Gibt es Alternativen zu Kunststoffen?	Biokunststoffe (z. B. PLA) Natürliche Makromoleküle (Stärke, Cellulose)

Kontext „Klettern gestern und heute“

Dieser Kontext steht stellvertretend für verschiedene Sportarten (Fußball, Tennis, Skisport). Für jede Sportart gibt es die passende Kleidung, spezielles Schuhwerk, High-Tech-Geräte und die entsprechende Ausrüstung.

Die Abbildung eines Kletterers gibt Assoziationshilfen für Gegenstände aus verschiedenen Werkstoffen und wirft Fragen auf (siehe Tabelle Seite 16).

Schülerinnen und Schüler recherchieren die Vielfalt der Ausrüstungsgegenstände (z. B. Helm, Brille, Trinkflasche, Jacke, Seil, Schuhe, Zelt, ...), Materialien und Eigenschaften (Elastizität, Zugfestigkeit, Härte, Abrieb, wasser- und windabweisend, lichtfest, bruchstabil, wärmend, weich, geruchs- und geschmacksneutral).

Vergleichen sie die Kunststoffe mit früher verwendeten Stoffen für die Kletterausrüstung (z. B. Wolle, Leder, Glas), werden ihre Vorteile deutlich (z. B. gegenüber Wärme, Druck und Wasser).



Abb. 10: Zurück zur Natur?

Es ist nicht intendiert, die gesamte Vielfalt an Kunststoffen und natürlichen Makromolekülen zu vermitteln. Schülerinnen und Schüler können ausgewählte Artikel untersuchen.

Bei der Auswahl von mehreren Artikeln ist es notwendig, auf einfache Grundstoffe (Polymerisate: PE – Ethen, PVC – Chlorethen, PP – Propen) zu fokussieren.

Unterschiedliche Eigenschaften der Kunststoffe führen zur Betrachtung der Teilchenebene. Verschiedene Kunststoffe (Thermoplast, Duroplast, Elastomer) werden mit Modellen dargestellt. Dabei werden Unterschiede der Monomere und der Vernetzung der Makromoleküle erarbeitet.

Vertiefend kann auf die Polykondensationsreaktion (z. B. PET oder Nylon) eingegangen werden, ohne die Mechanismen zu betrachten. Dazu sind Informationen zu Kohlenstoffverbindungen (Dicarbonsäuren, Dirole, Diamin, Ester, Amid) notwendig.

Die ständige Optimierung der Werkstoffeigenschaften führt zur Betrachtung eines Verbundwerkstoffs, z. B. Goretex/Sympatex oder Copolymerisats, z. B. ABS. Die Kombination von erwünschten Eigenschaften wird sichtbar.

High-Tech-Produkte im Sinne von Verbundwerkstoffen oder Copolymerisate vermitteln einen Eindruck, wie die „maßgeschneiderten“ Eigenschaften zustande kommen.

Eine große Auswahl solcher Produkte, insbesondere aus dem Bereich des Sports, wird sehr motivierend auf der Seite www.ihre-chemie.de vorgestellt.

Ausgehend von Kenntnissen über Kunststoffe bewerten Schülerinnen und Schüler globale Entwicklungen (z. B. Vermüllung, Recycling, Biokunststoffe). Sie entwickeln ein Bewusstsein für die eigene Verantwortung (z. B. in ihrem Freizeitverhalten).

Kontext Comic „Eine Stadt im Kunststoffieber“

Der Unterricht beginnt mit dem Lesen eines Comics, der durch vorgegebene Fragen strukturiert wird. Im Chemieunterricht einen Comic zu lesen, kommt bei Schülerinnen und Schülern gut an. Die witzige Aufmachung und die lockere Sprache erleichtern den Zugang zu Kunststoffen. So ist dieser Kontext schülernah, auch wenn er nicht authentisch ist. „Duckonyl“ gibt es in der Realität nicht. Dennoch werden viele realistische und gewünschte Eigenschaften der Kunststoffe in diesem Zusammenhang mit ihrer Verwendung genannt. Eindringlich beschreibt die Geschichte die Vorteile der Kunststoffe und die „heftige“ wirtschaftliche Entwicklung bis hin zu der Erkenntnis, dass die massenhafte Verwendung von Kunststoffen auch Schattenseiten hat.

Dieser Comic bietet ansprechende Anlässe zur Entwicklung der Bewertungskompetenz. Die Ambivalenz der Kunststoffe lässt sich sehr gut herausarbeiten.

Durch die Recherche der tatsächlichen Geschichte der Kunststoffe ergeben sich Gelegenheiten zur intensiveren Auseinandersetzung mit den Eigenschaften von Kunststoffen und ihren Besonderheiten auf der Teilchenebene.



Abb. 11: Titelbild Comic

Material zu den einführenden Lernsituationen:

EL_Karten_Vielfalt_Rock am Ring

EL_Muell_Rock am Ring

EL_Der gelbe Sack

EL_Klettern gestern und heute

EL_Comic Eine Stadt im Kunststoffieber

PDF_Taschenbuch: Eine Stadt im Kunststoffieber

Links:

<https://www.youtube.com/watch?v=7P94Z3rqzSU>

<http://www.ksta.de/aus-der-nachbarschaft/-rock-am-ring-wird-zu-muell-am-ring.16064582,23292542.html>

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 7 passt die Lehrkraft den Unterricht in Bezug auf die Gewichtung von Stoff- und Teilchenebene an.

Grundverständnis:

Leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler erwerben Grundkenntnisse über Kunststoffe in einem Kontext, der einfache Beispiele (PE, PP) in den Fokus rückt, z. B. „Plastiktüte oder Papiertüte?“ Die Eigenschaften der Kunststoffe sind auf der Phänomenebene gut in Schülerübungen zugänglich.

Der Aufbau eines Polymer-Kunststoffes aus gleichartigen Monomeren lässt sich an schülernahen Modellen verdeutlichen. Vertiefte Kenntnisse von Formeln und Reaktionsgleichungen sind nicht notwendig. Die Vielfalt der Verwendung von Kunststoffen lernen Schülerinnen und Schüler auf der Ebene der Phänomene (Stoffebene) kennen. Auch die verschiedenen Verfahren der Kunststoffverarbeitung können auf Grundniveau thematisiert werden (Spritzguss, Formblasen).

Eine multiperspektivische Bewertung im Hinblick auf Nachhaltigkeit führt zu Fragen der Verwertung, Entsorgung, Vermeidung. Die Bildungsabsicht ist erfüllt, wenn es gelingt, dass Schülerinnen und Schüler Handlungsoptionen auf der Basis von nachhaltigen Bewertungskriterien beschreiben.

Vertiefung:

Leistungsstarke Gruppen lernen eine größere Vielfalt verschiedener Kunststoffe kennen. Dazu können neben den Polymerisaten auch Polykondensate herangezogen werden, um entsprechende Monomere und die Polykondensationsreaktion kennen zu lernen.

Auf der Teilchenebene vertiefen Betrachtungen von funktionellen Gruppen und intermolekularen Wechselwirkungen das Verständnis von Zusammenhängen zwischen Struktur, Eigenschaft und Verwendung. Die vergleichende Betrachtung mit natürlichen Makromolekülen (z. B. Stärke, Cellulose, Proteine, DNA) fördert die Entwicklung der Basiskonzepte fächerübergreifend.

Die exemplarische Auseinandersetzung mit einem Verbundwerkstoff (Babywindel, Tetrapak, Gore-tex-Jacke) vermittelt einen Eindruck von der Forschung und Weiterentwicklung neuer Werkstoffe. Es ist nicht intendiert, einen Verbundwerkstoff hinsichtlich seiner Herstellung oder Struktur-Eigenschafts-Zusammenhängen zu untersuchen. Vielmehr geht es um die Eigenschaften der beteiligten Stoffe, die in einer geeigneten Kombination bestimmte Verwendungen optimieren.

Weitere spezielle, maßgeschneiderte Eigenschaften (Licht sammelnde Kunststoffe, elektrisch leitende Kunststoffe, brandhemmende Kunststoffe usw.) werden nur als Phänomene genannt. Eine Erklärung auf der Teilchenebene ist in dieser Klassenstufe nicht intendiert.

Bezüge zur Biologie:

Schülerinnen und Schüler haben bereits im Biologieunterricht Wissen über natürliche Makromoleküle erworben. Die Themenfelder 3 und 4 behandeln den Stoffabbau und den Stoffaufbau der Lebewesen vor dem Hintergrund der Energieversorgung. Im Wesentlichen geht es um Glucose und Stärke.

Pflanzen bauen aus niedermolekularen, energiearmen Stoffen energiereichere und komplexere Stoffe auf. Im Ergebnis der Fotosynthese entsteht Glucose. Viele wasserlösliche Glucosemoleküle (Monomere) bilden (unter Abspaltung von Wassermolekülen) wasserunlösliche Stärkemoleküle (Makromoleküle). Die chemische Reaktion der Fotosynthese wird auf der Formelebene dargestellt, die Umwandlung zu Stärke mithilfe eines einfachen Modells.

In den Themenfeldern 9, 10 und 11 des Lehrplans für Biologie werden Proteine und die DNA als natürliche Makromoleküle modellhaft dargestellt.

„Die Anordnung von Molekülbausteinen in Proteinen oder Nukleinsäuren bestimmt deren Funktionen.“

„Spezifische Antikörper sind das Ergebnis von variablen Strukturen in Eiweißen.“

Hier kann Konzeptwissen aus dem Chemieunterricht wieder angewendet werden. Kenntnisse über Monomere und Polyreaktionen finden bei Deutungen hinsichtlich der Bildung eines spezifischen Proteins durch Polykondensation aus Aminosäuren Anwendung.

Bezüglich der verwendeten Modelle ist eine Absprache der Fachkollegen sinnvoll.

3 ZU DEN LERNEINHEITEN

Die im Kapitel 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	Stoffebene: Eigenschaften von Kunststoffen	Teilchen-Materie/Stoff	Erkenntnisgewinnung Kommunikation
2	Teilchenebene: Polymere werden aus Monomeren mit Doppelbindungen bzw. funktionellen Gruppen aufgebaut.	Teilchen-Materie/Stoff	Erkenntnisgewinnung Kommunikation
3	Zusammensetzung und Struktur der Makromoleküle bewirken die makroskopischen Eigenschaften.	Struktur-Eigenschaft-Funktion	Erkenntnisgewinnung Kommunikation
4	Eigenschaften und Verwendung von Kunststoffen	Struktur-Eigenschaft-Funktion	Umgang mit Fachwissen Kommunikation
5	Nachhaltiger Umgang mit Kunststoffen		Umgang mit Fachwissen Bewertung

Nach den im Lehrplan für das Themenfeld 7 festgelegten Schwerpunkten der Konzept- und Kompetenzentwicklung ergeben sich diese fünf 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 Lerneinheit 5 ermöglicht zu Beginn der Unterrichtsreihe eine Problematisierung und provoziert die Sachfragen, die in der Erarbeitung von Fachwissen münden. Nach der Bearbeitung von chemischen Inhalten können die gewählten und ähnlichen Fragen fachlich fundierter beantwortet werden (Entsorgung, Recycling, Biokunststoffe).

Die in den folgenden Tabellen vorgestellten Lerneinheiten enthalten jeweils entsprechende Materialien, mit denen sie umgesetzt werden können. Nach der Vorstellung der Lerneinheiten schließt sich ein exemplarischer Unterrichtsgang (Kapitel 4.2) an.

3.1 Lerneinheit 1

LE 1: Teilchen-Materie/Stoff (Stoffebene): Eigenschaften von Kunststoffen		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Weshalb verrottet Kunststoff nicht/ganz langsam? Kann es zersetzt werden? Wie kann man Kunststoffe trennen? Warum ersetzt Kunststoff Metall/Holz/Baumwolle?		
Schülerinnen und Schüler ...		
... entwickeln geeignete Versuche zur Untersuchung von Kunststoffeigenschaften und führen sie durch.	... planen Versuche zur Prüfung von Eigenschaften. ... führen die geplanten Versuche durch und protokollieren diese. ... vergleichen Kunststoffe mit anderen Werkstoffen.	Kunststoff
Material/Medien		
LE1_SV_Kunststoffeigenschaften_Vorbemerkungen LE1_Concept Cartoon_Planen LE1_Info zu Recyclingsymbolen LE1_SV1-5_Kunststoffe untersuchen LE1_Werkstoffe_frueher_heute		

Ein Foto vom Gelände einer Großveranstaltung nach dem Event zeigt beeindruckende Müllmengen: Überreste von Lebensmitteln, Papier und Pappe, Metalle, Leder, Wolle und Baumwolle von Kleidungsstücken und Kunststoffe in Form von Verpackungen, Fasern für Kleidung oder Stoffe für Zelte, Gerätschaften mit Kunststoffbauteilen.

Intendiert ist in diesem Themenfeld insbesondere die Beschäftigung mit den Kunststoffen. Dazu stellen die Schülerinnen und Schüler Vergleiche zwischen den verschiedenen Werkstoffen an und arbeiten die vorteilhaften Eigenschaften von Kunststoffen gegenüber den früher eingesetzten Werkstoffen heraus: haltbar, bruchsicher, leicht, geruchs- und geschmacksneutral, wasser- und luftdicht, wasserunlöslich.

Wohin mit dem Müll von Rock am Ring/aus dem gelben Sack?

Es wird deutlich, dass die Vorzüge der Kunststoffe und deren Einsatz als Massenprodukt gleichzeitig Ursachen des Müllproblems sind.

Schülerinnen und Schüler sammeln Ideen und Vorkenntnisse zur Entsorgung. Ein passender Concept Cartoon gibt Anregungen für die Diskussion verschiedener Vorschläge. Ergebnis dieser Diskussion ist, dass die Umsetzbarkeit der verschiedenen Vorschläge überprüft werden muss. Dazu entwickeln und planen die Schülerinnen und Schüler, evtl. in Gruppen, die Untersuchung ...

- des Verhaltens verschiedener Kunststoffe beim Erwärmen,
- der Brennbarkeit,
- der Löslichkeit,
- der biologischen Abbaubarkeit,
- der Härte bzw. der Möglichkeit zum Zerkleinern.

Zur Optimierung der eigenen Planungen können sie diese mit ausgearbeiteten Versuchsanleitungen vergleichen.

Die Untersuchungen zeigen das unterschiedliche Verhalten verschiedener Kunststoffe. Daraus folgt, dass nicht alle Kunststoffe in gleicher Weise zu verwerten oder zu entsorgen sind. So macht es beispielsweise keinen Sinn, einen Duroplasten umschmelzen zu wollen. Andererseits sind Thermoplaste eigentlich zum Verbrennen zu schade, weil man sie umschmelzen kann.

Aus dieser Erkenntnis ergibt sich die Notwendigkeit, die Kunststoffabfälle zu sortieren. Recycling-Symbole dienen in der Schule zur Identifizierung verschiedener Kunststoffarten.

Die Schülerinnen und Schüler kennen aus vorausgegangenem Unterricht (Nawi TF 7 „Stoffe im Alltag“) einige Trennverfahren und wissen, dass man zur Trennung Eigenschaften nutzt, in denen sich die zu trennenden Stoffe unterscheiden. Schülerinnen und Schüler planen also Untersuchungen zur Trennung verschiedener Kunststoffarten.

Unter Schulbedingungen gut zugänglich ist die Untersuchung der Dichte, für die das Schwimm-Sink-Trennverfahren genutzt werden kann.

Zurück zur Natur? Klettern gestern und heute

Im Kontext „Klettern“ sind möglicherweise andere Eigenschaften von Kunststoffen von Bedeutung: Elastizität und Reißfestigkeit, Wasserdampfdurchlässigkeit, Wasserdurchlässigkeit, Winddurchlässigkeit. Experimente zur Dichte, zur Bruchfestigkeit oder zur Wärmeisolierung können die Schülerinnen und Schüler selbst planen.

Zu Eigenschaften, die für Kletterausrüstungen wichtig sind, wurden Experimentieranleitungen veröffentlicht in: Sieve, B. (2016) Vom Friesennerz zur atmungsaktiven Jacke, Unterricht Chemie 152, S. 12-17.

Comic – Eine Stadt im Kunststoffieber

Schülerinnen und Schüler tragen die in dem Comic erwähnten Eigenschaften und Anwendungsbereiche verschiedener Kunststoffe zusammen und überlegen, ob es tatsächlich Kunststoffe mit diesen Eigenschaften gibt. Die experimentelle Untersuchung erfolgt mit realen Kunststoffen.

Differenzierungsmöglichkeiten:

Eine Reduktion des Anspruchsniveaus (Grundverständnis) ist möglich z. B. durch

- eine stärkere Anleitung bei der Planung von Experimenten,
- die Reduzierung der Vielfalt der betrachteten Kunststoffe,
- die Begrenzung auf die Untersuchung weniger, gut zugänglicher Eigenschaften.

Eine Vertiefung ist möglich, wenn z. B.

- zur Entwicklung der experimentellen Kompetenzen auch „Fehlversuche“ zugelassen werden und die Zeit dafür zur Verfügung steht.
- aktuell tatsächlich technisch angewendete Verfahren, z. B. Erkennung mit IR-Spektroskopie, auf einem angemessenen Niveau in den Unterricht Eingang finden.

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 1:

LE1_Concept Cartoon_Planen

The cartoon is titled "WOHIN MIT DEM PLASTIKMÜLL ???". It features four cartoon children with speech bubbles containing their ideas for plastic waste disposal:

- Top-left girl: "Ich würde alles verbrennen."
- Top-right boy: "Ich würde alles liegenlassen und verrotten lassen."
- Bottom-left boy: "Ich würde alles einschmelzen und wiederverwenden."
- Bottom-right girl: "Ich würde alles schreddern und Parkbänke daraus machen."

At the bottom, a speech bubble asks: "Und was meinst du? ..."

Mögliche Arbeitsaufträge:

1. Gehe die Vorschläge der vier Schülerinnen und Schüler einzeln durch.
2. Plane Experimente zur Machbarkeit der verschiedenen Vorschläge.
 - Beachte, dass sich verschiedene Kunststoffe unterschiedlich verhalten können. Du solltest also eine Vielzahl verschiedener Kunststoffproben untersuchen.
 - Vergleiche deine Planung möglichst mit der fertigen Anleitung und überdenke deine eigene Planung. Achte auf die Sicherheitsvorkehrungen.
3. Führe die Experimente durch und notiere deine Beobachtungen in geeigneter Form.
4. Werte deine Experimente im Hinblick auf die Behandlung des Kunststoffmülls aus.

Zusätzliche Materialien:

Kunststoffproben aus PE, PP, PS, PVC und weitere Kunststoffe wie PET, PA, PMMA, Aminoplast sind kostenlos zu bestellen unter:

<http://www.plasticseurope.de/informationszentrum/kunststoff-schule/unterrichtsmaterial-bestellen.aspx>

PlasticsEurope Deutschland e.V., Frau Rühl, Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt,
Fon: (069) 25 56-13 03, Fax: (069) 25 10 60, Mail: info.de@plasticseurope.org,
<http://www.plasticseurope.de/>

Dies sollte frühzeitig angegangen werden, die Kunststoffproben sind immer mal wieder vergriffen und dann muss bis zu einem halben Jahr Wartezeit eingeplant werden.

Variante zur Trennung von Kunststoffproben mit einem Dichtegradienten einer Kochsalzlösung:
Autorenteam ozean:labor der Kieler Forschungswerkstatt „Was schwimmt oben, was schwimmt unten?“
in: Unterricht Chemie 147/2015, Versuchskartei: Plastikmüll, Friedrich Verlag GmbH.

Fertige Anleitungen zur Untersuchung von Kunststoffeigenschaften:
Ruhwinkel, R. (2016) „Alles aus Plastik – Ein Stationenlernen zu Kunststoffen“ (Kl. 9/10),
in: RAAbits, Bestellnummer: R0299-000770.

3.2 Lerneinheit 2

LE 2: Teilchen-Materie/Stoff (Teilchenebene): Polymere werden aus Monomeren mit Doppelbindungen bzw. funktionellen Gruppen aufgebaut		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Was ist Kunststoff? Was bedeuten die Kürzel? Welche Arten gibt es überhaupt und was ist darin? Wie stellt man Kunststoff her?		
Schülerinnen und Schüler...		
... stellen die Strukturen von Kunststoffen mit Modellen bzw. vereinfachten chemischen Formeln dar.	... bauen mit Molekülbaukästen aus Monomeren mit Mehrfachbindungen bzw. funktionellen Gruppen Polymere und dokumentieren dies. Vertiefung: ... stellen experimentell Kunststoffe (z. B. Polyester) her. ... vergleichen den Aufbau von Kunststoffen mit natürlichen Makromolekülen.	Monomer Mehrfachbindung Polymer Polyreaktion Makromolekül (Vernetzungsgrad) Vertiefung: Funktionelle Gruppe (Hydroxygruppe, Carboxygruppe, Aminogruppe) Polykondensation
Material/Medien		
LE2_Molekuelbau LE2_Karten_Polymere LE2_G_Modellbilder Polymerisation LE2_SV_Polyester herstellen LE2_Ringdingel		
Vertiefung: LE2_V_Modellbilder Polymerisation LE2_LV_Nylonfaden_Vertiefung LE2_Karten_Polykondensate_Vertiefung LE2_Karten_Staerke_Protein_Vertiefung		

In dieser Lerneinheit geht es schwerpunktmäßig um das Basiskonzept Teilchen-Materie/Stoff. Auf der Teilchenebene wird das Verständnis vom Aufbau der Makromoleküle angelegt. Dieses wird an ausgewählten Beispielen herausgearbeitet. Ein größerer Überblick kann durch Übungen oder im Rahmen der Dekontextualisierung erreicht werden.

Um eine Polyreaktion nicht nur theoretisch kennen zu lernen, sondern auch auf der Stoffebene zu beobachten, ist das Durchführen von Experimenten zur Herstellung von Polymeren hilfreich. Dafür eignet sich ein eindrucksvoller Demonstrationsversuch wie die Herstellung von Nylon, wobei in der Sekundarstufe I nicht intendiert ist, diese auf der Teilchenebene zu diskutieren. Es geht nicht um die Entwicklung des Basiskonzepts Chemische Reaktion.

Grundverständnis:

Die Darstellung eines Kohlenwasserstoff-Moleküls mit einer Mehrfachbindung ist prinzipiell mit allen differenzierten Atommodellen möglich und sollte als eine Weiterentwicklung bisherigen Fachwissens erfolgen.

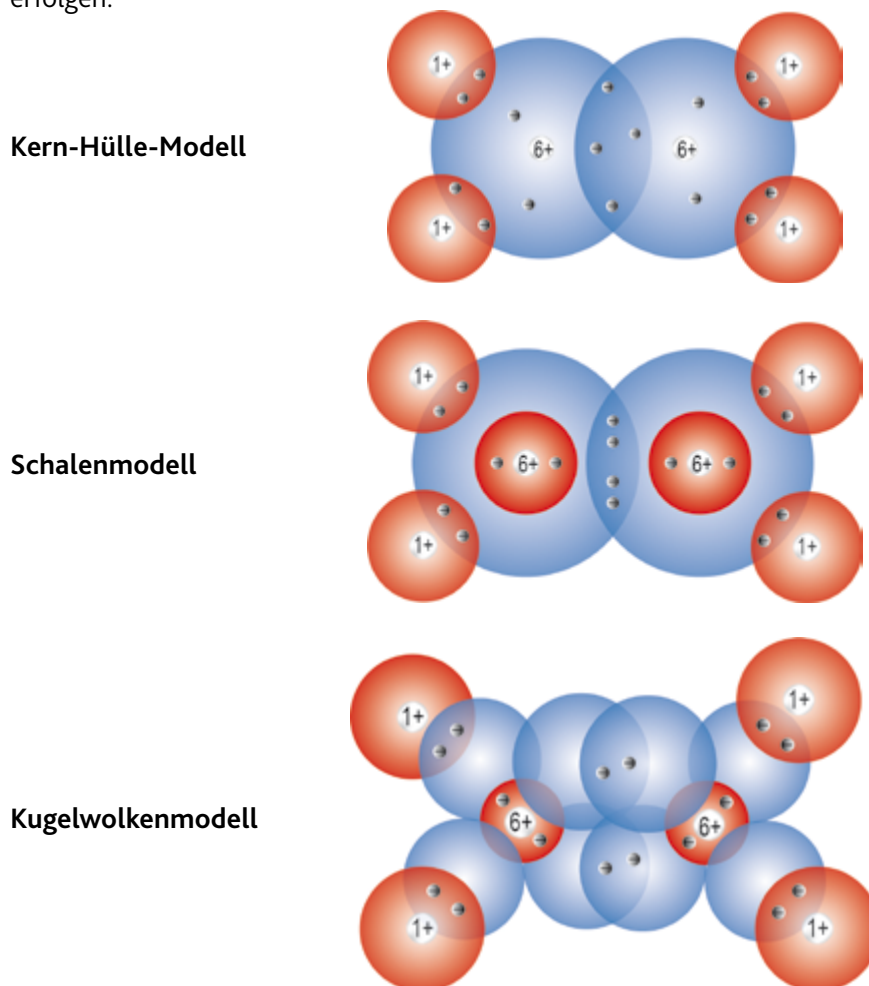


Abb. 12: Molekülmodelle von Ethen mit verschiedenen differenzierten Atommodellen dargestellt

Schülerinnen und Schüler bauen mit Molekülbaukästen einfache Monomere mit Doppelbindung und stellen die Reaktionen zur Kettenbildung nach. Die strukturellen Voraussetzungen der Monomere für eine Polyreaktion werden erkennbar.

Die Reaktionsgleichung einer Polymerisation kann abgeleitet werden, das Prinzip der Verknüpfung ungesättigter Moleküle ist auf viele, im Alltag häufig vorkommende Kunststoffe übertragbar.

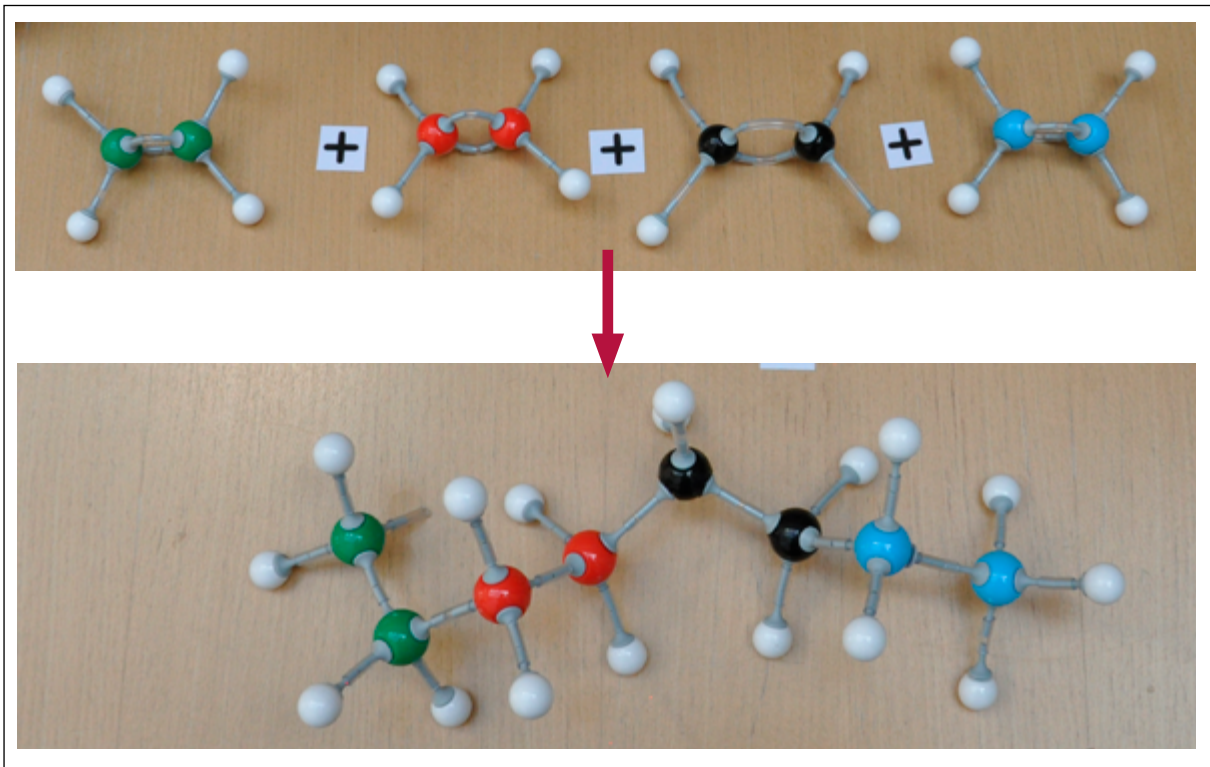


Abb. 13: Monomere und Polymerausschnitt. Durch die verschiedenen Farben wird das Wiedererkennen der ursprünglichen Monomere erleichtert und die Formel des Polymer $[-CH_2-CH_2-]_n$ besser verstanden.

Die Dokumentation der Reaktionsgleichung erfolgt in der Lewisschreibweise.

Das Grundprinzip einer Polymerisation wird an Modellen diskutiert, wie sie in Schulbüchern oder Verlagsmaterialien vorkommen.

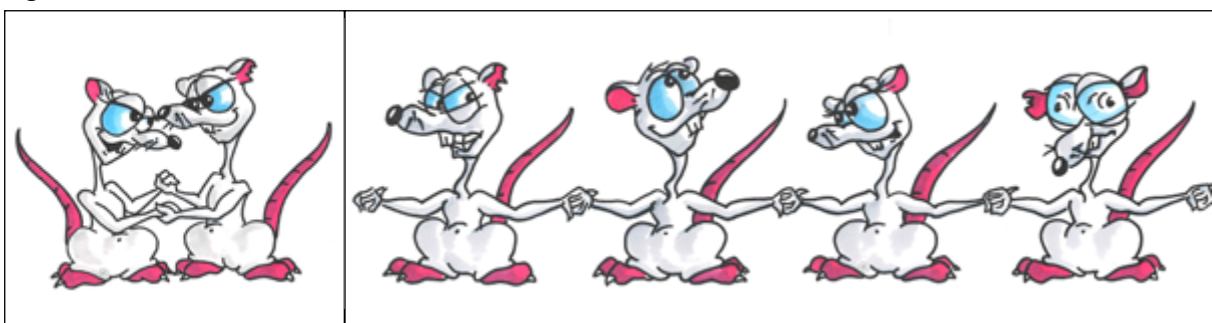


Abb. 14: Modell eines Monomers und Polymerausschnitt

Es ist nicht intendiert, den Mechanismus der Reaktion zu erörtern.

Die Bildung von langkettigen Makromolekülen kann auch szenisch dargestellt werden (vgl. zusätzliches Material).

Vertiefung:

Ein Verständnis für die Vielfalt der Kunststoffe wird über die Anzahl der betrachteten Monomere entwickelt.

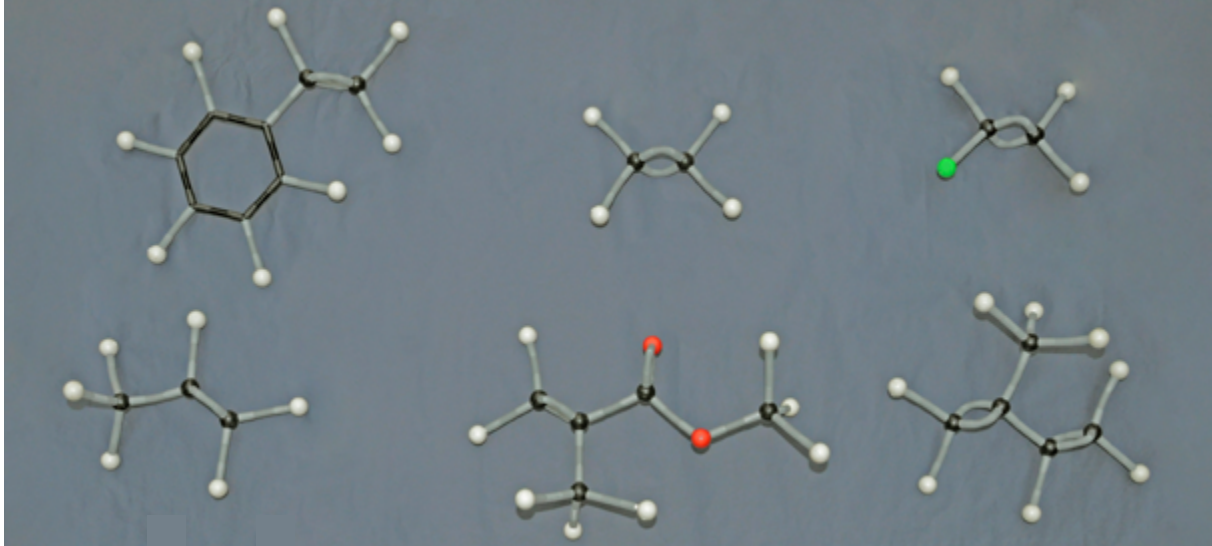


Abb. 15: Molekülmodelle der Monomere Phenylethen (Styrol), Ethen, Chlorethen (Vinylchlorid), Propen, Methylmethacrylat, 2-Methylbuta-1,3-dien (Isopren)

Im Hinblick auf die Oberstufe kann mit leistungsstarken Gruppen ein Polyester aus Citronensäure (Tricarbonsäure) und Glycerin (dreiwertiger Alkohol) im Schülerexperiment hergestellt werden.

Voraussetzung für das Verständnis sind die im Themenfeld 5 erarbeiteten Hydroxygruppen der Alkohole und im Themenfeld 6 die Carboxygruppen der organischen Säuren. Das Reaktionsprodukt Wasser schafft Zugang zur chemischen Reaktion der Kondensation.

Auch natürliche Makromoleküle wie die Stärke entstehen durch Kondensation von Monomeren (Glucose).

Mithilfe vereinfachter Molekülmodelle der Edukte kann die Reaktion einer Polykondensation auf der Teilchenebene vermittelt werden.

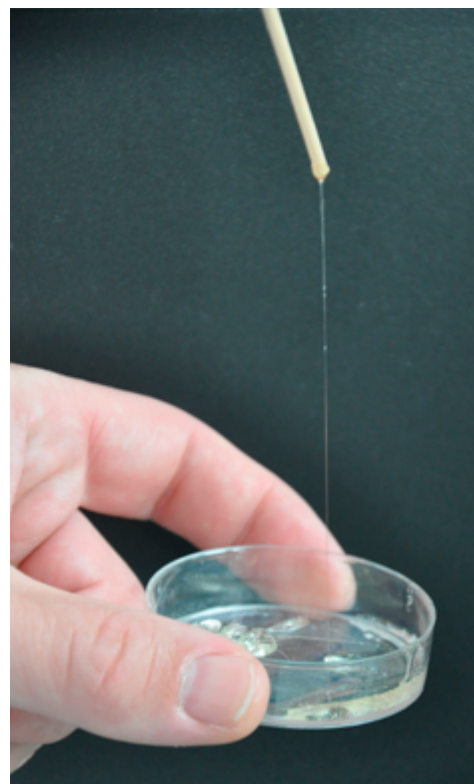


Abb. 16: Polyester aus Citronensäure und Glycerin

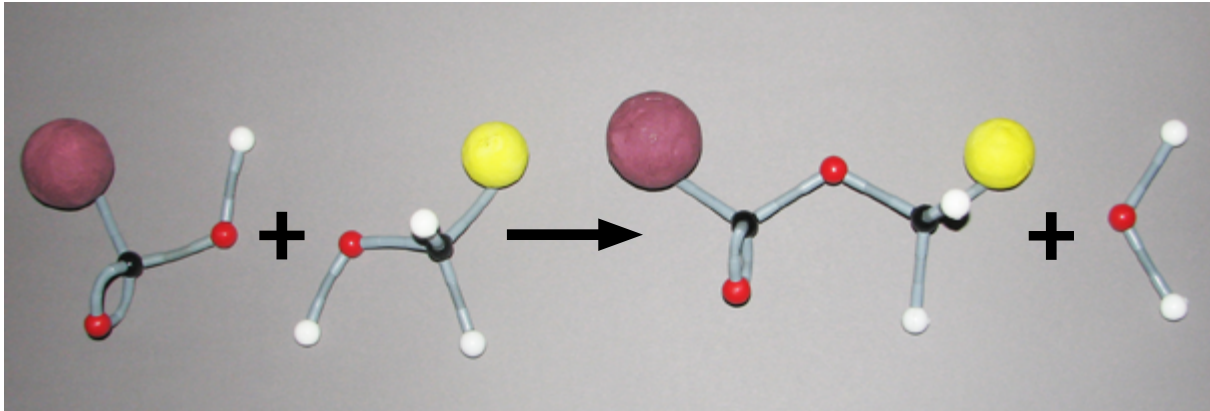


Abb. 17: Polykondensation von Citronensäure und Glycerin, die Zellstoffkugeln stellen den Molekülrest von Citronensäure (dunkel) und Glycerin (hell) dar

Es ist nicht notwendig, die vielen Kunststoffnamen und Regeln der Nomenklatur zu üben. Die Vielzahl der unterschiedlichen Namen der Monomere bzw. Polymere kann Verwirrung verursachen. Es ist wichtig, auf einen konsequenten Sprachgebrauch zu achten.

	Beispiel 1	Beispiel 2
Verschiedene Namen für Monomere		
Bezeichnung nach IUPAC	Ethen	2-Methylbuta-1,3-dien
veraltete Bezeichnung	Ethylen	
Trivialname	Ethylen	Isopren
Verschiedene Namen für Polymere		
herkunftsbezogener Name	Polyethen	1,4- <i>cis</i> - oder 1,4- <i>trans</i> - Poly(2-Methylbuta-1,3-dien)
strukturbezogener Name	Poly(methylen)	1,4- <i>cis</i> - oder 1,4- <i>trans</i> - Poly(2-Methylbut-2-en)
Trivialname	Polyethylen	1,4- <i>cis</i> - oder 1,4- <i>trans</i> - Polyisopren, Synthese-Kautschuk

Die Bezeichnung von Monomeren folgt in der Regel der IUPAC-Nomenklatur. Dennoch sind auch hier Trivialnamen bei komplexeren Molekülen üblich.

Bei den Polymeren werden Trivialnamen nach zwei Kategorien unterschieden. Die herkunftsbezogenen Namen geben Aufschluss darüber, aus welchen Monomeren das Polymer zusammengesetzt ist. Natürlich liegen dabei die Monomere im Polymer nicht mehr vor. Dies führt insbesondere bei Schülerinnen und Schülern anfangs zu Irritationen.

Des Weiteren gibt es die strukturbezogenen Namen. Dabei wird die sich wiederholende Moleküleinheit identifiziert und mit dem Präfix „Poly“ versehen. Diese Benennung ist in den Schulbüchern i. d. R. unüblich.

Bezug zur Biologie:

Schülerinnen und Schüler haben bereits im Themenfeld 4 „Pflanze, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau“ natürliche Makromoleküle kennengelernt.

Im Ergebnis der Fotosynthese entsteht Glucose (Monomer). Viele wasserlösliche Glucosemoleküle bilden (unter Abspaltung von Wassermolekülen) Stärkemoleküle (Makromoleküle). Die chemische Reaktion wurde mithilfe eines einfachen Modells visualisiert.

Das Themenfeld 7 kann beitragen, biologisches und chemisches Fachwissen zu naturwissenschaftlichem Konzeptwissen zu verbinden.



Abb. 18: Glucosemolekül und Ausschnitt aus einem Stärkemolekül

Wenn Schülerinnen und Schüler Stärkefolie herstellen, bietet das Produkt Anlass zur Diskussion über nachwachsende Rohstoffe, u. a. Fragen der Nachhaltigkeit. Je nach Leistungsfähigkeit interpretieren Schülerinnen und Schüler die Stärkebildung als Polyreaktion oder sie erklären die Stärke als Polykondensationsprodukt.

Zusätzliche Materialien:

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

(Erdöl → Granulat → Tüte/Folie)

https://www.youtube.com/watch?v=ZSej0_dt7NY

(Polymerisation → Ethen → Polyethen Eigenschaften → Zwischenmolekulare Kräfte)

Pöpping, W. „Lineare und vernetzte Kunststoffe bilden – szenische Darstellung“, Unterricht Chemie 14/2003, Friedrich Verlag GmbH.

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 2:

LE2_G_Modellbilder Polymerisation

Grundverständnis

Modellvorstellung zur Polymerisation

1. Baue mit einem Molekülbaukasten ein Modell eines Ethen-Moleküls.
2. Stellt als Gruppe die Reaktion mehrerer Ethen-Moleküle zu dem Polymer Polyethen nach.
3. Spielt die Reaktion entsprechend der folgenden Abbildung.



4. Verändert das Spiel so, dass Polypropen entsteht.

LE2_Karten_Polymere (E-Lexikon)



3.3 Lerneinheit 3

LE 3: Struktur-Eigenschaft-Funktion: Zusammensetzung und Struktur der Makromoleküle bewirken die makroskopischen Eigenschaften		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
<p>Einführende Lernsituationen:</p> <p>Was macht die Verpackungen geruchs- und wasserundurchlässig?</p> <p>Wieso sind manche Verpackungen dehnbar, andere hart und spröde?</p> <p>Warum ist das Zelt wasserfest, die Plastikfolie dehnbar, das Gummiband elastisch und die Gerätehülle hart?</p> <p>Wie kommt die Plastikflasche zu ihrer Form?</p>		
Schülerinnen und Schüler...		
<p>... erklären Elastizität und Plastizität mit Hilfe von Modellen.</p>	<p>... ermitteln drei Gruppen von Kunststoffen: grundsätzlich elastisch, bei Erwärmung verformbar, extrem formstabil bis zur Zersetzung.</p> <p>... bauen Modelle und erklären Elastizität und Plastizität von Kunststoffen mit dem Vernetzungsgrad.</p> <p>... führen einfache Versuche zur Kunststoffverarbeitung durch.</p>	<p>Thermoplaste</p> <p>Elastomere</p> <p>Duroplaste</p>
Material/Medien		
<p>LE3_Modelle bauen</p> <p>LE3_Tabelle ThermoDuroElastomer</p> <p>LE3_Kunststoffverarbeitung PET</p> <p>LE3_SV_Schmelzspinnen_PET</p> <p>LE3_SV_Aufschäumen_PS</p> <p>LE3_SV_Tiefziehen_PP</p>		
<p>Filme:</p> <p>PET-Flasche – Blasformen (1 min) https://www.youtube.com/watch?v=r0GNZCJya60</p> <p>Spritzguss (5 min) https://www.youtube.com/watch?v=Kh4HxEdZ3Uw</p> <p>Bobbycar (3 min) https://www.youtube.com/watch?v=r1YXVkQICs0</p> <p>Sendung mit der Maus – Folienblasen (8 min) https://www.youtube.com/watch?v=UFE0XW7TFFM</p> <p>Extrusion eines Fensterprofils (4 min) https://www.youtube.com/watch?v=ZU1bbXonMkY</p>		

In dieser Lerneinheit geht es um die Erklärung der Eigenschaften der Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere. Die Struktur der Makromoleküle begründet die Intensität der Vernetzung. Monomere, die nach der Reaktion zu einem Polymer noch reaktive Stellen aufweisen (funktionelle Gruppen, Mehrfachbindungen), tragen durch weitere chemische Reaktionen zur Vernetzung bei.

Für ein **Grundverständnis** reicht es aus, wenn Schülerinnen und Schüler ...

- mit einfachen, in der Schulliteratur gebräuchlichen Modellen Thermoplaste, Duroplaste und Elastomere erläutern.
- die Eigenschaften der Thermo- und Duroplaste auf das Vorhandensein von Vernetzungen durch Elektronenpaarbindungen bzw. Wechselwirkungskräfte zwischen den Molekülen zurückführen.

Ein **vertieftes Verständnis** wird erreicht, wenn Schülerinnen und Schüler ...

- einen Zusammenhang zwischen der Anzahl funktioneller Gruppen in einem Makromolekül und dem Vernetzungsgrad im Polymer herstellen,
- auf dieser Basis die Eigenschaften der Polymere z. B. beim Erwärmen und Verformen erklären,
- Modelle eines Thermoplasten und eines Duroplasten mit selbst gewählten Materialien bauen und daran Gemeinsamkeiten und Unterschiede darstellen.

Polymere werden i. d. R. in Form von Granulat produziert, gelagert, verpackt und transportiert. Die weiteren Schritte auf dem Weg zum Produkt erfolgen in einem Kunststoff verarbeitenden Betrieb.

In Rheinland-Pfalz gibt es eine ganze Reihe solcher Betriebe, z. B. Clariant in Lahnstein, Mettler in Morbach, Schütz in Selters/Westerwald, Simona in Kirn, Renolit in Worms, Profine in Pirmasens oder Evonik in Worms.

Schülerinnen und Schüler lernen einige Verarbeitungsschritte kennen. Dabei können geeignete Filmsequenzen oder, wo immer möglich, Betriebe in der Region hilfreich sein.

Allen Verfahren gemeinsam ist das Extrudieren. Die anschließenden Schritte: Spritzgießen, Formpressen, Schmelzspinnen oder Blasformen unterscheiden sich lediglich hinsichtlich der formgebenden Werkzeuge oder Hilfsmittel (Gussform, Luft, Druck). Hilfreich sind geeignete Vergleiche aus dem Alltag (Fleischwolf, Spritzgebäck).

Schülerinnen und Schüler vollziehen einen Fertigungsprozess nach (z. B. PET-Flasche). Einige Verarbeitungsschritte sind auch als Demonstrationsexperiment oder als Schülerversuch durchführbar.

Für ein **Grundverständnis** reicht es aus, wenn Schülerinnen und Schüler ...

- zwei Abschnitte der Herstellung von thermoplastischen Produkten unterscheiden:
Herstellung des Polymers (Granulat) – chemische Reaktion
Verarbeitung zum Produkt (Faser, Folie, Gefäß) – formgebende Verfahren,
- Verarbeitungsschritte in groben Zügen beschreiben, z. B. aus einem Film ein Fließdiagramm erstellen.

Ein **vertieftes Verständnis** wird durch Schülerversuche ermöglicht.

Ergänzende Materialien:

Weiterführende Schulen können einmal pro Jahr ein Experimentierset für Kunststoffe bei der BASF AG bestellen.

Experimentierset:

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

Bestellformular:

https://www.basf.com/documents/de/Ludwigshafen/commitment-for-the-region/education/Unterrichtsmaterial/Bestellformular_Experimentierset.pdf

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 3:

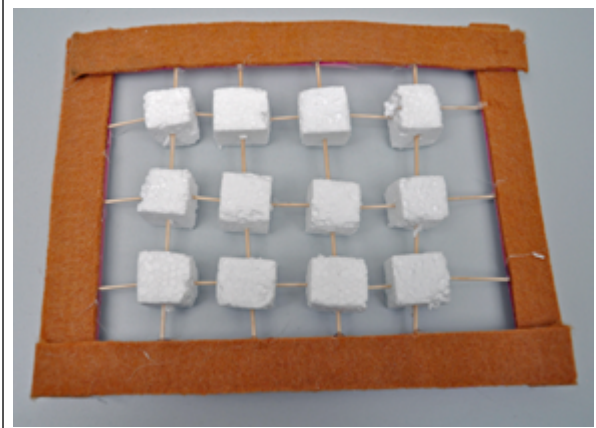
LE3_Modelle bauen

Ein Kunststoffmodell bauen

Baue mit selbst gewähltem Material je ein Modell eines Thermoplasten und eines Duroplasten. Schreibe dazu eine Legende, die den Aufbau deiner Modelle erklärt.

Kriterien für Modellkritik:

- Sind die Polymerketten beweglich? (Auswahl des Materials für die Kette)
- Sind die Polymerketten molekular dargestellt?
- Enthalten die Ketten Verzweigungen?
- Ist das Modell zwei/dreidimensional gebaut?
- Unterscheiden sich die Verknüpfungen? (Elektronenpaarbindungen und zwischenmolekulare Wechselwirkungen)
- Unterscheiden sich Thermo- und Duroplast durch die Anzahl der Verknüpfungen?
- Ist die Legende hilfreich und fachlich richtig?



Legende Thermoplast

weiße Styroporwürfel = Atomen
 Zahnstocher = Atombindungen
 brauner Filzrahmen = Ausschnittbegrenzung
 weiße Pfeilspitzen = Atombindungen

Ich habe die einzelnen Molekülkettenausschnitte so angeordnet, weil zwischen den Ketten nur über-der-Waag-uräfte wirken und die einzelnen Molekülketten nicht durch Atombindungen miteinander vernetzt sind. Deshalb lassen sie sich bei Temperaturerhöhung gegeneinander verschieben, im Modell dargestellt durch den bewegbaren Rahmen. Thermoplasten lassen sich verformen, im Gegensatz zu den Duroplasten.

Legende Duroplasten

weiße Styroporwürfel = Atomen
 Zahnstocher = Atombindungen
 brauner Filzrahmen = Ausschnittbegrenzung

Ich habe die einzelnen Molekülketten hier so angeordnet, weil sie durch Atombindungen auch quer miteinander vernetzt sind und so auch unter Temperaturerhöhung nicht gegeneinander verschiebbar sind. Duroplasten lassen sich nicht, wie Thermoplasten, unter Temperatur ^{durch} verformen sondern sind wegen der Quervernetzung ~~der~~ Atombindungen hart und spröde.

3.4 Lerneinheit 4

LE 4: Struktur-Eigenschaft-Funktion: Eigenschaften und Verwendung von Kunststoffen		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Was ist ein High-Tech-Material? Warum laufen Milchtüten nicht aus? Ist ein Alltag ohne Kunststoffe möglich?		
Schülerinnen und Schüler...		
... recherchieren fragengeleitet über Eigenschaften und Verwendung von High-Tech-Materialien und stellen ihre Ergebnisse adressatengerecht dar.	... erfassen die Vielfalt der Kunststoffe und ihre Verwendung in einer geeigneten Form. Vertiefung: ... zerlegen einen Verbundwerkstoff und identifizieren seine Bestandteile mit ihrer Funktion.	Verbundwerkstoffe als maßgeschneiderte Werkstoffe
Material/Medien		
LE4_Copolymer_Schutzhelm und Lego LE4_High-Tech-Material – Fußball und mehr LE4_Verbundwerkstoff_Sockenwolle LE4_Verbundwerkstoff_Tetrapak LE4_SV_Superabsorber LE4_Info_High-Tech-Kunststoff Film: Wieso hält die Windel dicht? – Superabsorber http://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=9668		
Vertiefung: LE4_Verbundwerkstoff_Funktionstextilie_Vertiefung LE4_Superabsorber_Vertiefung		

Die Verarbeitungsmöglichkeiten der Kunststoffe und ihre Optimierung sind sehr vielfältig. So kann heute fast jedes synthetische Polymer durch die weitere Verarbeitung und Kombination mit anderen Stoffen „maßgeschneiderte“ Eigenschaften erhalten.

High-Tech-Material, Verbundwerkstoff, Laminat, Mikrofaser, atmungsaktive Membran, Imprägnierung – Schülerinnen und Schüler begegnen diesen Begriffen in ihrem Alltag mehr oder weniger täglich und sie gehen selbstverständlich mit den Produkten um.

Werbung vermittelt ihnen die Vorzüge, High-Tech-Material ist leicht, wasserdicht, elastisch, pflegeleicht. Ein Bewusstsein für „die Chemie dahinter“ sowie für den verantwortungsvollen Umgang mit ihnen sollte ein wichtiges Bildungsziel sein.

Schülerinnen und Schüler wissen, dass ein Kunststoff aus Makromolekülen besteht, die auf unterschiedliche Weise Wechselwirkungen eingehen. Die Weiterentwicklung in dieser Lerneinheit besteht darin, dass sie einen Einblick in die große Vielfalt der weiteren Verarbeitungs- und Kombinationsmöglichkeiten gewinnen.

„High-Tech“-Eigenschaften werden nur auf der Stoffebene bearbeitet. Damit gelingt eine anschauliche Vermittlung von der Vielfalt der Kunststoffe als Kohlenstoffverbindungen.

Schülerinnen und Schüler entwickeln ihre Kompetenzen, indem sie zu High-Tech-Materialien recherchieren und ihre Ergebnisse adressatengerecht darstellen.

Darüber hinausgehende Interessen von Schülerinnen und Schüler können im Einzelfall in Form eines Referats bearbeitet werden (z. B. leitfähige Kunststoffe, nicht brennbare Kunststoffe).

Das unterrichtliche Ergebnis der LE 4 kann eine solche Tabelle sein:

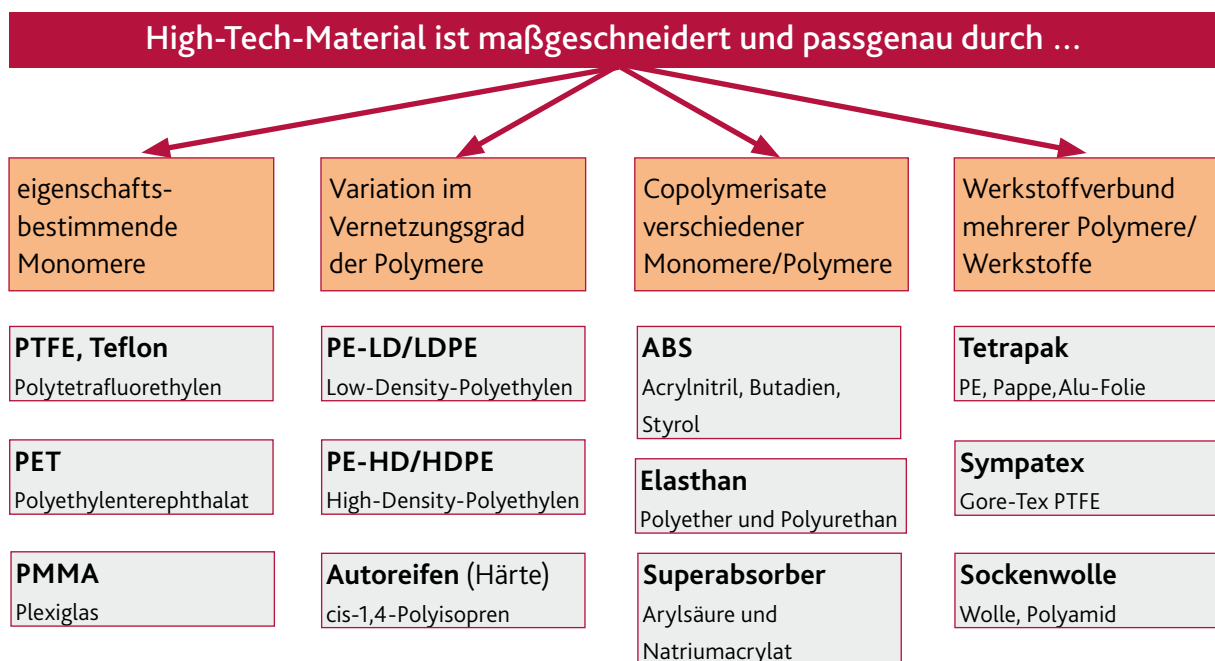


Abb. 19: Möglichkeiten maßgeschneiderte und passgenaue Werkstoffe herzustellen mit Beispielen

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 4:

LE4_Copolymer_Schutzhelm und Lego

High-Tech-Material – Copolymer



ABS Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymerisat wird für Automobil- und Elektronikteile, Motorradhelme, Spielzeug (Lego-Bausteine) sowie Gehäuse von Elektrogeräten und Computern verwendet.

Arbeitsaufträge:

1. Ergänze die Tabelle:

Name des Monomers			
die „genutzte“ Eigenschaft des einzelnen Polymers	leicht	hart	elastisch
Eigenschaften des ABS-Copolymerisats			

2. Erläutere die Vorteile dieses Werkstoffes gegenüber den Einzelkomponenten und früheren Werkstoffen. Erkläre den Begriff Copolymer.

3. Baue aus Lego-Steinen ein Modell eines ABS-Copolymers.

4. Begründe die Bezeichnung High-Tech-Material.

3.5 Lerneinheit 5

LE 5: Nachhaltiger Umgang mit Kunststoffen		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Wo kommt der „Gelbe Sack“ hin, wenn er abgeholt wurde? Was machen wir mit dem Müll (am Nürburgring, im Meer)? Wie schadet Kunststoff der Umwelt?		
Schülerinnen und Schüler ...		
... nutzen fachspezifisches Wissen, um Kunststoffprodukte und Verbundwerkstoffe mit Blick auf anwendungsbezogene, ökologische und ökonomische Kriterien zu bewerten.	... werten Informationen und Daten aus. ... analysieren einen Medienbeitrag zu aktuellen Themen über Kunststoffe multiperspektivisch. ... diskutieren Maßnahmen der Verwertung von Kunststoffabfall. ... entwickeln ein Rollenspiel.	Recycling Biokunststoffe
Material/Medien		
LE5_Film_Zoff um den gelben Sack LE5_Plastiktüte_Bewertung LE5_Tetrapak_Bewertung LE5_SV_Stärkefolie_Nawaro LE5_SV_Stärkenachweis bei Verpackungsmaterial LE5_ProKontra_Stärkeverpackung LE5_ProKontra_Polymilchsäure LE5_Kunststoffmüll im Meer		
Vertiefung:		
LE5_Biokunststoffe_Internetrecherche_Vertiefung LE5_Polymilchsäure_Vertiefung LE5_SV_Mikroplastik_Vertiefung		

Das Ziel dieser Lerneinheit ist es, vor dem Hintergrund der Ambivalenz der Nutzung von Kunststoffen den Schülerinnen und Schülern multiperspektivische Betrachtungen im Sinne des Nachhaltigkeitsdreiecks zu erschließen.

Ganz allgemein schlagen Schülerinnen und Schüler als mögliche Maßnahmen gegen globale Probleme erfahrungsgemäß drei verschiedene Wege vor:

1. restriktive Maßnahmen: verbieten, verteuern, bestrafen
2. die vorhandenen Maßnahmen/Verfahren/Techniken optimieren: Verbrauch verringern durch weniger Materialeinsatz (dünnere Tüten), Recycling, thermische Verwertung
3. neue Wege gehen: abbaubare Stoffe entwickeln, Abbaubarkeit der Stoffe verbessern.

Im Unterricht gilt es herauszuarbeiten, dass ...

- restriktive Maßnahmen zwar kurzfristig ökologisch wirksam sein können, meist aber aus ökonomischen und sozialen Gründen nicht über längere Zeit durchführbar sind und daher nicht nachhaltig wirken.
- die Optimierung vorhandener Maßnahmen und Techniken deutlich helfen kann, das Problem aber meist nicht löst, sondern nur vertagt.
- die Entwicklung neuer Wege und anderer Ideen viel naturwissenschaftliches und technisches Verständnis erfordert, sehr lange dauert und teuer ist, dann aber meist die Lösung im Sinne eines Kompromisses für Ökonomie, Ökologie und Soziales bedeutet.

Das aktuell sehr brisante Thema des Kunststoffmülls ist in rasanter Entwicklung begriffen. Es gibt zahlreiche Initiativen von vielen Einrichtungen, die die Bevölkerung einbeziehen wollen.

Etliche Forschungseinrichtungen legen einen Fokus ihrer Arbeit auf die Problematik des Kunststoffmülls. Dazu werden Methoden und Verfahren entwickelt, um z. B. Müll im Meer zu erfassen und möglichst auch zu quantifizieren. Andere Projekte erforschen mögliche Folgen von Kunststoffen in der Umwelt oder untersuchen neue Wege des Abbaus, wie z. B. aktuelle Schlagzeilen verdeutlichen („Bakterien verdauen Plastik“, „Mehlwürmer fressen Styropor“).

Über die nächsten Jahre wird der Umgang der Gesellschaft mit dieser Thematik zu beobachten sein. Für den Unterricht werden sich viele, jeweils aktuelle Medienbeiträge als authentisches Material anbieten und zur Auseinandersetzung anregen.

Die Materialien zu dieser Lerneinheit bearbeiten theoretisch und in einfachen Experimenten den heutigen Umgang mit Kunststoffmüll. Sie ermöglichen Diskussionen und multiperspektivische Bewertungen und zeigen die Perspektiven für die weitere Entwicklung auf.

Grundverständnis:

Der „Gelbe Sack“ oder „Müll bei Rock am Ring“ sind geeignete Kontexte, die ein realistisches Szenario darstellen. Schülerinnen und Schüler erarbeiten wesentliche Merkmale des Kunststoffrecyclings und bewerten es fachlich begründet. Dazu nutzen sie Kenntnisse über Kunststoffeigenschaften (Dichte, Löslichkeit), gesetzliche Vorgaben (Duales System, Grüner Punkt) sowie gesellschaftlich praktische Möglichkeiten (sortenreine Mülltrennung). Es wird deutlich, dass Kunststoffmüll derzeit entweder werkstofflich oder energetisch verwertet wird.

Aktuelle Beispiele der Wiederverwertung (downcyclen, upcyclen) machen die Vielfalt der Lösungsansätze deutlich und sind geeignet, soziale, ökologische und ökonomische Argumente zu diskutieren.

Methodische Varianten zur multiperspektivischen Betrachtung können ein Streitgespräch, ein Expertenkongress, eine Podiumsdiskussion (Familiendiskussion), eine Pro- und Kontra-Debatte o. Ä. sein. Inhaltlich eignen sich dazu Verpackungsmaterialien (Papiertüte oder Plastiktüte?).

Im Laufe des Diskurses werden Schülerinnen und Schüler möglicherweise zu unterschiedlichen Bewertungen kommen. Es ist nicht intendiert, vollständige, allumfassende Aussagen hinsichtlich der Nachhaltigkeit zu finden, sondern es geht um die Hinführung zu einem multiperspektivischen Blick und dem Erkennen der persönlichen Gewichtung von Fakten und entsprechenden Folgen.

Im Prozess entwickelt sich ein Bewusstsein für den persönlichen Beitrag für Nachhaltigkeit.

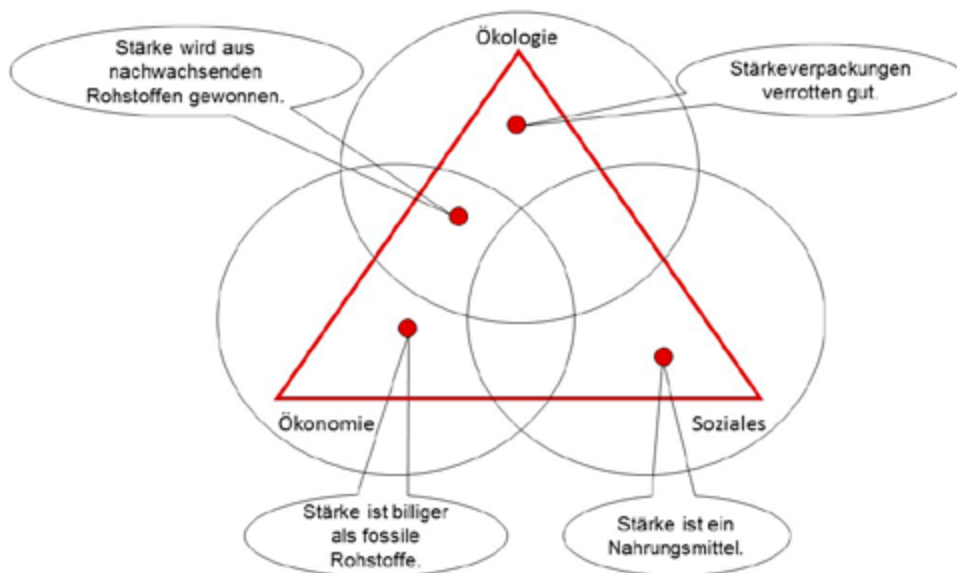


Abb. 20: Verortung von Argumenten im Nachhaltigkeitsdreieck

Vertiefung:

Leistungsstarke Gruppen recherchieren zu ausgewählten Forschungsprojekten oder neuen Produkten und erarbeiten eine eigene, begründete Stellungnahme.

Zusätzliche Materialien:

Belova, N.; Affeldt, F. ; Eilks, I.: Von der Werbung zum Arbeitsblatt – Beispiel Biokunststoffe, PdN Chemie in der Schule , Heft 5/64. Jahrgang/2015. Seiten 33-34.

IPN Kiel: Dem Plastikmüll auf der Spur, Citizen Science Projekt, <https://www.save-ocean.org/>

Der „Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung“ hilft, Bildung für nachhaltige Entwicklung mit globaler Perspektive fest in Schule und Unterricht zu verankern.

Das Augenmerk liegt auf komplexen Fragen globaler Entwicklung und der Schulung des Bewusstseins für die eigene Verantwortung. Dies sind wichtige Voraussetzungen für eine nachhaltige weltweite Entwicklung.

Informationen sind zu finden unter <http://www.engagement-global.de/rheinland-pfalz.html>
und
<http://www.globaleslernen.de/de/orientierungsrahmen-globale-entwicklung-or>.

Die **Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)** wird im Chemielehrplan über die Themenfelder konsequent entwickelt:

Themenfeld 3: Welchen Antrieb soll das Auto haben?

Themenfeld 4: Recycling von Metallen

Themenfeld 5: Tankerunfall

Themenfeld 6: Entsorgung von Säuren und Laugen

Themenfeld 7: Perspektiven zum Umgang mit Kunststoffmüll

Ausschnitt aus dem Onlinematerial zu LE 5:

LE5_Plastiktüte_Bewertung

Plastiktüten ohne Ende – Einkaufen ohne Plastiktüte?

Die Deutschen verbrauchten im Jahr 2014 durchschnittlich 76 Plastiktüten pro Einwohner und liegen damit weit unter dem EU-Durchschnitt von 198 Stück (Quelle: wikipedia). Plastiktüten kontaminieren die Meere und sind für das Sterben zahlreicher Fische und Vögel verantwortlich.

Mit einer Vereinbarung zwischen Politik und Handel soll seit 2016 die Zahl der Plastiktüten weiter verringert werden. Die EU schreibt vor, den Einsatz von Plastiktüten bis Ende 2019 auf maximal 90 und bis Ende 2025 auf maximal 40 Stück pro Kopf und Jahr zu reduzieren.

Mögliche Arbeitsaufträge:

1. Recherchiert zur EU-Plastiktüten-Richtlinie und stellt kurze, wichtige Informationen aus dem Gesetz zusammen.
2. Gebt eine Übersicht über mögliche „Einkaufstaschentypen“ und deren Material.
3. Erarbeitet Kriterien, mit denen unterschiedliche Einkaufstaschen auf ihre Umweltverträglichkeit bewertet werden können.
4. Bewertet sie mithilfe dieser Kriterien und erstellt eine begründete „Rangliste“.
5. Entwerft ein Gütesiegel für den ermittelten „Taschensieger“.
6. Stellt das Ergebnis in geeigneter Form (Plakat, Präsentation, Simple Show) vor.

Die perfekte Einkaufstasche

Die EU Richtlinie besagt: In den 28 Mitgliedsstaaten soll der Verbrauch von Plastiktüten pro Kopf bis 2019 von 200 auf 90 Stück jährlich sinken. Es ist diesen selber überlassen, mit welchen Strategien und Anreizen sie das Ziel erreichen wollen.

Einkauf mit der Plastiktüte

Jahr der Verbrauchten Plastiktüten pro Person und Jahr

Stand: 20 insgesamt	
Österreich: 51	Großbritannien: 137
Deutschland: 71	EU-Durchschnitt: 198
Finnland: 104	Belgien: 104
Dänemark: 79	Griechenland: 269
Frankreich: 88	Tschechien: 150
Schweden: 11 (Portugal) x1000	Spanien: 135

Hauptverpackung

Kriterien unseres Gütesiegels:

- Wiederverwertbarkeit (Recyclebar?)
- Produktion (komplexer Produktionsvorgang? Umweltverträglich?)
- Belastbarkeit/Stabilität (Reißfest? Wasserdicht?)
- Ausgangsstoffe/Materialien (Nachhaltig? Umweltschädlich?)

• Sterne für Umweltverträglichkeit

Recycling-PET-Tasche

Wiederverwendbarkeit: langjährig, können mehr als 200 mal verwendet werden
 Produktion: werden aus gebrauchten Erweg-Plastiktaschen hergestellt, erst werden sie geschreddert, dann zu einem Garn aufbereitet
 Belastbarkeit: stark, reißfest, abwaschbar, wasserfest
 Ausgangsstoff/Material: recycelbare PET-Flaschen

★★★★★

Leinwandtasche

Wiederverwendbarkeit: langlebig, leicht, Produktion: Leinwand, Regenfest, Leinwandverbrauch, Braucht jahrelange Zeit um zu verrotten
 Belastbarkeit: nicht reißfest, wasser- und chemikalienbeständig

★★★★★

Ökologische Plastiktüte

Wiederverwendbarkeit: Nicht recyclebar und kompostierbar (50% nachwachsende Rohstoffe jedoch 70% PE)
 Produktion: Kompostierung, negative Auswirkungen des Anbaus der Energiepflanzen (Einsatz chemischer Dünger oder Übermischung der Felder)
 Belastbarkeit: stark, aber Material nicht
 Ausgangsstoffe/Materialien: Erhöhter Ethanol aus nachwachsenden Rohstoffen (biologisches Zuckermehl, das dann zu PE/PET weiterverarbeitet wird) oder PLA (Polylactid) wird aus Mais, Kartoffeln, Getreide & Mais zu Kunststoff verarbeitet

★★★★★

Delikatessentüte

Wiederverwendbarkeit: Produktion: man benötigt Delikatesse, Herstellung von Delikatesse ist extrem Energie und wasserintensiv, umweltschädliche Chemikalien werden eingesetzt
 Belastbarkeit: nicht reißfest, nicht wasserabweisend

★★★

Leinwandtasche

Wiederverwendbarkeit: lange Haltbarkeit, fester robuster Stoff, recyclebar
 Produktion: Faser ist nachhaltig, aber alles Handarbeit, Fasern müssen nach 20 Tagen Rosten aus Pflanze gelöst werden, giftige Öl wird verwendet, anschließend Handarbeit
 Belastbarkeit: gut belastbar und stabil
 Ausgangsstoff/Material: Jute

★★★★★

Baumwolltasche

Wiederverwendbarkeit: lassen sich häufig oft wiederverwenden
 Produktion: starker Wasserverbrauch + Pestizideneinsatz
 -pro Baumwolltasche 1700 Gramm CO2
 Belastbarkeit: man kann sie wegen ihrer Stabilität häufig benutzen, geht nicht schnell kaputt
 Ausgangsstoffe/Materialien: werden aus Baumwolle hergestellt (man sollte auf Bio-Baumwolle achten)

★★★★★

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 zum Üben und Vernetzen:

ÜV_Postorganizer

ÜV_Concept Map

ÜV_Kautschuk

Zusätzliche Materialien:

Lohmer, G., 2014, „Kunststoffe – die nützlichen Helfer im Alltag“, in: RAAbits Hauptschule 7/9, Signatur: V/97, Bestell-Nr. R0166-002170.

In diesem Beitrag erfahren Schülerinnen und Schüler einiges über die Geschichte des Kunststoffes und seine Herstellung.

http://www.raabe.de/go/?action=ProdDetails&product_uuid=2HCQN7CNIQ6OJGG4I5FHNYS4N-VX225PI

Video-DVD, Sekundarstufe I-II, Artikel-Nr. CHEM-DVD009-1s

<http://www.gida.de/fachbereiche/chemie/video-dvds/161/kunststoffe>

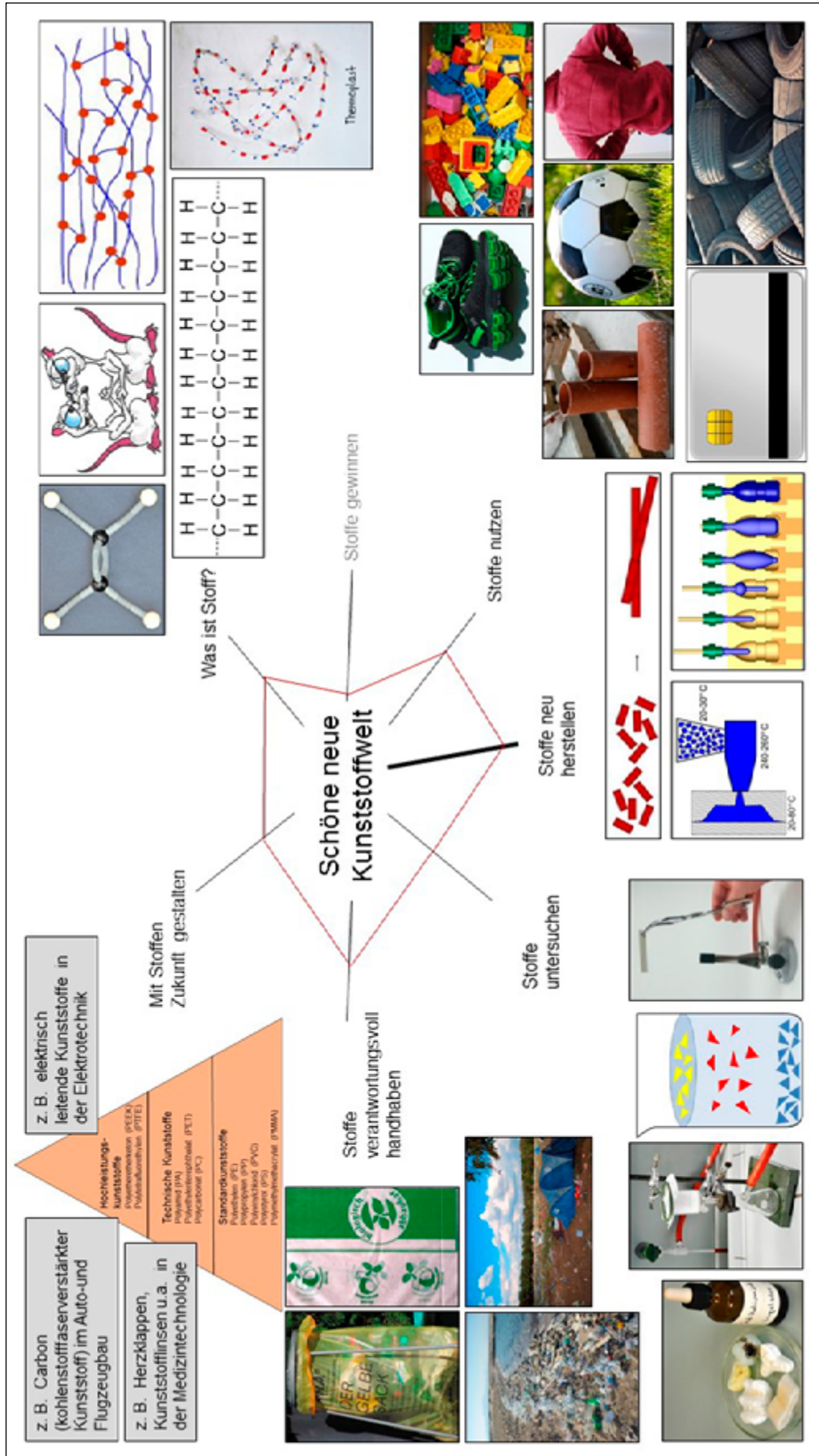


Abb. 21: Post-Organizer „Aspekte von Chemie im Themenfeld 7“

4.2 Möglicher Unterrichtsgang im Überblick

Phase	Fachwissen/ Basiskonzept	Kompetenzentwicklung/ Schüleraktivitäten	Material	Mögliche Vertiefung und zusätzliche Materialien
Einführung/Problematisierung: Gelber Sack / Foto Müll nach Rock am Ring Schülerinnen und Schüler ...				
	Vielfalt der Kunststoffe Eigenschaften und Verwendung (vielseitig, weit verbreitet, nützlich, ambivalent, maßgeschneidert)	... sortieren und kommentieren Bilder von Kunststoffgegenständen. ... sammeln Fragen (Herkunft der Kunststoffe, Eigenschaften, Verwendung, Entsorgung).	EL_Der gelbe Sack EL_Karten_Vielfalt_Rock am Ring EL_Muell_Rock am Ring	
Erarbeitung				
Kontextfragen: Was sind das für Stoffe, aus denen die Gegenstände hergestellt wurden? Weshalb verrottet Kunststoff nicht/ganz langsam? Kann es zersetzt werden? Wie kann man Kunststoffe trennen? Warum ersetzt Kunststoff Metall/Holz/Baumwolle?				
LE 1	Vielfalt der Kunststoffe Eigenschaften von Kunststoffen	... planen Versuche zur Prüfung von Eigenschaften. ... führen die geplanten Versuche durch und protokollieren diese. ... vergleichen verschiedene Kunststoffe miteinander.	LE1_Concept cartoon_Planen LE1_Info zu Recyclingsymbolen LE1_SV1-5_Eigenschaften untersuchen LE1_Werkstoffe_frueher_heute	

<p>Kontextfragen: Warum kann man manche Kunststoffe schmelzen und warum gehen andere kaputt? Was ist Kunststoff? Welche Arten gibt es überhaupt und was ist darin? Wie stellt man Kunststoff her?</p>				
<p>LE 2</p>	<p>Monomer</p>	<p>... bauen mit Molekülbaukästen eine Auswahl von Monomeren.</p>	<p>Molekülbaukästen</p>	<p>LE2_Karten_Polykondensate_Vertiefung</p>
	<p>Mehrfachbindung</p>	<p>... bauen mit Molekülbaukästen aus Monomeren Polymere und dokumentieren dies.</p>	<p>LE2_Karten_Polymere, E-Lexikon</p>	<p>LE2_Karten_Staerke_Protein_Vertiefung</p>
	<p>Funktionelle Gruppe</p>	<p>Vertiefung:</p>	<p>LE2_Molekuelbau</p>	<p>LE2_LV_Nylonfaden_Vertiefung</p>
	<p>Polyreaktion</p>	<p>... stellen einen Kunststoff experimentell her (auch Polykondensationsprodukt).</p>	<p>LE2_Ringeldingel</p>	<p>LE2_V_Modellbilder_Polymerisation</p>
	<p>Polymer</p>	<p>... vergleichen den Aufbau von Kunststoffen mit natürlichen Makromolekülen.</p>	<p>LE2_SV_Polyester herstellen</p>	
	<p>Vertiefung:</p>		<p>LE2_G_Modellbilder_Polymerisation</p>	
	<p>Funktionelle Gruppe (Hydroxy-, Carboxy-, Aminogruppe)</p>			
	<p>Polykondensation</p>			
<p>Kontextfragen: Wieso sind manche Verpackungen dehnbar, andere hart und spröde? Wie kommt die Plastikflasche zu ihrer Form?</p>				
<p>LE 3</p>	<p>Thermoplaste</p>	<p>... ermitteln drei Gruppen von Kunststoffen.</p>	<p>LE3_Modelle bauen</p>	<p>LE3_Spaghetti_Polymermodell_Vertiefung</p>
	<p>Duroplaste</p>	<p>... bauen Modelle und erklären daran Elastizität und Plastizität von Kunststoffen.</p>	<p>LE3_Tabelle ThermoDuroElastomer</p>	
	<p>Elastomere</p>	<p>... stellen den Zusammenhang zwischen Elektronenpaarbindungen, intermolekularen Wechselwirkungen und räumlichen Strukturen bei den Kunststoffen her.</p>	<p>LE3_Kunststoffverarbeitung PET</p>	
	<p>Intermolekulare Wechselwirkungen</p>	<p>... führen einfache Versuche zur Kunststoffverarbeitung durch.</p>	<p>LE3_SV_Aufschaeumen_PS</p>	
			<p>LE3_SV_Schmelzspinnen_PET</p>	
			<p>LE3_SV_Tiefziehen_PP</p>	

Erarbeitung: Nachhaltigkeit – Quo vadis Kunststoffe?			
Kontextfragen: Wo kommt der „Gelbe Sack“ hin, wenn er abgeholt wurde? Was machen wir mit dem Müll? Wie schadet Kunststoff der Umwelt? Welche Ideen gibt es zum Umgang mit Kunststoffmüll?			
LE 5	Rohstoffliches und werkstoffliches Recycling Biokunststoffe	... werten Informationen und Daten aus. ... analysieren einen Medienbeitrag zu aktuellen Themen multiperspektivisch. ... diskutieren Maßnahmen der Verwertung von Kunststoffabfall. ... entwickeln ein Rollenspiel. Vertiefung: ... stellen biobasierte oder abbaubare Stoffe her und untersuchen sie.	LE5_Film Zoff um den gelben Sack LE5_Kunststoffmüll im Meer LE5_ProKontra_Staerkeverpackung LE5_ProKontra_Polymilchsaure LE5_Tetrapak_Bewertung LE5_Plastiktueete_Bewertung LE5_SV_Staerkefolie_Nawaro LE5_Staerkenachweis bei Verpackungsmaterial LE5_Biokunststoffe_Interpretrecherche_Vertiefung LE5_Polymilchsaure_Vertiefung LE5_Mikroplastik_Vertiefung
Dekontextualisierung: Klettern – gestern und heute			
Kontextfragen: Was ist ein High-Tech-Material? Woraus sind die Kleider? Wieso ist der Fußball wasserabweisend? Warum ist der ABS-Helm besser? Warum laufen Milchtüten nicht aus? Welche Möglichkeiten ergeben sich durch Kunststoffmaterial?			
LE 4	High-Tech-Material Verbundwerkstoff Copolymerisat	... erfassen die Vielfalt der Kunststoffe und ihre Verwendung. Vertiefung: ... zerlegen einen Verbundwerkstoff und identifizieren seine Bestandteile mit ihrer Funktion.	LE4_Info_High-Tech-Kunststoff LE4_Superabsorber_Vertiefung LE4_Verbundwerkstoff_Funktionstextilie_Vertiefung LE4_Copolymer_Schutzhelm und Lego LE4_High-Tech-Material_Fußball und mehr LE4_Verbundwerkstoff_Tetrapak LE4_Verbundwerkstoff_Sockenwolle LE4_SV_Superabsorber
Üben und Vernetzen			
	Basiskonzepte	... nutzen ihr Wissen über Kunststoffe.	ÜV_Post-Organizer ÜV_Concept Map ÜV_Kautschuk

4.3 Liste der verfügbaren Muster-Gefährdungsbeurteilungen zum Themenfeld 7

Verhalten von Kunststoffen gegenüber Chemikalien

Verhalten von Kunststoffen beim Verschwelen

Brennbarkeit von Kunststoffen

Verhalten von Kunststoffen beim Erwärmen

Nylonseiltrick

Polyester aus Citronensäure und Glycerin

Formen und Fasern – Aufschäumen eines Kunststoffs (PS-Kugel)

Herstellen einer Stärkefolie

LITERATURVERZEICHNIS

Belova, N., Affeldt, F., Eilks, I. Von der Werbung zum Arbeitsblatt – Beispiel Biokunststoffe PdN Chemie, 2015, Heft 5/64. Jahrgang, S. 33-34.

Brückmann, Dr. Jutta und Mitarbeitende im Arbeitskreis „Experimente zu Makromolekülen“. KÖLNER MODELL an den Chemischen Instituten der Universität zu Köln: „Kunststoffe im Unterricht“, Aulis Verlag, Köln 2008.

Fortbildungszentrum TU Dortmund Fortbildungsprogramm im Fach Chemie 2014, Moderne Kunststoffe – Von der Mülltüte bis zum Tablettenüberzug (OStR Dipl. Chem. Werner Pöpping, Prof. Dr. Insa Melle, Technische Universität Dortmund).

Harrer, R. Chemie, die uns guttut – Superabsorber, Chemie in unserer Zeit, 2014, Nr. 48, Seiten 230-232, www.chiuz.de

Hofheinz, V. Das Babywindelprojekt, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 2010, Heft 118/119, Friedrich Verlag GmbH, S. 50-55.

Petersen, M. Kompostierbare Biokunststoffe, Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Friedrich Verlag GmbH, 2016, Heft 152, S. 49-50.

Salter's Chemie Support Pack 1 (Salter's Advanced Chemistry – Support Pack AS, 3rd edition), Deutsche Ausgabe, Bildungshaus Schulbuchverlage Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig, 2012.

Stäudel, L.; Sauer, D. Nachwachsende Rohstoffe. In: RAAbits Chemie. Impulse und Materialien für die kreative Unterrichtsgestaltung. GW. Heidelberg 1994. III/ A 1,1.

Stäudel, L. Kunststoffe kontrovers – Positionen und Argumentationen im Rollenspiel, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Friedrich Verlag GmbH, 2003, 14. Jg., Heft 74, S. 37-38.

Struckmeier, S.; Sieve, B.; Kloppenburg, J. Biokunststoffe, eine nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Kunststoffen, in: Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, Friedrich Verlag GmbH, 2015, Heft 148, S. 32-40.

http://www.duh.de/uploads/media/Hintergrundpapier_Activia_Becher_aus_PLA_280711.pdf

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/biologisch-abbaubare-kunststoffe>

http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_der_chemie/schulorientiertes/ws0607/ausarbeitungen/kunststoffe_trey_magnin_end.pdf

<http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/reaktionstechnik/industrie/spinnen/spinnverfahren.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/reaktionstechnik/industrie/spinnen/schmelz.vscml.html>

http://www.chids.de/dachs/praktikumsprotokolle/PP0098Polymer_Citronensaure_Glycerin.pdf

<https://www.bund.net/themen/meere/>

www.eucc-d.de

<https://www.awi.de/im-fokus/muell-im-meer.html>

<https://www.bundestag.de/blob/415404/d187ecc6c96a903dc548b4ee74b81027/wd-8-058-14-pdf-data.pdf>

http://www.bsh.de/de/Das_BSH/Veranstaltungen/MUS/2013/Vortraege_23_Meeresumwelt-Symposium_2013/Kuczera.pdf

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 Repplinger

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