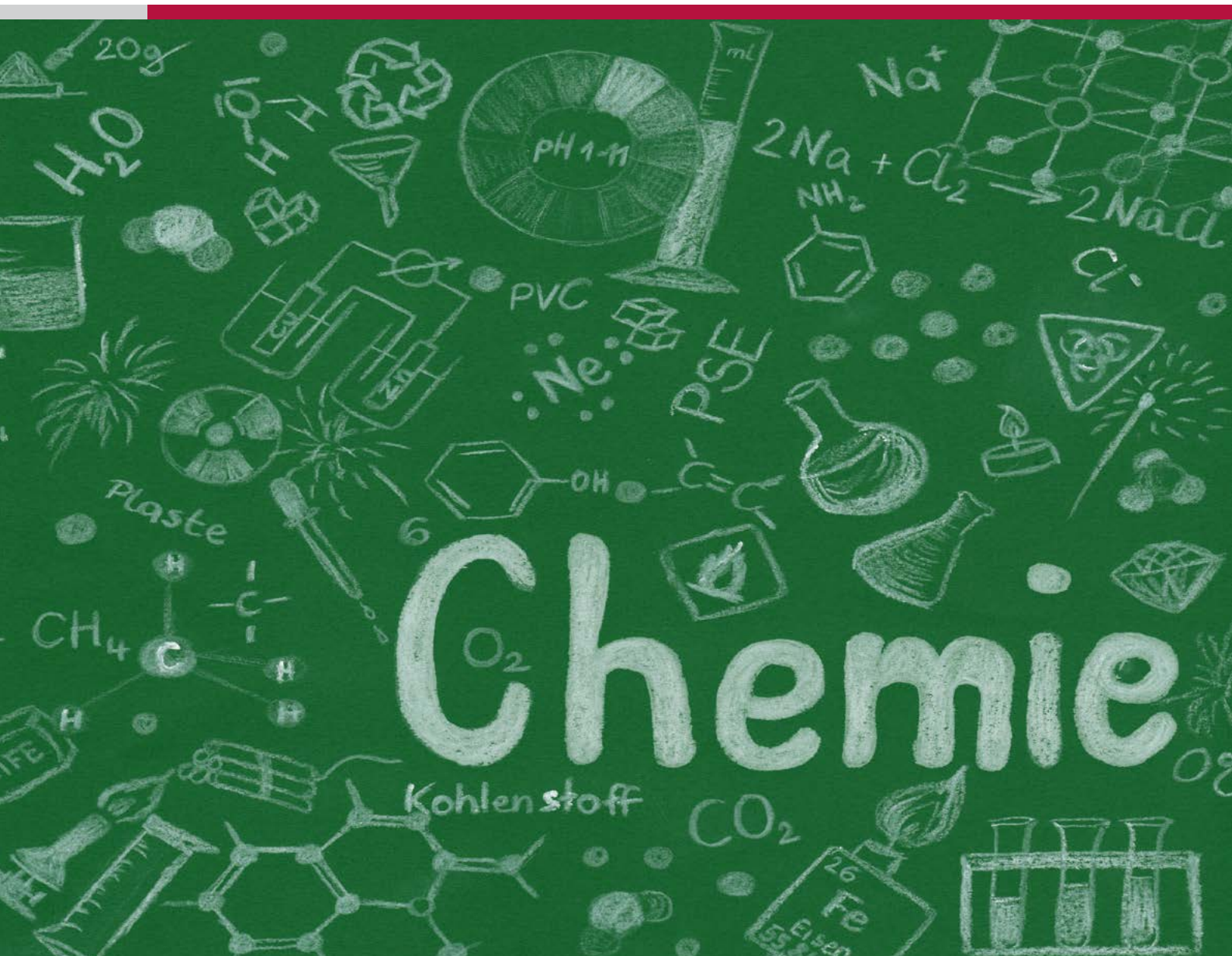




GEFÄHRLICHE STOFFE

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Chemie – Themenfeld 10



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

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

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

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

bestellung@pl.rlp.de

IMPRESSUM

Herausgeber:

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

Redaktion:

Barbara Dolch, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Skriptbearbeitung:

Ute Nagelschmitt, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Titelbild:

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: November 2019

ISSN 2190-9148



Soweit nicht anders gekennzeichnet, ist die Weiternutzung als OER ausdrücklich erlaubt:
Dieses Werk und dessen Inhalte sind - sofern nicht anders angegeben – lizenziert unter CC BY 4.0. „Gefährliche Stoffe“ von Pädagogisches Landesinstitut, Lizenz: CC BY 4.0.

Der Lizenzvertrag ist hier abrufbar: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

INHALT

1	Themenfeld 10: Gefährliche Stoffe	3
1.1	Vorüberlegungen	3
1.2	Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene	4
1.3	Konzept- und Kompetenzentwicklung	5
2	Vom Lehrplan zum kompetenzorientierten Unterricht	7
2.1	Die Stellung des Themenfeldes 10 im Lehrplan	7
2.2	Die Themenfeld-Doppelseite	10
2.3	Von der Themenfeld-Doppelseite zur Unterrichtsplanung	12
2.4	Überblick über die Kontexte des Themenfeldes	17
2.5	Differenzierungsmöglichkeiten	19
3	Zu den Lerneinheiten	21
3.1	Lerneinheit 1: Eigenschaften gefährlicher Stoffe	22
3.2	Lerneinheit 2: Toxische Stoffe wirken im Körper	29
3.3	Lerneinheit 3: Explosionen	39
4	Zusammenfassung	53
4.1	Üben und Vernetzen	53
4.2	Mögliche Unterrichtsgänge im Überblick	54
4.3	Liste der verfügbaren Muster-Gefährdungsbeurteilungen zum Themenfeld 10	57
	Literaturverzeichnis	58
	Autorinnen und Autoren	59

1 THEMENFELD 10: GEFÄHRLICHE STOFFE

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 10 „Gefährliche Stoffe“ gemäß der Intentionen des Lehrplans. Dazu werden die Themenfeld-Doppelseite vorgestellt und exemplarisch mögliche Kontexte und Lerneinheiten ausgeführt.

Lerngruppen, denen weniger Zeit zur Verfügung steht, integrieren ausgewählte Inhalte bzw. zentrale Elemente des Themenfeldes 10 in andere Themenfelder, z. B. Themenfeld 3 (Heizen und Antreiben), Themenfeld 4 (Vom Erz zum Metall) und Themenfeld 6 (Säuren und Laugen).

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

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

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

1.2 Wechsel zwischen Stoff- und Teilchenebene

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

Auf der Stoffebene stehen toxische Stoffe und Explosivstoffe im Mittelpunkt. Dabei geht es um die Charakterisierung gefährlicher Stoffe und die Komplexität der Fakten und Zusammenhänge, die für die Bewertung eines Stoffes oder einer Situation notwendig sind. Schwerpunkt des Themenfeldes ist der Aspekt „Stoffe verantwortungsvoll handhaben“.

Das Spektrum zu betrachtender Stoffe reicht von natürlichen Giftstoffen in der Tier- und Pflanzenwelt über Stoffe, die bei technischen Prozessen entstehen (Kohlenstoffmonoxid, Alkandämpfe), synthetische gefährliche Stoffe und Stoffgemische (Schwarzpulver) bis zu Stoffen, die erst durch die Reaktionsbedingungen zu gefährlichen Stoffen werden (Staubexplosionen).

Die entsprechenden Deutungen auf der Teilchenebene sind in den früheren Themenfeldern schon angelegt und werden hier angewendet, z. B. unvollständige Verbrennung beim Grillen in Innenräumen. Fächerübergreifend können hier in der Biologie übliche schematische Darstellungen von Synapsenstrukturen und Synapsengiften genutzt werden.

Die Darstellung chemischer Reaktionen in Formelgleichungen ist nur in Einzelfällen sinnvoll und steht nicht im Zentrum des Themenfeldes. Sie bietet sich ggf. an bei der Oxidbildung von Kohlenstoff mit mehr oder weniger Sauerstoff, bei der Verbrennung von Alkanen oder bei einer möglichen Reaktionsgleichung zur chemischen Reaktion des Schwarzpulvers.

1.3 Konzept- und Kompetenzentwicklung

Die thematischen Schwerpunkte im Lehrplan Chemie sind so gewählt, dass parallel die Kompetenzentwicklung und die Entwicklung oder Nutzung der Basiskonzepte möglich sind (vgl. Lehrplan Kapitel 5.3 „Zur Arbeit mit dem Lehrplan Chemie“). Die im Themenfeld 10 angestrebte Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler ist im Rahmen des Unterrichts verbindlich zu ermöglichen.

Alle Schülerinnen und Schüler informieren sich zielgerichtet über verschiedene gefährliche Stoffe und betrachten die Relevanz verschiedener Kriterien, um ihre Kompetenzen im Bereich **Erkenntnisgewinnung** weiter zu entwickeln. Das Themenfeld 10 entwickelt die experimentelle Kompetenz weiter, wenn Schülerinnen und Schüler mit gefährlichen Stoffen u. a. einen sicheren Umgang praktizieren.

Ihre Kompetenz im Bereich **Kommunikation** entwickeln die Schülerinnen und Schüler im Themenfeld 10 weiter, indem sie Begriffe und Informationen recherchieren und Sachverhalte alltagssprachlich und fachsprachlich beschreiben oder Beschreibungen erschließen.

Das Themenfeld sieht eine problemorientierte **Bewertung** vor, bei der Nutzen und Risiken von Stoffen oder Situationen abgewogen werden. Damit soll der verantwortungsvolle Umgang mit Stoffen im Sinne der Nachhaltigkeit gefördert werden.

Das Basiskonzept **Struktur-Eigenschaft-Funktion** wird bei der Wirkung verschiedener Giftstoffe oder bei Explosionsreaktionen angewandt.

Die Formulierung von Reaktionsgleichungen zur Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Verbindungen oder zur Reaktion von Schwarzpulver vertiefen das Basiskonzept **Chemische Reaktion**.

Das Basiskonzept **Energie** kommt insbesondere bei der Betrachtung von Explosionsreaktionen zum Tragen.

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. 1: Entwicklung der Basiskonzepte

TF = Themenfeld

TMS = Teilchen-Materie/Stoff

SEF = Struktur-Eigenschaft-Funktion

CR = Chemische Reaktion

E = Energiekonzept

Gefüllte Felder bedeuten:

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

Felder mit Kästchen bedeuten:

Das entsprechende Basiskonzept wird genutzt bzw. angewandt.

2 VOM LEHRPLAN ZUM KOMPETENZORIENTIERTEN UNTERRICHT

2.1 Die Stellung des Themenfeldes 10 im Lehrplan

Auf der Stoffebene:

Ein wichtiges Element des Lehrplans sind die Aspekte von Chemie. Jedes Themenfeld betrachtet unterschiedliche Aspekte. In diesem Themenfeld steht der Aspekt „Stoffe verantwortungsvoll handhaben“ im Mittelpunkt der Betrachtungen. Alle weiteren Aspekte werden je nach gewähltem Kontext unterschiedlich stark berührt.

Unter diesem Aspekt wird die Verantwortung des Menschen für seinen Umgang mit den Stoffen ausdrücklich in den Mittelpunkt gerückt. Diese Fokussierung erlaubt es, diesem wichtigen Bereich die erforderliche Aufmerksamkeit zu widmen. In zwei Schritten soll sich Kompetenz entwickeln, zunächst im Themenfeld 10 mit dem Blick auf den Nahbereich, etwa beim Umgang mit Gefahrstoffen, der damit verbundenen Verantwortung für die eigene Gesundheit und die der unmittelbar Betroffenen. Im Themenfeld 11 wird dann der Blick auf die globale Verantwortung geweitet und auf der Basis von Fachkenntnissen kann sich ein Bewusstsein für nachhaltiges Handeln entwickeln.

Chemieunterricht und daraus erwachsende chemische Kenntnisse schaffen zunächst eine sachliche Grundlage für den verantwortlichen Umgang mit Stoffen. Entscheidungen auf der politisch-gesellschaftlichen Ebene müssen neben der Sachkenntnis auch einem grundlegenden Verständnis gegenseitiger Abhängigkeiten folgen. Die Komplexität solcher Fragestellungen kann häufig nicht verringert werden. Für die Schülerinnen und Schüler heißt das auch: Komplexität aushalten und mit Dilemma-Situationen umgehen lernen.

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

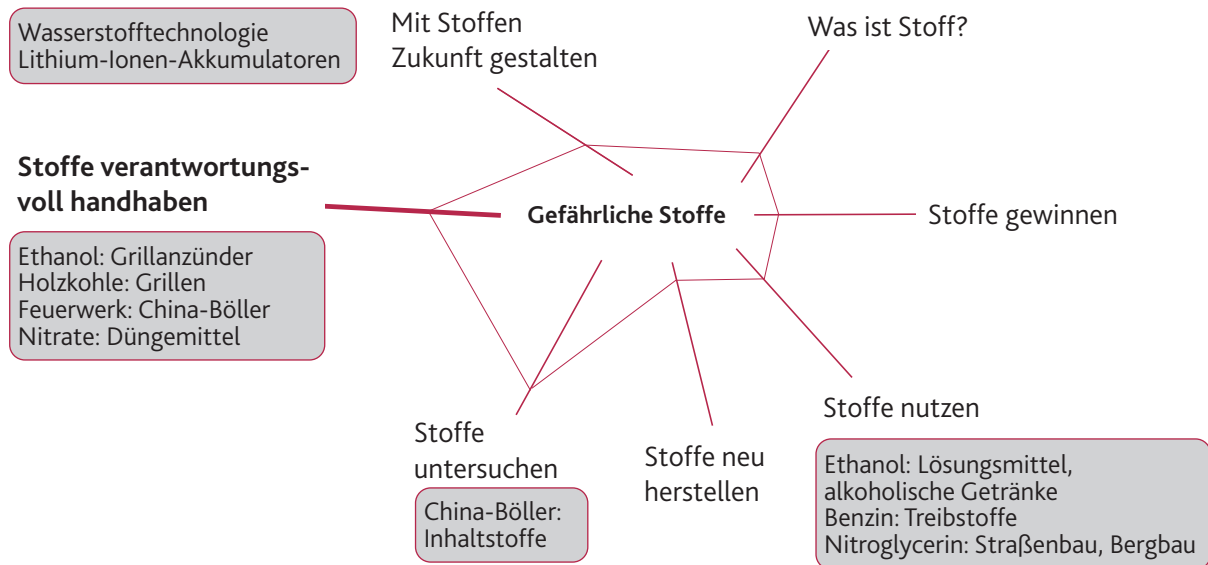


Abb. 2: Aspekte im Themenfeld 10

Auf der Teilchenebene:

In diesem Themenfeld stehen je nach gewähltem Kontext verschiedene Teilchen im Fokus. Gase (CO , CO_2 , O_2 , N_xO_y) können genauso vorkommen wie Salze (Ionen und ihre osmotische Wirkung) oder Kohlenwasserstoffmoleküle und deren Verbrennungsprodukte.

Schülerinnen und Schüler wenden ihre Kenntnisse aus früheren Themenfeldern an. Die folgende Übersicht zeigt die mögliche Thematisierung von gefährlichen Stoffen in den verschiedenen Themenfeldern.

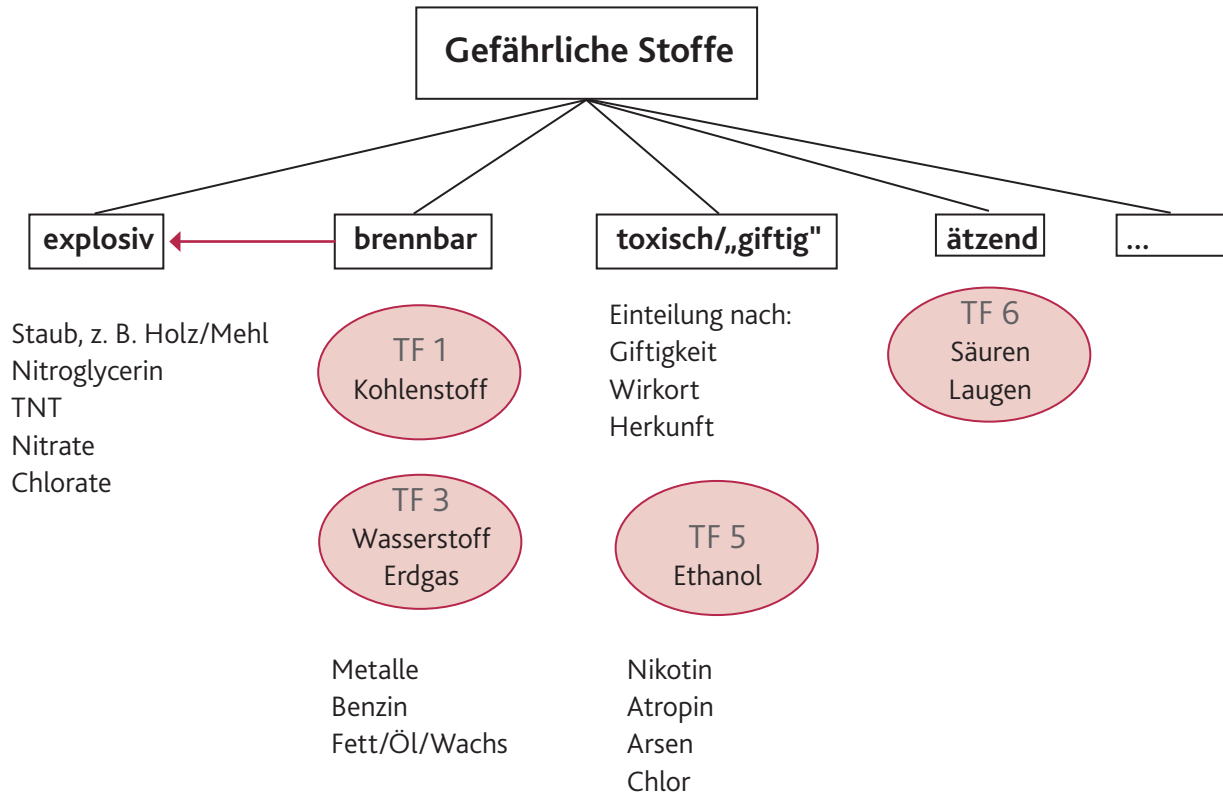


Abb. 3: Gefährliche Stoffe in den Themenfeldern des Lehrplans Chemie

2.2 Die Themenfeld-Doppelseite

TF 10: Gefährliche Stoffe	
<p>Jede Beschäftigung mit Stoffen, jede Verwendung und jede neue Entwicklung von Stoffen widmet sich auch Fragen nach ihrer Gefährlichkeit. Selbst bei einfachsten Reaktionen und Untersuchungen muss der sichere Umgang mit Stoffen gewährleistet sein. Die Gewinnung und Verwendung sowie die Synthese völlig neuer Stoffe müssen in ihrer Ambivalenz zwischen Vorteil und Fortschritt auf der einen und Risiken und Gefahren auf der anderen Seite für die Person, die Gesellschaft oder zukünftige Generationen thematisiert werden.</p> <p>Auf der Stoffebene werden Giftstoffe oder Explosivstoffe betrachtet. Zur Wirkungsweise werden Betrachtungen auf der Teilchenebene herangezogen.</p>	
<p>Kompetenzen:</p> <p>Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • recherchieren fragengeleitet zu verschiedenen Gefahrstoffen, z. B. zur Wirkung, Handhabung, • wechseln von Alltagsvorstellungen zu Fachvorstellungen, indem sie journalistische Darstellungen (z. B. Feuerwerk, Tankerunfall, Vergiftung) in fachadäquate Darstellungen überführen und umgekehrt, • stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar, in denen Kenntnisse über Gefahrstoffe bedeutsam sind, • führen eine Nutzen-/Risikoanalyse durch, um die Verwendung von Gefahrstoffen zu beurteilen. 	
<p>Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:</p> <p><i>Auf der Stoffebene:</i></p> <p>Insbesondere Eigenschaften wie z. B. Toxizität, Brennbarkeit und Explosivität machen einen Stoff zu einem gefährlichen Stoff. Dabei ist die Dosis, Menge oder Konzentration von entscheidender Bedeutung.</p> <p>Giftstoffe greifen bereits in geringen Mengen in den Stoffwechsel oder das Nervensystem von Lebewesen ein und fügen ihnen Schaden zu. (SEF)</p> <p>Explosivstoffe sind energiereiche Verbindungen, bei deren Reaktion in sehr kurzer Zeit eine große Menge gasförmiger Produkte entsteht. (CR)</p> <p>Explosivstoffe sind energiereiche Verbindungen, bei deren Reaktion in sehr kurzer Zeit viel Energie abgegeben wird. (E)</p>	<p>Fachbegriffe:</p> <p>Gefahrstoff Gefahrstoffkennzeichnung</p> <p>„Gift“, Explosivstoff Letale Dosis (LD₅₀) Arbeitsplatzgrenzwert AGW Biologischer Grenzwert BGW</p>

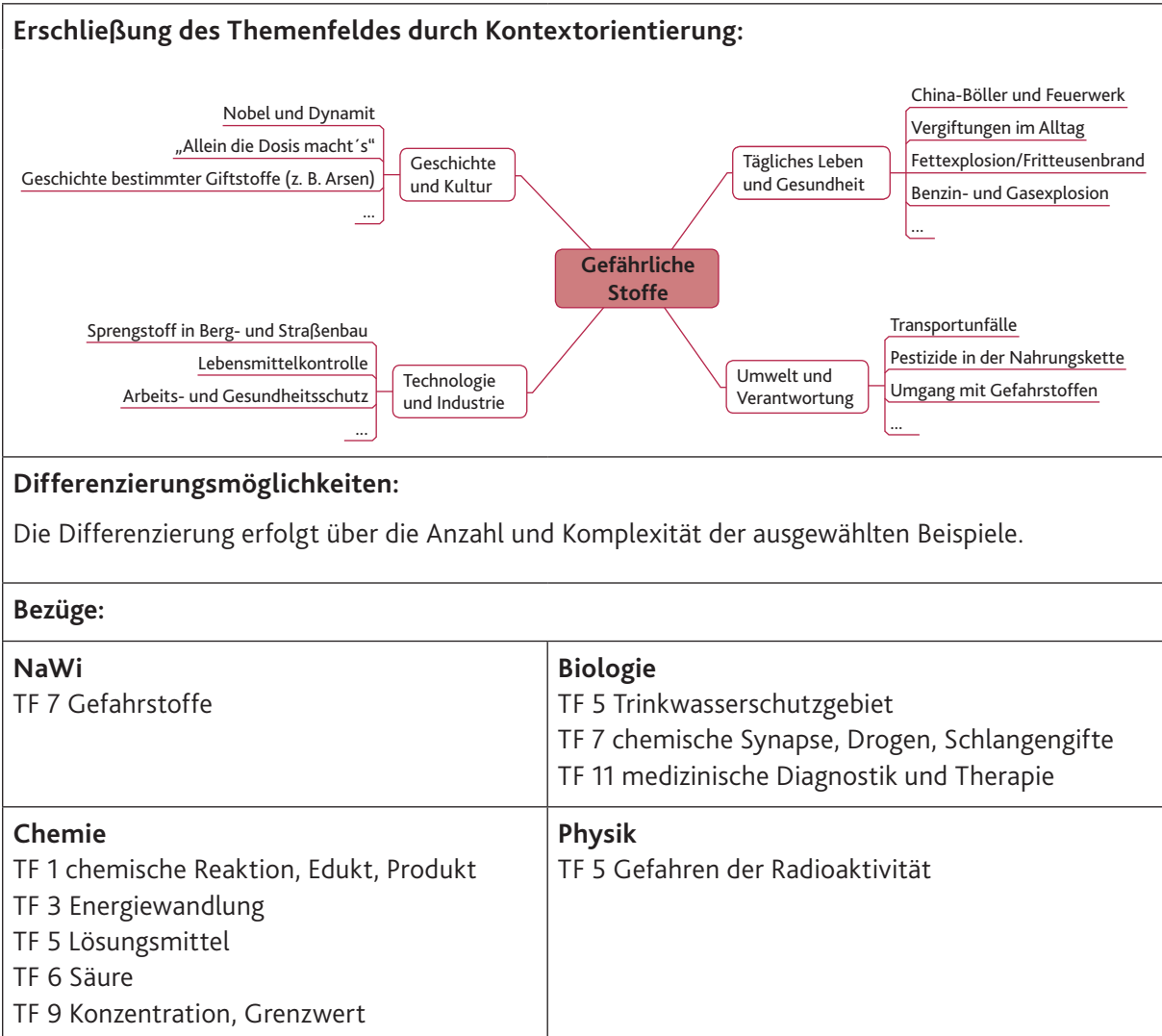


Abb. 4: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Chemie“, S. 84-85

2.3 Von der Themenfeld-Doppelseite zur Unterrichtsplanung

Das Themenfeld 10 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 einführende Lernsituationen können sein:

- Die Medien berichten über einen Unfall durch eine Kohlenstoffmonoxid-Vergiftung, einen Silvester-Böller, eine defekte Gasleitung ...
- In der Nähe zum Schulort soll ein Straßentunnel gebaut werden.

Besonders interessant für den Chemieunterricht sind Äußerungen und Fragen, die durch die Anwendung chemischer Konzepte erklärt oder beantwortet werden können. So weit wie möglich wirken Schülerinnen und Schüler an der Identifizierung der zu bearbeitenden Inhalte mit. Daraus ergibt sich die Motivation, sich mit diesen Inhalten zu beschäftigen, d. h. Informationen zu beschaffen, zu experimentieren, Erklärungszusammenhänge herzustellen usw.

Konkret: Schülerinnen und Schüler können vorschlagen

- herauszufinden, welche Eigenschaften eines Stoffes ihn zu einem gefährlichen Stoff machen,
- einen China-Böller zu zerlegen und seine Inhaltsstoffe zu untersuchen.

Das Ergebnis der Planung kann eine Übersicht sein. Die folgende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen authentischen Schülerfragen einer 10. Klasse zum Thema „Gefährliche Stoffe“ und den fachlichen Inhalten des Themenfeldes.

Kontextfragen zur Erschließung	Fachlicher Inhalt
Welche Gefahren birgt Pyrotechnik? Können Alltagsstoffe gefährlich werden, falls ja, wie und wieso? Was macht ein „Gift“ zu einem „Gift“? Welche Stoffe betreffen mich?	Vielfalt der Gefahren Ordnung in der Vielfalt
Wie kann man sich davor schützen? Welche Gegenmaßnahmen sind möglich?	Gefahrstoffkennzeichnung AGW (Arbeitsplatzgrenzwert) BGW (Biologischer Grenzwert)
Welche gefährlichen Stoffe gibt es in der Natur? Gibt es Unterschiede in der Giftigkeit? Was ist der gefährlichste Stoff der Welt?	Giftigkeit LD ₅₀
Was macht einen Stoff gefährlich? Wie wirken „Gifte“, Drogen, Alkohol?	Eigenschaften von Stoffen Stoffwechselgifte, Nervengifte
Weshalb explodiert etwas? Welche Inhaltsstoffe sind in Feuerwerkskörpern? Wie kann man Feuerwerkskörper/Bomben selbst herstellen?	Explosionsfähige Stoffe und Stoffgemische
Was sind Explosionen?	Explosionsreaktionen
Weshalb macht man Amalgam in den Mund, wenn es gefährlich ist? Warum bilden Lebewesen Giftstoffe (biologischer Sinn)? Warum werden „Gifte“ vom Menschen hergestellt?	Nutzen und Gefahren

Bei der Gestaltung der Erarbeitungsphasen achtet die Lehrkraft auf den Zusammenhang zum Kontext, auf die Möglichkeiten der Kompetenzentwicklung für alle Schülerinnen und Schüler und differenziert über die Anzahl und Komplexität der ausgewählten Beispiele. Absprachen mit anderen Fächern 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 10	Schülerinnen und Schüler ...
... naturwissenschaftliche Konzepte zur Problemlösung nutzen.	Umgang mit Fachwissen	■	... recherchieren fragengeleitet zu verschiedenen Gefahrstoffen, z. B. zur Wirkung oder Handhabung.
... mit Geräten, Stoffen, Verfahren umgehen.		■	
... Fachwissen strukturieren und Erklärungszusammenhänge herstellen.		■	
... naturwissenschaftlich untersuchen, experimentieren.	Erkenntnisgewinnung	■	... wechseln von Alltagsvorstellungen zu Fachvorstellungen, indem sie journalistische Darstellungen (z. B. Feuerwerk, Tankerunfall, Vergiftung) in fachadäquate Darstellungen überführen und umgekehrt.
... modellieren.			
... naturwissenschaftliche Erkenntnisse bzw. den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess reflektieren.		■	
... Informationen sachgerecht entnehmen.	Kommunikation	■	... stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar, in denen Kenntnisse über Gefahrstoffe bedeutsam sind.
... sach- und adressatengerecht präsentieren und dokumentieren.		■	
... naturwissenschaftlich argumentieren und diskutieren.		■	
... Bewertungskriterien festlegen und anwenden.	Bewertung	■	... führen eine Nutzen-/Risikoanalyse durch, um die Verwendung von Gefahrstoffen zu beurteilen.
... Handlungsoptionen erkennen und aufzeigen.		■	
... Sachverhalte naturwissenschaftlich einordnen und (multiperspektivisch) bewerten.		■	

Abb. 5: Kompetenzentwicklung im Themenfeld 10

Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

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

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

Teilkonzepte Struktur-Eigenschaft-Funktion (SEF)	Themenfeld 10
Die Eigenschaften bestimmen ihre Verwendung.	Toxische Stoffe greifen bereits in geringen Mengen in den Stoffwechsel oder das Nervensystem von Lebewesen ein und fügen ihnen Schaden zu.
Teilkonzepte Chemische Reaktion (CR)	Themenfeld 10
Bei chemischen Reaktionen wandeln sich Stoffe um.	Explosivstoffe sind energiereiche Verbindungen, bei deren Reaktion in sehr kurzer Zeit eine große Menge gasförmiger Produkte entsteht.
Teilkonzepte Energie (E)	Themenfeld 10
Meistens wird bei der Nutzung von Energie der Energieträger gewechselt. Chemische Reaktionen werden als Energieträgerwechsel betrachtet. Produkte und Edukte tragen unterschiedlich viel Energie.	Explosivstoffe sind energiereiche Verbindungen, bei deren Reaktion in sehr kurzer Zeit viel Energie abgegeben wird. (E)

Zusammentragen, Reflektieren, Anwenden

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

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:

Für diese Phase eignen sich Berichte über Ereignisse mit gefährlichen Stoffen, die bis dahin im Unterricht nicht bearbeitet werden konnten.

Dabei geht es natürlich um das **Wissen**, wie mit diesen Stoffen umzugehen ist. Manchmal gehört dieses Wissen zum Alltagswissen der Jugendlichen. Aufgabe von Chemieunterricht konkret im Themenfeld 10 ist es jedoch, die Kompetenz zu fachlichen **Begründungen** zu entwickeln.

Eine Aufgabe lautet also nicht (nur): „Was tust du bei einem Fettbrand?“ sondern konkreter: „Erkläre, warum man kein Wasser auf brennendes Fett bringen darf“.

Schülerinnen und Schüler identifizieren die Siedetemperatur, die Dichte und die Brennbarkeit der beteiligten Stoffe als relevante Eigenschaften, dann recherchieren sie diese Informationen und bringen sie in einen Erklärungszusammenhang. Eine Schülerzeichnung vom Geschehen kann den Grad des Verständnisses veranschaulichen.

Vereinfachend beschränkt sich die Aufgabe auf die Erklärung der Funktionsweise einer Abdeckung, um einen Fettbrand zu löschen.

Ähnliche Aufgaben könnten u. a. sein:

- Erkläre das mögliche Ende einer Holi-Party, bei der Feuerzeuge geschwenkt wurden.
- Erkläre den Tod eines Kindes, das einen mit Salz statt mit Zucker zubereiteten Pudding gegessen hat.
- Erkläre den Einsatz von Natriumazid in Airbags im Auto bis 1995 und warum es seitdem nicht mehr in Airbags verwendet wird.

Motivierend für Schülerinnen und Schüler sind tagesaktuelle „Fälle“, an denen sie üben können, relevante Fragen zu generieren und aus recherchierten Informationen Erklärungen abzuleiten.

In all diesen Fällen wird die Einzigartigkeit der verschiedenen Gefahrstoffe deutlich. Schülerinnen und Schüler erwerben als Konzeptwissen, dass jeder Einzelfall genau betrachtet werden muss und die Erklärungszusammenhänge mehr oder weniger komplex sind.

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 bestimmten fachlichen Konzept.

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. Der Kontext „Gefährliche Stoffe in meiner Umgebung“ beinhaltet die ausgewiesenen Schwerpunkte der Konzeptanwendung und Kompetenzentwicklung. Andere Kontexte fokussieren auf toxische Stoffe **oder** auf Explosivstoffe. In diesem Fall wählt die Lehrkraft für beide Bereiche je einen Kontext mit mindestens **einem** Stoff zur intensiveren Bearbeitung aus. Die rechts abzweigenden Felder stellen mögliche Vertiefungen dar. Im Sinne der Dekontextualisierung werden weitere Beispiele gewählt, um erworbene Kompetenzen und Konzepte anzuwenden und zu vernetzen.

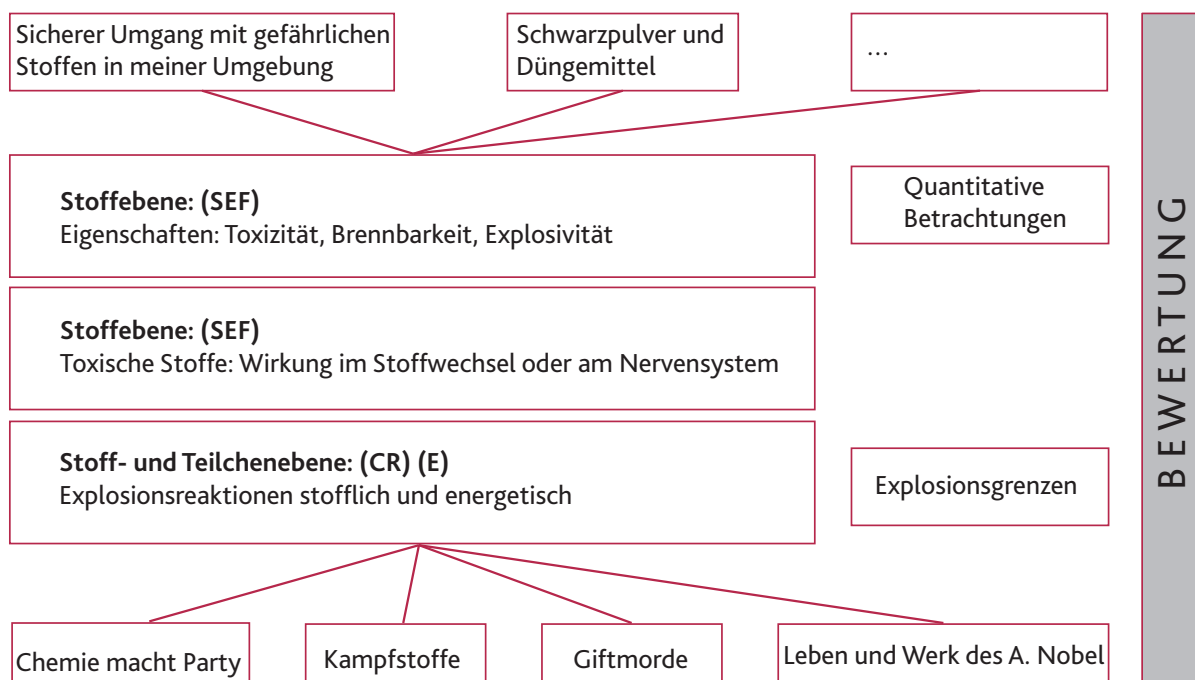


Abb. 6: Struktur des Themenfeldes 10

Kontext: Sicherer Umgang mit gefährlichen Stoffen in meiner Umgebung

In diesem Kontext beginnen die Schülerinnen und Schüler die Erschließung des Themenfeldes mit Stoffen und Stoffgemischen, die sie aus ihrem Alltag kennen. Sie formulieren Fragen zu gefährlichen Stoffen, charakterisieren und kennzeichnen sie und unterscheiden dabei verschiedenartige Gefahren. In den Erarbeitungsphasen gehen sie insbesondere auf „giftige“ Stoffe und auf „explosive“ Stoffe ein. Die Lehrkraft nutzt zur Auswahl geeigneter Stoffe beispielsweise die Matrix (siehe Abb. 13 und Abb. 20). Diese gibt eine grobe Orientierung über Kriterien, die einen Stoff für die unterrichtliche Bearbeitung geeignet erscheinen lassen.

In den Onlinematerialien zu dieser Handreichung sind exemplarisch die Stoffe/Stoffgemische Quecksilber, Kohlenstoffmonooxid, Methan, Pentan und Schwarzpulver berücksichtigt.

Beabsichtigt ist, die Schülerinnen und Schüler durch einige fachliche Grundlagen und die begründete Einschätzung von Gefahrensituationen zu einem sicheren Umgang mit gefährlichen Stoffen, die ihnen in Alltag und Beruf begegnen werden, zu befähigen.

Kontext: Schwarzpulver und Düngemittel

Die Untersuchung von China-Böllern stellt einen sehr schülernahen Zugang zu explosiven Stoffgemischen dar. Die Zündung eines China-Böllers auf dem Schulhof oder Berichte von Unfällen werfen Fragen nach den Inhaltsstoffen und ihrer Funktion und nach dem Ablauf von Explosionen auf. Pyrotechnik als Berufsfeld zu betrachten ergibt sich zwanglos.

China-Böllern werden in Schülerübungen untersucht und machen das Zusammenwirken von chemischen Reaktionen und den technischen Rahmenbedingungen deutlich.

Die ablaufenden komplexen Reaktionen lassen sich auch in didaktisch reduzierter Form sinnvoll und stimmig interpretieren.

In diesem Kontext ist die historische Perspektive sehr erhellend. Zeigt sie doch den Weg von der Nutzung eines der Natur entnommenen Stoffes (Chile-Salpeter) für die Herstellung von Schwarzpulver für militärische Zwecke, hin zu einem Syntheseweg im Rahmen der sich entwickelnden Wissenschaft Chemie (über Ammoniak) im frühen 20sten Jahrhundert. So wurde die Herstellung großer Mengen Schwarzpulver für die militärische Nutzung im ersten Weltkrieg realisiert.

Parallel dazu ermöglichte die chemisch-technische Ammoniaksynthese auch die Nutzung von Ammoniumverbindungen und Nitraten als Düngemittel. Dadurch wurde die Landwirtschaft sehr viel ertragreicher und das hatte großen Einfluss auf die Entwicklung der Weltbevölkerung.

Als aktueller Bezug bietet sich die Diskussion um zu hohe Nitratwerte in Böden an.

Diese Betrachtung schließt an das Themenfeld 8 (Ammoniaksynthese nach Haber-Bosch) und an das Themenfeld 9 (Stickstoffkreislauf, Eutrophierung, Grenzwert) an und zeigt die Ambivalenz des chemisch-technischen Fortschritts.

Globale Kontexte öffnen den Blick auf die gesellschaftliche Bedeutung und nachhaltige Lösungen.

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.

In jedem Kontext zum Themenfeld 10 passt die Lehrkraft den Unterricht in Bezug auf die Eindringtiefe an. Die Differenzierung erfolgt über die Anzahl und die Komplexität der ausgewählten Beispiele. Auch die eingesetzten Materialien und die Aufgabenformulierungen sind wichtige Möglichkeiten zur Differenzierung.

Grundverständnis:

Für leistungsschwächere Gruppen kann der Fokus auf praktischen Demonstrationen liegen, die Schülerinnen und Schüler im Alltag vor Gefahren schützen. Erklärungen kommen mit wenigen Fachbegriffen und einfachen Wortgleichungen aus. Motivierend kann die intensive Einbettung in Berufsfelder sein, in denen Kenntnisse über Gefahrstoffe bedeutsam sind.

Vertiefung:

Leistungsstärkere Schülerinnen und Schüler können über Reaktionsgleichungen hinaus quantitative Betrachtungen durchführen, beispielsweise zu Explosionsgrenzen. Sie erarbeiten Erklärungszusammenhänge, diskutieren die Leistungsfähigkeit und die Grenzen eines Modells u. a.

Schulspezifische Differenzierung:

Insbesondere für Berufsreife-Klassen ist der Erwerb von Grundkenntnissen über gefährliche Stoffe von großer Bedeutung, auch vor dem Hintergrund nachfolgender Berufsausbildung und -tätigkeit.

Dazu schreibt der Lehrplan (S. 60): „Zu beachten ist, dass die Schülerinnen und Schüler, die mit der Berufsreife die Schule nach der Klasse 9 verlassen, die Themenfelder 9-12 in der Regel so nicht kennen lernen. Daher werden zentrale Elemente aus diesen Themenfeldern in die Themenfelder 1-8 integriert. Die Zeit dafür kann durch eine Reduzierung der Tiefe bei der Behandlung der Teilchenebene in den Themenfeldern 1-8 gewonnen werden (siehe auch Kapitel 5.3 „Zur Arbeit mit dem Lehrplan Chemie“).“

Möglichkeiten der Integration ausgewählter Elemente des Themenfeldes 10 bieten sich in mehreren Themenfeldern, z. B. in:

- TF 1 „Chemikers Vorstellung von den Stoffen“: Stoffsteckbrief von gefährlichen Stoffen und deren Kennzeichnung (GHS-Symbolik) einbeziehen.
- TF 3 „Heizen und Antreiben“: Explosionsgefahr durch Kohlenwasserstoffe und H_2 betrachten, Gefahr durch Verbrennungsprodukte (CO) thematisieren.
- TF 5 „Sauber und schön“: Gefahren durch Lösungsmittel (Alkane und Ethanol) thematisieren.
- TF 6 „Säuren und Laugen“: Tankerunfall, Gefahrguttransport als Kontext wählen.
- TF 8 „Vom Reagenzglas zum Reaktor“: Bei Ammoniaksynthese und Bioethanol-Produktion Gefahren im Produktionsprozess und vorbeugende Maßnahmen im Betrieb besprechen, Berufsbilder im Hinblick auf TF 10 integrieren.

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 Anwendung von Konzepten und Kompetenzen.

Lerneinheiten		Schwerpunkt der Konzeptentwicklung	Schwerpunkt der Kompetenzentwicklung
1	Eigenschaften gefährlicher Stoffe	Struktur-Eigenschaft-Funktion	Kommunikation
2	Toxische Stoffe wirken im Körper	Struktur-Eigenschaft-Funktion	Umgang mit Fachwissen Bewertung
3	Explosionen	Chemische Reaktion	Umgang mit Fachwissen Bewertung

3.1 Lerneinheit 1: Eigenschaften gefährlicher Stoffe

LE 1: Eigenschaften gefährlicher Stoffe		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Zusammentragen gefährlicher Stoffe im persönlichen Umfeld, Medienberichte zu Unfällen in Haushalt, Schule, Unternehmen, Umwelt		
Schülerinnen und Schüler ...		
... recherchieren fragengeleitet zu verschiedenen Gefahrstoffen, z. B. zur Wirkung oder Handhabung.	... erarbeiten Kriterien zur Charakterisierung von gefährlichen Stoffen. ... nutzen Gefahrstoffkennzeichnungen.	Gefahrstoff Gefahrstoffkennzeichnung
... stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar, in denen Kenntnisse über Gefahrstoffe bedeutsam sind.	... recherchieren zu entsprechenden Berufen.	Arbeitsplatzgrenzwert AGW Biologischer Grenzwert BGW
Material/Medien		
Die Vielfalt der Gefahren LE1_01_AB_Gifte im Haushalt_Vorwissen LE1_02_AB_Gefahrliche Stoffe_Kriterien entwickeln_Ethanol		
Gefahrstoffkennzeichnung LE1_03_AB_GHS_4 Kartensätze LE1_04_AB_Gefahrguttransporte LE1_05_ppt_Gefahrguttransporte		
Gefahrstoffe und Beruf LE1_06_AB_Info_AGW und BGW LE1_07_AB_Berufe_Gefahrstoffe		

Zusätzliche Materialien:

App „Vergiftungsunfälle bei Kindern“, Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin
<https://www.bfr.bund.de/de/apps.html>

Schwarzer S., Ropohl M.: „Damit nichts passiert!“ Methodische Zugänge für Sicherheitsunterweisungen, Unterricht Chemie 156, 2016, Friedrich Verlag GmbH

Broschüre „Achtung giftig – Vergiftungsunfälle bei Kindern“, Herausgeber: Aktion Das sichere Haus, Deutsches Kuratorium für Sicherheit in Heim und Freizeit e. V. (DSH), Hamburg,
<https://das-sichere-haus.de/broschueren/>

Broschüre Verbraucherinfo „Risiko Vergiftungsunfälle bei Kindern“, Herausgeber: BfR, Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin, <https://mobil.bfr.bund.de/cm/350/risiko-vergiftungsunfaelle-bei-kindern.pdf>

App „Erkennen gefährliche Stoffe“
<https://quizlet.com/ch/309329498/erkennen-gefahrliche-stoffe-flash-cards/>

App „Gifte“ <https://quizlet.com/ch/410878468/gifte-flash-cards/>

Bei der Quizlet-App ist zu beachten, dass es sich um offene Lernangebote handelt, die von Lehrkräften im Sinne des OER zur Verfügung gestellt werden. Im Einzelfall ist die fachliche Korrektheit vorher sicherzustellen.

In dieser Lerneinheit geht es um

- die Vielfalt der möglichen Gefahren, die von einem Stoff ausgehen können und die Erfassung relevanter Faktoren zur Beschreibung eines toxischen Stoffes,
- mögliche Einteilungen von Gefahrstoffen und deren Kennzeichnung,
- die Relevanz von gefährlichen Stoffen im beruflichen Alltag und den Umgang mit ihnen.

Die Vielfalt der Gefahren

Eine Vielzahl gefährlicher Stoffe kennen Schülerinnen und Schüler aus ihrer eigenen Lebenswelt. In den Medien wird immer wieder berichtet von

- Transportunfällen (Öltanker, Säuretanker, vgl. auch TF 5 und TF 6),
- Methanol in alkoholischen Getränken,
- Pflanzenschutzmitteln,
- Unfällen beim Feuerwerk,
- explodierten Gasleitungen im Haus,
- Staubexplosionen: Holi-Party, schlagende Wetter oder Mehlstaub,
- Auswirkungen gefährlicher Stoffe auf die Umwelt (z. B. CO, CO₂, N_xO_y).

Qualität der Gefahren: Während der Erarbeitung wird schnell deutlich, dass die Gefahren, die von diesen Stoffen ausgehen, eine sehr unterschiedliche Qualität haben. Sie sind beispielsweise ätzend, brennbar, brandfördernd, explosiv, gesundheitsschädigend, umweltgefährdend oder toxisch.

Darüber hinaus kann es sein, dass Stoffe erst durch den Zerteilungsgrad, die Verdichtung oder die Anwesenheit anderer Stoffe zu einer Gefahr werden (Mehlstaub, Schwarzpulver, Knallgasgemisch).

Ambivalenz: Andererseits werden gefährliche Stoffe gerade wegen ihrer speziellen Eigenschaften gezielt eingesetzt. Zum Entfernen von Kalk eignen sich Säuren, zur Herstellung von Wunderkerzen ist ein brandfördernder Zusatz notwendig usw. Das gilt auch für Beispiele, die für die Gesamtgesellschaft bedeutsam sind. Um für den Straßenbau einen Berg zu sprengen, wird Sprengstoff gebraucht, der an anderer Stelle großes Unheil anrichten kann.

Einteilung von Gefahrstoffen und Gefahrstoffkennzeichnung

Gefährliche Stoffe können chemisch gesehen sehr unterschiedliche Stoffe sein. Je nach Fragestellung sind verschiedene Einteilungen sinnvoll.

Anknüpfend an Themenfeld 1 dienen die Gefahrstoffsymbole zur Einteilung, die die verschiedenen Kategorien von Gefahren beschreiben.

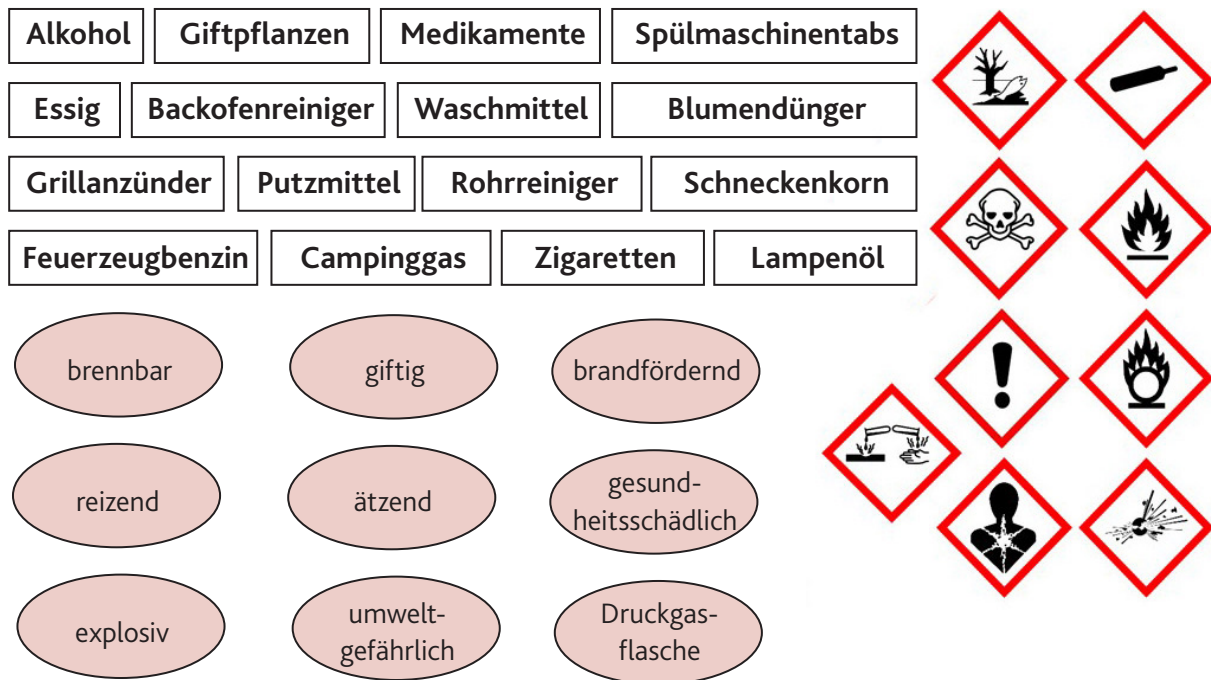


Abb. 7: Gefährliche Stoffe im Haushalt

Stärker fachlich-chemisch orientiert ist diese Möglichkeit der Einteilung:

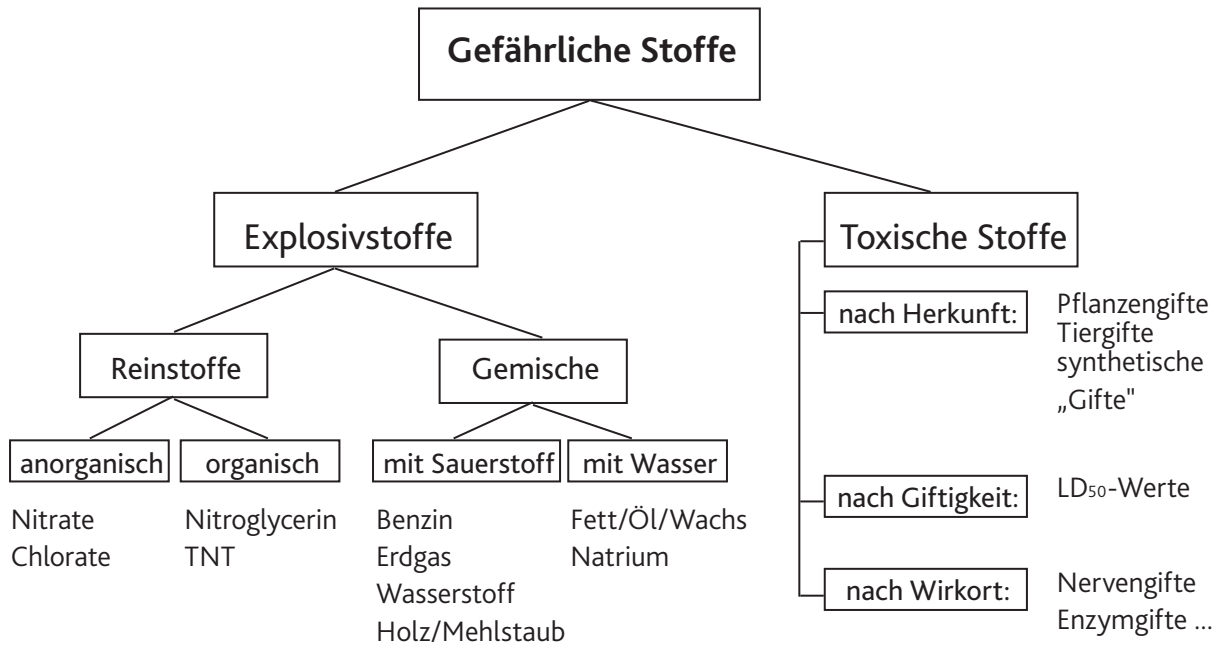


Abb. 8: Einteilung von gefährlichen Stoffen nach Gefahrenpotential

Aus der Vielfalt der Gefahren ergibt sich eine differenzierte Kennzeichnung, um sicher mit Gefahrstoffen umzugehen. Schülerinnen und Schüler sollen diese international gültigen Kennzeichnungen an einigen Beispielen lesen und nutzen, ohne sich eine Vielzahl von Fakten anzueignen (LE1_03, 04, 05).



Abb. 9: Kennzeichnung gefährlicher Stoffe

Gefahrstoffe und Beruf

Eine ganze Reihe von Berufen hat in besonderem Maß mit **speziellen Gefahren** zu tun, andere Berufe mit der **Gefahrenabwehr**.

Bei vielen Berufen sind fundierte Kenntnisse zu Gefahrstoffen notwendig: Mediziner(in), Chemiker(in), Chemielehrer(in), Chemikant(in), Laborant(in), Apotheker(in), Pyrotechniker(in), Berufe in Produktions- und Handwerksbetrieben, ...

Für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Feuerwehr oder des Katastrophenschutzes u. a. stehen neben dem Schutz vor Gefahrstoffen vor allem die Beseitigung von Gefahrensituationen im Zentrum des Berufes.

Ein gewisses Maß an Grundkenntnissen ist auch notwendig, um in Alltags- und beruflichen Situationen Gefahren zu bewältigen: Hausmann(frau), Friseur(in), Bäcker(in), Gärtner(in), LKW-Fahrer(in), Tankwart(in), Reinigungskräfte u. v. a., eigentlich geht jeder mit gefährlichen Stoffen um.

Schülerinnen und Schüler sammeln „Berufe“ oder Personengruppen, die mit Gefahrstoffen zu tun haben. Das Ergebnis dieser Unterrichtsphase kann eine Tabelle sein (LE1_07_AB_Berufe_Gefahrstoffe).

In Anlehnung an das Themenfeld 8 „Vom Reagenzglas zum Reaktor“ werden Informationen über Berufsbilder und Ausbildungs- oder Studienmöglichkeiten recherchiert. Auch Interviews bieten sich als Methode der Informationsbeschaffung an.

Dabei sollen auch betriebliche Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeiter(innen) und entsprechende gesetzliche Vorschriften angesprochen werden, wie z. B. Lagerung und Entsorgung sowie Transport gefährlicher Stoffe, Tätigkeitsbeschränkungen, Betriebsanweisungen, Noteinrichtungen, Verhalten in gefährlichen Situationen u. a.

Ergänzend können für einen konkreten Gefahrstoff einzelne Rechercheaufträge bearbeitet werden, z. B. zur Gesundheitsgefahr, zur Gefahrstoffkennzeichnung, zum Arbeitsschutz, zur Schutzkleidung oder zum Arbeitsplatzgrenzwert (AGW). Auch der Bereich Unfallverhütung/Erste Hilfe/Umweltgefahr/Entsorgung bietet sich an, z. B. Chemikalien beim Friseur, im Bauhandwerk, in der Landwirtschaft u. a. (Etiketten, Beipackzettel).

An gesetzlichen Vorgaben ist der Begriff Arbeitsplatzgrenzwert in Abgrenzung zum biologischen Grenzwert wichtig (LE1_06_Info AGW und BGW).

Der Begriff „Arbeitsplatzgrenzwert“, AGW

Der Arbeitsplatzgrenzwert ist in der Gefahrstoffverordnung wie folgt definiert:

„Der 'Arbeitsplatzgrenzwert' ist der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum. Er gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffes akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind.“

http://bundesrecht.juris.de/gefstoffv_2010

„Arbeitsplatzgrenzwerte werden als Konzentrationsdurchschnittswerte über acht Stunden festgelegt. Zur Begrenzung von kurzzeitigen Spitzenkonzentrationen erhalten sie zusätzlich Kurzzeitwert ... (Sie) sind ... arbeitsmedizinisch-toxikologisch begründet.“

(Römpp online, Stichwort Arbeitsplatzgrenzwert)

Arbeitsplatzgrenzwerte werden von Fachleuten in verschiedenen Gremien (z. B. einer Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG und der EU Kommission) erarbeitet und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales festgelegt und in der Gefahrstoffverordnung (TRGS 900) veröffentlicht.

(verändert nach Römpp online, Stichwort Arbeitsplatzgrenzwert)

Der Begriff „Biologischer Grenzwert“, BGW

Der Biologische Grenzwert ist in der Gefahrstoffverordnung wie folgt definiert:

„Der biologische Grenzwert ist der Grenzwert für die toxikologisch-arbeitsmedizinisch abgeleitete Konzentration eines Stoffes, seines Metaboliten oder eines Beanspruchungsindikators im entsprechenden biologischen Material, bei dem im Allgemeinen die Gesundheit eines Beschäftigten nicht beeinträchtigt wird.“

http://bundesrecht.juris.de/gefstoffv_2010

„Die biologischen Grenzwerte dienen dem individuellen Gesundheitsschutz. Sie gelten in der Regel für eine Belastung mit Einzelstoffen. Die Konzentrationsbestimmung erfolgt überwiegend im Blut oder Urin.“

Die Stoffkonzentration im biologischen Material spiegelt nicht nur die Belastung über die Atemwege, sondern auch die dermale oder orale Belastung wider ...

Den biologischen Grenzwerten liegt eine Expositionszeit von maximal 8 Stunden täglich und 40 Stunden wöchentlich zu Grunde. Sie sind als mittlere Werte für gesunde Einzelpersonen konzipiert. Bei mehreren Untersuchungen einer Person darf die mittlere Konzentration des Parameters den BGW nicht überschreiten. Aus einer alleinigen Überschreitung des BGW kann nicht notwendigerweise eine gesundheitliche Beeinträchtigung abgeleitet werden, sondern es ist eine arbeitsmedizinisch-toxikologische Bewertung durchzuführen.“

(Römpp online, Stichwort Biologischer Grenzwert)

Biologische Grenzwerte werden von Fachleuten in verschiedenen Gremien (z. B. einer Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG und der EU Kommission) erarbeitet und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales festgelegt und in der Gefahrstoffverordnung (TRGS 903) veröffentlicht.

(verändert nach: Römpp online, Stichwort Biologischer Grenzwert)

AGW und BGW im Unterricht

Intendiert ist, dass Schülerinnen und Schüler ein Gefühl für die Bedeutung und die Auswirkungen solcher Werte entwickeln. Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz sind ernst zu nehmen und zu beachten. Dennoch erfolgt die Festlegung solcher Werte zwangsläufig neben Messungen auch auf Einschätzungen, da sowohl die Ermittlung der einwirkenden Konzentration eines Stoffes, als auch die quantitative Erfassung der Wirkung im Körper schwierig ist.

Mögliche Arbeitsaufträge zum AGW und BGW:

- Wer erarbeitet die Arbeitsplatzgrenzwerte und die Biologischen Grenzwerte?
- Wer legt sie rechtlich verbindlich fest?
- Wo findet man als Bürger/in diese Grenzwerte?

Eine weitere Aufgabenstellung kann Anlass zu einer Diskussion sein:

Du sollst mit deiner Klasse die Filzstift-Schmierereien auf den Schulbänken mit Brennspritus entfernen. Am Ende der Schulstunde habt ihr $\frac{1}{2}$ Flasche Brennspritus verbraucht. Die nachfolgende Klasse soll mit Bunsenbrennern arbeiten.

- Könnt ihr herausfinden, ob der AGW und der BGW eingehalten wurden?
- Beschreibt, wie ihr vorgehen würdet.
- Besteht eine Gefahr für die nachfolgende Klasse?

Notwendig wäre eine Modellrechnung, um mit einem angenommenen Raumvolumen eine Konzentration zu berechnen, die mit einem recherchierten AGW-Kurzzeitwert zu vergleichen wäre.

Abgesehen von der Herausforderung, die Konzentration an gasförmigem Ethanol in der Luft des Chemieraumes zu berechnen, sind etliche Einflussfaktoren schwer zu erfassen. So wird sicherlich während des Putzens eine höhere Konzentration an Ethanol eingeatmet, als man sie später bei gleichmäßiger Verteilung in der Raumluft findet. Hier gilt es, sinnvolle Annahmen wie z. B. gleichmäßige Konzentration im gesamten Raum, alle Lappen getrocknet u. a. zu machen.

Bei der Bestimmung des BGW ist es außerdem möglich, dass auch ohne die Putzaktion Ethanol im Blut wäre, das man bei einer Blutuntersuchung messen würde.

Hinter dieser Aufgabe steckt auch die Frage nach Explosionsgrenzen (siehe LE 3).

Musterberechnung:

Für eine angenommene Raumgröße von 300 m^3 ergibt sich bei der Verteilung von $0,5 \text{ L}$ Ethanol (etwa 400 g) eine Konzentration von etwa $1,3 \text{ g/m}^3$. Die untere Explosionsgrenze in Luft beträgt 67 g/m^3 .

Bei der Annahme der gleichmäßigen Verteilung des Ethanol im Raum wird somit die Explosionsgrenze deutlich unterschritten. Realistisch zu erwarten sind insbesondere während und kurz nach dem Putzen deutlich höhere Konzentrationen im Bereich der Tische. Daher kann der Umgang mit Brennern auf den Tischen durchaus gefährlich sein.

3.2 Lerneinheit 2: Toxische Stoffe wirken im Körper

LE 2: Toxische Stoffe wirken im Körper		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Fallbeispiel(e)		
Schülerinnen und Schüler ...		
<p>... recherchieren fragengeleitet zu verschiedenen Gefahrstoffen, z. B. zur Wirkung oder Handhabung, auch im Hinblick auf die Toxizität.</p> <p>... wechseln von Alltagsvorstellungen zu Fachvorstellungen, indem sie journalistische Darstellungen (z. B. Tankerunfall, Vergiftung) in fachadäquate Darstellungen überführen und umgekehrt.</p> <p>... führen eine Nutzen-/Risikoanalyse durch, um die Verwendung von Gefahrstoffen zu beurteilen.</p>	<p>... erstellen Steckbriefe verschiedener toxischer Stoffe.</p> <p>... untersuchen Eigenschaften oder Wirkungen von Gefahrstoffen oder werten Untersuchungen aus.</p> <p>... erläutern Gefahrensituationen aus der Sicht der Chemie unter Berücksichtigung von Dosis, Menge und Konzentration.</p> <p>... erarbeiten Verhaltensregeln zur Vorbeugung und zum Verhalten in Gefahrensituationen.</p> <p>... recherchieren und verarbeiten Informationen, um eine begründete Meinung zu entwickeln.</p>	<p>„Gift“</p> <p>Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)</p> <p>Biologischer Grenzwert (BGW)</p> <p>Letale Dosis (LD₅₀)</p>
Material/Medien		
<p>Beschreibung toxischer Stoffe, Begriff „Gift“ und Erarbeitung von Verhaltensregeln</p> <p>LE2_01_AB_Kleine Giftkunde</p> <p>LE2_02_AB_Gift_LD50_Paracelsus</p> <p>LE2_03_AB_und_Info_Hg</p> <p>LE2_04_AB_und_Info_CO</p>		
<p>Untersuchung von Eigenschaften und Wirkungen</p> <p>LE2_05_Versuch_CO-Sensor</p> <p>LE2_06_SV_Wirkung von Salz auf Kressekeimung</p> <p>LE2_07_Bio_HR_TF7_LE8 Synapse</p> <p>LE2_08_Bio_HR_TF7_LE9 Botulinumtoxin</p>		

Zusätzliche Materialien:

Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)

https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf

In dieser Lerneinheit geht es um

- die Beschreibung eines toxischen Stoffes in einer Gefahrensituation und den Begriff „Gift“,
- die Erarbeitung von Verhaltensregeln im Umgang mit gefährlichen Stoffen,
- die Untersuchung von (Eigenschaften oder) Wirkungen toxischer Stoffe, soweit dies unter Schulbedingungen sinnvoll und möglich ist.

Der Begriff „Gift“ und die Beschreibung toxischer Stoffe

Der Begriff „Gift“ ist keine chemisch systematische Bezeichnung. Er wird für eine Vielzahl sehr verschiedener anorganischer und organischer Stoffe verwendet und ist nicht einheitlich definiert.

„Unter „Giften“ versteht man Stoffe, die im lebenden Organismus schon in verhältnismäßig kleinen Mengen Funktionsstörungen hervorrufen.

Die Giftigkeit ist abhängig von der Dosis, darüber hinaus von der Art, Häufigkeit und Dauer der Einwirkung.

Die Schädigung beruht beispielsweise auf der Zerstörung der Zellstruktur, auf der Hemmung oder Blockierung von Enzymen oder auf der Hemmung des Umbaus von Stoffwechsel-Zwischenprodukten.

„Gifte“ werden von außen in den Körper aufgenommen oder entstehen als Abbauprodukte im Körper (Stoffwechselgifte, z. B. Bildung von Blausäure aus cyanogenen Glykosiden).

Natürliche „Gifte“ werden sowohl von Pflanzen und Tieren als auch von Bakterien und anderen Mikroorganismen gebildet. Sie dienen zum Angriff oder zur Verteidigung.

Natürliche „Gifte“ übertreffen in ihrer Wirksamkeit die synthetischen bei weitem.

„Gifte“ können in Form von Gasen, reinen Flüssigkeiten oder Lösungen, Pulvern oder kompakten Festkörpern durch die Atemwege, den Verdauungstrakt, durch die Hautoberfläche, durch Wunden und dergleichen in den Körper gelangen.“

(Römpp online, Stichwort „Gifte“)

Einige toxische Stoffe sind Schülerinnen und Schülern aus ihrer eigenen Lebenswelt (Natur, Medizin, Medien) bekannt.

Im Unterricht wird deutlich, dass die Toxizität dieser Stoffe sehr unterschiedlich sein kann und von diversen Bedingungen abhängig ist (Menge, Art der Aufnahme, Dauer des Kontakts).

Andererseits werden diese Stoffe auch gerade wegen ihrer toxischen Eigenschaften gezielt eingesetzt (z. B. Fungizid, Herbizid oder Insektizid).

Sie können chemisch gesehen sehr unterschiedliche Stoffe sein. Je nach Fragestellung sind verschiedene Einteilungen möglich.

Zum Beispiel nach der Art oder dem Ort der Schädigung teilt man die „Gifte“ ein in Ätzigifte, Blutgifte, Atemgifte, Magen-Darm-Gifte, Herzgifte, Nervengifte, Hautgifte ...

Nach der „Anwendung“ unterscheidet man u. a. Pfeilgifte, Fischgifte, Kampfstoffe, Schädlingsbekämpfungsmittel, außerdem Genussmittel und Rauschgifte, Lebensmittelvergiftungen.

Nervengifte

Nervengifte greifen häufig an den Synapsen an. Synapsen werden als wichtige Strukturen zwischen Nervenzellen im Biologie-Unterricht bearbeitet. Nervengifte haben unterschiedliche Möglichkeiten, an einer Synapse anzugreifen. Ein toxischer Stoff kann ...

- A die Bläschen hindern, den Überträgerstoff freizusetzen,
- B den Überträgerstoff spalten, bevor er an den Rezeptor binden kann,
- C an den Rezeptor binden und damit verhindern, dass der Überträgerstoff an den Rezeptor binden kann,
- D das Enzym hindern, dass es den Überträgerstoff spaltet,
- E die Bläschen daran hindern, die gespaltenen Überträgerstoffe wiederaufzunehmen.

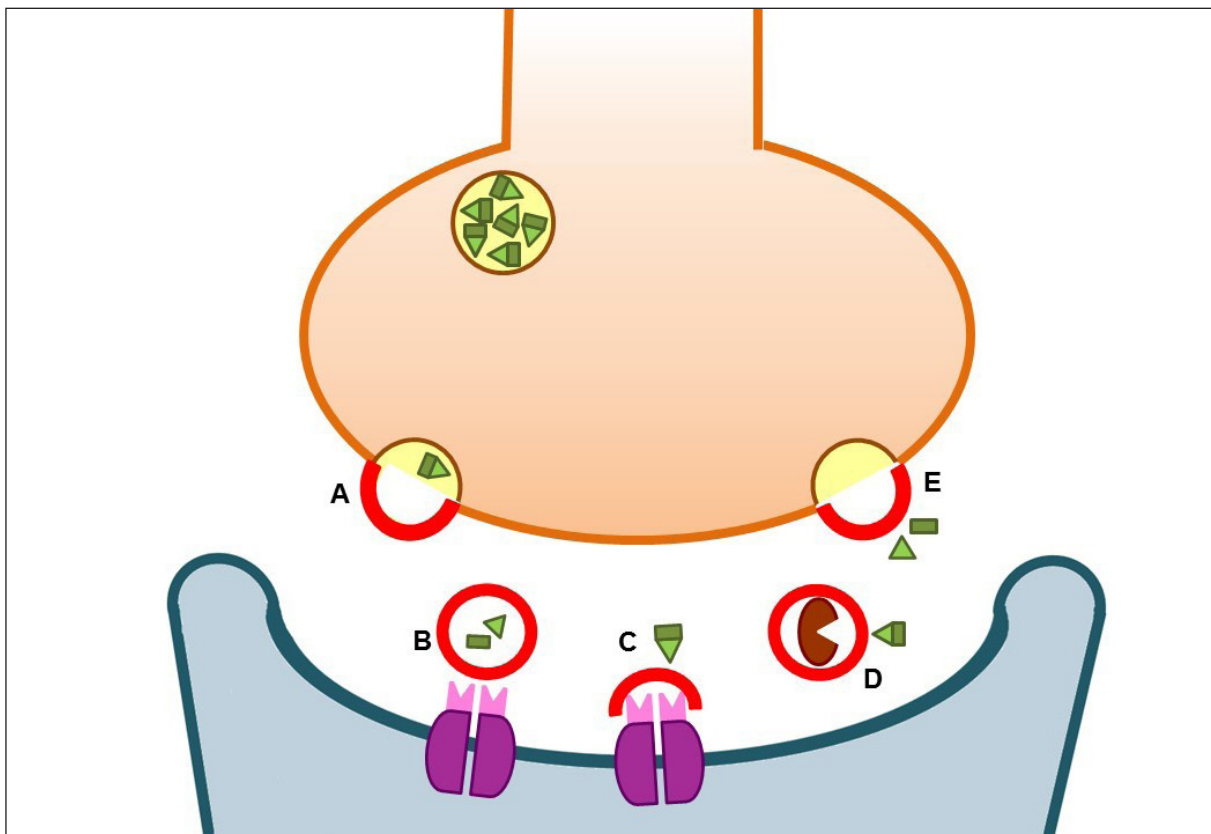


Abb. 10: Wirkungsmechanismen von Toxinen an der Synapse

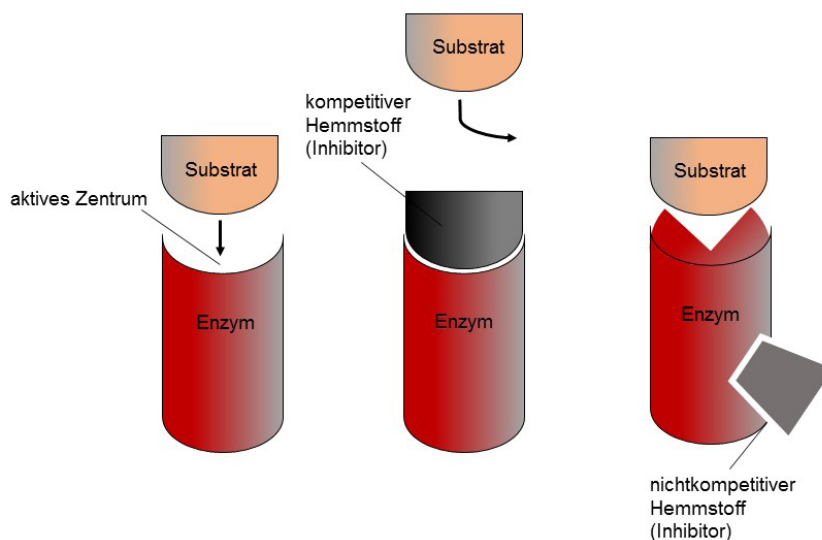
Die Abbildung veranschaulicht die Varianten A bis E.

Zwei zur Erarbeitung geeignete Materialien aus der Handreichung Biologie zum Themenfeld 7 stehen im Onlinematerial zur Verfügung (LE2_BIO_HR_TF7_LE8 Synapse, LE2_BIO_HR_TF7_LE9 Botulinumtoxin).

Stoffwechselgifte

Andere „Gifte“ wirken an bestimmten Stellen des Stoffwechsels.

Typische Schwermetallvergiftungen entstehen dadurch, dass Schwermetall-Ionen mit Schwefel-Atomen (S-H- oder S-S-Gruppen) in Enzymen stabile Verbindungen bilden und dadurch die Struktur des Enzyms verändert wird. Durch die veränderte Struktur des Enzyms (der Tertiär- und Quartär-Struktur) kann keine katalytische Wirkung nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip mehr stattfinden.



Je nach Enzym blockieren Quecksilber-Ionen entweder das aktive Zentrum und verhindern damit die Bindung des Substrates (kompetitive Hemmung), oder sie greifen außerhalb des aktiven Zentrums an und verändern dadurch die räumliche Struktur des Enzyms (nicht-kompetitive Hemmung).

Abb. 11: Enzymhemmung durch Schwermetall-Ionen wie Quecksilber-Ionen

Quantifizierung



Das berühmte Zitat von Paracelsus lenkt die Aufmerksamkeit auf quantitative Betrachtungen.

„Alle Dinge sind Gift, und nichts ist ohne Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift sei.“ (Paracelsus Septem Defensiones Basel 1589)

Theophrastus Bombast von Hohenheim, (geboren 1493 oder 1494 in Egg, Schweiz; gestorben 24.09.1541 in Salzburg), nannte sich seit 1529 „Paracelsus“, war ein Arzt, Alchemist, Astrologe, Theologe, Mystiker und Philosoph.

Abb. 12: Paracelsus (Kupferstich), [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paracelsus-03.jpg?uselang=de%20\(CCO\)](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paracelsus-03.jpg?uselang=de%20(CCO))

LD₅₀

LD steht für letale Dosis = tödliche Dosis

Die LD₅₀ ist eine gängige Angabe, um die Toxizität eines Stoffes zu beschreiben. Sie bezeichnet die Dosis eines Wirkstoffes, die nach einmaliger Verabreichung innerhalb eines gewissen Zeitraumes (bis maximal 14 Tage) bei 50 % der behandelten Organismen den Tod verursacht.

Zur Ermittlung dieser Werte sind Tierversuche an Ratten oder Mäusen notwendig, denen man die Stoffe oral (über den Mund), subcutan (unter die Haut) oder intravenös (in die Blutbahn) verabreicht.

Im Onlinematerial steht eine Tabelle zum Recherchieren und Vergleichen mit möglichen Arbeitsaufträgen zur Verfügung (LE2_02_AB_Gift_LD50_Paracelsus).

Toxische Stoffe im Unterricht

Im Unterricht lernen die Schülerinnen und Schüler die Vielfalt der Gefahren kennen. Dabei wird vermittelt, dass für jeden einzelnen gefährlichen Stoff eine Menge Fakten und Daten zu berücksichtigen sind, um den Stoff kennenzulernen und die Gefährlichkeit einzuschätzen. Nicht die Fakten selbst stehen im Vordergrund, sondern die Fähigkeit, die wichtigen Informationen bei einer Recherche zu erkennen.

Eine gute Möglichkeit dazu bietet die Erstellung von Steckbriefen für gefährliche Stoffe. Die Erarbeitung der Kriterien für die Steckbriefe ist mithilfe des Onlinematerials LE1_02_Gefährliche Stoffe_Kriterien entwickeln_Ethanol erfolgt:

- Name im Alltag
- Name in der Chemie/Strukturformel
- Gewinnung, Herstellung
- Vorkommen
- (besondere) Eigenschaften
- Aufnahme in den Körper, Dosis
- Wirkort, Wirkungsweise
- Beschreibung der Gefahr, „giftige“ Wirkung (Symptome), zerstörende Wirkung
- Nutzung durch den Menschen (evtl. historisch, medizinisch, kulturgeschichtlich)
- Gegengift /Gegenmaßnahmen
- Ambivalenz (Nutzen vs. Schaden)
- Vorbeugung, Sicherheitsmaßnahmen, Verhaltensregeln
- Reaktionsbedingungen (z. B. Explosionsgrenzen, Luftfeuchtigkeit, Zerteilungsgrad, Verdichtung)
- Reaktionsprodukte (und deren Gefahrenpotenzial)

Für die Vorstellung eines toxischen Stoffes durch Schülerinnen und Schüler ist der Stoff selbst weitgehend austauschbar. Das Vorgehen wird immer ähnlich sein.

Zur Auswahl der toxischen Stoffe für den Unterricht

Die Lehrkraft überprüft mögliche Stoffe im Hinblick auf die Vorgaben des Lehrplans. Dazu recherchiert sie zu einer Reihe von Kriterien/Fragen, die sich aus dem Lehrplan ergeben. Das Ergebnis kann eine Darstellung vergleichbar der Abb. 13 sein. Stoffe, die nicht in jeder Hinsicht für die Erarbeitung geeignet erscheinen, sind möglicherweise wertvoll für Aufgabenstellungen im Bereich Üben und Vernetzen.

Ein Kriterium bei der Auswahl der Beispiele sollte der sensible Umgang mit Stoffen sein, die in Kriegsgebieten eine Rolle spielen, um ein zusätzliches Problem für traumatisierte Kinder zu vermeiden.

Legende: + = in diesem Themenfeld gut umsetzbar - = in diesem Themenfeld schwer umsetzbar Kriterienliste nach Lehrplan	Schwarzpulver	Kohlenwasserstoffdämpfe	Mehlstaub/Hotl-Pulver	TNT	Ethanol, explosiv	Ethanol, toxisch	Kohlenstoffmonoxid	Quecksilber	Arsen	Chlor	Blausäure	Nikotin	Digitoxin	Atropin
Versuch möglich (Lehrerversuch, Schülerversuch)	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
... recherchieren fragengeleitet, z. B. zur Wirkung, Handhabung.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
... erläutern Gefahrensituationen aus der Sicht der Chemie.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
... formulieren Reaktionsgleichungen und Reaktionsbedingungen.	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
... erarbeiten Verhaltensregeln zur Vorbeugung und zum Verhalten in Gefahrensituationen.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
... wechseln von Alltagsvorstellungen zu Fachvorstellungen.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
... stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar.	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
... beurteilen die Verwendung von Gefahrstoffen mithilfe einer Nutzen-/Risikoanalyse.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Worin besteht die Gefahr?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wie quantifiziert man die Gefahr? (Explosionsgrenze, LD ₅₀ , ...)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wie schützt man sich? (Schutzkleidung, AGW, Abzug, ...)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Welche Regeln gelten für die Aufbewahrung und Entsorgung?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Ist der Stoff in der Gesellschaft relevant?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Ist der Stoff in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler relevant?	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+

Abb. 13: Zur Auswahl für den Unterricht – Was leistet welcher Stoff?

In dieser Übersicht sind verschiedene Stoffe in Bezug auf wichtige Kriterien zur unterrichtlichen Behandlung eines gefährlichen Stoffes nebeneinander dargestellt. Es gibt nicht **den** optimalen Stoff, der alle Kriterien optimal abdeckt. Die Bewertung der einzelnen Stoffe ist ein grobes Schema und unterliegt einer subjektiven Einschätzung. Eine Entscheidung der Lehrkraft bei der Auswahl für den Unterricht berücksichtigt die speziellen unterrichtlichen Voraussetzungen und die temporären Gegebenheiten immer wieder neu.

Medienkompetenz


Bei Rechercheaufträgen ergibt sich die Möglichkeit, im Sinne der Medienkompetenz die Qualität bzw. Relevanz von Quellen zu thematisieren.

Tendenziell kann als Faustregel gelten: Je **unabhängiger** der Webseitenbetreiber, desto **objektiver** ist die hier erhaltende Information. Allerdings ist es oft schwierig, die Unabhängigkeit und die Interessen eines Anbieters herauszufinden oder einzuschätzen.

Auf der Metaebene kann für genutzte Webseiten reflektierend ein „Ranking“ vorgenommen werden, das z. B. nach unten immer abhängiger und subjektiver wird.

Konkret: Webseiten zum Stichwort Quecksilber

- Staatlich autorisierte Webseiten (Bundesministerien, <https://www.bmu.de>), Hochschulen (<https://www.bcp.fu-berlin.de/chemie>)
- Gemeinnützige Vereine (www.wikipedia.de) oder Krankenkassen (<https://www.deutsche-familienversicherung.de>) oder öffentlich-rechtliche Sender (<https://www.3sat.de>)
- Werbefinanzierte Informationsseiten von Verlagen oder Sachbuchautoren (<https://www.spektrum.de/lexikon/chemie>, <https://www.welt.de/wissenschaft>)
- Werbefinanzierte Informationsseiten von politischen Gruppen oder Interessenverbänden (<http://www.bbfu.de/quecksilber.html>, <https://www.allum.de>)
- Imageseiten oder Werbeseiten von Gesundheitsberatern, Ärzten (<https://www.gzfa.de/diagnostik-therapie/zahnaesthetik>)



Kompetenzen in der digitalen Welt – Rahmenkonzept zum MedienkomP@ss ab 2017

Anwenden und Handeln	Problembewusst und sicher agieren	Analysieren und Reflektieren	Produzieren und Präsentieren	Informieren und Recherchieren	Kommunizieren und Kooperieren
Grundlegende digitale Werkzeuge und Anwendungen kennen, zielgerichtet und kreativ nutzen	Chancen und Risiken digitaler Umgebungen benennen und einschätzen	Die Vielfalt der digitalen Medienwelt kennen, die eigenen Bedürfnisse sowie gesellschaftliche Folgen einschätzen	Eine Produktion planen und mit verschiedenen digitalen Möglichkeiten ausgestalten	Arbeits- und Suchinteressen klären, Strategien zur Informationsgewinnung entwickeln	Verschiedene digitale Kommunikationsmöglichkeiten heranziehen und verwenden
Digitale Lernangebote und Arbeitsumgebungen für den eigenen Bedarf nutzen und anpassen, Grenzen erkennen und benennen	Maßnahmen für Datensicherheit und gegen Datenmissbrauch ergreifen, aktuell halten und die Privatsphäre schützen	Die Rolle der Medien im eigenen Leben und ihren Einfluss auf das Konsumverhalten und soziale Miteinander bewerten	Inhalte digitaler Formate bearbeiten, in bestehendes Wissen integrieren und die eigenen Handlungsmöglichkeiten erweitern	Verschiedene digitale Quellen, Formate und Instrumente bei Recherchen heranziehen, auf Relevanz überprüfen	Verhaltensregeln einhalten, respektvoll und adressatengerecht interagieren
Passende Strategien und Lösungswege entwickeln, Ergebnisse mit anderen teilen	Jugend- und Verbraucherschutz-Bestimmungen beachten, Auswirkungen und Folgen benennen	Gestaltungsprinzipien und Wirkungsmechanismen erkennen, durchschauen und beurteilen	Vorhandene digitale Produkte rechtssicher verwenden, zusammenführen und weiterverarbeiten	Gewonnene Informationen und Daten analysieren, interpretieren und kritisch bewerten	Digitale Werkzeuge und Ressourcen für die aktive, produktive und kollaborative Arbeit mit Informationen und Daten nutzen
Funktionsweisen und grundlegende Strukturen digitaler Werkzeuge erkennen, Algorithmen verstehen und selbst in Sequenzen anwenden	Folgen für Gesundheit und Umwelt einschätzen, reflektiert, verantwortungsbewusst und nachhaltig handeln	Die Potenziale der Digitalisierung für die eigene Weiterentwicklung, für soziale und politische Teilhabe reflektieren und dem eigenen Handeln zugrunde legen	Adressaten- und sachgerecht präsentieren, Anregungen aufnehmen und weiterverarbeiten	Informationen und Daten sicher speichern, wiederfinden und von verschiedenen Orten und in unterschiedlichen Kontexten abrufen	Selbstbestimmt und verantwortungsbewusst an privaten und gesellschaftlichen Kommunikationsprozessen teilnehmen

Abb. 14: Rahmenkonzept zum Medienkompass RLP <https://medienkompass.bildung-rp.de/grundlagen.html>

Mögliche Lernprodukte

Durch Präsentationsformen wie Steckbriefe, Plakate, Memoflips oder Spiele ergibt sich eine Vielfalt der Lernprodukte.

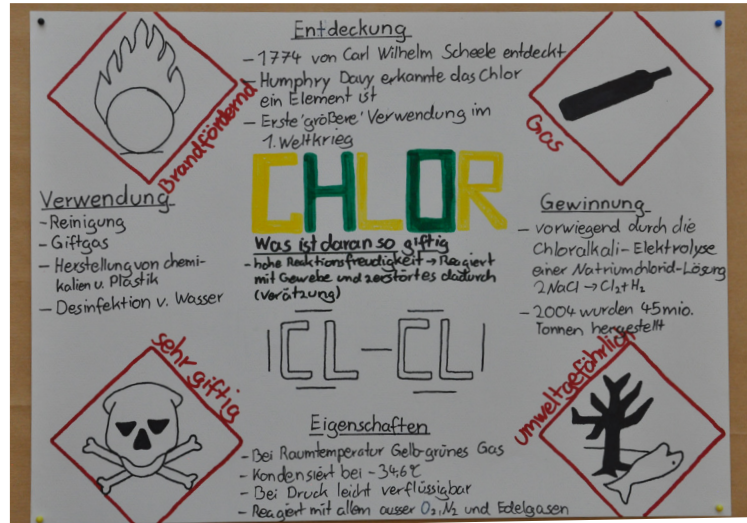
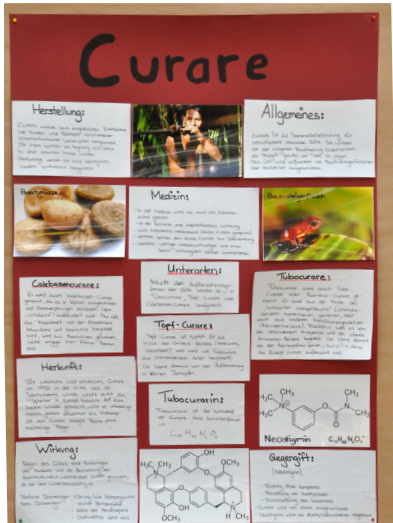


Abb. 15: Präsentationsformen von Rechercheprodukten

Steckbriefe oder Memoflips sind handlicher und besser zu transportieren. Sie lassen sich individuell gestalten und zuhause bearbeiten.

Spiele ermöglichen das Zusammenführen der Fakten zu verschiedenen Stoffen in eine gemeinsame Aktivität.

Im Hinblick auf die Erläuterung einer Gefahrensituation und mögliche Verhaltensregeln kann die Gestaltung eines Flyers für die Bevölkerung oder eines Haushaltsratgebers eine geeignete Aktivität sein.

Verhaltensregeln können auch eine Kategorie im Steckbrief sein. Für manche Stoffe ergeben sich Möglichkeiten, Verhaltensregeln aus experimentellen Untersuchungsergebnissen abzuleiten.

Konkret: Unterricht am Beispiel Kohlenstoffmonooxid

Für die unterrichtliche Betrachtung eignet sich das Kohlenstoffmonooxid. Immer wieder berichten Medien von Unfällen durch unsachgemäße Bedienung von Grill- und anderen Geräten, mit denen das Thema im Unterricht einen aktuellen Bezug erfährt. Es ist von der chemischen Struktur für Schülerinnen und Schüler überschaubar. Bei seiner Wirkung im Sinne von starker Bindungsfähigkeit an rote Blutkörperchen knüpfen Schülerinnen und Schüler an den Vorkenntnissen aus dem Biologieunterricht zum Sauerstofftransport durch rote Blutkörperchen an.

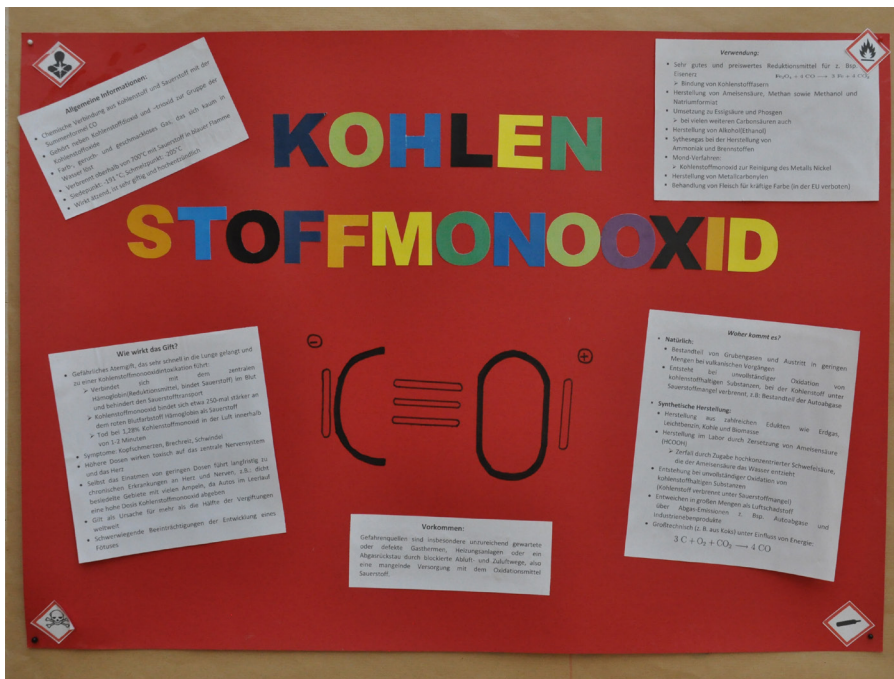


Abb. 16: Präsentation des Lernprodukts

Die Charakterisierung des Stoffes erfolgt mit Hilfe der in Lerneinheit 1 erarbeiteten Kriterien. Dabei wird die Tabelle je nach Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler ggf. in Teilen oder ganz vorgegeben.

Schülerinnen und Schüler erklären mit eigenen Worten die Gefahr, die von Kohlenstoffmonooxid ausgeht. Daraus leiten sie Verhaltensregeln ab, die Unfälle vermeiden helfen. Dazu kann auch die Nutzung eines Detektors zählen, der im Unterricht erprobt werden kann (LE2_05_Versuch_CO-Sensor).

Versuche zur unvollständigen Verbrennung von Kohle mit einem handelsüblichen CO-Sensor als Messgerät können zur Erkenntnis führen, dass gute Belüftung und der Abzug der Verbrennungsgase durch einen gut funktionierenden Kamin die Kohlenstoffmonooxid-Belastung im Raum reduzieren können.

Einige der Vorgänge können mit einfachen Reaktionsgleichungen beschrieben werden (LE2_04_AB_und_Info_CO).

Reaktionsgleichung	Vorgang
$C + O_2 \rightarrow CO_2$	vollständige Verbrennung C-haltiger Brennstoffe
$2 C + O_2 \rightarrow 2 CO$	unvollständige Verbrennung C-haltiger Brennstoffe, bei Sauerstoffmangel
$CO + SnO_2 \rightarrow CO_2 + SnO$	CO-Gas-Warmmelder

Untersuchung toxischer Stoffe (Vertiefung)

Einige Stoffe lassen sich unter Schulbedingungen untersuchen. Selbstverständlich wird die RiSU berücksichtigt, insbesondere die Vorgaben zum Umgang mit lebenden Tieren.

In der Schulpraxis bewährt haben sich Experimente mit Kresse-Samen. Sie sind leicht zu beschaffen, preiswert, entwickeln sich in wenigen Tagen und lassen sich gut beobachten.

Ein Beispiel, das als Modellversuch für das Zitat von Paracelsus dienen kann, ist die Wirkung von Salz auf die Keimung von Kresse-Samen (LE2_06_Wirkung von Salz auf Kressekeimung).

3.3 Lerneinheit 3: Explosionen

LE 3: Explosionen		
Kompetenzentwicklung	Schüleraktivität	Fachwissen/Basiskonzept
Einführende Lernsituationen: Fallbeispiel(e), Presseschlagzeilen, Friteusenbrand, Holi-Party (Staubexplosion), Feuerwerk (China-Böllern), Sprengstoff (z. B. Dynamit), Gasexplosion ...		
Schülerinnen und Schüler ...		
<p>... recherchieren fragengeleitet zu verschiedenen Gefahrstoffen, z. B. zur Wirkung oder Handhabung, auch im Hinblick auf die Brennbarkeit oder Explosivität.</p> <p>... wechseln von Alltagsvorstellungen zu Fachvorstellungen, indem sie journalistische Darstellungen (z. B. Feuerwerk) in fachadäquate Darstellungen überführen und umgekehrt.</p> <p>... führen eine Nutzen-/Risikoanalyse durch, um die Verwendung von Gefahrstoffen zu beurteilen.</p>	<p>... erstellen Steckbriefe verschiedener Explosivstoffe.</p> <p>... untersuchen Eigenschaften oder Wirkungen von Explosivstoffen oder werten Untersuchungen aus.</p> <p>... erläutern Gefahrensituationen aus der Sicht der Chemie.</p> <p>... formulieren Reaktionsgleichungen und Reaktionsbedingungen (Zerteilungsgrad).</p> <p>... erarbeiten Verhaltensregeln zur Vorbeugung und zum Verhalten in Gefahrensituationen.</p> <p>... stellen Betrachtungen zum Energieumsatz und den Vorgängen auf Teilchenebene bei Explosionen an.</p> <p>... recherchieren und verarbeiten Informationen, um eine begründete Meinung zu entwickeln.</p>	Explosivstoffe

Material/Medien
Beschreibung explosiver Stoffe LE3_01_AB_Steckbrief_Methan LE3_02_AB_Steckbrief_Pentan LE3_03_AB_Steckbrief_Schwarzpulver LE3_04_ppt_Webquest_Explosion LE3_05a_AB_Energieumsatz Methan_Pentan LE3_05b_ppt_Filmleiste_Druckwelle LE3_06_Modell eines Knallkörpers bauen
Untersuchung von Eigenschaften und Wirkungen LE3_07_LV_Explosionsgrenzen Wasserstoff_Methan_Doeschen LE3_08_LV_Explosionsgrenzen Pentan_Rohr LE3_09_SV_Untersuchung_China-Böller_Schwarzpulver LE3_10_LV_Staubexplosion LE3_11_AB_Explosionsgrenzen im Chemiesaal LE3_11a_Exceldatei explosive Gemische_Vertiefung LE3_11b_AB_Explosionsgrenzen mit Exceldatei_Vertiefung
Erarbeitung von Verhaltensregeln LE3_12_AB_Pro-Kontra_Grillanzuender LE3_13_AB_Grillparty_Unfall LE3_14_Silvestertipps LE3_15_Info Feuerwerkskörper LE3_16_Wunderkerzen

Zusätzliche Materialien:

ÜV_LV_Wachsexplosion

ÜV_LV_Modellversuch Fettbrand

ÜV_LV_Wasserstoffrakete

ÜV_LV_Flüsterbüchse

In dieser LE geht es um

- die Beschreibung eines explosiven Stoffes in einer Gefahrensituation,
- die Untersuchung explosiver Stoffe/Stoffgemische, soweit dies unter Schulbedingungen sinnvoll und möglich ist, bzw. die Auswertung von Untersuchungen,
- die Erarbeitung von Verhaltensregeln.

Explosionsfähige Stoffe/Systeme aus fachlicher Sicht

Unter dem Begriff **explosionsfähige Stoffe** versteht man „feste, flüssige und gasförmige Stoffe oder Stoffgemische, die zu einer schnell ablaufenden Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beider gleichzeitig“ fähig sind.

(Roempp online, Stichwort explosionsfähige Stoffe/Systeme)

Eine solche Reaktion wird als **Explosion** bezeichnet und kann je nach Ausbreitungsgeschwindigkeit der Flamm- oder Reaktionsfront (Explosionsgeschwindigkeit bzw. Detonationsgeschwindigkeit) unterteilt werden: Eine **Verpuffung** ist eine schnelle Verbrennung mit geringer Flammengeschwindigkeit ($< 1 \text{ m/s}$) und Druckwirkung ($< 100 \text{ kPa}$) sowie in der Regel dumpfem Knall. Im Bereich von wenigen Metern pro Sekunde bis zur Schallgeschwindigkeit (in Luft etwa 330 m/s) spricht man von **Deflagration**, bei Geschwindigkeiten darüber von **Detonation**. Letztere können bis zu 10000 m/s erreichen und eine Druckwirkung von 1 MPa bis 100 MPa erzielen.

(Verändert nach Wikipedia.de, Stichwort Explosion)

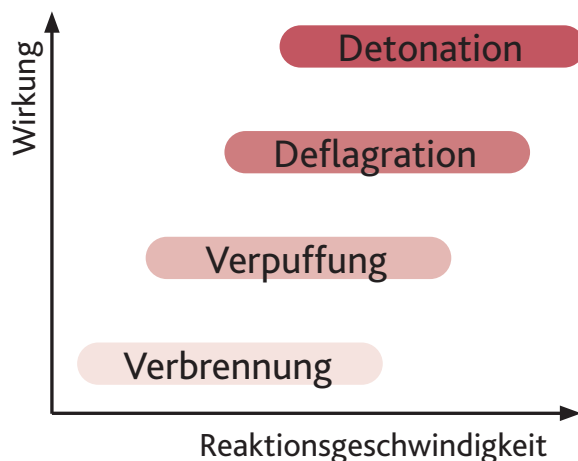


Abb. 17: Beziehung zwischen Reaktionsgeschwindigkeit und Auswirkungen von Oxidationsreaktionen (verändert nach Schischek GmbH 2016)

Onlinematerial:

LE3_07_LV_Explosionsgrenzen Wasserstoff_Methan_Doeschen

LE3_08_LV_Explosionsgrenzen Pentan_Rohr

LE3_10_LV_Staubexplosion

Hinweis: Die Unterteilung der Explosionen ist vom Lehrplan nicht gefordert. Es genügt daher, dass die Schülerinnen und Schüler z. B. beim Abbrennen eines Feuerwerkes von Explosionen sprechen, ohne den Begriff Deflagration zu benutzen.

Die Auslösung der Reaktion kann mechanisch (Schlag, Reibung), thermisch (höhere Temperaturen, Funken, Flammen, glühende Gegenstände) oder durch Stoß (Initialsprengstoff) geschehen.

(verändert nach Roempp online, Stichwort explosionsfähige Stoffe/Systeme)

„Eine Explosionsfähigkeit ist gegeben durch die Stoff- bzw. Systemeigenschaften selbst oder durch schnelle Reaktionen einzelner Systeme. Aber auch infolge zunächst langsam verlaufender chemischer Prozesse können sich explosionsfähige Systeme (aus für sich genommen „harmlosen“ Systemen) bilden. Zu beachten ist, dass das Stoffverhalten oft entscheidend von der Menge, der Konsistenz, dem Einschluß, der Zündung und anderen Faktoren abhängt und deshalb von der Stoffeigenschaft im Kleinen nicht auf das Verhalten in beliebiger Anordnung (System) geschlossen werden kann!“

(Roempp online, Stichwort explosionsfähige Stoffe/Systeme)

Beispiel: Das Mehl als solches ist harmlos, kommt es aber zur Staubaufwirbelung z. B. beim Umfüllen, so kann das entstandene System durch einen Zündfunken explodieren.

Kategorien explosionsfähiger Stoffe

- Gemische brennbarer Gase oder Stäube mit Oxidationsmitteln, die innerhalb bestimmter Konzentrationsgrenzen zu Explosionen führen können.
- Zerfallsfähige Gase mit positiver Bildungsenthalpie, insbesondere in geschlossenen Systemen
Beispiel: Ethin (Bildungsenthalpie + 226,7 kJ) bildet wie alle kurzkettigen Kohlenwasserstoffe mit Luft-Sauerstoff leicht entzündbare Gemische. Zusätzlich neigt die Verbindung zum explosiven Selbstzerfall in die Elemente.
- Stabile explosionsfähige Stoffe und harmlose Einzelstoffe reagieren miteinander und bilden explosionsgefährliche Systeme.

Beispiel: Fette an Sauerstoff-Flaschen führen zur Bildung von Ozoniden oder die Langzeitlagerung von Alkenen unter Luft führt zu Peroxiden.

(verändert nach Roempp online, Stichwort explosionsfähige Stoffe/Systeme)

In Abgrenzung zu den chemisch ausgelösten Explosionen gibt es auch entsprechende physikalische Vorgänge. Dazu zählen u. a. die Dampfexplosion (z. B. Wasser oder Tiefkühlkost in heißem Öl), der Siedeverzug (z. B. eine Flüssigkeit überhitzt), Absorptions-/Desorptionsexplosionen (z. B. Extraktionsprozesse mit überkritischer Kohlensäure, das Gushing des Biers).

(verändert nach Roempp online, Stichwort explosionsfähige Stoffe/Systeme)

Implosion

Zu einer Implosion kommt es, wenn der Außendruck den Innendruck eines geschlossenen Systems deutlich übersteigt, wie zum Beispiel bei evakuierten Glasgeräten (Thermoskanne, Unterdruckdestillation). Bei Beschädigung des Glaskörpers leistet die Umgebung mechanische Arbeit an den Bruchstücken der Wand und diese werden zentral in die Richtung der ursprünglichen Mitte des Gefäßes geschleudert. Dort stoßen sie sich wieder nach außen ab (Impulserhaltung), oder sie kreuzen die ursprüngliche Mitte.
(verändert nach Römpp online, Stichwort Implosion)

Explosivstoffe – eine Untergruppe der explosionsfähigen Stoffe

Die Explosivstoffe zeichnet aus, dass sie technisch „als Sprengstoffe, Treib- und Schießstoffe, Zündmittel, Initialsprengstoffe oder pyrotechnische Gegenstände verwendet werden.“

(Römp online, Stichwort Explosivstoffe)

Sie werden genutzt für gewerbliche und militärische Zwecke als Sprengstoffe (z. B. im Kohlebergbau, beim Bau von Straßen, Tunneln etc., zum Schutz beabsichtigte Lawinenauslösung), für geologische Zwecke als seismische Sprengstoffe, als Initialsprengstoffe und Zündmittel zur Auslösung der Detonation weniger empfindlicher Explosivstoffe, als Treib- und Schießstoffe zum Antrieb von Geschossen, auch als Raketentreibstoffe, ferner zur Herstellung pyrotechnischer Gegenstände wie Feuerwerkskörper, Airbags und ähnliches.

(verändert nach Römp online, Stichwort Explosivstoffe)

Explosivstoffe bestehen meist aus chemischen Verbindungen oder Stoffgemischen, die Sauerstoff enthalten, welcher die verbrennbaren Bestandteile des Moleküls bzw. die brennbaren Komponenten des Gemisches oxidiert, wobei sehr rasch heiße Gase frei werden. Der verfügbare Sauerstoff ist meist an Stickstoff (z. B. Nitrite) oder an Chlor (z. B. Chlorate) gebunden. Die brennbaren Bestandteile sind meistens Kohlenstoff und Wasserstoff, in Gemischen z. B. auch Schwefel oder Aluminium. Ausnahmen von der Explosiv-Umsetzung mit Sauerstoff bilden Stoffe wie Bleiazid und Quecksilber(II)-fulminat (Knallquecksilber), bei deren Zersetzung in die Elemente genügend Energie und Gasvolumen (Stickstoff) für den Explosionsprozess frei werden.

(verändert nach Römp online, Stichwort Explosivstoffe)

Zur Charakterisierung von Explosivstoffen dienen eine Reihe von Eigenschaften, deren Kenntnis wichtig ist für Hersteller, Händler, Transporteure und Verwender. Solche Eigenschaftsdaten sind beispielsweise die **Sauerstoff-Bilanz**, die **Explosionswärme** und das **Normalgasvolumen**. Diese „können auf Basis der chemischen Formel und Reaktionsgleichung thermochemisch berechnet werden.“

(Römp online, Stichwort Explosivstoffe)

„Als Sauerstoff-Bilanz [...] wird diejenige Sauerstoff-Menge in Gewichtsprozent bezeichnet, die bei vollständiger Umsetzung des Explosivstoffes frei wird („positive“ Sauerstoff-Bilanz) bzw. zur vollständigen Umsetzung zusätzlich benötigt wird („negative“ Sauerstoff-Bilanz). Obwohl diese eine rein rechnerische Größe ist, lassen sich viele Eigenschaften mit dieser Sauerstoff-Bilanz korrelieren.“

(Römp online, Stichwort Explosivstoffe)

„Die Explosionswärme ist die bei der Explosion freigesetzte Wärmeenergie, berechnet aus der Differenz der Bildungsenergien des Explosivstoffes bzw. der Komponenten des Explosivstoffgemisches und den Bildungsenergien der Reaktionsprodukte der Explosion.“

(Römp online, Stichwort Explosivstoffe)

Onlinematerial:

LE3_05a_AB_Energieumsatz_Methan_Pentan

Fazit: Betont werden soll an dieser Stelle, dass nicht nur die Enthalpiebilanz (Energiebilanz) für die explosiven Stoffe/Explosivstoffe von Bedeutung ist, sondern auch die Bilanz der Teilchenanzahl zwischen Edukten und Produkten entscheidend sein kann.

Freigesetzte Energie kann bei vorhandenen Molekülen zu großen Molekülgeschwindigkeiten führen, was bei geringen Volumen zu großem Druck führt und dann ggf. zum Bersten der Einhüllung. Entstehen bei der chemischen Reaktion dazu noch deutlich mehr (gasförmige) Produktmoleküle aus den festen bzw. flüssigen Edukten, so steigt der Platzbedarf zusätzlich enorm an, was zu zusätzlichem Druck und damit höherer Sprengkraft führt.

Onlinematerial:

LE3_06_Modell eines Knallkörpers bauen

LE3_11_SV_Untersuchung China-Böller_Schwarzpulver

Explosionsgrenzen

„Unter **Explosionsgrenzen** (auch Zündgrenzen genannt) versteht man die untere und obere Grenzkonzentration eines brennbaren Gases, Dampfes oder von Stäuben in Mischung mit Luft (oder anderen, Sauerstoff enthaltenden Gasen), zwischen denen das Gas-(Dampf)-Staub-Luft-Gemisch durch Erhitzen (Zündtemperatur) oder Funken zur Explosion gebracht werden kann. Die Explosionsgrenzen sind druck- und temperaturabhängig, sie werden als Konzentration des brennbaren Gases oder Dampfes in Volumenprozent oder g/m^3 für einen Anfangszustand von 1013 mbar [101,3 kPa] und 20 °C angegeben. Die Werte hängen von der Art der Bestimmung und dem zugrunde liegenden Messvolumen ab und variieren deshalb.“

(Römp online, Stichwort Explosionsgrenzen)

Explosionsfähiger Stoff	Explosionsgrenzen in Luft				Zündtemperatur
	in Vol.-%		in g/m^3		[°C]
	untere	obere	untere	obere	
Aceton	2,5	14,3	60	345	535
Ammoniak	15,4	33,6	108	240	630
<i>n</i> -Butan	1,4	9,4	33	231	365
Essigsäure	4	17	100	430	485
Ethan	2,4	14,3	31	182	515
Ethanol	3,5	15	67	290	400
Ethen	2,4	32,6	29	388	440
Kohlenstoffmonooxid	11,3	75,6	131	877	605
Methan	4,4	17	29	113	595
<i>n</i> -Pentan	1,1	8,7	33	260	260
Wasserstoff	4	77	3,4	65	560

Abb. 18: Explosionsgrenzen und Zündtemperaturen einiger brennbarer Gase und Dämpfe in Luft (Römp online)

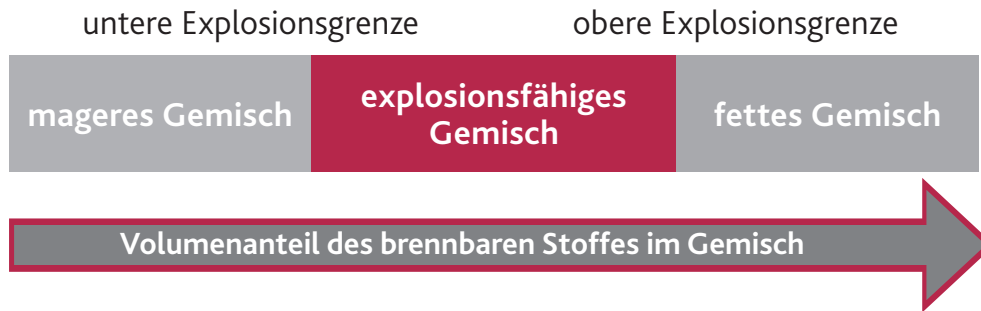


Abb. 19: Schematische Darstellung der Explosionsgrenzen

„Bei Flüssigkeiten wird die Volumenkonzentration in der Luft durch den Dampfdruck eingestellt. Deshalb gibt es auch das Temperaturkriterium des unteren und oberen Explosionspunktes. Der **Flammpunkt** gibt die Temperatur an, bei welcher nach Einwirkung einer Zündquelle eine Flamme entsteht und liegt aus experimentellen Gründen meist oberhalb des unteren Explosionspunktes (untere Explosionsgrenze). Gemische nahe oder unterhalb der unteren Explosionsgrenzen nennt man auch „mager“ und die um den oberen „fett“ bzw. weit darüber hinaus „überfettet“.“

(Römpp online, Stichwort Explosionsgrenzen)

Beispiel: Beim Ottomotor bedeutet dies, dass im Vergaser die richtige Mischung von gasförmigem Benzin und der zugeführten verdichteten Luftmenge (Sauerstoff wird nicht vom Stickstoff abgetrennt) erzeugt werden muss, damit eine Explosion im Zylinder mit möglichst hohem Wirkungsgrad erzielt werden kann, sprich dass der Kolben zum richtigen Zeitpunkt mit möglichst großer Volumenarbeit in Bewegung versetzt wird.

Onlinematerial:

LE3_08_LV_Explosionsgrenzen Pentan_Rohr

LE3_11_AB_Explosionsgrenzen im Chemiesaal

LE3_11a_Exceldatei explosive Gemische

LE3_11b_AB_Explosionsgrenzen mit Exceldatei_Vertiefung

„Bei der Verarbeitung von Lösemitteln kommt der unteren Explosionsgrenze im Allgemeinen eine höhere Bedeutung zu als der oberen. Es sei hier ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die untere Explosionsgrenze zahlreicher Lösemittel recht tief, nämlich etwa bei einem Volumenprozent, liegt. Glücklicherweise machen sich Lösemitteldämpfe auch bei noch bedeutend tieferen Konzentrationen in vielen Fällen durch einen starken Geruch bemerkbar.“

(Römpp online, Stichwort Explosionsgrenzen)

Beispiel: Musterrechnung zur Aufgabe „Filzstiftschmiererei auf Schülerbänken entfernen“ (Lerneinheit 1, S. 27-28)

„Umgekehrt liegen bei Benzintanks bei Normaltemperatur die Konzentrationen der Dämpfe oberhalb der oberen Zündgrenze, so dass erst gutes Durchlüften Gefahren bringen. Das Gleiche gilt z. B. beim Lackieren (Lackieröfen) mit lösemittelhaltigen Lacken. Die generellen Probleme beim Ausnutzen der oberen Explosionsgrenzen sind einmal der dabei auftretende Sauerstoff-Mangel und dass in der Regel von unten der zündgefährliche Bereich durchschritten und auch wieder verlassen werden muss. So entzündet sich im Keller ausströmendes Gas oft nicht, sondern erst beim Aufsteigen in besser gelüftete Obergeschosse, wo sich ein zündwilliges Gemisch zwischen der oberen und unteren Explosionsgrenze bilden kann. Ähnliches gilt bei Absauganlagen.“

(Römp online, Stichwort Explosionsgrenzen)

„Die Explosionsfähigkeit von Staub-Luft-Gemischen [...] ist stark abhängig von der Korngröße der Stäube. Größenordnungsmäßig liegt die untere Explosionsgrenze [je nach Staubkorngröße] zwischen 20 und 60 g/m³ und die obere zwischen 2 und 6 kg/m³.“

(Römp online, Stichwort Explosionsgrenzen)

Onlinematerial:

LE3_07_LV_Explosionsgrenzen Wasserstoff_Methan_Doeschen

LE3_10_LV_Staubexplosion

Explosive Stoffe im Unterricht

„Den Schulen ist das Herstellen explosiver Stoffe und Gemische, die zur Verwendung als Sprengstoffe, Treibladungen, Zündstoffe und pyrotechnische Sätze (Explosivstoffe) dienen, nicht gestattet.“ (RISU, S. 42 (2019))

Somit ist es untersagt, Stoffe oder Stoffgemische zu verdichten, weil es dadurch zu Explosionen kommen kann. Dagegen sind die Herstellung und ein Abbrand von unverdichtetem Schwarzpulver erlaubt. Auch Wunderkerzen dürfen als Experiment im Unterricht hergestellt und im Freien abgebrannt werden. Die Verwendung von selbsthergestellten Wunderkerzen oder Bengalischen Lichtern auf Veranstaltungen ist nicht zulässig.

Im Unterricht lernen die Schülerinnen und Schüler die Vielfalt der Gefahren kennen. Dabei soll vermittelt werden, dass für jeden einzelnen explosiven Stoff einige Fakten und Daten berücksichtigt werden müssen, um den Stoff kennenzulernen und die Gefährlichkeit einzuschätzen. Nicht die Fakten selbst stehen im Vordergrund, sondern die Fähigkeit, die wichtigen Informationen zu erkennen und ggf. zu recherchieren.

Eine gute Möglichkeit dazu bietet die Erstellung von Steckbriefen für explosive Stoffe. Die Erarbeitung der Kriterien für die Steckbriefe kann analog zum Material LE1_02_AB_Recherche gefährliche Stoffe_Ethanol erfolgen. Alternativ können, je nach Leistungsfähigkeit der Lernenden, die Kategorien so selbständig wie möglich erarbeitet werden.

Für die Vorstellung eines explosiven Stoffes durch Schülerinnen und Schüler ist der Stoff selbst weitgehend austauschbar. Das Vorgehen wird immer ähnlich sein.

Zur Auswahl der explosiven Stoffe im Unterricht

Die Lehrkraft überprüft mögliche Stoffe im Hinblick auf die Vorgaben des Lehrplans. Dazu recherchiert sie zu einer Reihe von Kriterien/Fragen, die sich aus dem Lehrplan ergeben. Das Ergebnis kann eine Darstellung vergleichbar der Abb. 20 sein. Stoffe, die nicht in jeder Hinsicht für die Erarbeitung geeignet erscheinen, liefern möglicherweise wertvolle Aufgabenstellungen im Bereich Üben und Vernetzen.

Ein Kriterium bei der Auswahl der Beispiele sollte der sensible Umgang mit Stoffen sein, die in Kriegsgebieten eine Rolle spielen, um ein zusätzliches Problem für traumatisierte Kinder zu vermeiden.

Legende: + = in diesem Themenfeld gut umsetzbar - = in diesem Themenfeld schwer umsetzbar Kriterienliste nach Lehrplan	Schwarzpulver	Kohlenwasserstoffdämpfe	Mehlstaub/Holz-Pulver	TNT	Ethanol, explosiv	Ethanol, toxisch	Kohlenstoffmonoxid	Quecksilber	Arsen	Chlor	Blausäure	Nikotin	Digitoxin	Atropin
Versuch möglich (Lehrerversuch, Schülerversuch)	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
... recherchieren fragengeleitet, z. B. zur Wirkung, Handhabung.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
... erläutern Gefahrensituationen aus der Sicht der Chemie.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
... formulieren Reaktionsgleichungen und Reaktionsbedingungen.	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
... erarbeiten Verhaltensregeln zur Vorbeugung und zum Verhalten in Gefahrensituationen.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
... wechseln von Alltagsvorstellungen zu Fachvorstellungen.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+
... stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar.	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+
... beurteilen die Verwendung von Gefahrstoffen mithilfe einer Nutzen-/Risikoanalyse.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Worin besteht die Gefahr?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wie quantifiziert man die Gefahr? (Explosionsgrenze, LD ₅₀ ...)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wie schützt man sich? (Schutzkleidung, AGW, Abzug, ...)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Welche Regeln gelten für die Aufbewahrung und Entsorgung?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Ist der Stoff in der Gesellschaft relevant?	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Ist der Stoff in der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler relevant?	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+

Abb. 20: Zur Auswahl für den Unterricht – Was leistet welcher Stoff?

In dieser Übersicht sind verschiedene Stoffe in Bezug auf wichtige Kriterien zur unterrichtlichen Behandlung eines gefährlichen Stoffes nebeneinander dargestellt. Es gibt nicht **den** optimalen Stoff, der alle Kriterien optimal abdeckt. Die Bewertung der einzelnen Stoffe ist ein grobes Schema und unterliegt einer subjektiven Einschätzung. Eine Entscheidung der Lehrkraft bei der Auswahl für den Unterricht berücksichtigt die speziellen unterrichtlichen Voraussetzungen und die temporären Gegebenheiten immer wieder neu.

Eine gute fachliche Übersicht gibt der Artikel von D. Wöhrle in der ChiuZ. Schülerinnen und Schüler könnten darüber Referate anfertigen oder Stationen bearbeiten. (Siehe Literaturverzeichnis.)

Explosion auf der Teilchenebene beschreiben

Die modellhafte Darstellung einer Explosion auf der Teilchenebene lässt sich visualisieren. Dabei ist entscheidend, dass die Teilchen wie beim Schall im Themenfeld 1 in Physik durch Verdichtung den Impuls weitergeben, so dass sich die Druckwelle durch den Raum bewegt und auf das Trommelfell trifft, was zur Wahrnehmung eines Knalls führt (LE3_05b_ppt_Filmleiste_Druckwelle).

In Anlehnung an den Physik-Unterricht kann das aus dem Themenfeld 1 „Akustische Phänomene/Schall im Basiskonzept Wechselwirkung“ bekannte Teilchenmodell zur Schallausbreitung genutzt werden (vgl. HR_Ph_TF1_Laerm_S1_AB2).

Mit dem Wissen, dass es sich bei den Luft-Teilchen um Stickstoff-, Sauerstoff- und andere Moleküle handelt, abstrahieren die Schülerinnen und Schüler diese zu Punkten. Diese weisen eine homogene Verteilung mit relativ großem Abstand voneinander im Raum auf. An einer beliebigen Schallquelle, in diesem Fall einer zerplatzenden Papierummantelung eines Böllers mit der Freisetzung von Molekülen der Reaktionsprodukte, kommt es zur Verdichtung dieser Moleküle im Raum, was wiederum zur Weitergabe des erhaltenen Impulses an benachbarte Teilchen führt und diese radial vom Entstehungsort in Ausbreitungsrichtung, einer Kettenreaktion gleich, den Impuls als Druckwelle durch fortwährende Teilchenverdichtung sich im Raum ausbreiten lässt. Dabei kommt es durch die radiale Ausbreitung von der Quelle zur Abnahme der Wirkung mit zunehmendem Abstand.

Link: <https://www.leifiphysik.de/akustik/akustische-phaenomene/schall-schallquellen-und-schallempfaenger>

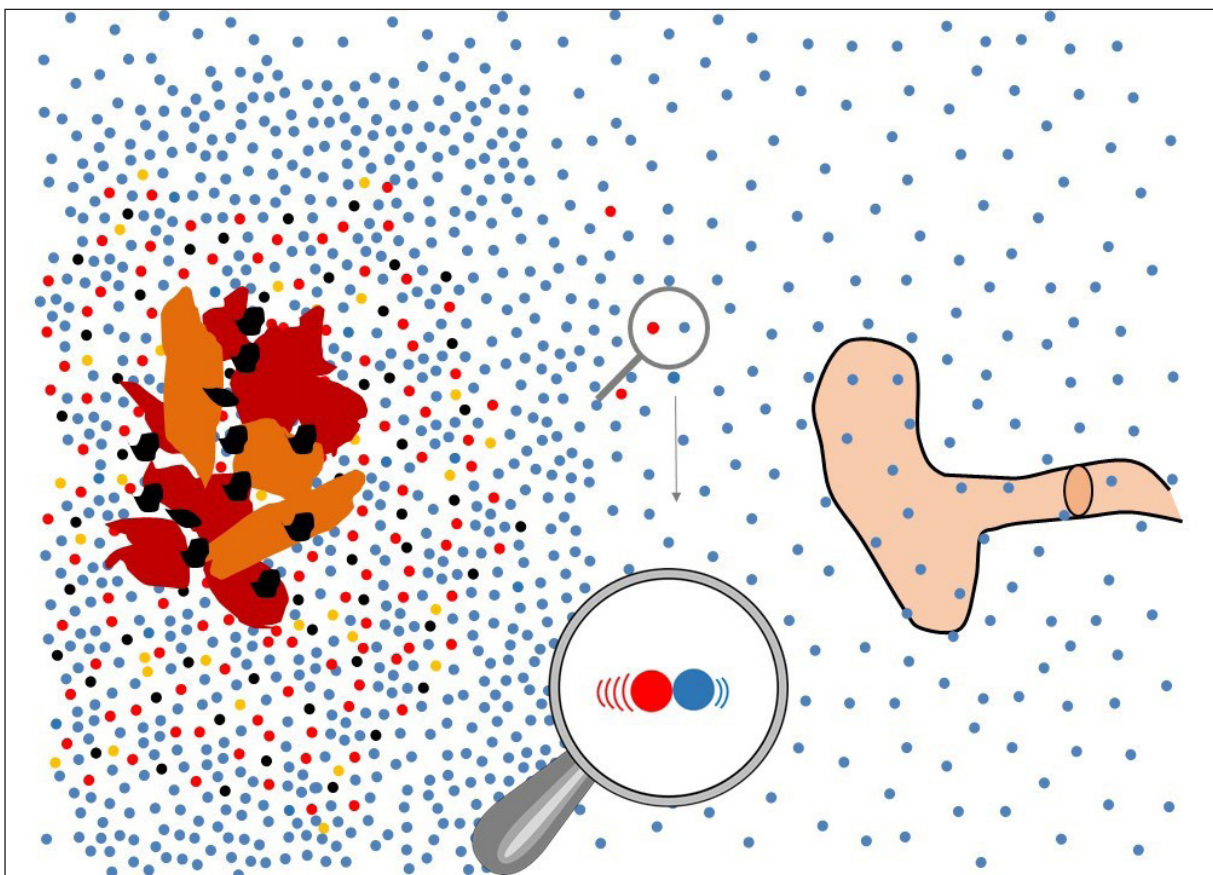


Abb. 21: Auszug LE3_05b_Filmleiste Druckwelle

Hilfreich zum Verständnis kann auch die Beschäftigung mit einem Modell zur Explosion sein (LE3_06_ Modell eines Knallkörpers bauen).



Abb. 22: Modelle fester und gasförmiger Produkte nach Knallkörperexplosion (1 g Schwarzpulver)

Alternativ können die Volumenzunahme und der damit einhergehende Gasdruck auch einfach durch Würfel veranschaulicht werden:

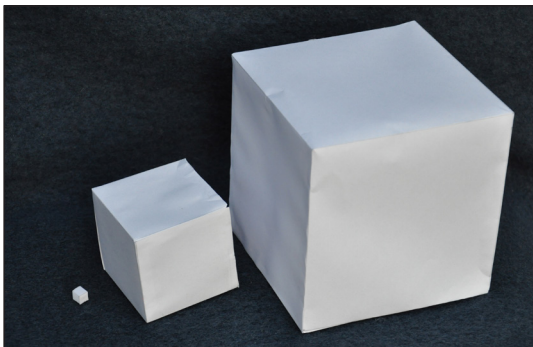


Abb. 23: 3 Würfel (Kantenlängen 0,8 cm, 7 cm, 14 cm)

Das Volumen von 1 g Schwarzpulver in einem Böller beträgt 0,5 ml. Das entspricht einem Würfel mit einer Kantenlänge von ca. 0,8 cm. Das tatsächlich entstehende Gasvolumen bei der Explosion macht bei 2300 K 2,8 L aus und entspricht einem Würfel der Kantenlänge von ca. 14 cm. Abgekühlt auf Zimmertemperatur resultieren daraus ca. 360 ml und entspricht einem Würfel mit der Kantenlänge von ca. 7 cm.

Schwarzpulver/China-Böller

Für eine vertiefte Betrachtung eignet sich das Schwarzpulver. Immer wieder berichten Medien über Unfälle mit den sogenannten China-Böllern oder mit aus ihnen von Laien hergestellten Abkömmlingen.

Oft hört man auch von Böllern, die nicht den europäischen Richtlinien (CE-Nummern) entsprechen und deutlich gefährlicher sein sollen. Was kann in diesem Zusammenhang gefährlicher bedeuten? Warum wird davor gewarnt?

Schülerinnen und Schüler recherchieren anhand der von ihnen am Beispiel Ethanol erarbeiteten Kriterien zum Schwarzpulver und zünden Schwarzpulver an. Sie untersuchen die einzelnen Bestandteile und erarbeiten so deren Funktionen im Böller (LE3_09_SV_Untersuchung_China-Böller_Schwarzpulver).

Sie nutzen ein Böller-Modell und eine modellhafte Darstellung einer Druckwelle, um ein Verständnis für den Ablauf von Explosionsreaktionen zu entwickeln (LE3_06_Modell eines Knallkörpers bauen, LE3_05b_Filmleiste_Druckwelle).

Die ablaufenden komplexen Reaktionen lassen sich auch in didaktisch reduzierter Form sinnvoll und stimmig interpretieren.

Aus der Kenntnis der Stoffe und der Eigenschaften des Stoffgemisches im Schwarzpulver erarbeiten oder beurteilen sie Verhaltensregeln, die dem sicheren Umgang mit Schwarzpulver dienen.

Vertiefend kann die Bedeutung von Sicherheitsmaßnahmen veranschaulicht werden durch Filmszenen, die die Produktion von Feuerwerkskörpern in Deutschland und in China vorstellen.

Sendung mit der Maus: Ganz schön gefährlich – wie Silvester-Feuerwerk hergestellt wird
<https://www.youtube.com/watch?v=AHMmqyPd-Rs>

Weco Herstellung Feuerwerk Rakete und Batterie
https://www.youtube.com/watch?v=6AHW_2m9dmA

PyroProdukt Produktion in China.mov
<https://www.youtube.com/watch?v=oW7hk-mvrZ0>

Böller und Raketen aus China Arbeit für Feuerwerks Fabrikanten ist höchst gefährlich
<https://www.youtube.com/watch?v=arGse9Cb-oo>

Kohlenwasserstoffe (ggf. sauerstoffhaltig)

Initiiert durch Pressemeldungen zu Unfällen mit Kohlenwasserstoffen erstellen die Schülerinnen und Schüler Steckbriefe anhand der am Beispiel Ethanol erarbeiteten Kriterien und untersuchen die Eigenschaften der entsprechenden Kohlenwasserstoffe. Dabei untersuchen sie im Experiment oder durch Recherche die Faktoren Brennbarkeit, Explosionsgrenzen und Flammpunkt.

Die Brennbarkeit und ein hoher Zerteilungsgrad im gasförmigen Zustand sind maßgeblich für die Explosion, die durch eine große Reaktionsgeschwindigkeit zwischen dem Brennstoff und dem ihn umgebenden Luft-Sauerstoff gekennzeichnet ist.

Die Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Kohlenwasserstoffen mit Sauerstoff formulieren die Schülerinnen und Schüler eigenständig auf Basis des Vorwissens. Sie eignet sich zur Erklärung einer Explosionsreaktion über die Teilchenzahl und die Entstehung heißer Gase.

Mit Hilfe dieser Faktoren beschreiben die Schülerinnen und Schüler die Gefahren, die beim Hantieren mit Kohlenwasserstoffen in Gegenwart von offenen Flammen bzw. heißen Oberflächen bestehen.

Auf der Basis dieser fachlichen Grundlagen geben die Schülerinnen und Schüler eine begründete Einschätzung von Gefahrensituationen ab, die ihnen in Alltag und Beruf begegnen können (Musterrechnung zur Aufgabe „Filzstiftschmiererei auf Schülerbänken entfernen“, Lerneinheit 1, S. 27-28). Daraus können sie Regeln zum sicheren Umgang mit gefährlichen Stoffen ableiten.

Vereinfachend nutzen Schülerinnen und Schüler eine Grafik, in der die zu den Explosionsgrenzen gehörigen Volumina an Ethanol gegen die Raumgröße aufgetragen sind (LE3_11_AB_Explosionsgrenzen im Chemiesaal).

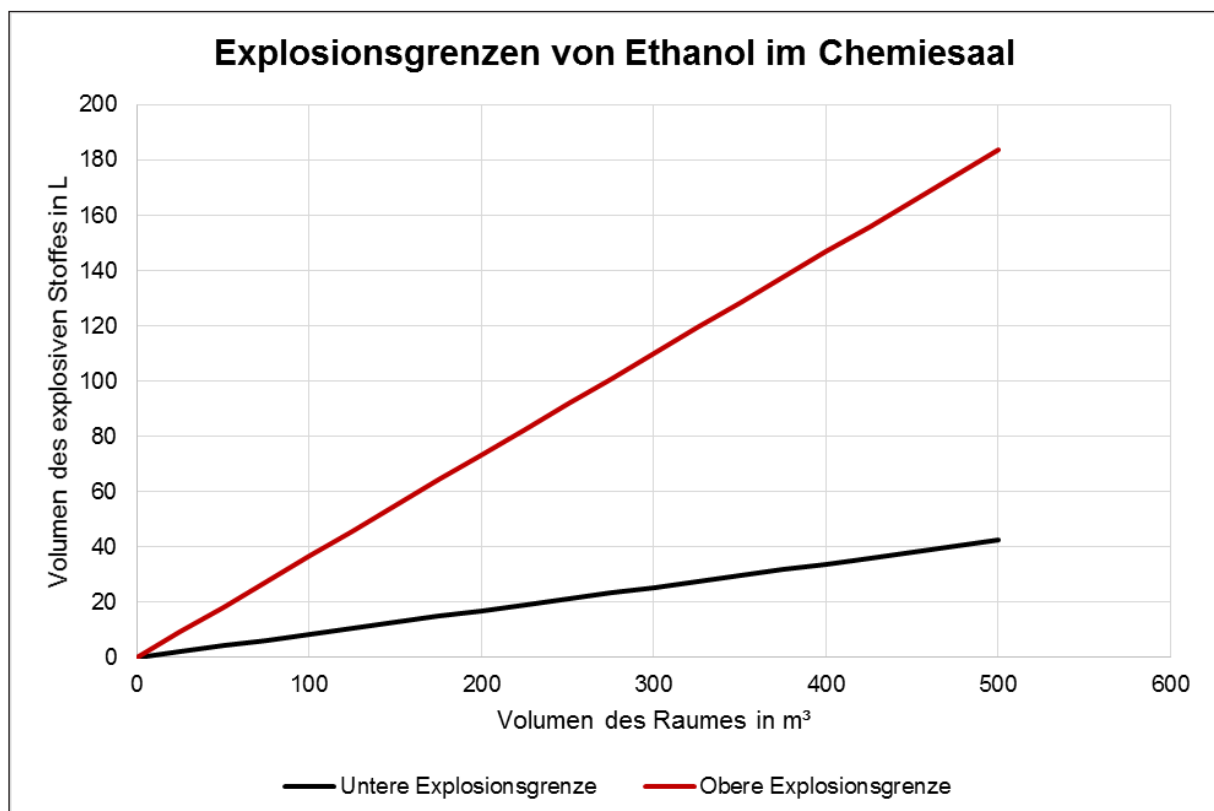


Abb. 24: Nomogramm für Explosionsgrenzen

Einen anderen Zugang bietet die Excel-Datei im Material. Mit ihr lassen sich für verschiedene Stoffe und Volumina die Zusammensetzungen explosiver Gemische ermitteln (LE3_11a_Exceldatei explosive Gemische_Vertiefung, LE3_11b_AB_Explosionsgrenzen mit Exceldatei_Vertiefung).

Staubexplosion

Stäube entstehen in ganz verschiedenen Zusammenhängen und an ganz unterschiedlichen Orten, die mit der Berufswelt und der Lebenswelt zu tun haben.

Mehlstaub kommt an Orten vor, an denen Getreide oder Mehl verarbeitet wird: Bäckereien, Getreidemühlen, Mälzereien. Gefärbtes Stärkepulver wird bei einer Holi-Party in der Luft verteilt. Bei der Zuckerverarbeitung entstehen Stäube. In Sägewerken und Schreinereien fällt Holzstaub (Sägemehl) an und in Kohlegruben gibt es immer wieder Unglücke durch Kohlenstaubexplosionen. Auch Toner für Kopiergeräte können in Büros ein Problem darstellen.

Für den Unterricht ist wegen der Möglichkeit der experimentellen Untersuchung Mehlstaub besonders geeignet.

Ein Bericht eines Betroffenen („Ein Kollege erzählte von ...“) oder der Medien wirft Fragen auf, die die Schülerinnen und Schüler sammeln und clustern. Sie recherchieren anhand der am Beispiel Ethanol erarbeiteten Kriterien und machen die große Oberfläche als wesentliche Gefahrenquelle aus. Dazu kann ein Modell zur Oberflächenvergrößerung herangezogen werden. Staubexplosionen sind im Unterricht in einer käuflichen Apparatur oder in einer Selbstbau-Variante nach Hartmann durchführbar. Ggf. kann die Wucht einer Explosion als Öffnungswinkel des Deckels der Apparatur erfasst werden.

Die Reaktionsgleichung der Verbrennung von Stärke (didaktisch reduziert: Zucker) ist leistbar und eignet sich zur Erklärung einer Explosionsreaktion über die Teilchenzahl und die Entstehung heißer Gase.

Aus der Kenntnis des Stoffes Mehl und der Art der Gefahr leiten Schülerinnen und Schüler Verhaltensregeln ab.

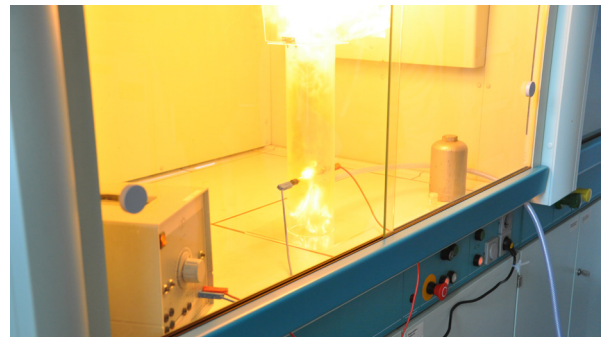
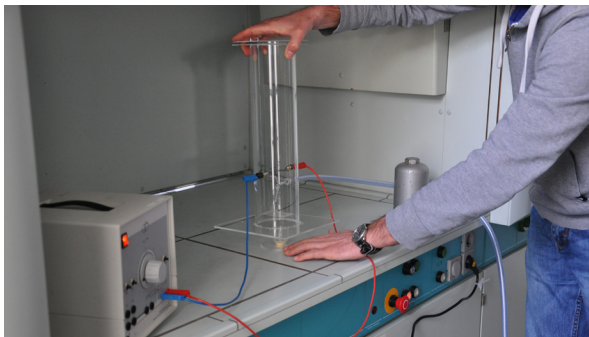
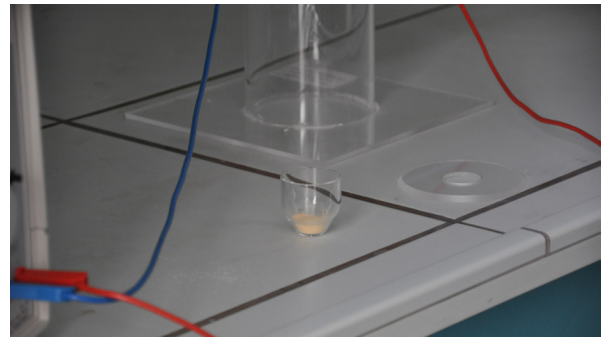
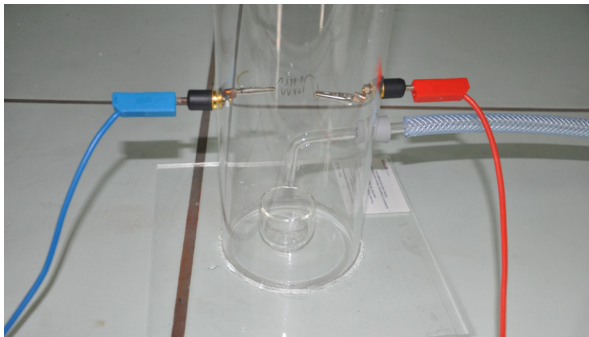


Abb. 25: Low-Cost-Hartmann-Apparatur

4 ZUSAMMENFASSUNG

4.1 Üben und Vernetzen

Üben und Vernetzen

Ähnlich wie bei den Verfahren zur Stofftrennung oder den analytischen Verfahren kann es hier nicht darum gehen, eine „vollständige“ Liste von Gefahren und Gefahrstoffen zu kennen. Vielmehr werden die Stoffe und Bedingungen, die für einen bestimmten Kontext relevant sind, unterrichtlich bearbeitet. Im Sinne der Intention des Themenfeldes stehen toxische Stoffe oder/und Explosivstoffe im Zentrum, die sich eignen, die Komplexität der Thematik adressatengerecht zu transportieren.

Weitere gefährliche Stoffe machen für Schülerinnen und Schüler die große Vielfalt der gefährlichen Stoffe, ihrer Eigenschaften und Wirkungsweisen und der Lebensbereiche deutlich.

Zielsetzung ist es, gefährliche Situationen problemorientiert auszuwerten und zu beurteilen.

Je nach tagesaktuellen Medienberichten, zur Verfügung stehender Zeit und Anpassung an die Lerngruppe sind folgende Beispiele geeignet für eine Bearbeitung:

- Lebensmittelvergiftung: Gefahren und Kontrolle
- Arsen: im Trinkwasser, früher und heute, Giftmorde
- Putzmittel und Lösungsmittel: Rohrreiniger
- Dynamit
- Drogen: z. B. Coffein, Crystal Meth
- Medikamente: Antibiotika, Herzmedikamente, Atropin, Chemotherapie
- Berberin: Pflanzengifte töten Pilze
- Pflanzenschutzmittel: z. B. DDT, Glyphosat in der Diskussion
- Bengalos: Pyrotechnik im Fußballstadion

Schülerinnen und Schüler sammeln geeignete Fragen, um einer Information/Situation nachzugehen. Anschließend recherchieren und verarbeiten sie Informationen, um eine begründete Meinung zu entwickeln.

Onlinematerialien:

ÜV_AB_CO und Thunfisch

ÜV_SV_Pflanzengifte töten Pilze

4.2 Mögliche Unterrichtsgänge im Überblick

Kontext: Sicherer Umgang mit gefährlichen Stoffen in meiner Umgebung				
Phase/ Stunde	Fachwissen/ Basiskonzept	Kompetenzentwicklung/ Schüleraktivitäten Schülerinnen und Schüler ...	Materialien	Mögliche Vertiefung und zusätzliche Materialien
Einführende Lernsituation: aktuelle Medienberichte, aktuelle Themen/Anlässe, z. B. Holi-Party, Silvester-Unfälle, Lebensmittelvergiftung, ... Welche Stoffe im Haushalt sind gefährlich? Welche Stoffe gefährden mich auf einer Party? (Was macht einen Stoff gefährlich? Was macht ein „Gift“ zu einem „Gift“? Wann ist ein Stoff explosiv?)				
	Vielfalt gefährlicher Stoffe	... nennen gefährliche Stoffe und ordnen sie nach verschiedenen Kriterien. ... sammeln Fragen zu gefährlichen Stoffen. ... erarbeiten eine Tabelle mit gefährlichen Stoffen und relevanten Berufsfeldern.	aktuelle Medienberichte LE1_01_AB_Gifte im Haushalt_Vorwissen LE1_07_AB_Berufe_Gefahrstoffe	https://das-sichere-haus.de/broschueren/ https://mobil.bfr.bund.de/cm/350/risiko-vergiftungsunfaelle-bei-kindern.pdf App: „Vergiftungsunfälle bei Kindern“ https://www.bfr.bund.de/de/apps.html
Erarbeitung: Toxizität, Brennbarkeit und Explosivität machen einen Stoff zu einem gefährlichen Stoff.				
LE 1 LE 2 LE 3	Gefahrstoff Gefahrstoffkennzeichnung „Gift“ Explosivstoff AGW BGW	... erarbeiten Kriterien zur Charakterisierung von gefährlichen Stoffen aus der Sicht der Chemie. ... erstellen Steckbriefe/Poster/Mindmaps/ppt zu verschiedenen Gefahrstoffen. ... nutzen Gefahrstoffkennzeichnungen.	LE1_02_AB_Gefaeehrliche Stoffe_Kriterien entwickeln_Ethanol LE2_04_AB und Info_CO LE2_03_AB und Info_Hg LE3_01_AB_Info_Methan LE3_02_AB_Info_Pentan LE3_03_AB_Info_Schwarzpulver LE1_03_AB_GHS_4 Kartensaeetze LE1_04_AB_Gefahrtguttransporte LE1_05_ppt_Gefahrtguttransporte	App „Erkennen gefährliche Stoffe“ https://quizlet.com/ch/309329498/erkennen-gefaehrliche-stoffe-flash-cards/ App „Gifte“ https://quizlet.com/ch/410878468/gifte-flash-cards/

Vertiefende Kontextfragen: Weshalb explodiert etwas? Welche Inhaltsstoffe sind in Explosivstoffen?				
LE 3	Chemische Reaktion Branddreieck	<p>... untersuchen explosive Stoffe oder Gemische (z. B. China-Böller, Schwarzpulver, Benzin-Luft-Gemisch).</p> <p>... zünden einen explosiven Stoff oder Gemisch (z. B. China-Böller, Schwarzpulver, Benzin-Luft-Gemisch).</p> <p>... formulieren Reaktionsgleichungen und Reaktionsbedingungen (Teilchenebene) und identifizieren diese als Explosionsreaktion.</p>	<p>LE3_01_AB_Info_Methan LE3_02_AB_Info_Pentan LE3_03_AB_Info_Schwarzpulver LE3_04_ppt_Webquest_Explosion</p> <p>LE3_08_LV_Explosionsgrenzen_Pentan_Rohr LE3_09_SV_Untersuchung_eines_China-Böllers</p> <p>LE3_05a_AB_Energieumsatz Methan_Pentan LE3_05b_ppt_Filmleiste_Druckwelle LE3_11_AB_Explosionsgrenzen im Chemiesaal</p> <p>LE3_12_AB_Pro-Kontra_Grillanzuender LE3_13_AB_Grillparty_Unfall LE3_14_AB_Silvestertipps LE3_10_LV_Staubexplosion</p>	<p>LE3_07_LV_Explosionsgrenzen_Wasserstoff_Methan_Doeschen</p> <p>LE3_06_Modell_eines_Knallkörpers_bauen LE3_11a_Exceldatei_explosive_Gemische LE3_11b_AB_Explosionsgrenzen mit Exceldatei_Vertiefung</p> <p>LE3_15_Info_Feuerwerkskörper LE3_16_Wunderkerzen</p>
		<p>... erläutern Gefahrensituationen aus der Sicht der Chemie.</p> <p>... erarbeiten Verhaltensregeln zum Umgang mit explosiven Stoffen oder Gemischen.</p> <p>... recherchieren und verarbeiten Informationen, um eine begründete Meinung zu entwickeln.</p>		

Vertiefende Kontextfragen: Was macht ein „Gift“ zu einem „Gift“? Wie wirkt ein „Gift“? Wie kann man sich davor schützen? Welche Gegenmaßnahmen sind möglich?			
LE 1	Letale Dosis (LD ₅₀)	... vertiefen wichtige Größen und Einstufungen (AGW, LD ₅₀ , BGW).	LE2 Bio_HR_TF7_LE9
LE 2	Arbeitsplatzgrenzwert AGW (MAK) Biologischer Grenzwert BGW	... erklären die Giftwirkung, ggf. an einer modellhaften Darstellung. ... untersuchen „giftige“ Stoffe (Dosis als entscheidende Größe). ... erläutern Gefahrensituationen aus der Sicht der Chemie. ... erarbeiten Verhaltensregeln zur Vorbeugung und zum Verhalten in Gefahrensituationen. ... recherchieren und verarbeiten Informationen, um eine begründete Meinung zu entwickeln.	LE2 Bio_HR_TF7_LE8 Synapse LE2_06_SV-Wirkung von Salz auf Kressekeimung
Dekontextualisierung			
LE 2		... nutzen ihr Wissen.	LE1_06_Info_AGW und BGW LE2_01_AB_Kleine Giftkunde LE2_02_AB_Gift_LD50_Paracelsus LE2_04_Info_CO LE2_03_Info_Hg LE2_05_Versuch_CO-Sensor
LE 3			ÜV_AB_CO und Thunfisch ÜV_LV_Wachsexplosion ÜV_LV_Modellversuch Fettbrand ÜV_LV_Wasserstoffrakete ÜV_LV_Fluensterbuechse ÜV_SV_Pflanzengifte töten Pilze

4.3 Liste der verfügbaren Muster-Gefährdungsbeurteilungen zum TF 10

Die für Rheinland-Pfalz erstellten Gefährdungsbeurteilungen für Chemie-Standardversuche der Sekundarstufen wurden Ende 2017 allen rheinland-pfälzischen Schulen kostenlos im Rahmen der Schullizenz D-GISS 2017/2018 zur Verfügung gestellt.

D-GISS 2017/18 enthält ein Modul GefBU, mit dem die enthaltenen Gefährdungsbeurteilungen genutzt, individuell angepasst und ergänzt werden können.

Sollte Ihre Schule die D-GISS-CD-ROM bislang nicht erhalten haben, so wenden Sie sich bitte per E-Mail an: Volker.Tschiedel@bm.rlp.de
(<https://naturwissenschaften.bildung-rp.de/sicherheit/gefaehrungsbeurteilungen/im-chemie-unterricht.html>)

Auf das Themenfeld 10 beziehen sich folgende Gefährdungsbeurteilungen:

- Wasserstoff aus einer Druckgasflasche abfüllen
- Flüsterbüchse
- Wasserstoff – Verbrennung zum Antrieb einer Modellrakete (Knallgas in Plastikflasche)
- Wasserstoff und Methan – Knalldöschen
- Staubexplosion mit Bärlappsporen oder Mehl
- Schwarzpulver aus einem China-Bölller entzünden
- Schwarzpulver untersuchen – Kaliumnitrat zur Oxidbildung von Kohlenstoff
- Schwarzpulver untersuchen – Schwefeldioxid durch Oxidbildung von Schwefel mit Kaliumnitrat
- Schwarzpulver untersuchen – Kaliumnitrat als Sauerstofflieferant
- Fettbrand (Variante 1) im Aluminiumdöschen
- Fettbrand (Variante 2) – Flammenwerfer
- Pentan – Explosionsgrenzen mit dem Explosionsrohr ermitteln
- Kohlenstoffmonooxid – Bildung aus Holzkohle und Nachweis

LITERATURVERZEICHNIS

Bildungsserver Medienkompass RLP. <https://medienkompass.bildung-rp.de/>

Bildungsserver Naturwissenschaften RLP. <https://naturwissenschaften.bildung-rp.de/faecher/biologie/unterricht/sekundarstufe-i/themenfeld-7.html>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). „Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)“. Dortmund. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS.html>

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM). Berlin. <https://www.bam.de>

Bundesinstitut für Risikobewertung, Abteilung Risikokommunikation, Presse, BfR-App „Vergiftungsunfälle bei Kindern“. Berlin. <https://www.bfr.bund.de/de/apps.html>

Deutsches Kuratorium für Sicherheit in Heim und Freizeit e.V. (DSH). Aktion Das sichere Haus. „Achtung giftig – Vergiftungsunfälle bei Kindern“. Hamburg.

<https://das-sichere-haus.de/broschueren/>

GESTIS-Stoffdatenbank, Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank

Kronen, G. (2013). 10 Versuche mit Pflanzen. AOL-Verlag. Hamburg. S. 16-17. <https://www.aol-verlag.de/10110da1-10-versuche-zu-pflanzen.html>

Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU). Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 26. Februar 2016. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/1994/1994_09_09-Sicherheit-im-Unterricht.pdf

Römpf online: Stichworte „Arbeitsplatzgrenzwert“, „Gift“, „Explosivstoff“, „Explosionsgrenzen“.

Schwarzer, S., Ropohl M. (2016). „Damit nichts passiert!“ Methodische Zugänge für Sicherheitsunterweisungen. Unterricht Chemie 156, Friedrich Verlag GmbH.

Wikipedia: Stichworte „Biologischer Grenzwert“, „Arbeitsplatzgrenzwert“

Wöhrle, D. (2014). Pflichtwissen für Chemiker – Rolle und Bedeutung der Chemie im Terrorismus. Chemie in unserer Zeit 48, S. 376-395, Wiley-VCH. Weinheim.

Zilles, P. (2002). Protokoll zum Experimentalvortrag „Pyrotechnik“. Philipps-Universität Marburg. Fachbereich Chemie. https://www.chids.de/dachs/expvotr/655rPyrotechnik_Zilles.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

Dr. Maximilian Klaus

Universität Landau, Landau

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

Dr. Susanne Pleus

Maria-Ward-Schule, Landau

Maria Reiner

Are-Gymnasium Bad Neuenahr, Bad Neuenahr

Dr. Myriam Replinger

Regino-Gymnasium Prüm, Prüm

Karsten Rodigast

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

Cornelia Schäfers

Are-Gymnasium Bad Neuenahr, Bad Neuenahr

Karin Scheick

Kopernikus-Gymnasium Wissen, Wissen

Thomas Schemer

Max-Planck-Gymnasium Trier, Trier

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.

BITTE UM EVALUATION

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

wir freuen uns sehr, dass Sie uns dabei helfen, unsere Reihe der PL-Informationen – Handreichungen für Lehrkräfte zu evaluieren. Sie geben uns damit wertvolle Hinweise für die weitere qualitätsorientierte Weiterentwicklung.

Die Befragung wird anonym durchgeführt. Bis Sie die digitale Befragung abschließen, können Sie im Fragebogen vor- und zurückblättern. Die Beantwortung der Fragen wird voraussichtlich zwischen 5 und 10 Minuten dauern.

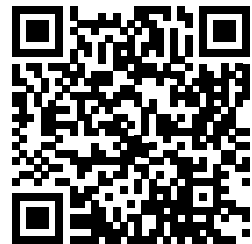
Vielen Dank für Ihre Mitwirkung!

Mit freundlichen Grüßen
Im Auftrag

Claudia Nittl
Öffentlichkeitsarbeit und Mediendesign, Stabsstelle Steuerung
Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Link zur Onlinebefragung:
<https://evaluation.bildung-rp.de/befragung.aspx?Code=hgpb>

Beziehungsweise:
<https://evaluation.bildung-rp.de/> aufrufen und den Zugangscode eingeben: hgpb





Rheinland-Pfalz

PÄDAGOGISCHES
LANDESINSTITUT

Butenschönstr. 2
67346 Speyer

pl@pl.rlp.de
www.pl.rlp.de