

# Beschlüsse der Kultusministerkonferenz

## Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss

Beschluss vom 16.12.2004



Luchterhand

## Beschlüsse der Kultusministerkonferenz

### Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)

	Seite
Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Biologie, Chemie, Physik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004)	3
Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004)	5

Herausgegeben vom Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der  
Bundesrepublik Deutschland.  
Luchterhand – eine Marke von Wolters Kluwer Deutschland  
© 2005 Wolters Kluwer Deutschland GmbH, München, Neuwied  
Satz: Satz- und Verlags-GmbH, Darmstadt  
Druck: Wilhelm & Adam, Heusenstamm  
Printed in Germany, Juni 2005  
Art.-Nr. 06220

**Vereinbarung über Bildungsstandards  
für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)  
in den Fächern Biologie, Chemie, Physik**

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 )

Die Kultusministerkonferenz hat am 23./24.05.2002 beschlossen, für ausgewählte Schnittstellen der allgemein bildenden Schularten – Primarbereich (Jahrgangsstufe 4), Hauptschulabschluss (Jahrgangsstufe 9), Mittlerer Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) – Bildungsstandards zu erarbeiten. Mit Beschluss vom 04.12.2003 hat die Kultusministerkonferenz eine „Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)“ in den Fächern Deutsch, Mathematik und Erste Fremdsprache (Englisch/Französisch) getroffen. In Ergänzung dieser Vereinbarung beschließt die Kultusministerkonferenz für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Biologie, Chemie, Physik:

1. Die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Biologie, Chemie, Physik werden von den Ländern zu Beginn des Schuljahres 2005/2006 als Grundlagen der fachspezifischen Anforderungen für den Mittleren Schulabschluss übernommen.
2. Die Länder verpflichten sich, die Standards zu implementieren und anzuwenden. Dies betrifft insbesondere die Lehrplanarbeit, die Schulentwicklung und die Lehreraus- und -fortbildung. Die Länder kommen überein, weitere Aufgabenbeispiele zu entwickeln und diese in einen gemeinsamen Aufgabenpool einzustellen, so dass sie für Lernstandsdiagnosen genutzt werden können.
3. Die Standards werden unter Berücksichtigung der Entwicklung in den Fachwissenschaften, in der Fachdidaktik und in der Schulpraxis zunächst durch eine von den Ländern gemeinsam beauftragte wissenschaftliche Einrichtung überprüft und weiter entwickelt.



## **Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)**

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004)

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1	Der Beitrag des Faches Chemie zur Bildung	6
2	Kompetenzbereiche des Faches Chemie	7
2.1	Fachwissen	8
2.2	Erkenntnisgewinnung	9
2.3	Kommunikation	9
2.4	Bewertung	10
3	Standards für die Kompetenzbereiche des Faches Chemie	10
3.1	Standards für den Kompetenzbereich Fachwissen	11
3.2	Standards für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung	12
3.3	Standards für den Kompetenzbereich Kommunikation	12
3.4	Standards für den Kompetenzbereich Bewertung	13
4	Aufgabenbeispiele	13
4.1	Fachspezifische Beschreibung der Anforderungsbereiche	13
4.2	Kommentierte Aufgabenbeispiele	15

## 1 Der Beitrag des Faches Chemie zur Bildung

Naturwissenschaft und Technik prägen unsere Gesellschaft in allen Bereichen und bilden heute einen bedeutenden Teil unserer kulturellen Identität. Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung bewirkt Fortschritte auf vielen Gebieten, beispielsweise bei der Entwicklung und Anwendung von neuen Verfahren der Medizin sowie der Bio- und Gentechnologie, der Neurowissenschaften, der Umwelt- und Energietechnologie, bei der Weiterentwicklung von Werkstoffen und Produktionsverfahren sowie der Nanotechnologie und der Informationstechnologie. Andererseits birgt die naturwissenschaftlich-technische Entwicklung auch Risiken, die erkannt, bewertet und beherrscht werden müssen. Hierzu ist Wissen aus den naturwissenschaftlichen Fächern nötig.

**Naturwissenschaftliche Bildung** ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung.

Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen. Dazu gehört das theorie- und hypothesengeleitete naturwissenschaftliche Arbeiten, das eine analytische und rationale Betrachtung der Welt ermöglicht. Darüber hinaus bietet naturwissenschaftliche Grundbildung eine Orientierung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder und schafft Grundlagen für anschlussfähiges berufsbezogenes Lernen.

Die **Chemie** untersucht und beschreibt die stoffliche Welt unter besonderer Berücksichtigung der chemischen Reaktion als Einheit aus Stoff- und Energieumwandlung durch Teilchen- und Strukturveränderungen und Umbau chemischer Bindungen. Damit liefert die Chemie Erkenntnisse über den Aufbau und die Herstellung von Stoffen sowie für den sachgerechten Umgang mit ihnen.

Der Chemieunterricht bis zum Mittleren Schulabschluss versetzt Schülerinnen und Schüler in die Lage, Phänomene der Lebenswelt auf der Grundlage ihrer Kenntnisse über Stoffe und chemische Reaktionen zu erklären, zu bewerten, Entscheidungen zu treffen, Urteile zu fällen und dabei adressatengerecht zu kommunizieren.

Die Schülerinnen und Schüler erkennen die Bedeutung der Wissenschaft Chemie, der chemischen Industrie und der chemierelevanten Berufe für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt. Gleichzeitig werden sie für eine nachhaltige Nutzung von Ressourcen sensibilisiert. Das schließt den verantwortungsbewussten Umgang mit Chemikalien und Gerätschaften aus Haushalt, Labor und Umwelt sowie das sicherheitsbewusste Experimentieren ein.

Auf Grundlage der erworbenen chemiespezifischen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten nutzen die Schülerinnen und Schüler insbeson-

dere die experimentelle Methode als Mittel zum individuellen Erkenntnisgewinn über chemische Erscheinungen. Darüber hinaus ziehen sie Kompetenzen aus anderen Fächern heran und erfahren die Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnis. Die Schülerinnen und Schüler verknüpfen experimentelle Ergebnisse mit Modellvorstellungen und erlangen im Teilchenbereich ein tieferes Verständnis der chemischen Reaktionen und der Stoffeigenschaften.

## 2 Kompetenzbereiche des Faches Chemie

Mit dem Erwerb des Mittleren Schulabschlusses verfügen die Schülerinnen und Schüler über naturwissenschaftliche Kompetenzen im Allgemeinen sowie chemische Kompetenzen im Besonderen.

Kompetenzen sind nach Weinert (2001)<sup>1)</sup> „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“. Die Kompetenzen, die eine naturwissenschaftliche Grundbildung ausmachen, bieten Anknüpfungspunkte für fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten. Sie werden ohne Berücksichtigung ihrer Vernetzung vier Bereichen zugeordnet und für das Fach Chemie spezifiziert:

Kompetenzbereiche im Fach Chemie	
<b>Fachwissen</b>	chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen
<b>Erkenntnisgewinnung</b>	experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen
<b>Kommunikation</b>	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
<b>Bewertung</b>	chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Schülerinnen und Schüler mit einem Mittleren Schulabschluss müssen im Fach Chemie Kompetenzen erworben haben, die neben den Fachinhalten auch die Handlungsdimension berücksichtigen:

- Die drei Naturwissenschaften bilden die inhaltliche Dimension durch Basiskonzepte ab. In der Chemie wird die Inhaltsdimension durch vier Basiskonzepte (vgl. Kap. 2.1) strukturiert. Mit diesen Basiskonzepten können Phänomene chemisch beschrieben und geordnet werden.

1) Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim und Basel: Beltz Verlag, S. 17-31.

- Die Handlungsdimension bezieht sich auf grundlegende Elemente der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, also auf experimentelles und theoretisches Arbeiten, auf Kommunikation und auf die Anwendung und Bewertung chemischer Sachverhalte in fachlichen und gesellschaftlichen Kontexten.

Diese beiden Dimensionen chemischen Arbeitens ermöglichen es den Schülerinnen und Schülern, vielfältige Kompetenzen zu erwerben, die ihnen helfen, die natürliche und kulturelle Welt zu verstehen und zu erklären. Die Inhaltsdimension wird überwiegend im Kompetenzbereich Fachwissen dargestellt, die Handlungsdimension in den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung. Inhalts- und handlungsbezogene Kompetenzen können nur gemeinsam und in Kontexten erworben werden. Die Kompetenzen beschreiben Ergebnisse des Lernens, geben aber keine Unterrichtsmethoden oder -strategien vor.

## 2.1 Fachwissen

### **Chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen**

Die Chemie betrachtet Stoffe, deren Eigenschaften, Umwandlungen sowie Nutzungsmöglichkeiten phänomenologisch und zieht zu deren Erklärung Modelle auf der Teilchenebene heran.

Der Kompetenzbereich Fachwissen umfasst daher

- das Wissen über chemische Phänomene,
- das Verständnis grundlegender Begriffe, Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Chemie zur Beschreibung von Stoffen und Stoffveränderungen,
- das grundlegende Verständnis von in der Chemie verwendeten Modellen.

Die in der Schule relevanten chemischen Fachinhalte mit den zugehörigen naturwissenschaftlichen Fachbegriffen lassen sich auf wenige Basiskonzepte zurückführen. Für den Mittleren Schulabschluss wurden die Basiskonzepte

- zu Stoff-Teilchen-Beziehungen,
- zu Struktur-Eigenschafts-Beziehungen,
- zur chemischen Reaktion und
- zur energetischen Betrachtung bei Stoffumwandlungen ausgewählt.

Mittels dieser Basiskonzepte der Chemie beschreiben und strukturieren die Schülerinnen und Schüler fachwissenschaftliche Inhalte. Sie bilden für die Lernenden die Grundlage eines systematischen Wissensaufbaus unter fachlicher und gleichzeitig lebensweltlicher Perspektive und dienen damit der vertikalen Vernetzung des im Unterricht situiert erworbenen Wissens. Gleichzeitig sind sie eine Basis für die horizontale Vernetzung von Wissen, in dem sie für die Lernenden in anderen naturwissenschaftlichen Fächern Erklärungsgrundlagen bereitstellen. Basiskonzepte, wie z.B. das Konzept zur energetischen Betrachtung, finden sich inhaltlich in den Unterrichtsfächern Biologie und Physik in unterschiedlichen Zusammenhängen und Ausprägungen wieder, können zwischen

den naturwissenschaftlichen Disziplinen vermitteln und so Zusammenhänge hervorheben.

## **2.2 Erkenntnisgewinnung**

### **Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen**

Fachbezogene Denkweisen und Untersuchungsmethoden mit ihren konzeptionellen Rahmen werden dem Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung zugeordnet.

Die Chemie steht in einem gesellschaftlichen und historischen Zusammenhang, der sich in der Auswahl der Sachverhalte für die fachbezogene Erkenntnisgewinnung widerspiegeln soll.

Grundlage für das Erschließen von Erkenntnissen ist die Fähigkeit der Schülerinnen und Schüler, die für den zu bearbeitenden Sachverhalt bedeutsamen und durch das Fach Chemie beantwortbaren Fragestellungen zu erkennen sowie geeignete Untersuchungsmethoden anzuwenden.

Der konzeptionelle Rahmen einer Untersuchungsmethode umfasst die Auswahl und Einengung des Untersuchungsgegenstandes sowie die Planung und Bewertung möglicher Verfahren durch die Lernenden unter Beachtung notwendiger Bedingungen. Dies beinhaltet die Organisation der Arbeitsschritte sowie das Beherrschen bestimmter Arbeits- und Auswertungstechniken durch die Schülerinnen und Schüler. Das Experiment hat dabei zentrale Bedeutung.

Die Ergebnisse werden durch die Lernenden vor dem Hintergrund der Ausgangsfrage, der festgelegten Bedingungen und der zugrunde gelegten Modellvorstellung geprüft.

Die Verknüpfung gewonnener Erkenntnisse mit bereits geläufigen Konzepten, Modellen und Theorien führt zur Fähigkeit, chemische Phänomene zu erkennen und zu erklären. Dadurch wird ein Beitrag für die Entwicklung eines naturwissenschaftlichen Weltverständnisses geleistet.

## **2.3 Kommunikation**

### **Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen**

Im Bereich Kommunikation werden Kompetenzen beschrieben, die für einen fachbezogenen Informationsaustausch auf der Basis einer sachgemäßen Verknüpfung von Alltags- und Fachsprache erforderlich sind.

In ihrer Lebensumwelt begegnen den Schülerinnen und Schülern Phänomene, die sie sich und anderen mit Hilfe der Chemiekennntnisse unter Nutzung der Fachsprache erklären können. In der anzustrebenden Auseinandersetzung erkennen sie Zusammenhänge, suchen Informationen und werten diese aus. Dazu ist es notwendig, dass sie die chemische Fachsprache auf grundlegendem Niveau verstehen und korrekt anwenden können. Ergebnisse bzw. erarbeitete Teillösungen werden anderen mitgeteilt. Der Informationsaustausch mit den jeweiligen Gesprächspartnern verlangt

von den Schülerinnen und Schülern ein ständiges Übersetzen von Alltagssprache in Fachsprache und umgekehrt. Dabei überprüfen die Schülerinnen und Schüler Informationen daraufhin, ob die darin getroffenen Aussagen chemisch korrekt sind. Sie können ihre Positionen fachlich orientiert darstellen und reflektieren, Argumente finden oder gegebenenfalls ihre Auffassung aufgrund der vorgetragenen Einwände revidieren.

Die Kommunikation ist für die Lernenden ein notwendiges Werkzeug, um für Phänomene Erklärungen zu entwickeln, diese in geeigneter Form darzustellen (verbal, symbolisch, mathematisch) und mitzuteilen. Kommunikation ist somit Instrument und Objekt des Lernens zugleich.

Sie ist außerdem wesentliche Voraussetzung für gelingende Arbeit im Team. Kriterien für Teamfähigkeit sind u.a. strukturierte, aufeinander abgestimmte Arbeitsplanung, Reflexion der Arbeitsprozesse sowie Bewertung und Präsentation der gewonnenen Ergebnisse.

## **2.4 Bewertung**

### **Chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten**

Die Kenntnis und Reflexion der Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik, Individuum und Gesellschaft gehören zum Bereich Bewertung.

Durch die Auswahl geeigneter Sachverhalte können die Schülerinnen und Schüler Vernetzungen der Chemie in Lebenswelt, Alltag, Umwelt und Wissenschaft erkennen. Darauf basierend sollen Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, chemische Sachverhalte in ihrer Bedeutung und Anwendung aufzuzeigen.

Diese gezielte Auswahl chemierelevanter Kontexte ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, Fachkenntnisse auf neue vergleichbare Fragestellungen zu übertragen, Probleme in realen Situationen zu erfassen, Interessenkonflikte auszumachen, mögliche Lösungen zu erwägen sowie deren Konsequenzen zu diskutieren.

Bei der Betrachtung gesellschaftsrelevanter Themen aus unterschiedlichen Perspektiven erkennen die Lernenden, dass Problemlösungen von Wertentscheidungen abhängig sind. Sie sollen befähigt sein, Argumente auf ihren sachlichen und ideologischen Anteil zu prüfen und Entscheidungen sachgerecht, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst zu treffen.

## **3. Standards für die Kompetenzbereiche des Faches Chemie**

Im Folgenden werden für die vier Kompetenzbereiche Regelstandards formuliert, die von Schülerinnen und Schülern mit Erreichen des Mittleren Schulabschlusses zu erwerben sind. Eine Zuordnung konkreter Inhalte erfolgt exemplarisch in den Aufgabenbeispielen.

### **3.1 Standards für den Kompetenzbereich Fachwissen**

#### **Chemische Phänomene, Begriffe, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen**

Die Standards für den Kompetenzbereich Fachwissen werden nach den ausgewiesenen Basiskonzepten gegliedert:

##### **F 1 Stoff-Teilchen-Beziehungen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- F 1.1 nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften,
- F 1.2 beschreiben modellhaft den submikroskopischen Bau ausgewählter Stoffe,
- F 1.3 beschreiben den Bau von Atomen mit Hilfe eines geeigneten Atommodells,
- F 1.4 verwenden Bindungsmodelle zur Interpretation von Teilchenaggregationen, räumlichen Strukturen und zwischenmolekularen Wechselwirkungen,
- F 1.5 erklären die Vielfalt der Stoffe auf der Basis unterschiedlicher Kombinationen und Anordnungen von Teilchen.

##### **F 2 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- F 2.1 beschreiben und begründen Ordnungsprinzipien für Stoffe, z.B. mit ihren typischen Eigenschaften oder mit charakteristischen Merkmalen der Zusammensetzung und Struktur der Teilchen,
- F 2.2 nutzen ein geeignetes Modell zur Deutung von Stoffeigenschaften auf Teilchenebene,
- F 2.3 schließen aus den Eigenschaften der Stoffe auf ihre Verwendungsmöglichkeiten und auf damit verbundene Vor- und Nachteile.

##### **F 3 chemische Reaktion**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- F 3.1 beschreiben Phänomene der Stoff- und Energieumwandlung bei chemischen Reaktionen,
- F 3.2 deuten Stoff- und Energieumwandlungen hinsichtlich der Veränderung von Teilchen und des Umbaus chemischer Bindungen,
- F 3.3 kennzeichnen in ausgewählten Donator-Akzeptor-Reaktionen die Übertragung von Teilchen und bestimmen die Reaktionsart,
- F 3.4 erstellen Reaktionsschemata/Reaktionsgleichungen durch Anwendung der Kenntnisse über die Erhaltung der Atome und die Bildung konstanter Atomzahlenverhältnisse in Verbindungen,
- F 3.5 beschreiben die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen,
- F 3.6 beschreiben Beispiele für Stoffkreisläufe in Natur und Technik als Systeme chemischer Reaktionen,
- F 3.7 beschreiben Möglichkeiten der Steuerung chemischer Reaktionen durch Variation von Reaktionsbedingungen.

#### **F 4 energetische Betrachtung bei Stoffumwandlungen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- F 4.1 geben an, dass sich bei chemischen Reaktionen auch der Energieinhalt des Reaktionssystems durch Austausch mit der Umgebung verändert,
- F 4.2 führen energetische Erscheinungen bei chemischen Reaktionen auf die Umwandlung eines Teils der in Stoffen gespeicherten Energie in andere Energieformen zurück,
- F 4.3 beschreiben die Beeinflussbarkeit chemischer Reaktionen durch den Einsatz von Katalysatoren.

#### **3.2 Standards für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung**

##### **Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- E 1 erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mit Hilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind,
- E 2 planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen,
- E 3 führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese,
- E 4 beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte,
- E 5 erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie,
- E 6 finden in erhobenen oder recherchierten Daten, Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen,
- E 7 nutzen geeignete Modelle (z.B. Atommodelle, Periodensystem der Elemente) um chemische Fragestellungen zu bearbeiten,
- E 8 zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie auf.

#### **3.3 Standards für den Kompetenzbereich Kommunikation**

##### **Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- K 1 recherchieren zu einem chemischen Sachverhalt in unterschiedlichen Quellen,
- K 2 wählen themenbezogene und aussagekräftige Informationen aus,
- K 3 prüfen Darstellungen in Medien hinsichtlich ihrer fachlichen Richtigkeit,
- K 4 beschreiben, veranschaulichen oder erklären chemische Sachverhalte unter Verwendung der Fachsprache und/oder mit Hilfe von Modellen und Darstellungen,

- K 5 stellen Zusammenhänge zwischen chemischen Sachverhalten und Alltagserscheinungen her und übersetzen dabei bewusst Fachsprache in Alltagssprache und umgekehrt,
- K 6 protokollieren den Verlauf und die Ergebnisse von Untersuchungen und Diskussionen in angemessener Form,
- K 7 dokumentieren und präsentieren den Verlauf und die Ergebnisse ihrer Arbeit situationsgerecht und adressatenbezogen,
- K 8 argumentieren fachlich korrekt und folgerichtig,
- K 9 vertreten ihre Standpunkte zu chemischen Sachverhalten und reflektieren Einwände selbstkritisch,
- K 10 planen, strukturieren, reflektieren und präsentieren ihre Arbeit als Team.

### **3.4 Standards für den Kompetenzbereich Bewertung**

#### **Chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten**

Die Schülerinnen und Schüler ...

- B 1 stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar, in denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind,
- B 2 erkennen Fragestellungen, die einen engen Bezug zu anderen Unterrichtsfächern aufweisen und zeigen diese Bezüge auf,
- B 3 nutzen fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen,
- B 4 entwickeln aktuelle, lebensweltbezogene Fragestellungen, die unter Nutzung fachwissenschaftlicher Erkenntnisse der Chemie beantwortet werden können,
- B 5 diskutieren und bewerten gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven,
- B 6 binden chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge ein, entwickeln Lösungsstrategien und wenden diese an.

## **4 Aufgabenbeispiele**

Zielsetzung dieses Kapitels ist die Veranschaulichung der Standards basierend auf den vier Kompetenzbereichen sowie die Verdeutlichung eines Anspruchsniveaus.

### **4.1 Fachspezifische Beschreibung der Anforderungsbereiche**

Da noch keine empirisch abgesicherten Kompetenzstufenmodelle vorliegen, wird zunächst zur Einschätzung der in den Aufgabenbeispielen gestellten Anforderungen auf drei Bereiche zurückgegriffen, die sich in ihrer Beschreibung an den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) orientieren. Dabei gilt, dass die Anforderungsbereiche nicht Ausprägungen oder Niveaustufen einer Kompetenz sind. Es handelt sich vielmehr um Merkmale von Aufgaben, die verschiedene Schwierigkeitsgrade innerhalb ein und derselben Kompetenz abbilden können. Die nachfolgenden Formulierungen zeigen deshalb zunächst

charakterisierende Kriterien zur Einordnung in einen der Anforderungsbereiche auf.

		<b>Anforderungsbereich</b>		
		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>Kompetenzbereich</b>	<b>Fachwissen</b>	Kenntnisse und Konzepte zielgerichtet wiedergeben	Kenntnisse und Konzepte auswählen und anwenden	komplexere Fragestellungen auf der Grundlage von Kenntnissen und Konzepten planmäßig und konstruktiv bearbeiten
	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	bekannte Untersuchungsmethoden und Modelle beschreiben, Untersuchungen nach Anleitung durchführen	geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung überschaubarer Sachverhalte auswählen und anwenden	geeignete Untersuchungsmethoden und Modelle zur Bearbeitung komplexer Sachverhalte begründet auswählen und anpassen
	<b>Kommunikation</b>	bekannte Informationen in verschiedenen fachlich relevanten Darstellungsformen erfassen und wiedergeben	Informationen erfassen und in geeigneten Darstellungsformen situations- und adressatengerecht veranschaulichen	Informationen auswerten, reflektieren und für eigene Argumentationen nutzen
	<b>Bewertung</b>	vorgegebene Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes erkennen und wiedergeben	geeignete Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes auswählen und nutzen	Argumente zur Bewertung eines Sachverhaltes aus verschiedenen Perspektiven abwägen und Entscheidungsprozesse reflektieren

## 4.2 Kommentierte Aufgabenbeispiele

In diesem Kapitel werden Aufgaben vorgestellt, welche die in Kapitel 3 formulierten Standards exemplarisch mit konkreten Inhalten verbinden und damit veranschaulichen. Der Erwartungshorizont nimmt Bezug auf die entsprechenden Kompetenzbereiche mit den in den Aufgaben überprüften Standards. Die erwarteten Schülerleistungen werden auf empirischer Basis den Anforderungsbereichen zugeordnet.

Im Erwartungshorizont wird nur eine Lösung angegeben, auch wenn bei einer Aufgabe mehrere Darstellungsformen (z.B. Summenformelschreibweise, Ionenschreibweise, Angabe von Aggregatzuständen) möglich sind. Bei offenen Aufgabenstellungen werden Kriterien für eine angemessene Lösung genannt und eine Lösungsmöglichkeit konkret dargestellt.

Für eine bessere Übersichtlichkeit und Seitenaufteilung wurden im Tabellenkopf der Erwartungshorizonte folgende Abkürzungen verwendet:

- AFB:** Anforderungsbereich
- F:** Standards für den Kompetenzbereich **F**achwissen
- E:** Standards für den Kompetenzbereich **E**rkenntnisgewinnung
- K:** Standards für den Kompetenzbereich **K**ommunikation
- B:** Standards für den Kompetenzbereich **B**ewertung

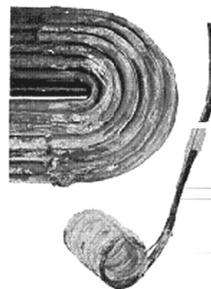
### 1. Aufgabenbeispiel: Entkalkung

#### Material 1:

Im Haushalt müssen Elektrogeräte, wie Kaffeemaschinen, Durchlauferhitzer und Waschmaschinen nach längerem Gebrauch in Abhängigkeit von der Wasserhärte entkalkt werden. Auf der Oberfläche des Heizrohres lagert sich Kalk ( $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$ ) ab und verringert die Heizleistung.

Beim Entkalken mit verdünnter Salzsäure ( $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ) ist ein deutliches Sprudeln und Zischen wahrnehmbar. In einem Haushaltstipp wird Essigsäure-Lösung ( $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}$ ) als umweltfreundliches Mittel zur Entfernung von Kalkflecken empfohlen. Sie reagiert aber schwächer als Salzsäure.

Verkalkung auf Heizschleifen



Quelle: [www.seilnacht.tuttlingen.de](http://www.seilnacht.tuttlingen.de)

**Material 2:**  
**In einer Gebrauchsanweisung für  
Wasserkocher heißt es:**

Bei kalkhaltigem Wasser sollte der Wasserkocher in regelmäßigen Zeitabständen entkalkt werden. Verwenden Sie zum Entkalken ein handelsübliches flüssiges Entkalkungsmittel (keine chemischen Entkalker verwenden) und beachten Sie dabei dessen Gebrauchsanweisung!

**Tipp:** Bei leichter Verkalkung können Sie den Wasserkocher, anstatt Entkalkungsmittel zu verwenden, auch mit einer Mischung von 5–6 Löffeln Essig auf 0,5 Liter Wasser entkalken.

Bitte beachten Sie beim Entkalken:

- kaltes Wasser in den Wasserkocher (bei stark schäumendem Entkalkungsmittel füllen Sie nur 0,5 Liter Wasser ein)
- die Entkalkermischung nicht aufkochen
- anschließend den Wasserkocher zweimal mit klarem Wasser spülen

**Quelle:** Bedienungsanleitung für den Wasserkocher Mona der Firma Cloer Elektrogeräte GmbH, Arnsherg

**Etikett eines Entkalkers**

**ÖKO-STECKBRIEF**

- HEITMANN Citronensäure ist naturidentisch und wird deshalb vollständig abgebaut.
- Minimale Verpackung

Inhaltsstoffe gem. EU-Empfehlung: Reine naturidentische Citronensäure in Lebensmittelqualität. Dennoch bitte Sicherheitshinweise beachten.

Reizt die Augen. Berührung mit den Augen vermeiden. Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren. Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen.



**Reizend**

Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen. Bei empfindlicher Haut wird empfohlen, Gummihandschuhe zu tragen.

Citronensäure nicht zusammen mit chlorhaltigen Reinigern anwenden. Für Österreich: Möglichst restlos verbrauchen, evtl. Reste mit Wasser verdünnt fortspülen.

**Achtung:** nicht geeignet für Emaille, Aluminium, Marmorflächen und säureempfindliche Fliesen. Bitte spezielle Pflegehinweise der Hersteller beachten. Innenbeutel nach Gebrauch verschließen. Trocken lagern.

**Material 3:**

Das sich bei der Entkalkung entwickelnde Gas soll nachgewiesen werden.

Für den Versuch stehen folgende Reagenzien zur Verfügung: Bariumchlorid-Lösung (mindergiftig, X), Silbernitrat-Lösung (mindergiftig, X), Lackmus-Lösung, Bariumhydroxid-Lösung (ätzend, C), Calciumhydroxid-Lösung (ätzend, C).

**Aufgabenstellung:**

- 1.1 Beschreiben Sie mit eigenen Worten den Entkalkungsvorgang.
- 1.2 Erklären Sie die chemischen Grundlagen des Entkalkungsvorgangs durch Salzsäure. Unterstützen Sie Ihre Aussagen mithilfe einer Reaktionsgleichung.

- 1.3 Begründen Sie die Eignung von Speiseessig zur Entfernung von Kalk und stellen Sie die entsprechende Reaktionsgleichung auf.
- 1.4 Wählen Sie ein geeignetes Nachweismittel für das bei der Entkalkung entstehende Gas aus und erklären Sie den Reaktionsablauf dieses Nachweises.
- 1.5 Nennen Sie eine Ursache für die unterschiedliche Wirkung einer verdünnten Essigsäure (Speiseessig) und einer gleichkonzentrierten verdünnten Salzsäure beim Entkalken.
- 1.6 Diskutieren Sie den Begriff „chemischer Entkalker“ und nennen Sie Vor- und Nachteile verschiedener Entkalkungsmöglichkeiten. Nutzen Sie dafür auch den Öko-Steckbrief.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
1.1	<b>Vorgang beschreiben:</b> – Kalkbelag wird durch eine Säure aufgelöst – Zischen und Sprudeln sind Indizien für eine Gasentwicklung – Alternativ: Kalkbelag reagiert mit einer Säurelösung unter Bildung eines Gases	I	1.1		2	
1.2	<b>Prinzip der Entkalkung als Stoffumwandlung deuten:</b> – Zerstörung der unlöslichen Verbindung unter Gasentwicklung – Bildung einer wasserlöslichen Verbindung – Demonstration anhand einer erläuterten Reaktionsgleichung: Calciumcarbonat reagiert mit Salzsäure unter Kohlenstoffdioxidentwicklung, es entsteht ein wasserlösliches Produkt: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	II	3.1 3.2 3.3 3.4		2 4 5 8	
1.3	<b>Begründung der Eignung über die enthaltene Säure:</b> – Speiseessig enthält Essigsäure – Essigsäure-Lösung zeigt bezüglich der Carbonate analoges chemisches Verhalten wie Salzsäure – das entstehende Salz ist wie das Calciumchlorid auch wasserlöslich: $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + 2 \text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	III	3.1 3.2 3.3 3.4	6	2 4 5 8	

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
1.4	<b>Auswahl und Erklärung eines eindeutigen Nachweises auf der Basis von Vorkenntnissen, z.B.:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calciumhydroxid-Lösung bzw. Bariumhydroxid-Lösung</li> <li>- experimenteller Nachweis des Kohlenstoffdioxids</li> <li>- Trübung der Lösung als Bildung von Calciumcarbonat bzw. Bariumcarbonat (Fällungsreaktion):  <math>\text{Ca(OH)}_{2(\text{aq})} + \text{CO}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CaCO}_{3(\text{s})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}</math></li> </ul>	II	1.1 3.1 3.2 3.3 3.4	2 3 4 5 6	4 5 6 8	
1.5	<b>Nennen von Ursachen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasserstoff-Ionen aus Salzsäure und Essigsäure-Lösung wirken in gleicher Weise</li> <li>- Essigsäure-Lösung wirkt schwächer, sie stellt also weniger Wasserstoff-Ionen zur Verfügung</li> </ul>	II	2.2 3.3	6	2 8	
1.6	<b>Diskussion des Begriffs „chemisch“, Bezugnahme auf die enthaltenen Stoffe und deren Wirkung:</b> Mögliche Aspekte sind <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entkalker sind „chemische Substanzen“, es sind Säuren</li> <li>- handelsübliche Entkalkungsmittel sind stärker wirksam als Speiseessig</li> <li>- geringe Kalkablagerungen können durch Speiseessig aufgelöst werden, bei größeren Rückständen ist die Einwirkung einer größeren Menge Säure oder einer stärkeren Säure notwendig</li> </ul>	III	1.1 2.3	1 6	2 3 5 8	3

## 2. Aufgabenbeispiel: Identifizierung von vier verschiedenen Flascheninhalten

### Material:

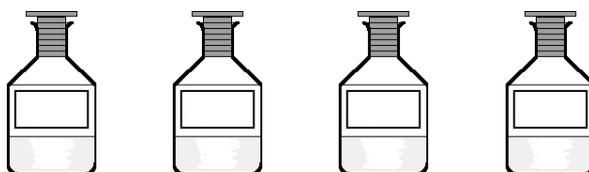
Ein Auszubildender im Chemielabor füllt für den nächsten Tag verdünnte Salzsäure, verdünnte Natronlauge, Natriumcarbonat-Lösung und Wasser ab.

Später stellt er fest, dass er die Beschriftungen der vier Flaschen vergessen hat. Nach kurzer Überlegung findet er einen Weg, mit Hilfe von Universalindikator und einigen Reagenzgläsern die Lösungen zu identifizieren.

Sicherheitshinweis: Behandeln Sie zunächst jede Flasche so, als ob eine ätzende oder reizende Lösung enthalten wäre!

Geräte und Chemikalien:

Flaschen mit verdünnter Salzsäure, verdünnter Natriumhydroxid-Lösung, Natriumcarbonat-Lösung und Wasser, Universalindikator-Lösung, Reagenzgläser, Reagenzglasänder, Schutzbrille



**Aufgabenstellung:**

- 2.1 Entwickeln Sie einen geeigneten Untersuchungsplan zur Identifizierung der Lösungen.
- 2.2 Überprüfen Sie experimentell Ihren Untersuchungsplan und notieren Sie Ihre Beobachtungen.
- 2.3 Beschriften Sie die Flaschen nach ihren Beobachtungen folgerichtig und ordnen Sie die entsprechenden Gefahrensymbole



und zu.

Begründen Sie Ihre Entscheidungen.

- 2.4 Informieren Sie sich über das Berufsbild der Chemielaborantin bzw. des Chemielaboranten und erstellen Sie ein Berufsprofil.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
2.1	<p><b>Erstellen eines Untersuchungsplans:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Nummerieren der Flaschen mit den unbekanntem Lösungen</li> <li>– Prüfen jeder Lösung mit Universalindikator zwecks Einteilung in saure, basische und neutrale Lösungen:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) saure Lösung: Salzsäure,</li> <li>b) neutrale Lösung: Wasser,</li> <li>c) basische Lösungen: Natriumhydroxid-Lösung, Natriumcarbonat-Lösung</li> </ol> </li> </ul>	III	1.1 2.1	1 2	8	

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mit der sauren Lösung die basischen Lösungen prüfen,</li> <li>- die basische Lösung, die Gasentwicklung zeigt, ist die Natriumcarbonat-Lösung,</li> <li>- die andere basische Lösung ist die Natronlauge</li> </ul>					
2.2	<p><b>Exaktes Experimentieren unter Berücksichtigung der Sicherheitsvorschriften und Beobachten:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beobachtungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>1 (Salzsäure): Rotfärbung</li> <li>2 (Wasser): Grün- bzw. Gelbfärbung (je nach Indikator)</li> <li>3 (Natriumhydroxid-Lösung): Blaufärbung</li> <li>4 (Natriumcarbonat-Lösung): Blaufärbung</li> </ul> </li> <li>weiteres Vorgehen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösung 1 zu Lösung 3 und 4,</li> <li>- Gasentwicklung in Lösung 4</li> </ul> </li> </ul>	II	1.2 2.1	3 4 5 6	2 6	3
2.3	<p><b>Beschriften der Flaschen und Zuordnen der Gefahrensymbole aufgrund der Ergebnisse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lösung 1: Salzsäure</li> <li>- Lösung 2: Wasser</li> <li>- Lösung 3: Natriumhydroxid-Lösung</li> <li>- Lösung 4: Natriumcarbonat-Lösung</li> <li>- Begründung auf der Basis der Indikatorfärbungen und der Gasentwicklung (Kohlenstoffdioxid aus Carbonat)</li> <li>- Gefahrstoffsymbole entsprechend zugeordnet: ätzend für Salzsäure und Natriumhydroxid-Lösung, reizend für Natriumcarbonat-Lösung</li> </ul>	II	2.1 2.2 2.3	6	4 8	3
2.4	<p><b>Berufsprofil:</b></p> <p>Voraussetzungen, Art und Dauer der Ausbildung, Tätigkeitsfeld, Einsatzmöglichkeiten, Qualifizierungsmöglichkeiten, Arbeitsmarktsituation, Verdienst, ...</p>	I			1 2	1

### 3. Aufgabenbeispiel: Wie funktionieren Flüssiggas-Feuerzeuge?

#### Material 1:



Bild 1: Flüssiggas-Feuerzeug

#### Material 2:

Geräte und Chemikalien für die experimentelle Untersuchung des Feuerzeuggases:

Flüssiggas-Feuerzeug, Bechergläser, Uhrglas, Gaswaschflaschen, U-Rohr, Trichter, Stativ mit Klammern und Muffen, Wasserstrahlpumpe, Schlauchmaterial  
Kalkwasser (ätzend, C), weißes Kupfersulfat (Xn), kaltes Wasser, Eiswürfel, Schutzbrille

Beachten Sie die Sicherheitsbestimmungen!

#### Eigenschaften von Flüssiggas

Flüssiggas besteht aus einem Gemisch der Kohlenwasserstoffe Propan und Butan. Wie Erdgas haben Propan und Butan keinen Eigengeruch und werden daher vor der Auslieferung mit einem stark riechenden Zusatz versetzt, um das Erkennen eventueller Lecks zu erleichtern. Flüssiggas ist in Gegenwart von Luft entflammbar.

Physikalische Daten von Flüssiggas		Propan	Butan
Siedepunkt	in °C bei Normaldruck	-42	-0,5
Entflammungstemperatur in °C	mit Luft	-104	-60

Quellen: [www.thermogas.de](http://www.thermogas.de), [www.seilnacht.tuttlingen.de](http://www.seilnacht.tuttlingen.de)

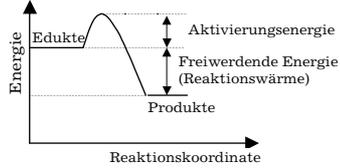
#### Aufgabenstellung:

- 3.1 Erklären Sie das Ausströmen des Brennstoffgemisches beim Öffnen des Ventils.
- 3.2 Beschreiben Sie die Bedingungen, unter denen das ausströmende Gas entzündet werden kann.
- 3.3 Entwerfen Sie einen Untersuchungsplan, mit dem Ziel, die Reaktionsprodukte des brennenden Gasgemisches aufzufangen und nachzuweisen.
- 3.4 Führen Sie die von Ihnen geplanten Experimente durch und notieren Sie Ihre Beobachtungen.
- 3.5 Werten Sie Ihre Beobachtungen aus.
- 3.6 Erläutern Sie, warum die Untersuchungsergebnisse einen qualitativen Nachweis der im Feuerzeuggas enthaltenen Elemente darstellen.

- 3.7 Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die bei der Verbrennung des Brennstoffgemisches ablaufenden chemischen Reaktionen.
- 3.8 Skizzieren Sie ein Energiediagramm der Verbrennungsreaktion für eine der beiden Kohlenwasserstoffverbindungen des Feuerzeuggases.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
3.1	<b>Erklärung:</b> Propan und Butan sind bei Raumtemperatur gasförmig. Zur Verflüssigung ist ein Überdruck notwendig. Da Propan und Butan im Feuerzeug flüssig vorliegen, müssen sie dort unter einem Überdruck stehen/unter Überdruck abgefüllt worden sein.	II	1.1 1.4		2	3
3.2	<b>Bedingungen:</b> Luftsauerstoff, Temperatur oberhalb der Entflammungstemperatur, Zündfunken (oder offene Flamme)	II	1.1	6	2, 4 5	3
3.3	<b>Untersuchungsplan mit Apparaturen zum Auffangen und Nachweisen der Verbrennungsprodukte:</b> Wasserdampf kann an kalten Glasflächen kondensieren, Kohlenstoffdioxid kann in einem Becherglas oder einer Gaswaschflasche gesammelt werden. Nachweis des Wassers erfolgt mit weißem Kupfersulfat, Nachweis des Kohlenstoffdioxids mit Kalkwasser.	III	1.1 3.2	1 2		
3.4	<b>Durchführung der Untersuchung und Beobachtungen:</b> Kupfersulfat ändert unter Einwirkung der kondensierten Flüssigkeit die Farbe von weiß nach blau, Kalkwasser trübt sich beim Kontakt mit den Verbrennungsprodukten.	I	1.1 3.2	3 4 5	4	
3.5	<b>Auswertung:</b> Die Farbänderung des Kupfersulfats weist Wasser nach. Die Trübung des Kalkwassers weist das Vorhandensein von Kohlenstoffdioxid in den Verbrennungsgasen nach.	II	1.1 3.1			

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
3.6	<b>Erläuterung über Stoff-Teilchen-Beziehungen:</b> Die chemische Reaktion eines Kohlenwasserstoffes mit Sauerstoff führt zu den Produkten Wasser und Kohlenstoffdioxid. Somit sind die Elemente Wasserstoff und Kohlenstoff in den Ausgangsverbindungen nachgewiesen.	II	1.1 3.1	6		
3.7	<b>Reaktionsgleichungen für die Reaktionen von Propan und Butan mit Luftsauerstoff:</b> $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 4 H_2O + 3 CO_2$ $2 C_4H_{10} + 13 O_2 \rightarrow 10 H_2O + 8 CO_2$	I	3.1 3.2 3.4			
3.8	<b>Energiediagramm einer exothermen Reaktion:</b> 	II	4.1 4.2			

#### 4. Aufgabenbeispiel: Das Kupferbeil des Gletschermannes „Ötzi“

##### Material:



Quelle: [www.aeiou.at/aeiou.film.o/o202a](http://www.aeiou.at/aeiou.film.o/o202a)

Die Entdeckung des Kupferbeils von Ötzi zeigt, dass er in der Kupferzeit, der letzten Phase der Jungsteinzeit, gelebt hatte. Weitere Funde von Guss- und Schmelztiegeln in einigen Siedlungen beweisen, dass auch schon vor Ötzis Lebzeiten die Technik der Kupferverarbeitung, d.h. das Schmelzen und Gießen des Metalls, bekannt war. Kupfererze findet man in Gesteinen, die sowohl an der Oberfläche, als auch im Berginnern abgebaut werden können. Im Alpengebiet befinden sich zahlreiche Lagerstätten von Kupfererzen (Malachit, Kupferkies), die für Ötzi erreichbar waren. Malachit enthält Kupfercarbonat ( $CuCO_3$ ), Kupferkies enthält Kupfersulfid ( $CuS$ ).

Die Umwandlung von Erz in Metall, die „Verhüttung“, erfolgte in mehreren Schritten.

### Malachit (Pigment und Mineral)



Quelle: [www.seilnacht.tuttlingen.de](http://www.seilnacht.tuttlingen.de)

Die zerkleinerten Brocken wurden zunächst im Feuer geröstet, um das Gemisch aus Malachit und Kupferkies von seinem Schwefelanteil zu befreien. Während des Röstprozesses entweichen Schwefeldioxid und Kohlenstoffdioxid. Es entstand Kupferoxid.

Die Gewinnung des metallischen Kupfers erfolgte anschließend in Schmelzöfen. Ein solcher kupferzeitlicher Ofen wurde aus behauenen Steinblöcken mit Lehm als Mörtel gemauert, seine Innenseite vermutlich mit Lehm verkleidet. Am unteren Rand der Vorderseite befand sich das Abstichloch mit der davor liegenden Schlackengrube. Darüber war das Düsenloch angebracht, durch das die Windzufuhr erfolgte. Für die Verhüttung des Erzes wurde der Ofen mit Kupfererz und Holzkohle in mehreren Schichten gefüllt. Da Kupfer einen hohen Schmelzpunkt besitzt, musste in diesem Ofen eine Temperatur von über 1000°C erreicht werden. Zu diesem Zweck wurde der Holzkohleglut mehrere Stunden lang Luft durch das Düsenloch zugeführt. Dies erreichte man mit Hilfe von Blasebälgen.

Quelle: <http://home.pages.at/pirgcom/oetz1/kupfer1.htm>

#### Aufgabenstellung:

- 4.1 Fertigen Sie eine beschriftete Skizze eines Schmelzofens an.
- 4.2 Beschreiben Sie die einzelnen chemischen Vorgänge, durch die aus einem der beiden Erze (Kupferkies oder Malachit) in einem zweistufigen Prozess Kupfer gewonnen wird.
- 4.3 Stellen Sie die Wort- und Formelgleichungen für die einzelnen chemischen Reaktionen auf.
- 4.4 Stellen Sie das Prinzip der Metallherstellung dar, das diesem Beispiel zugrunde liegt und übertragen Sie es auf ein anderes Beispiel. Gehen Sie von einem Erz aus, das als Oxid vorliegt.
- 4.5 Skizzieren Sie einen Versuchsaufbau für ein Schülerexperiment zur Kupfergewinnung aus einem der beiden Erze und formulieren Sie eine entsprechende Versuchsvorschrift.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
4.1	<p><b>Beschriftete schematische Skizze eines beschickten Kupferschmelzofens:</b> Längsschnitt oder Aufrisszeichnung zeigt die wichtigsten Funktionen: Abstichloch (1) und Düsenloch (2) sowie die Abluftöffnung (3) auf der Oberseite des Ofens. Holzkohle und Kupfererz sind in mehreren Schichten übereinander eingelagert (4).</p>	II		6	2 4	
4.2	<p><b>Chemische Prozesse der Kupfergewinnung:</b> Stufe 1 (Rösten im Feuer) Kupferkies: Durch Rösten zerkleinerter Kupferkiesbrocken im Feuer wird der Schwefelanteil entfernt. Dabei reagiert Kupfersulfid mit Luftsauerstoff. Es entstehen Kupferoxid und Schwefeldioxid, das als Gas entweicht. Malachit: Kupfercarbonat reagiert beim Rösten zu Kupferoxid. Es entweicht Kohlenstoffdioxid. Stufe 2 (Verhüttung im Schmelzofen) Kupferoxid reagiert mit glühender Holzkohle. Dabei wird das Kupfer im Kupferoxid reduziert, der Kohlenstoff zu Kohlenstoffdioxid oxidiert. oder: Die <math>\text{Cu}^{2+}</math>-Ionen werden durch Elektronenaufnahme zu metallischem Kupfer reduziert. Kohlenstoffatome werden unter Elektronenabgabe oxidiert.</p>	I II	3.1 3.2 3.3	6	2 4 5	
4.3	<p><b>Wortgleichungen:</b> Kupferkies: <math>\text{Kupfersulfid} + \text{Sauerstoff} \rightarrow \text{Kupferoxid} + \text{Schwefeldioxid}</math> <math>\text{Kupferoxid} + \text{Kohlenstoff} \rightarrow \text{Kupfer} + \text{Kohlenstoffdioxid}</math> Malachit: <math>\text{Kupfercarbonat} \rightarrow \text{Kupferoxid} + \text{Kohlenstoffdioxid}</math> <math>\text{Kupferoxid} + \text{Kohlenstoff} \rightarrow \text{Kupfer} + \text{Kohlenstoffdioxid}</math></p>	II	3.2 3.3 3.4	6 7	4	

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
4.3	<b>Reaktionsgleichungen:</b> Kupferkies: $2 \text{CuS} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CuO} + 2 \text{SO}_2$ $2 \text{CuO} + \text{C} \rightarrow 2 \text{Cu} + \text{CO}_2$ Malachit: $\text{CuCO}_3 \rightarrow \text{CuO} + \text{CO}_2$ $2 \text{CuO} + \text{C} \rightarrow 2 \text{Cu} + \text{CO}_2$	III				
4.4	<b>Darstellung des Prinzips der Metallherstellung:</b> Dem Erz (Kupferoxid) muss durch ein Reduktionsmittel (Kohlenstoff) Sauerstoff entzogen werden. Es handelt sich um eine Redoxreaktion. Prinzip der Metallgewinnung: Das oxidierte Metall im Erz wird durch einen Stoff mit einem höheren Reduktionsvermögen in das elementare Metall überführt. Beispiele: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} \rightarrow 2 \text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$ $2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} \rightarrow 4 \text{Fe} + 3 \text{CO}_2$	III	2.3 3.3 3.4 3.7	6	1 4 7	3
4.5	<b>Versuchsaufbau und Versuchsvorschrift:</b> Einfache Skizze eines Versuchsaufbaus Mögliche Versuchsvorschrift: Ein Gemisch aus zerkleinertem Erz und Holzkohle wird in einem Porzellantiegel oder in einem schwer schmelzbaren Reagenzglas in der Brennerflamme erhitzt.	III	1	2 4	4	

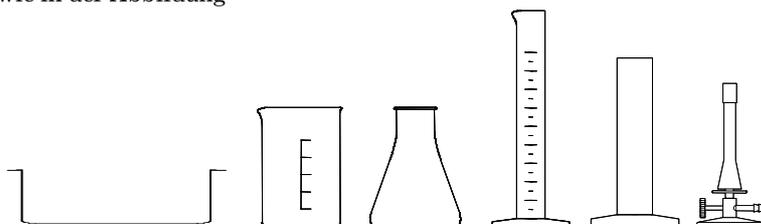
## 5. Aufgabenbeispiel: Alkoholische Gärung

### Material:

Bei der alkoholischen Gärung bauen Hefepilze unter Sauerstoffabschluss in wässrigen Lösungen Glucose zu Kohlenstoffdioxid und Ethanol ab. Im Verlaufe eines bei Raumtemperatur durchgeführten Gärprozesses ermittelte eine Schülergruppe folgende Messwerte:

Zeit in min	60	120	180	240	300	360
Volumen Kohlenstoffdioxid in mL	2,3	4,6	9,2	18,4	36,8	73,6

Folgendes stand der Schülergruppe zur Verfügung: Eine Geräteauswahl wie in der Abbildung



sowie verschiedene Glasrohre, Stopfen, Schlauch- und Stativmaterial, wässrige Glucose-Lösung, wässrige Hefe-Suspension und Wasser.

**Aufgabenstellung:**

- 5.1 Zeichnen und beschriften Sie einen Versuchsaufbau, mit dem die Schülergruppe die Messergebnisse ermittelt haben könnte.
- 5.2 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die alkoholische Gärung in Form einer Wortgleichung und unter Verwendung von Summenformeln.  
Nennen Sie Reaktionsbedingungen für diese Alkoholsynthese.
- 5.3 Stellen Sie die Kohlenstoffdioxidbildung in Abhängigkeit von der Zeit grafisch dar. Beschreiben Sie mit eigenen Worten den quantitativen Zusammenhang zwischen Zeit und Kohlenstoffdioxidbildung.
- 5.4 In der Industrie wird Ethanol aus zuckerhaltigen Lösungen für verschiedenste Verwendungszwecke hergestellt. Wählen Sie begründet ein Trennverfahren aus, mit dem Sie im Labor möglichst reines Ethanol aus dem Reaktionsgemisch gewinnen können. Beschreiben Sie dieses mit Hilfe einer Skizze.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
5.1	<b>Versuchsaufbau:</b> Anfertigung einer beschrifteten Zeichnung unter Auswahl der entsprechenden Geräte zum quantitativen, pneumatischen Auffangen des Kohlenstoffdioxids	I	1.1	2	2	
5.2	<b>Formulierung der Reaktionsgleichung:</b> – Wortgleichung: Glucose → Ethanol + Kohlenstoffdioxid – Formelgleichung: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$	I/II	3.1 3.4		2 4	3

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
5.2	<b>Reaktionsbedingungen:</b> – wässrige Glucose-Lösung, Sauerstoffabschluss (anaerob), Raumtemperatur, Hefe					
5.3	<b>Auswertung:</b> Grafische Darstellung (Achsenbezeichnung, geeignete Skalierung) mit eingezeichneten Messpunkten Zusammenhang zwischen Volumenentwicklung und Zeit laut Tabelle: – je länger die Reaktionszeit, desto mehr Kohlenstoffdioxid entsteht – Verdopplung des Volumens pro Zeitabschnitt	I/II		6 7	2 4 8	2
5.4	<b>Trennverfahren:</b> Auswahl eines Trennverfahrens Beschreibung eines geeigneten Trennverfahrens, z.B. Destillation, Umkehrosmose Begründung durch ausgewählte physikalisch-chemische Eigenschaften, z. B. Siedetemperatur, Konzentration Skizze	III	1.1 2.2	7	4 8	3

## 6. Aufgabenbeispiel: Wasserqualität

### Material:

Die Brauerei „Esberger Bräu“<sup>2)</sup> besteht seit Mitte des 19. Jahrhunderts im Osten der Stadt Esberg. Durch Umwandlung in eine Aktiengesellschaft im Jahr 2001 erlebte der ehemalige Familienbetrieb einen großen wirtschaftlichen Aufschwung, so dass der Betrieb nach einem neuen Standort für die Brauerei suchen muss.

Ein Entscheidungskriterium für die Brauerei ist die Verfügbarkeit von Wasser mit geringer Härte (< 7° dH). Außerdem darf die Konzentration bestimmter

### Esberg<sup>2)</sup>

Kreisstadt am Fluss Dard, 123500 Einwohner, kulturelles und wirtschaftliches Zentrum des „Esberger Landes“.

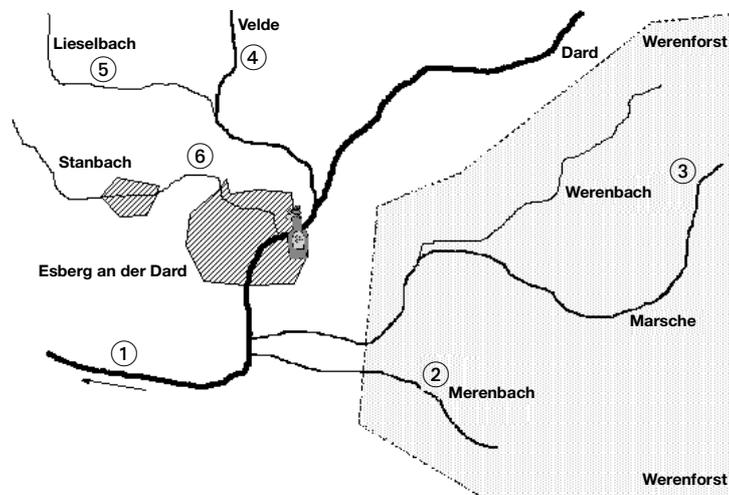
**Sehenswürdigkeiten:** Martinuskirche (16. Jh.), Burg Werenstein (11. Jh.)  
Grambacher Höhle, Esberger Kapelle (8. Jh.)

**Naherholungsgebiete:** Naturschutzgebiet Werenforst (Hochwildschutzpark)

**Industrie:** seit dem 19. Jh. Erzbergbau und -verarbeitung (Ortsteil Stanbach), Papiererzeugung, textilverarbeitende Industrie, Brauerei (Esberger Bräu)

2) erfunden

Ionen im Brauwasser nicht überschritten werden (Cadmium-Ionen: 5 µg/L, Blei-Ionen: 40 µg/L, Nitrat-Ionen: 50 mg/L). Hierzu wurden sechs mögliche Standorte in der Nähe Esbergs in Erwägung gezogen. Sie sind in der Karte mit den Nummern 1 bis 6 versehen. Unabhängig vom Standort muss für den Brauprozess das Brauwasser aufbereitet werden. Dazu gehören die Beseitigung von Schwebstoffen und die Entfernung geschmacksbeeinflussender Eisen-Ionen.



Auszug aus der Wasseranalyse	Standorte					
	1	2	3	4	5	6
Pb <sup>2+</sup> in µg/L	54	0,6	0,5	0,5	0,7	673
Cd <sup>2+</sup> in µg/L	6,38	0,53	0,47	0,37	0,29	12
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in µg/L	18 · 10 <sup>3</sup>	14 · 10 <sup>3</sup>	2 · 10 <sup>3</sup>	76 · 10 <sup>3</sup>	4,5 · 10 <sup>3</sup>	50 · 10 <sup>3</sup>
Wasserhärte °dH	5	21	6	5	3	23

**Aufgabenstellung:**

- 6.1 Wählen Sie Standorte aus, deren Wasser aufgrund der Ergebnisse der Wasserhärtebestimmungen aus Probebohrungen geeignet ist.
- 6.2 Begründen Sie, für welche Standorte sich die Brauerei aufgrund der weiteren Werte der Wasseranalyse entscheiden müsste. Beachten Sie die Maßeinheiten!

- 6.3 Erläutern Sie ökonomische und ökologische Gesichtspunkte, die für die Standortwahl noch von Bedeutung sein könnten.
- 6.4 Nennen Sie ein Verfahren, Schwebstoffe im geförderten Brauwasser abzutrennen.
- 6.5 Beschreiben Sie einen prinzipiellen Weg, die störenden Eisen-Ionen zu entfernen.
- 6.6 Recherchieren Sie die technische Umsetzung der Schwebstoffentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung. Beschreiben Sie die Funktionsweise des Kiesbettbeckens.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
6.1	<b>Standortauswahl nach dem Grenzwert der Wasserhärte für Brauwasser:</b> Auswahl der Standorte 1, 3, 4 und 5	I	1.1 2.3		1 2	3
6.2	<b>Detaillierte Analyse der weiteren Tabellenwerte:</b> Standorte 3 und 5 auswählen und begründen mit den Schwermetall- und Nitrat-Ionenkonzentrationen	II	1.1 2.3	6	1 2	3
6.3	<b>Aspekte für den Vergleich nach ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten:</b> Möglichkeiten der Wasseraufbereitung, Flächeneignung, Verkehrsanbindung, Naturschutzgebiet, aufwändiger Transport in Wasserleitung, Abwassersituation, Fachkräfte u.a.	II/ III		8	8	2 3
6.4	<b>Trennverfahren:</b> Abtrennen der Schwebstoffe durch Filtration, Sedimentation oder Adsorption	I	1.1			
6.5	<b>Prinzip der Enteisung:</b> Gelöste Eisen-Ionen werden durch chemische Reaktionen in schwerlösliche Eisenverbindungen überführt und abgetrennt.	II	1.1 2.2 3.2		4	
6.6	<b>Funktionsweise des Kiesbettbeckens:</b> Das Kiesbettbecken mit unterschiedlicher Körnung bildet Poren und erfüllt somit die Funktion des Filters beim Abtrennen von Schwebstoffen. Durch Rückspülung kann das Kiesbett regeneriert werden.	II	1.1		1 2 4 5	1 2

## 7. Aufgabenbeispiel: Vom Feld in den Tank – Biodiesel im Vergleich mit Dieselkraftstoff

### Material:



Eine europäische Richtlinie besagt, dass bis Ende 2005 in allen EU-Mitgliedstaaten der Anteil von Biokraftstoffen am Gesamtkraftstoffmarkt zwei Prozent, bis Ende 2010 sogar 5,75 % betragen muss. Ein solcher Biokraftstoff ist Biodiesel ( $C_{17}H_{32}O_2$ ), der aus Rapsöl hergestellt wird.

Die folgende tabellarische Übersicht zeigt zwei Ökobilanzen für die Kraftstoffe Biodiesel und Diesel (hergestellt aus Erdöl). Diese wurden von unterschiedlichen Auftraggebern erstellt (siehe Quellen A und B).

Aspekte	Ökobilanz 1	Ökobilanz 2
<b>Energiebilanz</b>	Die heutige Produktionskette von Diesel verbraucht zweimal mehr Energie als die von Biodiesel.	Die Energiebilanz für Diesel und Biodiesel ist eindeutig positiv, d.h., die Produkte liefern mehr Energie als für deren Herstellung aufzubringen ist.
<b>Gesamtemission klimarelevanter Gase (CO<sub>2</sub>-Ges.)<sup>3)</sup> je kg Dieselkraftstoff</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diesel 3,5 – 3,6 kg;</li> <li>- Biodiesel 0,9 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diesel 3,5 – 3,6 kg;</li> <li>- Biodiesel 1,9 – 3,0 kg</li> </ul>
<b>Kohlenstoffdioxid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diesel 4 kg;</li> <li>- Biodiesel 0,3 – 0,8 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diesel 3,4 – 3,5 kg;</li> <li>- Biodiesel 0,8 – 1,4 kg</li> </ul>
<b>Schwefelverbindungen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Biodiesel-Abgas frei von Schwefeloxiden, die den sauren Regen bewirken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine wesentlichen Unterschiede mehr in der Belastung durch Schwefelverbindungen</li> </ul>
<b>Umweltauswirkungen der Verbrennung im Motor</b>	Die meisten Abgaswerte für Biodiesel liegen niedriger: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohlenwasserstoffe 20–40% niedriger,</li> <li>- Ruß 40–50% niedriger,</li> <li>- Partikel 0–40% niedriger,</li> </ul>	Bei Verwendung von Biodiesel ergeben sich nur teilweise Vorteile, z.B. bei den Partikelemissionen. Nachteile ergeben sich durch die Stickstoffoxidemissionen.

3) (CO<sub>2</sub>-Ges.): Wert für die Gesamtemission, bei dem nicht nur die Autoabgase, sondern auch die CO<sub>2</sub>-Anteile berücksichtigt werden, die im Herstellungsprozess des Treibstoffes entstehen.

Aspekte	Ökobilanz 1	Ökobilanz 2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- NO motorspezifisch, meist 0-15% höher, oft auch niedriger,</li> <li>- CO etwa gleich.</li> </ul>	
<b>Wirtschaftlichkeit</b>	Die Preise liegen auf dem Niveau der Preise für fossile Dieselmotorkraftstoffe.	Um Biodiesel am Markt eine Wettbewerbschance zu eröffnen, sind hohe Subventionen erforderlich. Eine solche Subventionierung ist sowohl aus Umweltsicht als auch von der Kosten-Nutzen-Relation negativ zu bewerten.
<b>Fazit</b>	Wird ein fossiler Kraftstoff durch Biodiesel ersetzt, so entgeht dem Staat lediglich die Mineralölsteuer. Der CO <sub>2</sub> -Einspareffekt beträgt jedoch 3,5 – 4,0 kg CO <sub>2</sub> -Ges. <sup>3)</sup> pro Liter ersetzten Kraftstoffes. Zusätzlich werden die fossilen Energieressourcen geschont.	Die Förderung des Einsatzes von Biodiesel als Ersatz von Dieselmotorkraftstoff ist auch weiterhin aus Umweltsicht nicht zu befürworten.

**Text verändert nach:**

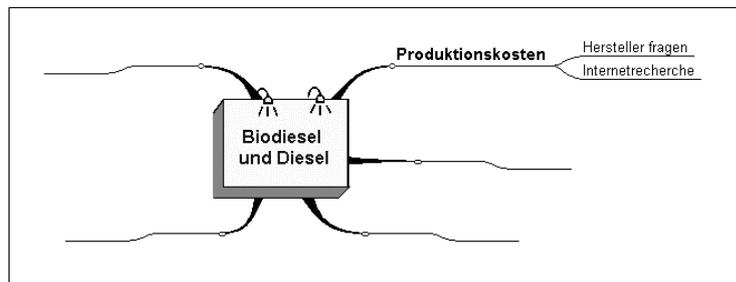
**Quelle A:** Gesellschaft für Entwicklungstechnologie: Biodiesel. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn, 1995

**Quelle B:** W. Drechsler, K. Kraus, J. Landgrebe: Ökobilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz für Dieselmotorkraftstoff. Gesellschaft für Erdöl-, Erdgas- und Kohleforschung

**Aufgabenstellung:**

- 7.1 Welche Aussagen sind in beiden Ökobilanzen übereinstimmend zu finden? Kreuze an:
- Biodiesel ist der umweltfreundlichere Treibstoff.
  - Bei der Produktion von Biodiesel wird weniger Energie benötigt.
  - Die Gesamtemission klimarelevanter Gase ist für Diesel höher.
  - Die Emissionen von Kohlenstoffdioxid sind bei Diesel viermal so hoch.
  - Die Belastung durch Schwefelverbindungen wird nicht als Problem betrachtet.
- 7.2 Ordnen Sie die beiden Ökobilanzen den angegebenen Quellen unter Angabe von Gründen zu.

- 7.3 Die Informationen in den Ökobilanzen sind zum Teil nicht stimmig oder unvollständig. Sie bekommen für eine Gruppenarbeit den Auftrag, die Angaben zu prüfen und zu ergänzen. Stellen Sie in der Mind Map die Aspekte und Informationsquellen dar, denen Sie arbeitsteilig nachgehen würden.



- 7.4 Skizzieren Sie ein Experiment, mit dem Sie demonstrieren können, dass bei der Verbrennung von Biodiesel Kohlenstoffdioxid entsteht. Zeigen Sie anhand einer Reaktionsgleichung, welche weiteren Produkte bei der Verbrennung entstehen können.
- 7.5 In der Diskussion über den Einsatz von Biodiesel wird oft behauptet: „Die Verbrennung von Biodiesel belastet die Atmosphäre nicht mit Kohlenstoffdioxid“. Nehmen Sie Stellung zu dieser Aussage.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
7.1	<b>Prüfen der Aussagen in den Bilanzen und richtige Aussagen ankreuzen:</b> – Ankreuzen der Aussagen 3 und 5	I			2	
7.2	<b>Zuordnung aufgrund der genannten und fehlenden Aspekte:</b> – Ökobilanz 1: Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Ökobilanz 2: Gesellschaft für Erdölforschung	II			2 8	3 5

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
7.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gründe für Bilanz 1: betont wird positive Energiebilanz für Biodiesel, deutlich positive CO<sub>2</sub>-Emission und günstige Abgaswerte für Biodiesel, ...</li> <li>- Gründe für Bilanz 2: keine besondere Betonung der Vorteile des Biodiesels, Erwähnen der eingeschränkten Vorteile der Abgaswerte von Biodiesel, Hervorheben der Subventionierung von Biodiesel, ...</li> </ul>					
7.3	<p><b>Auswählen verbraucherrelevanter Aussagen, z.B.:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abgaswerte: Umweltbundesamt, Untersuchungsämter, Hersteller, TÜV</li> <li>- Schwefelbelastung: Umweltbundesamt</li> <li>- Verbrennungsprozesse im Motor: Physik- und Chemiebücher, Internet</li> <li>- Wirkungsgrad: Hersteller</li> <li>- Infrastruktur Tankstellen: Mineralölgesellschaften</li> <li>- Verfügbarkeit, Gewinnung, Verarbeitung: Ölmühlen, Ölraffinerien</li> </ul>	II		5 6 8	1 2 3 4 10	3 2
7.4	<p><b>Skizze eines möglichen Experimentes, z.B.:</b> Biodiesel wird in einer Porzellanschale erhitzt, entzündet und verbrannt. Die entstehenden Gase werden mittels Trichter und Wasserstrahlpumpe durch eine Waschflasche mit Kalkwasser geleitet. Eine Trübung zeigt Kohlenstoffdioxid an.</p> <p><b>Formulierung einer Reaktionsgleichung:</b> <math>C_{17}H_{32}O_2 + 24 O_2 \rightarrow 17 CO_2 + 16 H_2O</math></p>	II	1.1 3.4	2 5	8	
7.5	<p><b>Argumentation über den Kohlenstoffkreislauf:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapspflanzen entnehmen jährlich über die Photosynthese den Anteil an Kohlenstoffdioxid wieder aus der Atmosphäre, der durch die Verbrennung hinzugefügt wurde.</li> <li>- Dabei wird allerdings der Kohlenstoffdioxid-Anteil, der durch die Herstellung des Biodiesels zusätzlich freigesetzt wird, nicht berücksichtigt.</li> </ul>	III	3.6		8 9	3

## 8. Aufgabenbeispiel: Streusalz und Korrosion

### Material 1:

#### Ökotipp: Alle Jahre wieder: Streusalz

Den „guten Rutsch“, den wir uns alle Jahre wieder wünschen, versuchen wir auf den Gehwegen und Straßen zu verhindern, indem wir die Natur „einpökeln“. Im Durchschnitt werden jährlich in der Bundesrepublik Deutschland zwischen 1 und 2 Millionen Tonnen Auftausalze im Winterdienst verwendet. Die Folge: Durch Streusalz entstehen Jahr für Jahr volkswirtschaftliche Schäden in Milliardenhöhe durch Korrosion an Brücken und Kraftfahrzeugen.

Quelle: [http://vorort.bund.net/thueringen/service/service\\_16/service\\_118.htm](http://vorort.bund.net/thueringen/service/service_16/service_118.htm)



Rollenlager einer Brücke mit beginnender Korrosion



Korrosion am Kfz

### Material 2:

#### Geräte und Chemikalien für den Langzeitversuch:

Metallbleche (Eisen, verzinktes Eisen, Aluminium, Kupfer),  
Streusalz-Lösung ( $w = 10\%$ ) (alternativ Natriumchlorid-Lösung mit  $w = 10\%$ ),  
destilliertes Wasser,  
12 Bechergläser

#### Aufgabenstellung:

- 8.1 Entwickeln Sie einen geeigneten Untersuchungsplan für einen Langzeitversuch, mit dem überprüft werden kann, welche Einflüsse eine Streusalz-Lösung, destilliertes Wasser und Luft auf unterschiedliche Metallbleche haben.

##### *Alternative Aufgabestellung:*

Entwickeln Sie in einer Kleingruppe einen Plan für eine arbeitsteilige Untersuchung, in der Sie durch Kombination verschiedener Experimente umfassende Aussagen über die Einflüsse von Streusalz, destilliertem Wasser und Luft auf unterschiedliche Metallbleche treffen können. Stellen Sie die einzelnen Teilversuche mit den jeweiligen Bedingungen in einer Tabelle dar.

- 8.2 Führen Sie den Versuch durch. Notieren Sie Ihre Beobachtungen über den Zeitraum von mehreren Tagen.
- 8.3 Erklären Sie Ihre Beobachtungen.
- 8.4 Autokarosserien sind dem Streusalz im besonderen Maße ausgesetzt. Welche Korrosionsschutzmaßnahmen würden Sie, unter Berücksichtigung des Versuches, als Fahrzeughersteller bevorzugen? Begründen Sie Ihre Vorschläge.

**Erwartungshorizont:**

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
8.1	<p><b>Entwickeln eines Untersuchungsplanes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– in vier Bechergläser werden jeweils ein Stück von einem Eisenblech, einem verzinkten Eisenblech, einem Aluminiumblech und einem Kupferblech in eine Salzlösung mit <math>w = 10\%</math> gestellt,</li> <li>– in vier weiteren Bechergläsern werden zu Vergleichszwecken die Bleche in destilliertes Wasser gestellt und</li> <li>– in vier weiteren Bechergläsern bleiben die Metalle ohne Wasser</li> </ul> <p><i>Alternative Aufgabenstellung:</i> Jedes Gruppenmitglied führt ein Experiment durch, wobei darauf geachtet wird, dass jeweils nur eine Variable verändert wird.</p>	II		1 2 3		
8.2	<p><b>Versuchsdurchführung und Beobachtungen:</b></p> <p>Salzlösung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– am Eisenblech bildet sich ein roter Belag</li> <li>– am Aluminium und Kupfer kaum wahrnehmbare Veränderung</li> <li>– am verzinkten Eisenblech keine Veränderung</li> </ul> <p>destilliertes Wasser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– alle Metallbleche im destillierten Wasser zeigen kaum Veränderungen</li> </ul> <p>Luft:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– in den Bechergläsern ohne Wasser ist an den Metallblechen keine Veränderung zu beobachten</li> </ul>	I		3 4	2 6	

Aufgabe	erwartete Schülerleistung	AFB	Standards			
			F	E	K	B
8.3	<b>Erklärung der Beobachtungen:</b> – Korrosion ist abhängig von der Art des Metalls – Eisen korrodiert besonders stark, Kupfer und Aluminium nicht – wässrige Salzlösung ist korrosionsfördernd – Korrosion wird als Redoxreaktion beschrieben: $2 \text{Fe} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$ (vereinfacht)	II	1.1 2.1 3.2 3.3 3.4	6 7	5 8	
8.4	<b>Begründung von Korrosionsschutzmaßnahmen:</b> – Verzinken von Karosserien dient dem Korrosionsschutz und verlängert dadurch die Nutzungsdauer des Fahrzeugs und trägt zu dessen Werterhaltung bei – Aluminium eignet sich durch seine Korrosionsbeständigkeit (Passivierung) ebenfalls zum Fahrzeugbau – verschiedene Vor- und Nachteile für die Verwendung von Metallen werden abgewogen: z.B.: Gewicht, Preis, Stabilität, Verarbeitbarkeit, Korrosionsanfälligkeit, Reparaturfreundlichkeit, Recycling	III	1.1 2.3	1 6	2 5 7 8 9	3

