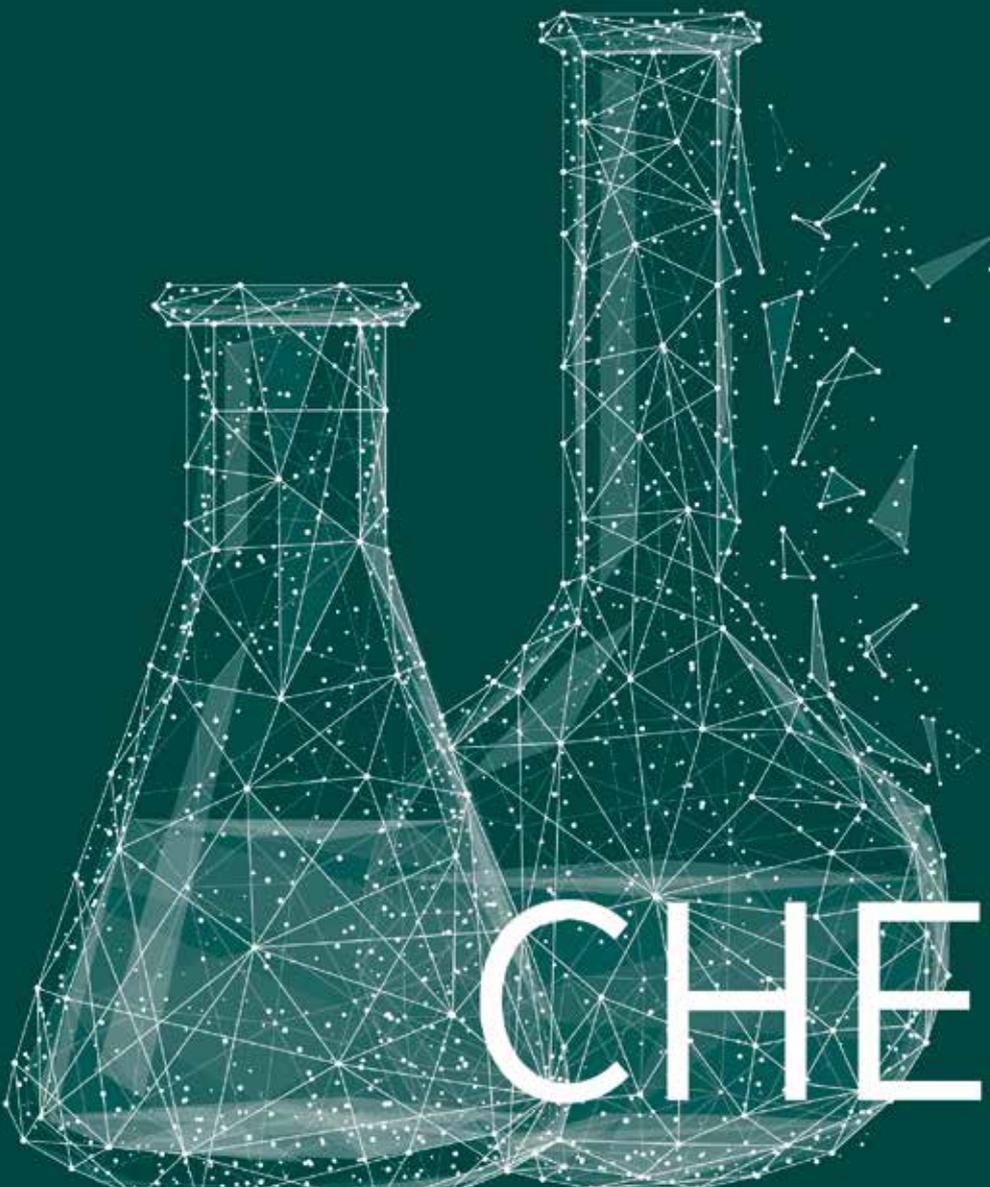




Hybrides Schulbuch

enthält Mediacodes mit digitalen Arbeitsblättern, Videos und Lernanwendungen



CHEMIE

EINFÜHRUNGSPHASE

**KOSTENFREIE
LESEPROBE**



Berlin / Brandenburg



So digital wird Ihr Unterricht mit Chemie

Mit unserem modernen Lehrwerk **Chemie**, bestehend aus dem gedruckten Schulbuch, der **digitalen Ausgabe click & study** und dem **digitalen Lehrmaterial click & teach**, entscheiden Sie selbst, wie digital Ihr Unterricht sein soll.

analog

Wenn Sie analog bleiben möchten, schlagen Sie einfach das Schulbuch auf und unterrichten Sie klassisch mit informativen Texten und zahlreichen Aufgaben.

hybrid

Darf's ein bisschen mehr sein? Denn **Chemie** ist hybrid: Über QR- und Mediacodes erhalten Sie und Ihre Klasse Zugang zu digitalen Zusatzmaterialien wie Arbeitsblättern, gestuften Hilfen und Animationen. In der **digitalen Ausgabe click & study** können Sie diese Inhalte direkt aufrufen. Noch mehr Material bietet das exakt passende **digitale Lehrmaterial click & teach**.

digital

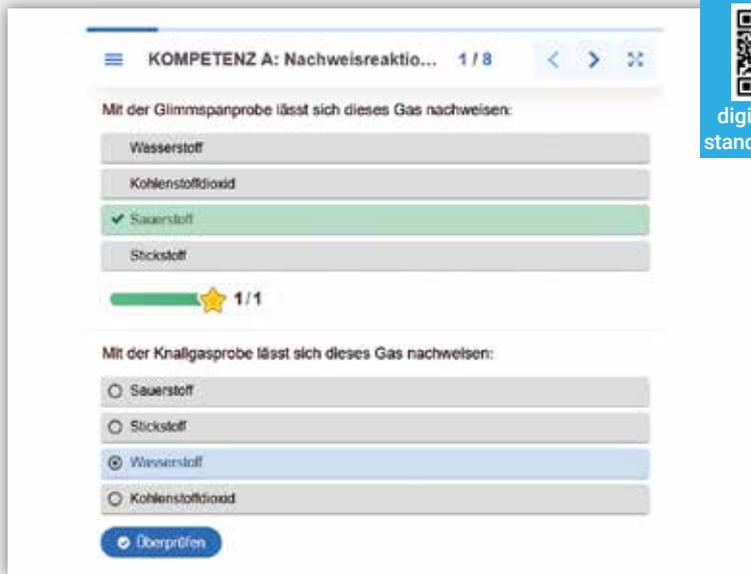
Für den rein digitalen Unterricht bieten wir mit **click & study** – für Lernende – und **click & teach** – für Lehrende – einen besonders einfach zu bedienenden Reader, der neben der vollständigen digitalen Ausgabe des Schülerbands noch zahlreiche nützliche Funktionen und Zusatzmaterialien enthält – ideal für Tablet-Klassen!

click & study und click & teach bieten:		click & study	click & teach
	Vollständige digitale Ausgabe des Schülerbands <i>online oder offline via App</i>	✓	✓
	Toolbar mit vielen nützlichen Funktionen <i>z. B. Markieren, Kopieren, Zoomen, Suchen, Zeichnen ...</i>	✓	✓
	Digitale Arbeitsseite <i>zusätzliche leere Seite für eigene Inhalte</i>	✓	✓
	Digitale Zusatzmaterialien und Links <i>z. B. Videos, gestufte Hilfen, interaktive Lernanwendungen, Animationen, Arbeitsblätter ...</i>	✓	✓
	Umfangreiches digitales Lehrermaterial <i>Lösungen, Gefährdungsbeurteilungen u. v. m.</i>	—	✓
	Materialimport <i>eigene Materialien hochladen und in neuem Spot platzieren</i>	—	✓
	Materialfreischaltung <i>Materialien für Lernende in click & study individuell freischalten</i>	✓	✓
	Aufgabenpool <i>digitale Aufgaben an Lernende senden und empfangen</i>	✓	✓
	Forum <i>Chatfunktion zum Austausch</i>	✓	✓
	Unterrichtsplaner <i>strukturieren, kommentieren und präsentieren von Materialien</i>	—	✓



Erklärvideos zu click & study
und click & teach ansehen





Diagnose und Lernstandserhebung mit digitalen Lernanwendungen

Zu Beginn eines jeden Kapitels können Sie mithilfe von digitalen Lernanwendungen auf den „Startklar?“-Seiten den Lernstand der Klasse ermitteln. Am Ende des Kapitels finden Sie auf den Diagnoseseiten „Ziel erreicht?“ digitale Angebote zur Lernerfolgskontrolle. Zudem können Sie an vielen weiteren Stellen die neuen Inhalte mithilfe von digitalen Lernanwendungen festigen.

digitales Material via QR- oder
Mediencode verfügbar



So digital ist

... mit der digitalen

multimedial vom Experiment zur Erkenntnis

Zahlreiche Animationen und Videos erleichtern den Schülerinnen und Schülern das Verständnis chemischer Abläufe und Zusammenhänge und unterstützen Sie in der multimedialen Unterrichtsgestaltung.



Chemie...

Ausgabe click & study

Medienkompetenz vermitteln

Die Medienkompetenz-Seiten vermitteln den Umgang mit digitalen Medien im Zusammenhang mit chemischen Sachverhalten. Hier finden sich neben erklärenden Texten auch praktische Handlungsanweisungen und Aufgaben rund um das Thema Medienkompetenz.



gestufte Hilfen

Zu zahlreichen Aufgaben aus dem Schulbuch gibt es digitale, gestufte Hilfen. Diese unterstützen die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung von komplexen Aufgabenstellungen und eignen sich zur Binnendifferenzierung.

digitales Material enthalten oder via Link verfügbar

AUFGABEN

A1 Recherchieren Sie einen kurzen Fachtext zu einem **MK** für Sie interessanten chemischen Thema mit Bezug zu Alkohol. Wenden Sie auf den Text die in Schritt 1 beschriebene Lesestrategie beim Umgang mit einem fachsprachlichen Text samt Wechsel der Darstellungsform an.

A2 Beurteilen Sie die Bildquelle **B3** nach den angegebenen Kriterien. Gehen Sie insbesondere auf mögliche Gefahren zur Meinungsbeeinflussung beim Lesen ein.

Quellenbier
erfrischend
natürlich
gesellig
lecker

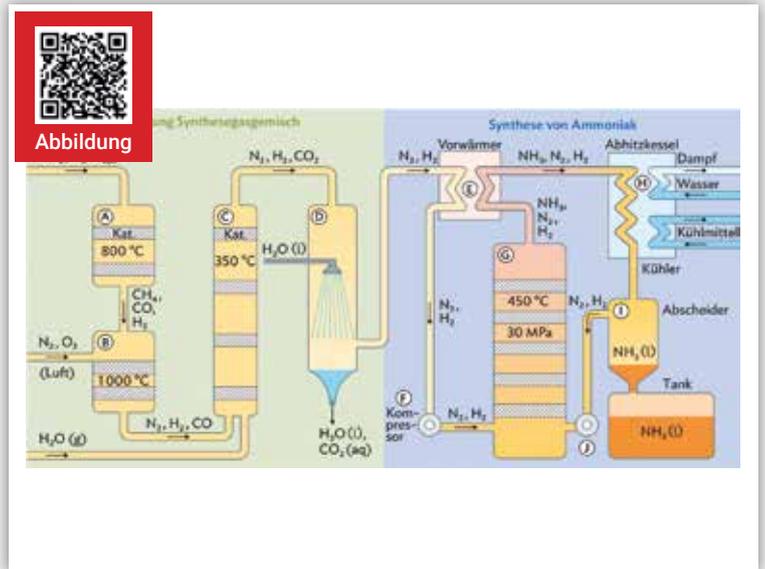
B3 Bierwerbung in einem lokalen Informationsblatt

A3 Suchen Sie im Internet einen Werbefilm zum Thema alkoholhaltige Getränke. Beurteilen Sie die Filmquelle und achten Sie besonders auf mögliche Gefahren zur Meinungsbeeinflussung beim Zuschauen.





mit click & teach



Abbildung

vergrößerte Abbildungen und Illustrationen

4.2 Saccharose und andere Disaccharide

5.1 Fette und Fettsäuren

Fette – same, same, but different!
 Fette dienen im menschlichen Körper als Energiespeicher. Über die Nahrung aufgenommen liefern sie dem Menschen Energie. Zudem dienen sie dem Transport fettlicher Vitamine im Körper. Essentielle Fettsäuren, insbesondere Linolensäure, sind lebenswichtig, da sie unter anderem am Aufbau der Zellmembranen und der Gewebshormone beteiligt sind. Fette stammen aus tierischen oder pflanzlichen Quellen. Es gibt verschiedene Verfahren, mit denen die pflanzlichen Fette gewonnen werden können, dabei werden typischerweise von raffinierten Fetten unterschieden.

Fettsäure	Butter	Schweine-schmalz	Sonnenblü-menöl (raff.)	Sonnenblü-menöl (nat.)	Rapsöl (nat.)	Palmöl
Buttersäure	4,9	3				0,2
Lauroinsäure	12,2	3			2,7	40,47
Myristsäure	14,3	8,15	1,2	5,8	1,3	3,8
Palmitinsäure	18,0	22,37	20,30	3,3	11,00	36,44
Stearinsäure	19,0	6,13	36,44	14,40	12,30	9,12
Oleinsäure	18,1	17,50	29,55	14,40	48,74	5,14
Linolensäure	18,4	1,3	4,12		10	30,37
Linolensäure	18,3	1,3	0,1	(18)-(18)		
Schmelztemperatur in °C	29-36	20-23	180-200	107	220-225	130
Siedepunkt in °C	150-175	180-200	107	220-225	130	220-225

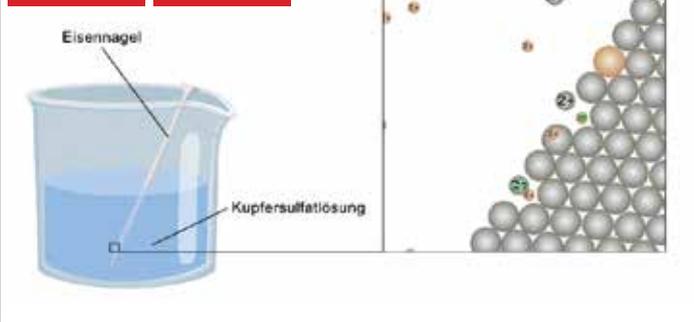
Aufgaben

1. **Fette – Eigenschaften und Gewinnung**
 a) Vergleichen Sie die beiden Fette Butter und Schweinefleisch mit den pflanzlichen Sonnenblumenöl und Rapsöl in ihrer Zustandsbezeichnung in B1.
 b) Palmöl hat für ein pflanzliches Fett ein ungewöhnliches Fettsäuremuster. Begründen Sie diesen Sachverhalt.
 c) Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen Schmelztemperatur und Fettsäuremuster der Fette.
 d) Recherchieren Sie zu den unterschiedlichen Verfahren der Fettgewinnung aus pflanzlichen Quellen und erläutern Sie die Vor- und Nachteile der Verfahren.

2. **Fette in der Küche**
 a) Erklären Sie die fettreichen Lebensmittel im Ernährungskreis (B2) und skizzieren Sie den Anteil dieses Lebensmittel bei einer gesunden Ernährungsweise.
 b) Erhitzen Sie Fette sehr stark, so zerfallen sie sich unter Rauchbildung. Der Rauchschonke ist abhängig vom Fett und seiner Gewinnung. Stellen Sie eine Vermutung über die entstehenden Produkte auf.
 c) Geben Sie begründet Fette an, die für die Garmethode „Bisten“ geeignet sind.
 d) Frittieren sollte nicht zu lange bzw. zu oft genutzt werden. Begründen Sie diesen Sachverhalt und eventuelle Folgen.

Arbeitsblatt

zusätzliche Arbeitsblätter und Kopiervorlagen



Videos und Animationen

Lizenzmodelle click & teach

In click & teach sind immer die vollständige digitale Ausgabe des C.C.Buchner-Lehrwerks und umfangreiches Lehrermaterial enthalten. Die Laufzeit jeder click & teach-Lizenz gilt, solange das C.C.Buchner-Lehrwerk als gedrucktes Schulbuch lieferbar ist, in der Regel sind das mehrere Jahre. Inhaltlich sind alle Lizenzformen identisch.

	Einzellizenz	Einzellizenz Box	Einzellizenz flex	Kollegiums- lizenz
Lizenz- anzahl	1	1	1	beliebig viele Lizenzen für Ihr Fachkollegium (inkl. Referendare)
Weitergabe	nicht übertragbar	nicht übertragbar	übertragbar*	für das komplette Fachkollegium (inkl. Referendare)
Zugang	digitaler Freischaltcode per E-Mail	Box inkl. Karte mit Freischaltcode per Post	direkte Freischaltung im Schulkonto	direkte Freischaltung im Schulkonto
Verfüg- barkeit	im persönlichen Nutzerkonto	im persönlichen Nutzerkonto	im verknüpften Schulkonto	im verknüpften Schulkonto

*Die Einzellizenz flex kann beliebig oft an eine andere Person übertragen werden.

Schulkonto

Auf www.ccbuchner.de können sich Lehrkräfte (auch jene im Referendariat) mit ihrem Schulkonto verknüpfen und folgende Funktionen nutzen:

► **click & teach-Lizenzen erwerben und nachkaufen**

In wenigen Schritten können über die Auswahl des Fachs und des Bundeslands die Kollegiumslizenz sowie die Einzellizenzen flex per Rechnung an die hinterlegte Schule erworben werden. So kann click & teach direkt genutzt werden – ohne Wartezeit!

► **click & teach-Lizenzen verwalten und übertragen**

Daneben kann die Zuordnung der Lizenzen zu Mitgliedern des Fachkollegiums eingesehen und verwaltet werden. Fachfremden Lehrkräften kann ebenfalls manuell eine Lizenz zugewiesen werden. Wurde eine Einzellizenz flex erworben, erfolgt im Schulkonto die Zuordnung bzw. die Übertragung.

► **Zugriffsrechte verwalten**

Im Schulkonto können für alle verknüpften Kolleginnen und Kollegen die Rechte (*Lizenzen kaufen, Lizenzen verwalten, Zugriffsrechte bearbeiten, Schuldaten bearbeiten und Schulkollegium verwalten*) individuell vergeben werden.

Lizenzmodelle click & study

Auch in click & study ist immer die vollständige digitale Ausgabe des C.C.Buchner-Lehrwerks enthalten. Die Schülerinnen und Schüler erhalten Zugang zur digitalen Ausgabe über einen Freischaltcode, der per E-Mail an sie verschickt wird. Verfügbar ist click & study dann im persönlichen Nutzerkonto der Schülerinnen und Schüler. Die Lizenzen sind nicht übertragbar.

click & study	Einzellizenz	Einzellizenz Print Plus
Preis	Normalpreis	Wenn das gedruckte Schulbuch eingeführt ist, ist pro Buch eine Jahreslizenz ab 1,90 € erhältlich.
Laufzeit	12 + 1 Monat ab Freischaltung	12 + 1 Monat ab Freischaltung
Lizenzanzahl	1	1 pro eingeführtem Schulbuch

Stand: 01.01.2024

Sie haben Fragen?

Unsere Kolleginnen und Kollegen in der Digital-Beratung helfen Ihnen gern. Alle Kontaktmöglichkeiten, Details und weitere Hilfsangebote finden Sie auf der folgenden Seite.

E-Mail: click-and-teach@ccbuchner.de | click-and-study@ccbuchner.de

Weitere Informationen:

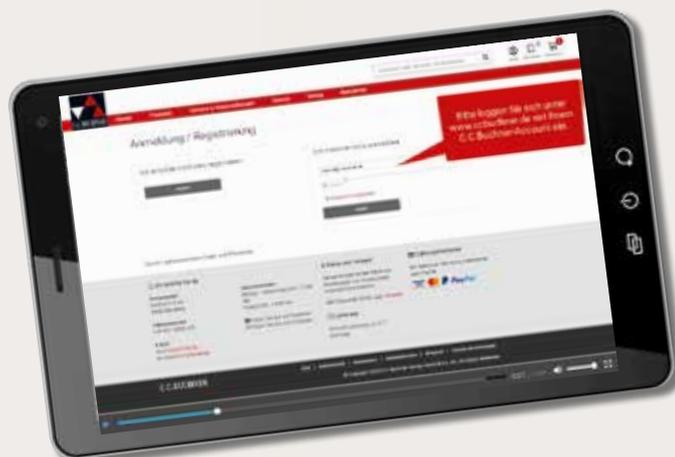
www.click-and-study.de

www.click-and-teach.de

www.ccbuchner.de/schulkonto



Erklärvideos
Schulkonto



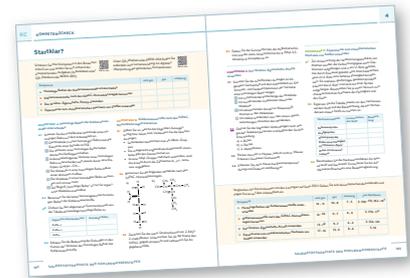
Zum Umgang mit dem Buch

So können Sie mit diesem Buch arbeiten ...

Ihr neues Chemiebuch enthält fünf Kapitel. Jedes Kapitel ist in mehrere Untereinheiten unterteilt und enthält eine Reihe verschiedener Seitentypen. Hier erfahren Sie, wie Sie mit diesen Seitentypen arbeiten können.

1. Los geht's

Um festzustellen, ob Sie fit für ein Kapitel sind, können Sie sich auf den Seiten **Startklar?** zunächst selbst einschätzen und anschließend Ihre Einschätzung anhand von Aufgaben überprüfen. Unter den jeweiligen QR- bzw. Mediacodes können Sie die passenden Arbeitsblätter sowie digitale Lernanwendungen zu den gefragten Kompetenzen abrufen (vgl. Info unten). Die Lösungen finden Sie im Anhang des Buches. Schneiden Sie in einem Bereich nicht so gut ab, bekommen Sie im Auswertungskasten Informationen, an welchen Stellen Sie noch einmal nachlesen sollten.



2. Die Untereinheiten

Die Seiten **Versuche und Material** sind der Ausgangspunkt für Ihren Erkenntnisgewinn. Wie alle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler führen Sie Versuche durch, um neues Wissen zu erlangen. Kleinschrittige Auswertungsaufgaben helfen Ihnen dabei. Gefahrenpiktogramme sowie Entsorgungshinweise (vgl. S. 254 und 255) unterstützen Sie und Ihre Lehrkraft bei der sicheren Durchführung der Experimente.



V

Schülerversuch

LV

Lehrerversuch

M

alternative
ArbeitsmaterialienA1
anspruchsvolle
AufgabeMK⁷
Medienkompetenz-
Aufgabe

INFO

Im Buch finden Sie **QR-** und **Mediacodes**, die zu Videos, chemischen Programmen, Arbeitsblättern, gestuften Hilfen, Animationen, digitalen Lernanwendungen u. ä. führen. Die QR-Codes können Sie direkt mit Ihrem Smartphone einscannen. Alternativ können Sie den jeweils darunter stehenden Mediacode auf www.ccbuchner.de/medien eingeben.



Übersicht über alle
QR-/Mediacodes
unter QR-/Mediacode
06010-001
06010-001

Auf den Seiten **Erarbeitung** können Sie Neues in leicht verständlichen Texten nachlesen. Ausgehend von experimentellen Befunden werden die neuen Inhalte aufgearbeitet und erklärt. Das Wichtigste finden Sie in gelb hinterlegten Merkkästen am Ende jeder Doppelseite. Die wichtigsten Fachbegriffe der Untereinheit sind jeweils hervorgehoben. Kleine Infokästen bieten Zusatzinformationen zum Text. Zudem gibt es auf jeder Doppelseite passende Aufgaben zum Üben des Gelernten, wobei anspruchsvolle Aufgaben hierbei jeweils unterstrichen und Medienkompetenz-Aufgaben durch ein entsprechendes Symbol hervorgehoben werden. Operatoren für Aufgaben finden Sie unter QR-/Mediacode 06015-02.

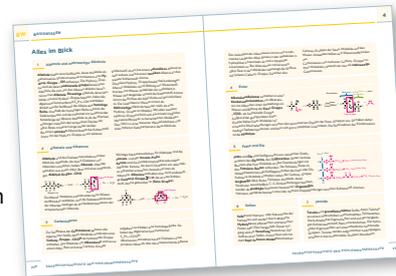


06015-02

Zum Umgang mit dem Buch

3. Am Ende des Kapitels

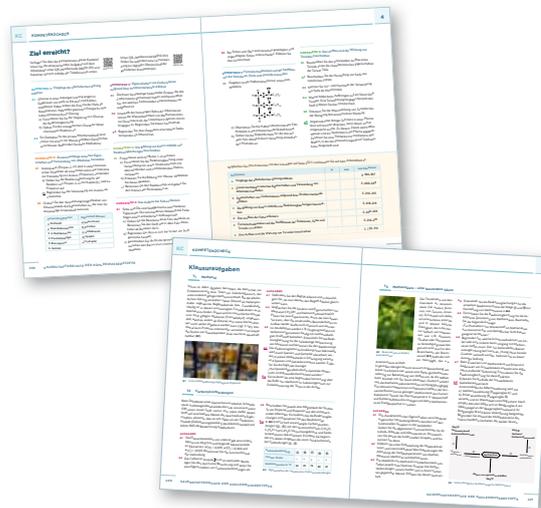
Die wichtigsten Inhalte aus jedem Kapitel werden auf den Seiten **Alles im Blick** kompakt zusammengefasst. Damit können Sie sich gut auf einen Test vorbereiten.



Am Kapitelende warten zudem auf den Seiten **Zum Üben und Weiterdenken** eine große Anzahl bunt gemischter Aufgaben darauf, gelöst zu werden. Auch hier sind anspruchsvolle Aufgaben sowie Medienkompetenz-Aufgaben gesondert markiert.



Mit den Seiten **Ziel erreicht?** können Sie überprüfen, ob Sie die neuen Inhalte des Kapitels verstanden haben. Das entsprechende Arbeitsblatt können Sie unter dem QR- bzw. Mediacode herunterladen und Ihre Antworten mit den Lösungen im Anhang abgleichen. Zudem finden Sie auch hier digitale Lernanwendungen sowie Seitenverweise zum Nachlesen im Buch.



Auf den Seiten **Klausuraufgaben** finden Sie eine Vielzahl materialbasierter Aufgabenblöcke zum jeweiligen Kapitel, welche ideal für die Vorbereitung auf einen anstehenden Test geeignet sind.

4. Sonderseiten

Der Einsatz digitaler Medien spielt in der Chemie eine große Rolle. Auf den **Medienkompetenz**-Seiten lernen Sie, wie man gezielt Informationen im Internet oder einer App sucht, mit chemischen Programmen arbeitet, Quelleninhalte analysiert und beurteilt oder Wissen mithilfe von digitalen Programmen an andere weitergibt. Fachmethoden der Chemie sind Werkzeuge, deren Handhabung gelernt sein will. Auf den Seiten **Fachmethode** wird Schritt für Schritt erklärt, wofür eine Methode gut ist und wie man sie anwendet.



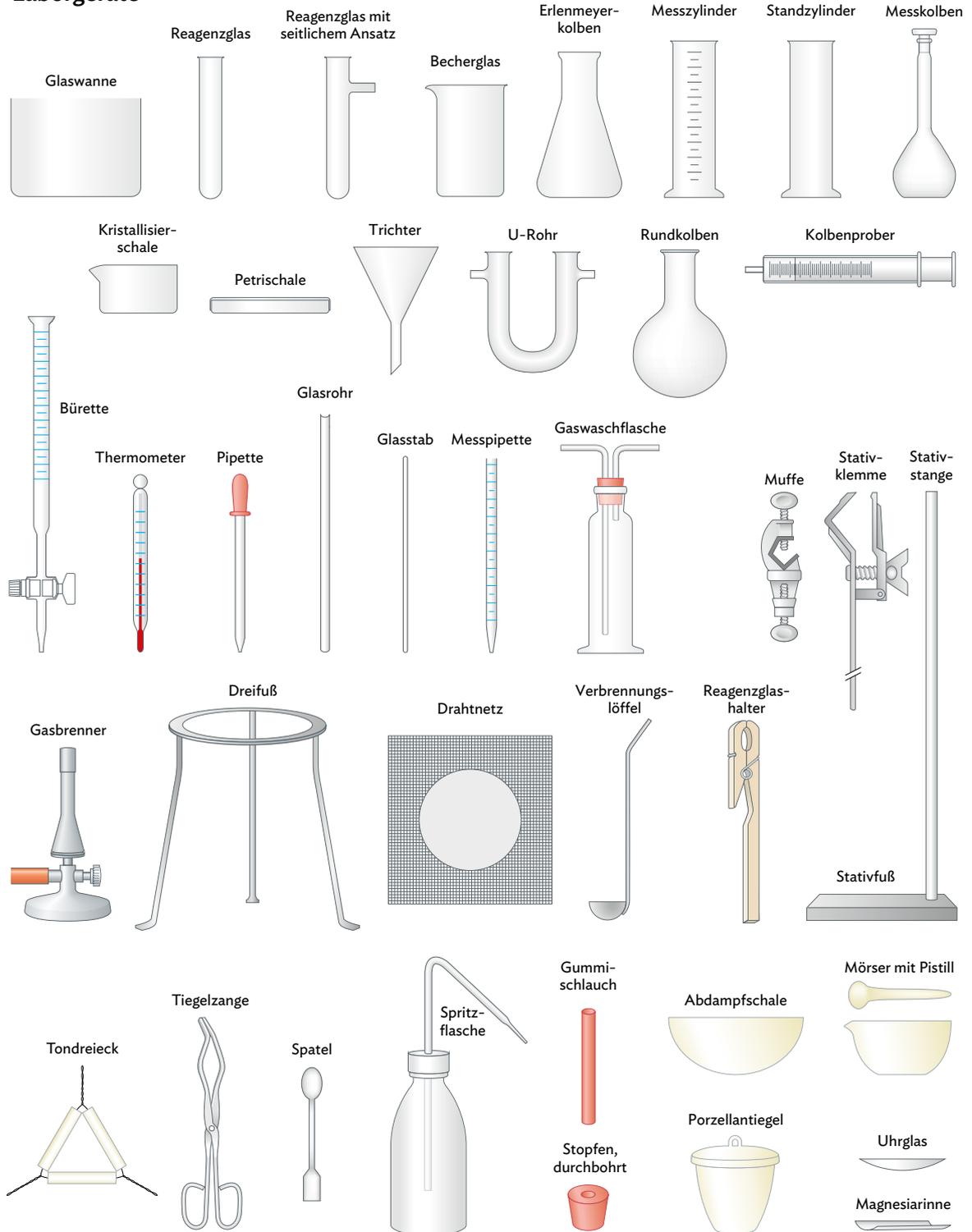
Auf den Seiten **Exkurs** können Sie „über den Tellerrand blicken“. Spannende Themen, z. B. aus Biologie, Physik, Medizin, Umwelt oder Erdkunde, werden wie in einer Zeitschrift vorgestellt. Die **Bildung für nachhaltige Entwicklung** finden Sie auf separaten BNE-Seiten im Buch.



INFO Hier und da finden Sie kleine **Fachmethoden**-, **Exkurs**- und **Medienkompetenz-Kästen** in den entsprechenden Farben auch auf anderen Seitentypen.

Übersicht - Laborgeräte

Laborgeräte



Chemie

Einführungsphase

Berlin/Brandenburg

C.C.Buchner

Chemie Berlin/Brandenburg – Sek II

Herausgegeben von Ilona Siehr

Chemie Einführungsphase

Bearbeitet von Claudia Bohrmann-Linde, Nina Heldt, Matthias Jachan, Angela Köhler-Krützfeldt, Christoph Kreibich, Ilona Siehr und Martin Wattenbach und unter Verwendung von Beiträgen der Autorinnen und Autoren folgender Werke:

- | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| - ISBN 978-3-661-05002-7 | - ISBN 978-3-661-05043-0 | - ISBN 978-3-661-06006-4 |
| - ISBN 978-3-661-05024-9 | - ISBN 978-3-661-05512-1 | - ISBN 978-3-661-06011-8 |
| - ISBN 978-3-661-05037-9 | - ISBN 978-3-661-06001-9 | - ISBN 978-3-661-06021-7 |

Zu diesem Lehrwerk sind geplant:

- Digitales Lehrermaterial **click & teach** Einführungsphase Einzellizenz, WEB-Bestell-Nr. 060161
- Digitales Lehrermaterial **click & teach** Einführungsphase Box (Karte mit Freischaltcode), ISBN 978-3-661-06016-3

Weitere Lizenzformen (Einzellizenz flex, Kollegiumslizenz) und Materialien unter www.ccbuchner.de.

Dieser Titel wird auch als digitale Ausgabe **click & study** unter www.ccbuchner.de erscheinen.

Leseprobe

Dieses Werk folgt der reformierten Rechtschreibung und Zeichensetzung. Ausnahmen bilden Texte, bei denen künstlerische, philologische oder lizenzrechtliche Gründe einer Änderung entgegenstehen.

Die Mediacodes enthalten ausschließlich optionale Unterrichtsmaterialien, die der Verlag in eigener Verantwortung zur Verfügung stellt. An keiner Stelle im Schülerbuch dürfen Eintragungen vorgenommen werden. Haftungshinweis: Die Versuchsvorschriften in diesem Buch wurden sorgfältig, auf praktischen Erfahrungen beruhend, entwickelt. Da Fehler aber nie ganz ausgeschlossen werden können, übernehmen der Verlag sowie die Autorinnen und Autoren keine Haftung für Folgen, die auf beschriebene Experimente zurückzuführen sind. Mitteilungen über eventuelle Fehler und Vorschläge zur Verbesserung werden dankbar angenommen.

© 2024 C. C. Buchner Verlag, Bamberg

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlags. Hinweis zu §§ 60 a, 60 b UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung eingescannt und/oder in ein Netzwerk eingestellt werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen und sonstigen Bildungseinrichtungen. Fotomechanische, digitale oder andere Wiedergabeverfahren sowie jede öffentliche Vorführung, Sendung oder sonstige gewerbliche Nutzung oder deren Duldung sowie Vervielfältigung (z. B. Kopie, Download oder Streaming), Verleih und Vermietung nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags.

Redaktion: Thomas Juli

Layout und Umschlag: Petra Michel, Amberg

Satz: tiff.any GmbH & Co. KG, Berlin

Illustrationen: Stefan Dangl, München; Helmut Holtermann, Dannenberg;

Manfred Koch, Oberweißbach; Angelika Kramer, Stuttgart;

tiff.any GmbH & Co. KG, Berlin

www.ccbuchner.de

ISBN der genehmigten Auflage 978-3-661-06010-1

Vorwort

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

mit Ihrem Start in den Chemieunterricht der Oberstufe können Sie nun Ihr Grundlagenwissen aus der Sekundarstufe I auf neue Kontexte anwenden und erweitern, sodass Sie für die neuen Inhalte in der Qualifikationsphase gerüstet sind.

- Sie wenden Ihr Wissen zum Atombau unter Nutzung des Periodensystems der Elemente an. Sie erkennen dabei Regelmäßigkeiten und Besonderheiten von Stoffklassen und vertiefen in diesem Zusammenhang Ihre Kenntnisse zum Basiskonzept vom Aufbau und den Eigenschaften der Stoffe und ihrer Teilchen.
- Sie erarbeiten das Donator-Akzeptor-Konzept im Bereich von Säure-Base-Reaktionen am Beispiel von Protolysereaktionen und gehen auf die Alltagsrelevanz von sauren und alkalischen Reaktionen sowie deren physiologische Bedeutung für den menschlichen Körper ein.
- Systematisierende Betrachtungen, z. B. zu verschiedenen Wegen, Salze zu bilden, ermöglichen Ihnen die Festigung von Kenntnissen zu chemischen Reaktionen.
- Die Betrachtung von Reaktionen, die in Kreislaufprozessen wie dem Kohlenstoff- oder Kalkkreislauf stattfinden, hilft Ihnen, Prozesse, wie die Fotosynthese und Atmung zu verstehen.
- Sie vertiefen weiterhin Ihr Wissen über organische Stoffklassen. Dabei werden Regelmäßigkeiten innerhalb von Stoffklassen, insbesondere von Kohlenwasserstoffen und deren Sauerstoffderivate, unter Anwendung des Struktur-Eigenschafts-Konzepts erarbeitet.
- Außerdem lernen Sie wichtige Prozesse, die Förderung und Weiterverarbeitung von Erdöl und Erdgas kennen.
- Sie erarbeiten Vor- und Nachteile fossiler und erneuerbarer Rohstoffe, deren Nutzung zur Energiegewinnung und den Einfluss ihrer Verbrennung auf das globale Klima.
- Die Anwendung stöchiometrischer Berechnungen ermöglicht es Ihnen, den Stoffumsatz chemischer Reaktionen bzw. durch Berechnungen nach Elementaranalysen, die atomare Zusammensetzung chemischer Verbindungen zu ermitteln.

Ausgangspunkt für neue Erkenntnisse sind in diesem Buch Experimente und ausgewählte Materialien, die auf den dann folgenden Erarbeitungsseiten ausgewertet und in Kontext gebracht werden. Da die Chemie in engem Bezug zu anderen Fächern und Forschungsgebieten steht, eröffnen Ihnen Exkurs-Seiten Blicke „über den Tellerrand hinaus“. Zur Schulung Ihrer fachmethodischen und Medienkompetenzen stehen weitere spezielle Seiten zur Verfügung.

Die Welt und Menschheit betreffende Fragestellungen sind vielschichtig und lassen sich häufig nicht nur aus den Naturwissenschaften heraus verstehen. Als Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung zu den übergreifenden Themen im Teil B des Rahmenlehrplans finden Sie Buchseiten, die Themen wie Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts, Baustoff Kalk versus Naturstoff Kalk oder Einsatz von Streusalzen behandeln und durch Fragestellungen zu vielperspektivischen Überlegungen anregen sollen.

Aus Ihrer Generation erwachsen die Forschenden und die Entscheiderinnen und Entscheider von morgen. Mit diesem Buch möchten wir einen Beitrag leisten, Sie für Chemie und Naturwissenschaften zu motivieren und zu interessieren, damit Sie schon jetzt aktiv bei aktuellen Fragen unserer Welt mitdiskutieren können.

Viel Erfolg in der Oberstufe, insbesondere in der Chemie, wünscht Ihnen die Herausgeberin.

Inhalt

0 Grundlagen aus der Sekundarstufe I	8
I. Stoffe, ihre Eigenschaften und ihr Aufbau	10
II. Chemische Reaktionen	12
III. Elemente und Verbindungen	14
IV. Nachweise anorganischer Stoffe und Ionen	16
V. Ausgewählte Modelle im Überblick	17
1 Vom Atom zur chemischen Bindung	18
■ Startklar?	20
1.1 Atombau und Periodensystem der Elemente	22
1.1.1 Versuche und Material	22
1.1.2 Das Kern-Hülle-Modell im Detail	24
1.1.3 Das Schalenmodell von BOHR	26
1.1.4 FACHMETHODE: Ionisierungsenergien sichtbar machen	28
1.1.5 EXKURS: Der Weg zum Periodensystem der Elemente	30
1.1.6 MEDIENKOMPETENZ: Mit einer PSE-App arbeiten	32
1.1.7 EXKURS: Seltene Erden	33
1.2 Metalle	34
1.2.1 Versuche und Material	34
1.2.2 Aufbau von Metallen	36
1.2.3 Struktur-Eigenschafts-Konzept der Metalle	38
1.3 Nichtmetalle	40
1.3.1 Versuche und Material	40
1.3.2 Bau und Eigenschaften von Nichtmetallen	42
1.3.3 FACHMETHODE: LEWIS-Strukturformeln von Nichtmetall-Molekülen aufstellen	44
1.3.4 EXKURS: Zeppelingas	45
1.3.5 Die Gesichter des Kohlenstoffs	46
1.3.6 Fullerene - eine überraschende Entdeckung	48
1.3.7 EXKURS: Nanostrukturen	50
1.4 Reaktionen zwischen Nichtmetallen	52
1.4.1 Versuche und Material	52
1.4.2 Analyse und Synthese von Wasser	54
1.4.3 FACHMETHODE: Das EPA-Modell zur Erklärung der Geometrie von Molekülverbindungen anwenden	55
1.5 Reaktionen zwischen Metallen und Nichtmetallen	56
1.5.1 Versuche und Material	56
1.5.2 Bildung von Salzen aus den Elementen	58
1.5.3 FACHMETHODE: Die Ladungszahl für Ionen aus dem PSE ablesen	60
1.5.4 FACHMETHODE: Verhältnisformeln aufstellen	61
1.5.5 Salze als Ionenverbindungen	62
1.5.6 Eigenschaften von Salzen	64
1.6 Wechselwirkungen zwischen Teilchen	66
1.6.1 Versuche und Material	66
1.6.2 Die Polarität der Moleküle	68

Inhalt

1.6.3	FACHMETHODE: Die Dipoleigenschaften von Molekülen ableiten	69
1.6.4	Zwischenmolekulare Wechselwirkungen	70
1.7	Stöchiometrische Berechnungen	72
1.7.1	Versuche und Material	72
1.7.2	Stöchiometrische Berechnungen	74
1.7.3	FACHMETHODE: Quantitative Aspekte chemischer Reaktionen	76
■	Zum Üben und Weiterdenken	78
■	Alles im Blick	80
■	Ziel erreicht?	82
■	Klausuraufgaben	84

2 Säuren, Basen und Salze 86

■	Startklar?	88
2.1	Erkennen und Unterscheiden von sauren und basischen Lösungen	90
2.1.1	Versuche und Material	90
2.1.2	Indikatoren für saure und basische Lösungen	92
2.1.3	FACHMETHODE: Mit Indikatoren und einem pH-Meter arbeiten	93
2.1.4	Reaktion von Metallen, Metalloxiden und Nichtmetalloxiden mit Wasser	94
2.1.5	EXKURS: Saurer Regen	95
2.1.6	Ionen in sauren Lösungen	96
2.1.7	Ionen in basischen Lösungen	98
2.1.8	BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: Laugen im Alltag und Technik	99
2.2	Säure-Base-Theorie nach BRØNSTED	100
2.2.1	Versuche und Material	100
2.2.2	Historische Entwicklung des Säure-Base-Begriffs	102
2.2.3	FACHMETHODE: Alltags- und Fachsprache unterscheiden	103
2.2.4	Säure-Base-Theorie nach BRØNSTED	104
2.2.5	Die Neutralisationsreaktion	106
2.2.6	MEDIENKOMPETENZ: Eine Internetrecherche durchführen	108
2.3	Konzentrationen von sauren und basischen Lösungen messen und bestimmen	110
2.3.1	Versuche und Material	110
2.3.2	Der pH-Wert und die pH-Skala	112
2.3.3	FACHMETHODE: Eine Säure-Base-Titration durchführen	114
2.3.4	FACHMETHODE: Eine Säure-Base-Titration auswerten	115
2.3.5	EXKURS: pH-Werte im menschlichen Körper und entsprechende Körperpflege	116
2.4	Salze	118
2.4.1	Versuche und Material	118
2.4.2	Salzbildungsreaktionen aus wässrigen Lösungen	120
2.4.3	Energetische Betrachtung des Lösevorgangs von Salzen	122
2.4.4	BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: Streusalz	124
2.4.5	EXKURS: Wärmepflaster und Kühlpacks	125
2.4.6	BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: Baustoff Kalk vs. Naturstoff Kalk	126
■	Zum Üben und Weiterdenken	128
■	Alles im Blick	130

Inhalt

■ Ziel erreicht?	132
■ Klausuraufgaben	134

3 Grundlagen der organischen Chemie 136

■ Startklar?	138
3.1 Organische Chemie	140
3.1.1 Versuche und Material	140
3.1.2 Organische Chemie und organische Stoffe	142
3.2 Erdöl und Erdgas – endliche Kohlenwasserstoffquellen	144
3.2.1 Versuche und Material	144
3.2.2 Erdöl und Erdgas – fossile Rohstoffe	146
3.2.3 EXKURS: Der Kohlenstoffkreislauf	148
3.2.4 BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: Der Treibhauseffekt	149
3.2.5 Die Alkane	150
3.2.6 MEDIENKOMPETENZ: Sachtexte verstehen mithilfe von Lesestrategien	152
3.3 Eigenschaften von Alkanen	154
3.3.1 Versuche und Material	154
3.3.2 Stoffeigenschaften auf der Teilchenebene	156
3.3.3 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen	158
3.3.4 Die Weiterverarbeitung des Erdöls	160
3.4 Alkene und Alkine	162
3.4.1 Versuche und Material	162
FACHMETHODE: Mehrfachbindungen nachweisen	163
3.4.2 Ungesättigte Kohlenwasserstoffe	164
3.4.3 Ethen oder Ethin – Was macht den Unterschied?	166
3.4.4 Isomerie von Alkenen	168
3.4.5 FACHMETHODE: Kohlenwasserstoffe nach den IUPAC-Regeln benennen	170
■ Zum Üben und Weiterdenken	172
■ Alles im Blick	174
■ Ziel erreicht?	176
■ Klausuraufgaben	178

4 Sauerstoffderivate der Kohlenwasserstoffe 180

■ Startklar?	182
4.1 Die Alkohole Methanol und Ethanol	184
4.1.1 Versuche und Material	184
4.1.2 Methanol und Ethanol	186
FACHMETHODE: Alkohole nachweisen	187
4.1.3 BILDUNG FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG: Bioethanol – eine Kraftstoffalternative?	188
4.1.4 FACHMETHODE: Den Stoffumsatz einer chemischen Reaktion berechnen	189
4.1.5 Ethanol – Genussmittel mit hohem Suchtpotenzial	190
4.1.6 MEDIENKOMPETENZ: Quelleninhalte verstehen und beurteilen	192

Inhalt

4.2 Die elementare Zusammensetzung von Ethanol-Molekülen	194
4.2.1 Versuche und Material	194
4.2.2 Elementaranalyse des Ethanol-Moleküls	196
4.2.3 Alkanole	198
4.2.4 EXKURS: Bier brauen	199
4.3 Die Eigenschaften der Alkohole	200
4.3.1 Versuche und Material	200
4.3.2 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Alkoholen	202
4.4 Oxidationsreihe der Alkohole	204
4.4.1 Versuche und Material	204
FACHMETHODE: Nachweismethoden für Aldehyde anwenden	205
4.4.2 Vom Alkohol zum Aldehyd und Keton	206
4.4.3 Wichtige Aldehyde und Ketone	208
4.4.4 FACHMETHODE: Oxidationszahlen in organischen Verbindungen bestimmen	209
4.5 Carbonsäuren	210
4.5.1 Versuche und Material	210
4.5.2 Die homologe Reihe der Alkansäuren	212
4.5.3 Mehrwertige Carbonsäuren	214
4.6 Ester und Fette	216
4.6.1 Versuche und Material	216
4.6.2 Esterbildung und -spaltung	218
4.6.3 Fette und Öle - natürliche Ester	220
4.6.4 Molekülstruktur und Eigenschaften von Triglyceriden	222
4.7 Tenside und Waschmittel	224
4.7.1 Versuche und Material	224
4.7.2 Seifen und ihre Waschwirkung	226
4.7.3 Moderne waschaktive Substanzen	228
4.7.4 Zusammensetzung von Waschmitteln	230
4.7.5 MEDIENKOMPETENZ: Ein Erklärvideo erstellen	232
■ Zum Üben und Weiterdenken	234
■ Alles im Blick	236
■ Ziel erreicht?	238
■ Klausuraufgaben	240

Anhang

242

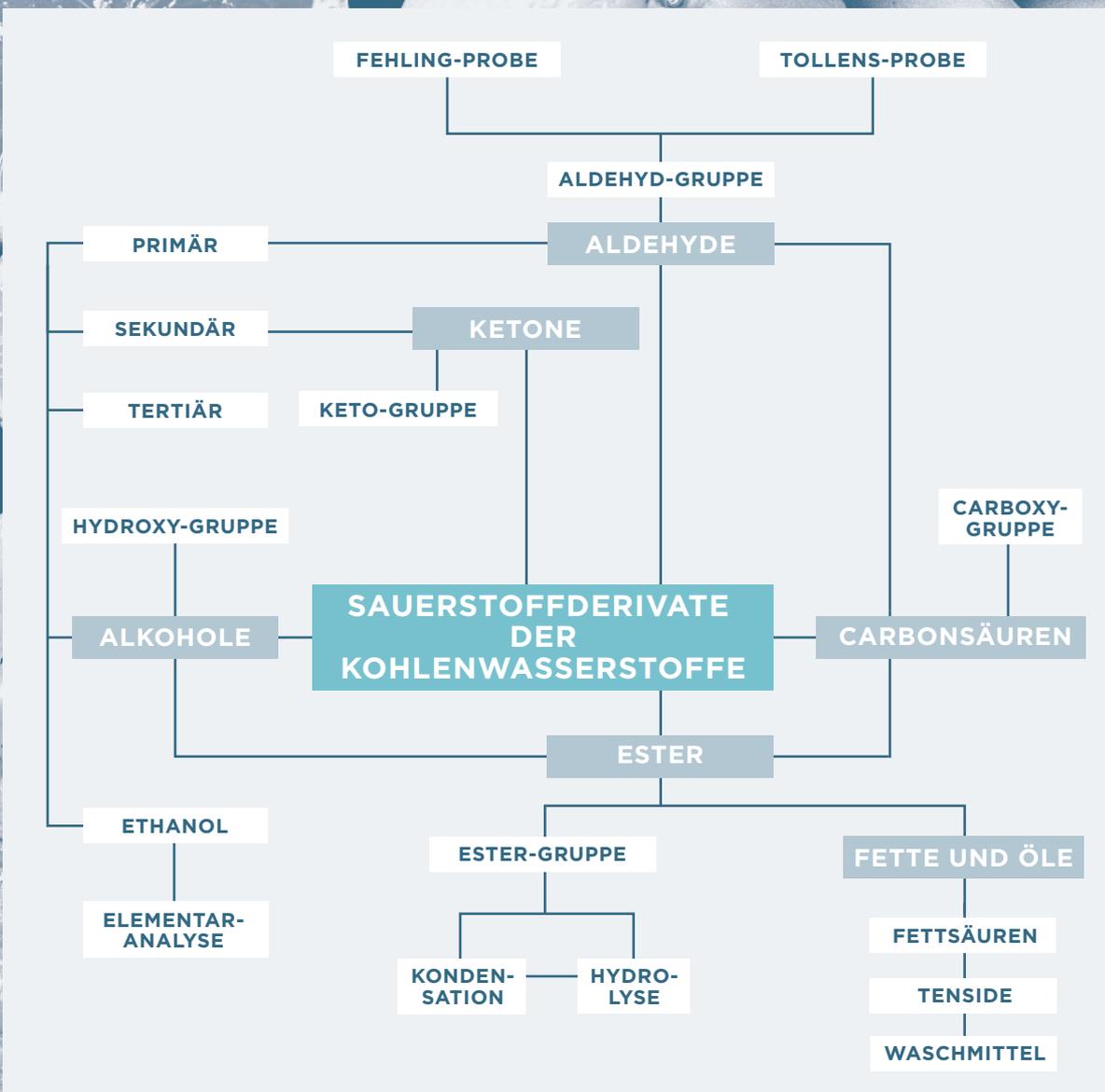
Lösungen zu Startklar? und Ziel erreicht?	242
Internationale Bezeichnung von Gefahrstoffen	254
Entsorgung von Gefahrstoffabfällen	255
H-Sätze, P-Sätze	256
Chemikalienliste zu den Versuchen	259
Glossar	264
Stichwortverzeichnis	268
Bildnachweis	271
Übersichten	272
Periodensystem der Elemente (PSE)	

4 Sauerstoffderivate der Kohlenwasserstoffe





Arbeitsblatt unter
QR-/Mediencode
06010-002



Startklar?

Schätzen Sie Ihre Kompetenz in den Bereichen A bis D ein und prüfen Sie sich anhand der entsprechenden Aufgaben (Arbeitsblatt unter QR-/Mediencode 06010-003).



06010-003

Unter QR-/Mediencode 06010-004 finden Sie außerdem eine Lernanwendung zur digitalen Überprüfung der geforderten Kompetenzen.



06010-004

Kompetenz	sehr gut	gut	schwierig
A Homologe Reihen der Kohlenwasserstoffe unterscheiden			
B Kohlenwasserstoffe nach den IUPAC-Nomenklaturregeln benennen			
C Das Struktur-Eigenschafts-Prinzip anwenden			
D Experimente zum charakteristischen Nachweis von Stoffen anwenden			

KOMPETENZ A: Homologe Reihen der Kohlenwasserstoffe unterscheiden

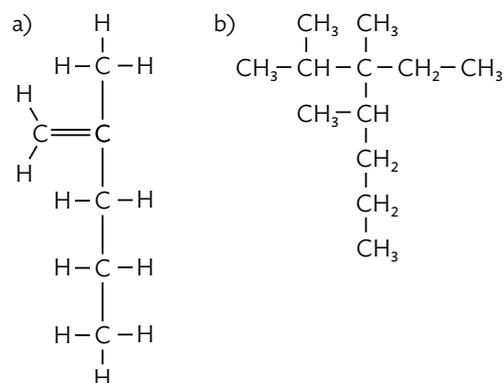
- A1** Kreuzen Sie die zutreffenden Merkmale einer homologen Reihe auf dem Arbeitsblatt an.
- Die Moleküle in einer homologen Reihe sind die Elemente einer Periode im PSE.
 - Die Vertreter einer homologen Reihe haben identische Stoffeigenschaften.
 - Aufeinanderfolgende Vertreter einer homologen Reihe unterscheiden sich jeweils durch eine Methylengruppe $-\text{CH}_2-$.
 - Die Moleküle in einer homologen Reihe haben einen ähnlichen Aufbau.
 - Die Moleküle in einer homologen Reihe verzweigen sich immer mehr.
 - Der Begriff „homologe Reihe“ ist nur für organische Moleküle anwendbar.
- A2** Benennen Sie die bisher kennengelernten homologen Reihen der Kohlenwasserstoffe.
- A3** Ordnen Sie den allgemeinen Summenformeln aus der Tabelle die jeweilige homologe Reihe zu.

allgemeine Summenformel	homologe Reihe
$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$	
$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$	
C_nH_{2n}	

- A4** Erklären Sie die Bedeutung der Endungen in den Namen der Vertreter der homologen Reihen der Kohlenwasserstoffe.

KOMPETENZ B: Kohlenwasserstoffe nach den IUPAC-Nomenklaturregeln benennen

- B1** Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen richtig bzw. falsch sind. Verbessern Sie die falschen Aussagen.
- Seitenketten bezeichnet man als Alken-Gruppen.
 - Die waagrecht angeordnete Kohlenstoff-Atomkette gibt den Stammnamen an.
 - Ist eine Alkyl-Gruppe mehrfach vorhanden, wird die Anzahl durch die Zahlwörter di-, tri-, tetra- usw. angegeben.
- B2** Benennen Sie die folgenden Moleküle nach den IUPAC-Nomenklaturregeln.



- B3** Zeichnen Sie die LEWIS-Strukturformel von 2-Ethyl-2-methylbutan. Untersuchen Sie, ob der Name den IUPAC-Regeln entspricht und verbessern Sie ihn gegebenenfalls.

B4 Geben Sie die Summenformel, die Halbstrukturformel und die LEWIS-Strukturformel für 4-Ethyl-3,5-dimethyl-6-propyldecan an.

KOMPETENZ C: Das Struktur-Eigenschafts-Prinzip anwenden

- C1** Kreuzen Sie die zutreffenden Aussagen zu folgendem Sachverhalt auf dem Arbeitsblatt an: Die Schmelz- und Siedetemperaturen der Vertreter einer homologen Reihe steigen
- mit zunehmender Kettenlänge der Moleküle.
 - mit zunehmender molekularer Masse der Moleküle.
 - mit abnehmender Anzahl an Wasserstoff-Atomen in den Molekülen.
 - mit stärker werdenden VAN-DER-WAALS-Wechselwirkungen zwischen den Molekülen.
- C2** Ordnen Sie die folgenden Verbindungen nach steigenden Siedetemperaturen und begründen Sie Ihre Entscheidung.
- a) *n*-Butan
 - b) *n*-Pentan
 - c) 2-Methylbutan
- C3** Pentan löst sich in Heptan, jedoch nicht in Wasser. Erläutern Sie diesen Sachverhalt.
- C4** Erläutern Sie, dass Hexan bei Raumtemperatur flüssig und Dodecan zähflüssig ist.

KOMPETENZ D: Experimente zum charakteristischen Nachweis von Stoffen anwenden

- D1** Zur Untersuchung der Verbrennungsprodukte von Methan werden die Verbrennungsgase eines Gasbrenners aufgefangen und in ein U-Rohr geleitet, das durch Eiswasser gekühlt wird. Man beobachtet, dass im U-Rohr eine farblose Flüssigkeit kondensiert. Ein weiteres, gasförmiges Reaktionsprodukt passiert das U-Rohr und wird mit einer Spritze aufgefangen. Beschreiben Sie je einen Versuch zum charakteristischen Nachweis der Flüssigkeit und des Gases.
- D2** Ergänzen Sie die Tabelle jeweils um den nachzuweisenden Stoff und die Beobachtung, die bei Vorhandensein dieses Stoffs zu machen ist.

Nachweismethode	nachzuweisender Stoff	Beobachtung
Kalkwasserprobe		
Knallgasprobe		
Glimmspanprobe		
Prüfen einer Flüssigkeit mit Watesmo-Papier		
Probe mit Universalindikator		

D3 Beschreiben Sie die Nachweisverfahren für Wasserstoff und Sauerstoff. Formulieren Sie für den Wasserstoffnachweis eine Reaktionsgleichung.

Vergleichen Sie Ihre Antworten mit den Lösungen auf Seite 250 f. Geben Sie sich die entsprechende Punktzahl und tragen Sie sie auf dem Arbeitsblatt ein.

Kompetenz	sehr gut	gut	schwierig	zum Nachlesen
A Homologe Reihen der Kohlenwasserstoffe unterscheiden	14 - 11	10 - 8	7 - 5	S. 150 - 151, 162 - 167
B Kohlenwasserstoffe nach den IUPAC-Nomenklaturregeln benennen	12 - 10	9 - 7	6 - 4	S. 170 - 171
C Das Struktur-Eigenschafts-Prinzip anwenden	13 - 10	9 - 7	6 - 4	S. 154 - 161
D Experimente zum charakteristischen Nachweis von Stoffen anwenden	17 - 14	13 - 9	8 - 6	S. 16



4.1 Die Alkohole Methanol und Ethanol

Zahlreiche Getränke wie Bier, Wein und Schnaps enthalten den Trinkalkohol Ethanol. Der Konsum ethanolhaltiger Getränke kann leicht zu Unfällen, Gesundheitsschäden und Sucht führen. Manchmal entsteht bei der Herstellung alkoholischer Getränke auch das sehr giftige Methanol. Beide Alkohole werden auch von der Industrie in großen Mengen produziert. Wofür benötigt man sie und wie kann man sie herstellen?

4.1.1 Versuche und Material

V Die alkoholische Gärung



Ethanol (Trinkalkohol) entsteht durch die Vergärung der in Früchten enthaltenen Zucker durch Hefe. Manche Früchte eignen sich besser zur Herstellung als andere. Weintrauben, Birnen und Äpfel enthalten hohe Anteile an Fructose (Fruchtzucker) und Glucose (Traubenzucker), Zuckerrüben große Menge Saccharose (Haushaltszucker) und Getreidekörner viel Stärke, die durch Enzyme zu Maltose (Malzzucker) umgewandelt werden kann.

V1 Leiten Sie aus den oben genannten Informationen eine Hypothese ab, die Sie mit einem Versuch beantworten können. Ihnen stehen folgende Materialien zur Verfügung:

Erlenmeyerkolben, Stopfen mit Loch, Gasableitungsrohr, Wägeschale, Messzylinder, pneumatische Wanne, Waage, Spatel, Frisch- oder Trockenhefe, Fructose, Glucose, Saccharose, Maltose und Stärke.

Hinweis: Das bei der alkoholischen Gärung entstehende Volumen an Kohlenstoffdioxid ist ein Maß für die Menge des gebildeten Ethanols.

AUSWERTUNG

- Fertigen Sie eine Skizze des Versuchsaufbaus in **V1** an.
- Tragen Sie die Versuchsergebnisse aus **V1** in eine Tabelle ein.
- Vergleichen Sie die Ergebnisse der verschiedenen Gäransätze in **V1** und überprüfen Sie Ihre eingangs aufgestellte Hypothese.
- d) Schließen Sie aus den Versuchsergebnissen in **V1** auf das Pflanzenmaterial, das sich am besten für die Herstellung von Ethanol eignet.

ENTSORGUNG A

M Herstellung von Ethanol und Methanol im Industriemaßstab

Ethanol und Methanol sind wichtige Grundchemikalien, aus denen diverse weitere Stoffe hergestellt werden. Wie läuft die Synthese der beiden Alkohole im Industriemaßstab ab?

M2 Für die industrielle Produktion von Ethanol wird in vielen Fällen die alkoholische Gärung genutzt (Video unter QR-/Mediencode 06010-005). Jedoch können auch nach mehrfacher Destillation noch Verunreinigungen enthalten sein. Hochreines Ethanol wird aus Ethen und Wasser unter Zugabe von Säure hergestellt. Die Säure wird wieder zurückgewonnen. Methanol wird industriell meist aus Wasserstoff und Kohlenstoffmonooxid hergestellt, das wiederum aus Erdgas (vgl. S. 146 f.) oder Kohle gewonnen wird. Ein neues Verfahren soll die klimafreundliche Herstellung aus Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff unter



06010-005

Abspaltung von Wasser ermöglichen. Spezielle Oberflächen aus Metalloxiden spielen dabei eine wichtige Rolle.

AUSWERTUNG

- Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen für die Produktion von Ethanol aus Ethen und Wasser sowie von Methanol aus Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff.
- Geben Sie die Funktion der Säure bzw. der Metalloxide bei den Herstellungsprozessen in **M2** an.
- Die natürlichen Kohlenstoff-Isotope ^{12}C und ^{14}C sind in Lebewesen und fossilen Kohlenstoffquellen in unterschiedlichen Prozentanteilen vorhanden. Begründen Sie, dass dies genutzt werden kann, um „Panscher“ zu überführen, die alkoholische Getränke mit „Industriealkohol“ vermischen.

M Gefährdungen durch Alkoholkonsum

Mit jedem Schluck eines alkoholhaltigen Getränks steigt der Blutalkoholwert an. Beim Abbau in der Leber wird Ethanol mithilfe des Enzyms Alkoholdehydrogenase (ADH) zu Ethanal (vgl. S. 191) und anschließend durch das Enzym Aldehyddehydrogenase (ALDH) zu Ethansäure (vgl. S. 191) abgebaut. In den Körperzellen reagiert Ethansäure mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser.

M3 Der Blutalkoholwert wird in Promille ‰ („Tausendstel“) angeben. Pro Stunde werden etwa 0,1‰ Ethanol, also 0,1 mL Ethanol pro 1.000 mL Blut, abgebaut. Das Abbauprodukt Ethanal ist ein starkes Zellgift und sorgt für den „Kater“ am nächsten Tag. Ethansäure ist mitverantwortlich für den üblen Geruch der „Fahne“.

AUSWERTUNG

- Auf Getränken wird der Alkoholgehalt in Volumenprozent (Vol.-%) angegeben. Mithilfe der Dichte von Ethanol ($\rho = 0,7893 \text{ g/mL}$) lässt sich die Masse des getrunkenen Alkohols berechnen:

$$m(\text{Ethanol}) = \frac{(\text{Vol.-%})}{100} \cdot V(\text{Getränk}) \cdot \rho(\text{Ethanol})$$

Berechnen Sie jeweils die Alkoholmasse in Gramm von einem halben Liter Bier mit 5 Vol.-%

Alkohol und von 200 mL Wein mit 12 Vol.-% Alkohol.

- Berechnen Sie den Blutalkoholwert nach dem Konsum der unter **a)** genannten Mengen Alkohol:

$$\text{Promille} = \frac{\text{getrunkenen Alkohol in g}}{\text{Körpergewicht in kg} \cdot \text{Reduktionsfaktor}}$$

Hinweis: Der Reduktionsfaktor beschreibt den Körperanteil, in dem sich der Alkohol verteilt. Bei Frauen beträgt dieser ca. 0,55, bei Männern ca. 0,68.

- Geben Sie an, ob man nach zwei Gläsern Bier **MK⁷** (0,25 L) noch Motorrad bzw. Fahrrad fahren darf. Recherchieren Sie dazu die gesetzlichen Promillegrenzen.

- Begründen Sie anhand der Abbildung **MK⁷** unter QR-/Mediencode 06010-006, dass das Fahren unter Alkoholeinfluss eine Gefahr darstellt.



06010-006

- Recherchieren Sie Schädigungen des Körpers, die **MK⁷** Alkoholkonsum bewirken kann.

- Alkohol ist in Deutschland die am häufigsten konsumierte Droge. Beschreiben Sie, wie eine Alkoholsucht entstehen kann.

- Ordnen Sie Ihren eigenen Alkoholkonsum **MK⁷** mithilfe der Seite unter QR-/Mediencode 06010-007 ein.



06010-007

4.1 Die Alkohole Methanol und Ethanol

4.1.2 Methanol und Ethanol

Bedeutung von Ethanol und Methanol

Archäologinnen und Archäologen haben im Bereich des „fruchtbaren Halbmondes“ (heute: Syrien, Türkei, Irak) Gefäße entdeckt, in denen bereits vor 12.000 Jahren alkoholische Getränke, wie Bier und Wein, gelagert wurden. Die desinfizierende Wirkung konnte genutzt werden, um Lebensmittel länger haltbar zu machen. Heute werden **Ethanol** und andere **Alkohole**, z. B. **Propan-2-ol (Isopropanol)**, als Desinfektionsmittel im medizinischen Bereich sowie als Löse- und Extraktionsmittel für Arzneistoffe verwendet.

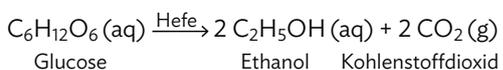
Der Alkohol **Methanol** ist stark giftig und führt als Verunreinigung in selbstgebranntem Schnaps immer wieder zu Erblindungen oder sogar zum Tod. Im industriellen Bereich ist Methanol, wie auch Ethanol, eine wichtige Grundchemikalie zur Herstellung vieler Stoffe und ein potenzieller Energieträger der Zukunft.



06010-008

Herstellung von Ethanol durch alkoholische Gärung

Ethanol gewinnt man biochemisch durch die sogenannte **alkoholische Gärung (V1)**. Dabei werden zuckerhaltige Flüssigkeiten meist mit Hefepilzen versetzt. Die Hefen wandeln mithilfe von Enzymen zunächst unterschiedliche Zucker in Glucose (Traubenzucker) um. Unter **anaeroben** Bedingungen, also unter Ausschluss von Sauerstoff, wird Glucose dann von den Enzymen der Hefezellen zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid vergoren. Dabei wirken die Enzyme der Hefe als Biokatalysatoren:

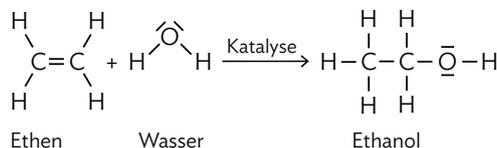


Die Gärung endet, wenn kein Zucker mehr als Edukt zur Verfügung steht oder der Ethanolgehalt den Stoffwechsel der Hefen hemmt. Weinhefen tolerieren mit 12 bis 14 Vol.-% höhere Konzentrationen an Ethanol als Bierhefen, die ca. 5 Vol.-% tolerieren. Bei Bier und Wein wird das Produkt der Gärung abgefüllt, gelagert und schließlich verkauft. Das entstandene Kohlenstoffdioxid kann aufgefangen und am Ende den Getränken unter Druck wieder zugeführt werden. Als „Gärungs-

kohlensäure“ sorgt es für die Spritzigkeit der Getränke. Höherprozentige Spirituosen werden nach der Gärung durch Destillation gewonnen. Entstehende Alkohole können mit **Cerammonitratlösung** nachgewiesen werden (vgl. **FM**). Durch die in Gäransätzen vorhandene Hefe entstehen Nebenprodukte wie z. B. 2-Methylpropan-1-ol und Butan-2,3-diol. Einige dieser Stoffe tragen zum Aroma alkoholischer Getränke bei, manche stehen im Verdacht, Kopfschmerzen und Unwohlsein zu verursachen. Giftiges Methanol entsteht nicht durch den Gärungsstoffwechsel, sondern beim enzymatischen Abbau pflanzlicher **Pektine**. Es muss unbedingt bei der Herstellung hochprozentiger Spirituosen durch Destillation abgetrennt werden. Die Siedetemperatur von Methanol beträgt 65 °C und liegt damit niedriger als die von Ethanol mit 78 °C. Bei der Destillation kann Methanol daher aus niedrig siedenden Fraktionen gewonnen werden, die verworfen oder anderweitig genutzt werden (Video unter QR-/Mediencode 06010-008).

Industrielle Herstellung von Ethanol

Auch in der Industrie wird im großen Maßstab Ethanol durch Gärung und Destillation gewonnen, unter anderem für Löse- und Reinigungsmittel, z. B. als „Spiritus“. Für viele Anwendungen reicht der Reinheitsgrad, der durch Destillation erreicht werden kann, jedoch nicht aus. Hochreiner Alkohol wird industriell meist unter Säurekatalyse aus Ethen und Wasser hergestellt (**M2**):



Ethanol und Methanol als Energieträger

In den letzten Jahren gewann Ethanol zunehmend an Bedeutung als flüssiger Energieträger im Verkehr. Ethanol wird herkömmlichem Benzin bereits seit längerem beigemischt: **E10** steht für einen Gehalt von 10 mL Ethanol pro 100 mL Benzin. Zwar ist in einem Liter Ethanol nur etwa halb so

FM Alkohole nachweisen



Alkohole können mit Cerammoniumnitratlösung nachgewiesen werden.

VORGEHEN

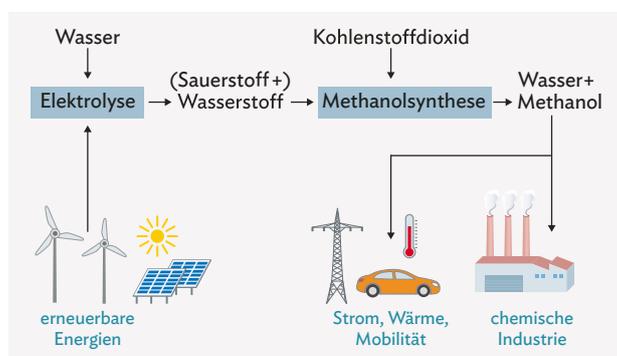
1. Versetzen Sie einige Milliliter Probelösung mit wenigen Tropfen Cerammoniumnitratlösung.
2. Nehmen Sie das gleiche Volumen Wasser wie das der Probelösung und versetzen Sie es mit der gleichen Menge Cerammoniumnitratlösung.
3. Eine rotbraune Färbung der Probelösung zeigt das Vorliegen eines Alkohols an (B1).



B1 Vergleichslösung (links) und Probelösung mit Alkohol (rechts), jeweils mit Cerammoniumnitratlösung

Neben „**Bioethanol**“ rückt auch Methanol in den Fokus von Forschung und Entwicklung. Ziel ist die direkte Synthese aus Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff mithilfe eines Metalloxidkatalysators (**M2**). Bei der Verbrennung von Methanol wird das Treibhausgas Kohlenstoffdioxid freigesetzt, bei der Synthese von Methanol wird das Gas als Edukt verwendet und somit aus der Atmosphäre entfernt. Insgesamt spricht man daher von einem kohlenstoffdioxidneutralen Energieträger (**B2**).

BNE
Bioethanol – eine Kraftstoffalternative?
→ S. 188



B2 Methanol als kohlenstoffdioxidneutraler Energieträger

Ethanol kann mithilfe von Hefen durch alkoholische Gärung gewonnen werden. Methanol und Ethanol sind bedeutende Grundstoffe der chemischen Industrie und könnten als flüssige Kraftstoffe Erdölprodukte im Mobilitätssektor ersetzen.

viel chemische Energie gespeichert wie in einem Liter herkömmlichem Benzin, jedoch kann Ethanol aus erneuerbaren Rohstoffen gewonnen werden (vgl. Info).

INFO

Um den ökologischen und ökonomischen Nutzen von **Ethanol als Kraftstoff** zu bewerten, sollte man sich die Gewinnung des Ethanols genauer anschauen. Wird es chemisch oder durch alkoholische Gärung hergestellt? Wo wachsen die Pflanzen, die zur Herstellung genutzt werden? Wie weit sind die Transportwege? Gibt es andere Aspekte, die berücksichtigt werden sollten? Wie sind die Vorteile gegenüber den Nachteilen zu gewichten?

AUFGABEN

- A1** Backhefe sorgt u. a. für das Aufgehen des Brotteigs. Erklären Sie diese Wirkung anhand einer geeigneten Reaktionsgleichung und geben Sie an, ob die Reaktionsprodukte gesundheitlich bedenklich sind.
- A2** Biologisch erzeugtes Ethanol wird bereits heute Benzin zugesetzt, könnte aber auch in Reinform getankt werden und dadurch unsere Abhängigkeit von Erdöl verringern. Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile von „Bioethanol“ als Kraftstoff (vgl. Info).
- A3** Beschreiben Sie die in **B2** dargestellten Vorgänge.

4.1.3 Bioethanol – eine Kraftstoffalternative?

„Was ist an Bioethanol eigentlich Bio?“ mögen sich manche fragen. Seinen Namen hat der Kraftstoff durch den Ursprung seiner Rohstoffe und nicht einer Herkunft aus ökologischer Landwirtschaft erhalten. Bioethanol wird im Gegensatz zu herkömmlichen Kraftstoffen nicht aus Erdöl, sondern meist aus Getreide, Rüben oder Zuckerrohr gewonnen. Ist er eine umweltfreundliche Alternative zu konventionellen Treibstoffen?

Bioethanol kann in Kraftfahrzeugen Benzin als Energieträger teilweise ersetzen. Durch die zunehmende Verwendung auch in Brennstoffzellen und in Flugzeugmotoren wächst seine Bedeutung. In Deutschland ist Bioethanol zu 10 % dem Superbenzin **E10** beigefügt (**B1**). In Brasilien hingegen waren bereits 2016 über 60 % der zugelassenen Pkw sogenannte Flex-Fuel-Fahrzeuge. Diese lassen sich sowohl mit Benzin als auch mit E100, also nahezu reinem Bioethanol, betanken. Bioethanol wird in Brasilien aus Zuckerrohr gewonnen. Das Verbraucherverhalten der Brasilianerinnen und Brasilianer richtet sich nach den tagesaktuellen Preisen der verfügbaren Kraftstoffe.

In Deutschland wird Bioethanol durch Gärung aus Weizen, Roggen oder Zuckerrüben produziert. Getreide enthält Stärke. Für den eigentlichen Gärungsprozess muss zunächst die Stärke enzymatisch zu Glucose aufgeschlossen werden (vgl. S.186). Die Glucose-Moleküle werden dann mithilfe der Enzyme der Hefezellen durch **alkoholische Gärung** zu Kohlenstoffdioxid- und Ethanol-Molekülen abgebaut (Arbeitsblatt unter QR-/Mediencode 06002-112). Rückstände der Bioethanolprodukti-



06002-112



B1 Beim Kraftstoff „E10“ werden dem Superbenzin 10 % Bioethanol beigefügt. Ist E10 eine nachhaltige Kraftstoffalternative?

on sind Proteine, Fette und Pflanzenfasern. Sie werden zu Futter- und Düngemitteln weiterverarbeitet. Bei nachhaltigen Verfahren entsteht bei der Produktion von 1 L Bioethanol zusätzlich 1 kg Proteinfutter.

Bei der Vergärung der eingesetzten Pflanzenmasse und der anschließenden Verbrennung von Bioethanol als Kraftstoff wird nur so viel Kohlenstoffdioxid freigesetzt, wie die Pflanzen während ihres Wachstums aus der Luft gebunden haben. Werden lange Transportwege oder aufwendige Verarbeitungsschritte außer Acht gelassen, ist die Kohlenstoffdioxidbilanz des Kraftstoffs Bioethanol ausgeglichen.

2019 wurden in Deutschland 1,16 Millionen Tonnen Bioethanol als Beimischung zu Benzin benötigt, davon musste etwa die Hälfte importiert werden. Zurzeit werden weltweit ca. 157 Millionen Tonnen Getreide, also etwa acht Prozent der gesamten Ernte, zur Herstellung von Biokraftstoffen verwendet. Dafür sind riesige Agrarflächen notwendig, die der Lebensmittelproduktion nicht zur Verfügung stehen. Gleichzeitig steigen die Lebensmittelpreise weltweit und die Welthungerhilfe warnt vor neuen Hungersnöten. Experten schätzen,

dass für 100 L Biokraftstoff etwa die Menge an Getreide gebraucht wird, von der ein Mensch ein Jahr leben kann.

Entwicklungsziel ist die wirtschaftlich konkurrenzfähige Produktion von Bioethanol aus Pflanzenabfällen, wie Stroh, Baumschnitt oder Gräsern. Holzhaltige Pflanzenbestandteile enthalten **Cellulose** und **Hemicellulose** als Gerüstbausteine. Durch Säuren und spezielle Enzyme können die in der Cellulose und Hemicellulose enthaltenen Zucker für die weitere Verarbeitung zugänglich gemacht werden. Es entsteht ein Gemisch aus unterschiedlichen Zuckern wie Glucose, **Xylose** und **Arabinose**. Herkömmliche Hefekulturen vermögen dieses Zuckergemisch nicht zu vergären. Dafür bedarf es gentechnisch veränderter Hefekulturen, die den Abbauprozess zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid katalysieren können.

AUFGABEN

- A1** Stellen Sie Vor- und Nachteile der Verwendung von Bioethanol als Kraftstoff in einer Tabelle gegenüber.
- A2** Recherchieren Sie die Kernaus-
- MK⁷** sagen der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung.

4.1.4 Den Stoffumsatz einer chemischen Reaktion berechnen

Der Kraftstoff Bioethanol (vgl. S. 188) wird damit beworben, dass bei der Verbrennung von Ethanol deutlich weniger Kohlenstoffdioxid entsteht als bei der Verbrennung von Benzin.

Mithilfe chemischer Berechnungen kann man die Mengen der Edukte und der Produkte, die bei einer chemischen Reaktion umgesetzt werden, ermitteln. Wie hilft das, den Kraftstoffverbrauch und den Kohlenstoffdioxidausstoß zu berechnen und Werbeversprechungen zu überprüfen?

Seit 2020 gilt in der EU für neue Pkw ein Grenzwert von 95 g Kohlenstoffdioxidemission pro km. Ein in Brasilien zugelassener Pkw verbraucht auf 100 km 5 L Ethanol. Die Dichte ρ von Ethanol beträgt 0,7893 g/cm³ (20 °C).

- a) Berechnen Sie den Verbrauch an Ethanol in Gramm pro Kilometer.
- b) Ermitteln Sie rechnerisch, ob der Grenzwert für den Kohlenstoffdioxidausstoß in Deutschland eingehalten werden würde.
- c) Berechnen Sie das Volumen des entstandenen Kohlenstoffdioxidgases pro km.

VORGEHEN

Berechnung des Stoffumsatzes bei der Verbrennung von Ethanol		
1. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung.	1. Reaktionsgleichung	$2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 6 \text{O}_2 \longrightarrow 4 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$
2. Listen Sie die gegebenen und gesuchten Größen auf.	2. gegebene und gesuchte Größen	gegeben: $V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 5 \text{ L}$ $\rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 789 \text{ g/L}$ $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46 \text{ g/mol}$ $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$ gesucht: a) $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ b) $m(\text{CO}_2)$ c) $V(\text{CO}_2)$
3. Berechnen Sie die Masse m des Stoffes mit bekannter Dichte ρ und Volumen V .	3. Masse des Edukts	$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \rho(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) \cdot V(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$ $789 \text{ g/L} \cdot 5 \text{ L} = 3.945 \text{ g/100 km}$, da 5 L dem Verbrauch auf 100 km entsprechen Dies entspricht 39,45 g/km (a).
4. Berechnen Sie die Stoffmenge n des Edukts mithilfe der Masse m und der molaren Masse M .	4. Stoffmenge des Edukts	$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = \frac{39,45 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = 0,86 \text{ mol}$
5. Entnehmen Sie der Reaktionsgleichung die Koeffizienten der beteiligten Stoffe. Bilden Sie das Zahlenverhältnis der Stoffmengen und lösen Sie nach der Stoffmenge des gesuchten Stoffes auf.	5. Stoffmenge des Produkts	$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = \frac{4 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} = 2$ $n(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 2 \cdot 0,86 \text{ mol} = 1,7 \text{ mol}$
6. Berechnen Sie die Masse des gesuchten Stoffes.	6. Masse des Produkts	$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 1,7 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 74,8 \text{ g}$ Dies entspricht 74,8 g/km Kohlenstoffdioxid, der Grenzwert ist unterschritten (b).
7. Berechnen Sie das Gasvolumen V als Produkt der Stoffmenge n mit dem molaren Volumen V_m von 24,5 L/mol (gilt bei 25 °C).	7. Gasvolumen des Produkts	$V(\text{CO}_2) = V_m \cdot n(\text{CO}_2) = 24,5 \text{ L/mol} \cdot 1,7 \text{ mol} = 41,7 \text{ L}$ Es entstehen 41,7 L Kohlenstoffdioxidgas/km (c).

B1 Berechnung des Stoffumsatzes bei der Verbrennung von Ethanol

AUFGABEN

- A1** Ein Hersteller eines benzinbetriebenen Autos gibt den Kraftstoffverbrauch von 5 L Benzin auf 100 km an. Berechnen Sie die Masse und das Volumen des auf einer Strecke von einem Kilometer ausgestoßenen Kohlenstoffdioxids. Einfachheitshalber wird angenommen, dass Benzin aus reinem Isooctan C₈H₁₈ (Dichte der Flüssigkeit $\rho = 690 \text{ g/L}$) besteht. Beschreiben Sie, inwiefern dies den gesetzlichen Vorgaben entspricht.
- A2** Nehmen Sie auch vor dem Hintergrund der durchgeführten Berechnungen Stellung zum Werbeversprechen, dass Ethanol im Vergleich zur Verbrennung von Benzin die Kohlenstoffdioxidemission deutlich senkt.

4.1 Die Alkohole Methanol und Ethanol

4.1.5 Ethanol – Genussmittel mit hohem Suchtpotenzial

Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) sterben weltweit jährlich circa drei Millionen Menschen an den Folgen ihres hohen Alkoholkonsums. Zwar sinkt der Alkoholkonsum in Deutschland langsam, trotzdem ist Deutschland nach wie vor ein Hochkonsumland. 2020 nahm jeder Deutsche ab 15 Jahren im Durchschnitt 10,8 Liter reinen Alkohol zu sich. Der Durchschnitt aller OECD-Länder betrug pro Kopf nur 8,9 Liter. Warum ist der Alkoholkonsum für den Organismus problematisch?

Weg des Alkohols durch den Körper

Die Aufnahme von Ethanol ins Blut beginnt mit dem Konsum. Geringe Mengen gelangen bereits über die Mund- und die Speiseröhrenschleimhaut in den Blutkreislauf, über die Magenschleimhaut werden bis zu 20% aufgenommen. Der größte Teil des Ethanols gelangt über die Dünndarmschleimhaut in das Blutgefäßsystem und damit in die Leber und zum Herzen. Von dort aus wird es über den Blutkreislauf in nur wenigen Minuten im gesamten Körper einschließlich dem gut mit Blut versorgten Gehirn verteilt.



B1 Tunnelblick



06021-45

Getränk	Alkoholgehalt
Apfelsaft	bis zu 0,38 Vol.-%
Bier	ca. 5 Vol.-%
Sekt	ca. 12 Vol.-%
Wein	ca. 12 Vol.-%
Mojito	ca. 28 Vol.-%
Caipirinha	ca. 30 Vol.-%
Wodka	ca. 40 Vol.-%

B2 Alkoholgehalt einiger alkoholischer Getränke

Alkohol und die Blut-Hirn-Schranke

Die **Blut-Hirn-Schranke** ist die Grenze zwischen Blutgefäß- und Zentralnervensystem (ZNS). Spezielle Zellen verhindern das Eintreten von Giften und Krankheitserregern in die Gehirnregionen. Große unpolare Moleküle können die Schranke nicht durchdringen. Die Ethanol-Moleküle mit ihren polaren Hydroxy-Gruppen und ihren unpolaren Alkyl-Resten diffundieren aber nahezu ungehindert durch diese Barriere. Sie besetzen Rezeptoren an der Oberfläche von Gehirnzellen. Darüber wird die

Weitergabe von Informationen gestört und verlangsamt. Das äußert sich in Konzentrationsverlust, Gleichgewichtsstörungen, Sprach- und Sehstörungen. Gleichzeitig setzt Alkohol die Botenstoffe **Dopamin**, **Serotonin** und **Endorphine** frei. Dies erklärt, dass man sich zunächst sehr aktiv und fit fühlt und zur Selbstüberschätzung neigt. Das lernfähige Gehirn merkt sich den „positiven Effekt“, was in eine krankhafte Alkoholabhängigkeit (Alkoholismus) führen kann.

Die Blutalkoholkonzentration

Die **Blutalkoholkonzentration (BAK)** ist abhängig von Körpergewicht, Körpergröße, und Mageninhalt und steigt linear mit der aufgenommenen Menge. Sie wird in **Promille ‰** angegeben. Die euphorisierende Wirkung tritt bereits ab 0,05‰ ein. Ab 0,8‰ kommt es zum sogenannten Tunnelblick, bei dem das Sehvermögen um ca. 25% nachlässt bei gleichzeitiger Verlängerung der Reaktionszeit um bis zu 50% (**B1**). Höhere BAK-Werte führen über Betäubungszustände bis hin zur Reflex- und Bewusstlosigkeit. Ab ca. 3‰ kann es zum Atemstillstand kommen. Bei Jugendlichen unter 20 Jahren drohen die Gefahren bereits bei deutlich niedrigeren BAK-Werten, da ihr Körper sich noch in der Entwicklung befindet. Im Straßenverkehr sind die Auswirkungen des Alkoholkonsums besonders deutlich. Allein 2020 kam es in Deutschland zu 31.540 Verkehrsunfällen unter Alkoholeinfluss, bei denen 15.500 Menschen verletzt wurden.

Der Alkoholgehalt alkoholischer Getränke ist von Getränk zu Getränk unterschiedlich und wird normalerweise in **Vol.-%** angegeben (**B2**). Die Masse an Alkohol im Getränk lässt sich wie folgt berechnen:

$$m_{\text{Ethanol}} (\text{in g}) = \frac{V_{\text{Getränk}} (\text{in mL}) \cdot \text{Alk. gehalt (in Vol.-%)} \cdot \rho_{\text{Ethanol}} (\text{in g/mL})}{100}$$

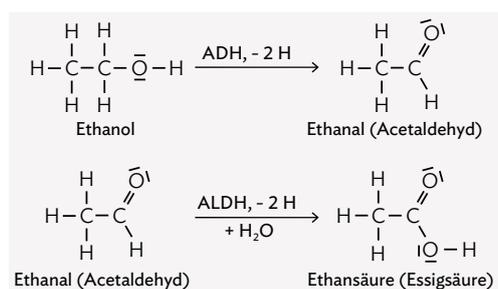
Die Blutalkoholkonzentration lässt sich berechnen nach (vgl. Promillerechner unter QR-/Mediencode 06021-45):

$$\text{BAK (in ‰)} = \frac{m_{\text{Alkohol}} (\text{in g})}{r \cdot m_{\text{Mensch}} (\text{in kg})}$$

Der Faktor r berücksichtigt die unterschiedliche Masse an Gesamtkörperwasser, das bei Männern ca. 60 % ($r = 0,7$) und bei Frauen zwischen 50 und 55 % ($r = 0,6$) der Gesamtkörpermasse ausmacht (M3).

Alkoholabbau

Alkohol wird vorwiegend im Magen, in der Leber und im Gehirn abgebaut. Die Abbaugeschwindigkeit kann nicht beeinflusst werden. Sie ist abhängig von der Aktivität der in der Leber produzierten Enzyme. Wie effektiv diese Enzyme arbeiten, ist genetisch festgelegt und individuell unterschiedlich. Als Faustregel kann angenommen werden, dass die Blutalkoholkonzentration bei Frauen um etwa 0,1‰ und bei Männern um etwa 0,15‰ pro Stunde sinkt. Ethanol reagiert mithilfe des Enzyms **Alkoholdehydrogenase (ADH)** zunächst zu dem starken Zellgift **Ethanal (Acetaldehyd)** (B3). Ethanal beeinflusst ebenfalls die Informationsübertragung im ZNS und gilt als krebserregend. Das Enzym **Aldehyddehydrogenase (ALDH)** katalysiert den Abbau von Ethanal zu **Ethansäure (Essigsäure)**, die schließlich zu Kohlenstoffdioxid und Wasser verstoffwechselt wird (B3).



B3 Alkoholabbau in der Leber

Folgen des Alkoholmissbrauchs

Laut WHO liegt ein risikoarmer Konsum bei Männern bei höchstens 24 Gramm und bei Frauen bei höchstens 16 Gramm reinem Alkohol pro Tag. An mindestens zwei Tagen in der Woche sollte kein Alkohol konsumiert werden. Diese Empfehlung gilt nur für gesunde Erwachsene über 20 Jahren.



B4 Gesunde Leber (links) und die Leber eines Alkoholikers (rechts) im Vergleich

Unter 20 Jahren ist jeder Alkoholkonsum mit Risiken behaftet. Zu den Folgen eines riskanten Alkoholmissbrauchs gehören Herz-Kreislaufstörungen, Fettablagerungen und Fettleber, Schrumpfen der Nieren und Leber (Leberzirrhose) (B4), Entzündung der Schleimhäute von Magen und Darm, Blutungen, Potenzprobleme sowie Herzschwäche. Nervenentzündungen, die Zittern, Schmerzen, Taubheitsgefühl oder Lähmungserscheinungen hervorrufen, erschweren den Alltag alkoholkranker Menschen. Diese haben eine um 20 Jahre geringere Lebenserwartung gegenüber Menschen, die nie alkoholabhängig waren. Obwohl die meisten Menschen um die krankmachende Wirkung von Alkohol Bescheid wissen, herrscht in der Gesellschaft oftmals eine unkritisch positive Einstellung zum Alkohol vor (M3).

Ethanol-Moleküle passieren die Blut-Hirn-Schranke und beeinträchtigen die Gehirnaktivität. Ethanol und seine Abbauprodukte sind Zellgifte, die langfristig zu schwerer körperlicher Beeinträchtigung und Verkürzung der Lebenserwartung führen. Alkoholismus ist eine Erkrankung.

Aldehyde
→ S. 204 ff.

Carbonsäuren
→ S. 210 ff.

AUFGABE

A1 Berechnen Sie den Ethanolgehalt von einer Flasche Bier (500 mL) und einem Shot (20 mL) Wodka in g und beurteilen Sie, ob dies noch dem risikoarmen Konsum pro Tag entspricht. *Hinweis:* Die Dichte von Ethanol beträgt 0,7893 g/mL.

4.1.6 Quelleninhalte verstehen und beurteilen

Eine genaue Quellenarbeit ist eine wichtige Grundlage für wissenschaftliches Arbeiten, nicht nur in der Chemie, z. B. bei der Vorbereitung eines Referats oder bei der Bewertung chemischer Sachverhalte. Eine Quelle kann als Text, Bild, Film oder Ton vorliegen (B1). Prinzipiell ist die Quellenarbeit bei allen Quellenarten identisch. Nach dem Finden einer Quelle muss sie kritisch analysiert werden, denn es stellt sich immer die Frage nach fachlicher Korrektheit der gefundenen Quelle sowie damit eng zusammenhängend nach deren Seriosität. Erst nach eingehender Analyse der Quelle kann sie Eingang in eine Arbeit finden oder für einen Entscheidungsprozess genutzt werden. Zur Orientierung dienen einige Regeln zum Verstehen und Beurteilen von Quelleninhalten.

Beurteilen Sie die Textquelle zum Thema Alkohol.

Alkohol

6,7 Millionen Menschen der 18- bis 64-jährigen Bevölkerung in Deutschland konsumieren Alkohol in gesundheitlich riskanter Form. Etwa 1,6 Millionen Menschen dieser Altersgruppe gelten als alkoholabhängig (ESA 2018). Zudem ist missbräuchlicher Alkohol einer der wesentlichen Risikofaktoren für zahlreiche chronische Erkrankungen (z. B. Krebserkrankungen, Erkrankungen der Leber und Herz-Kreislauf-Erkrankungen) und für Unfälle. Analysen gehen von jährlich etwa 74.000 Todesfällen durch Alkoholkonsum allein oder bedingt durch den Konsum von Tabak und Alkohol aus.

In der Gesellschaft herrscht eine weit verbreitete unkritisch positive Einstellung zum Alkohol vor. Durchschnittlich werden pro Kopf der Bevölkerung jährlich rund zehn Liter reinen Alkohols konsumiert. Gegenüber den Vorjahren ist eine leicht rückläufige Tendenz im Alkoholkonsum zu registrieren. Dennoch liegt Deutschland im internationalen Vergleich unverändert im oberen Zehntel. Die volkswirtschaftlichen Kosten durch Alkohol betragen rd. 57 Milliarden Euro pro Jahr (Jahrbuch Sucht 2021).

(© Copyright 2022 Bundesministerium für Gesundheit, <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/service/begriffe-von-a-z/a/alkohol.html>, zuletzt aufgerufen am 15.12.2023)



B1 Bibliothek – ein Ort mit vielen Quellen

VORGEHEN

1. Quelleninhalt verstehen:

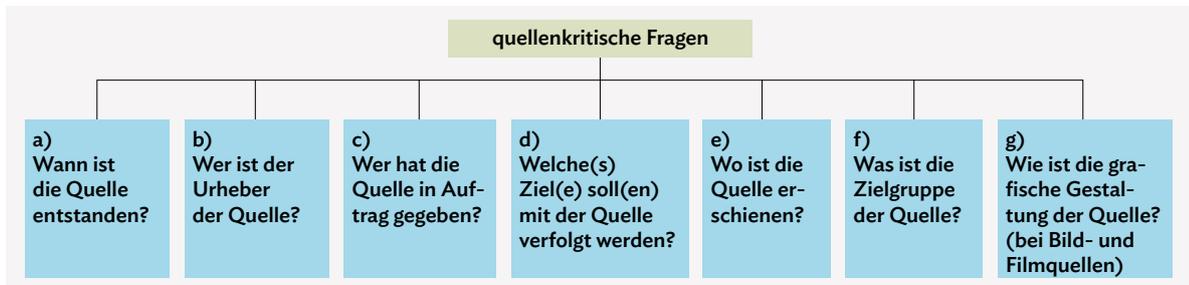
Bei Fachartikeln im Internet, in Büchern, in Zeitschriften oder auch bei Bild- und Tonquellen wird meist die chemische Fachsprache verwendet. Oft erschwert ein komplizierter Satzbau oder lange Sätze zusätzlich das Lesen oder Verstehen der Quelle. Gerade bei Texten mit teils unbekanntem Sachverhalt hilft eine Lesestrategie, um das Gelesene auch zu verstehen. Eine Überführung der Inhalte in eine andere Darstellungsform, z. B. eine Tabelle, ein Diagramm oder eine Mindmap, können außerdem hilfreich sein.

Textquelle: Folgende Lesestrategien sind bei der Erschließung des Quelleninhalts möglich:

- Lesen Sie Ihren Quellentext durch und markieren Sie die Begriffe farbig, die Ihnen unbekannt sind oder schreiben Sie sie auf.
- Recherchieren Sie die unbekanntesten Begriffe. Sichern Sie die Ergebnisse digital mit einem Textverarbeitungsprogramm oder analog (handschriftlich), ggf. unter Angabe der Quelle.
- Markieren Sie wichtige Aussagen mit einer anderen Farbe im Text bzw. notieren Sie sie digital oder analog. Wandeln Sie sie ggf. in eine andere, gut geeignete Darstellungsform, wie eine Tabelle, ein Diagramm oder eine Mindmap um.

Bildquelle: Beschreiben Sie einzelne Bildelemente sowie den Zusammenhang zwischen den Elementen schriftlich in Worten. Arbeiten Sie anschließend mit Ihren Notizen wie mit einer Textquelle (s. o.).

Film-/Tonquelle: Sehen Sie den Film bzw. hören Sie die Audiodatei aufmerksam an. Halten Sie währenddessen wichtige Aussagen digital oder analog schriftlich fest. Arbeiten Sie anschließend mit Ihren Notizen wie mit einer Textquelle (s. o.).

**B2** Quellenkritische Fragen**2. Quellenkontext untersuchen:**

Analysieren Sie, inwiefern durch die Quellenaussage(n) die Meinung des Lesenden beeinflusst werden soll. Beantworten Sie dazu die quellenkritischen Fragen aus **B2** in Hinblick auf Ihre Quelle.

Beispiel Textquelle „Alkohol“:

- Aus dem Quellentext geht hervor, dass die Quelle im Jahr 2021 entstanden ist.
- Der Urheber ist das Bundesgesundheitsministerium.
- Der Auftraggeber ist das Bundesgesundheitsministerium.
- Durch eine faktenbasierte Darstellung soll auf die Problematik des Alkoholkonsums in Deutschland für den Einzelnen sowie die Gesellschaft aufmerksam gemacht werden. Ziel von Urheber und Auftraggeber ist es, den Lesenden hierfür zu sensibilisieren und den Alkoholkonsum zu hinterfragen.
- Die Quelle ist auf der Internetseite des Bundesgesundheitsministeriums erschienen.
- Die Zielgruppe sind die Bürgerinnen und Bürger Deutschlands.
- Diese Frage ist bei dieser Textquelle nicht relevant.

3. Quellenaussage deuten:

Fassen Sie auf Basis der Schritte 1 und 2 die Gesamtdeutung der Quellenaussage(n) zusammen. Beurteilen Sie die Güte und Eignung der Quelle für Ihre wissenschaftliche Arbeit.

Die Aussagen der Quelle sind faktenbasiert sowie aktuell. Der Urheber und der Auftraggeber sind identisch, klar ersichtlich und vertrauenswürdig. Die Intention ist eindeutig mit Blick auf die Prävention von Alkoholmissbrauch angelegt. Mögliche positive Aspekte des Alkoholkonsums (z. B. Wirtschaftsgewinn durch Verkauf alkoholhaltiger Getränke) werden nicht aufgeführt. Hierzu müssten andere Quellen gesucht

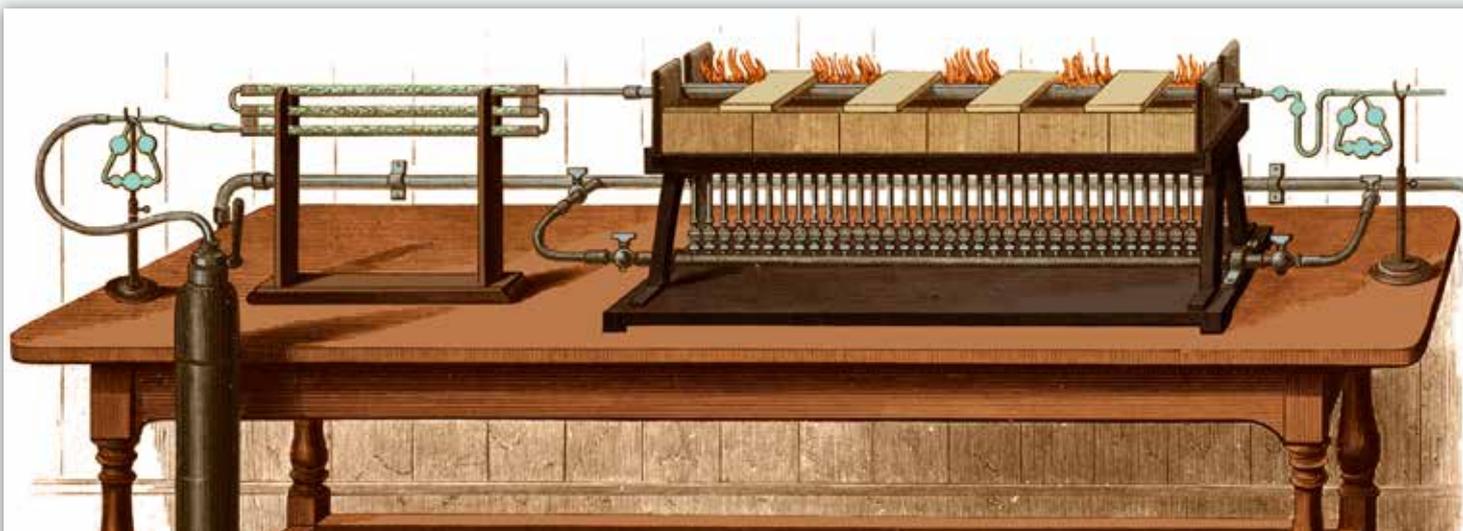
und kritisch gegenübergestellt werden. Die Quelle ist insgesamt von hoher Güte und geeignet für eine wissenschaftliche Arbeit.

AUFGABEN

- Recherchieren Sie einen kurzen Fachtext zu einem **MK** für Sie interessanten chemischen Thema mit Bezug zu Alkohol. Wenden Sie auf den Text die in Schritt 1 beschriebene Lesestrategie beim Umgang mit einem fachsprachlichen Text samt Wechsel der Darstellungsform an.
- Beurteilen Sie die Bildquelle **B3** nach den angegebenen Kriterien. Gehen Sie insbesondere auf mögliche Gefahren zur Meinungsbeeinflussung beim Lesenden ein.

**B3** Bierwerbung in einem lokalen Informationsblatt

- Suchen Sie im Internet einen Werbefilm zum Thema alkoholhaltige Getränke. Beurteilen Sie die Filmquelle und achten Sie besonders auf mögliche Gefahren zur Meinungsbeeinflussung beim Zuschauenden.



4.2 Die elementare Zusammensetzung von Ethanol-Molekülen

Bei der Ermittlung der elementaren Zusammensetzung von Molekülen nutzt man die sogenannte Elementaranalyse, die u. a. auf JUSTUS VON LIEBIG zurückgeht. Unterschieden wird zwischen der Bestimmung der Bestandteile (qualitative Elementaranalyse) und der Bestimmung des prozentualen Gehalts bzw. Massenanteils der gefundenen Elemente (quantitative Elementaranalyse). Wie kann auf diesen Wegen die Zusammensetzung von Ethanol-Molekülen ermittelt werden?

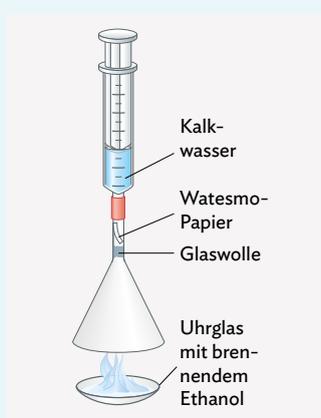
4.2.1 Versuche und Material

V Verbrennung von Ethanol



Ethanol ist brennbar. Kann man aus dem Nachweis der Verbrennungsprodukte auf die elementare Zusammensetzung von Ethanol-Molekülen schließen?

V1 Klemmen Sie in den trockenen Stiel eines Trichters ein Stück Watesmo-Papier ein. Befestigen Sie eine bis zu einem Drittel mit Kalkwasser befüllte Spritze auf dem Trichter (**B1**). Geben Sie etwas Ethanol auf ein Uhrglas und entzünden Sie es. Halten Sie den Trichter mit etwas Abstand über die Flamme und saugen Sie die Verbrennungsgase mit der Spritze über das Watesmo-Papier im Trichter in das Kalkwasser.



B1 Nachweis von Verbrennungsgasen bei der Verbrennung von Ethanol in V1

AUSWERTUNG

- Notieren Sie die Beobachtungen im Kalkwasser und am Watesmo-Papier in **V1**.
- Schließen Sie aus den Beobachtungen in **V1** auf die Verbrennungsprodukte von Ethanol.
- Schließen Sie aus den Verbrennungsprodukten auf Elemente, die in Ethanol-Molekülen gebunden sein müssen.

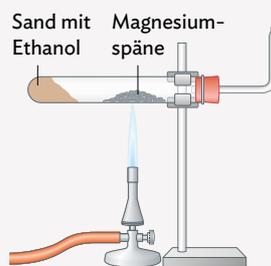
ENTSORGUNG R

V Qualitative Elementaranalyse von Ethanol



Durch eine qualitative Elementaranalyse kann man die Elemente identifizieren, die allgemein in einem Stoff vorliegen. Informationen über die Verknüpfung der Atome in einem Molekül erhält man auf diese Weise jedoch nicht. Wie funktioniert dieses Verfahren?

LV2 In der Apparatur aus **B2** wird Ethanol bis zum Sieden erhitzt. Sobald Ethandampf über die Magnesiumspäne strömt, werden diese mit dem Brenner bis zum Aufglühen erhitzt. Die Oberfläche des Magnesiums wird beobachtet und das an der Röhrchenspitze austretende Gas entzündet. Mit einem angefeuchteten Streifen Universalindikatorpapier wird nach dem Abkühlen die Oberfläche der Späne im Verbrennungsrohr berührt (Video zum Versuch unter QR-/Mediencode 06010-009).



B2 Versuchsaufbau zu LV2



06010-009

V3 Geben Sie in zwei Reagenzgläser je 5 mL Wasser. Fügen Sie in das erste Reagenzglas 2 mL Ethanol und in das zweite 2 mL Natronlauge hinzu.

Untersuchen Sie die Lösungen mit einigen Tropfen Universalindikatorlösung.

AUSWERTUNG

- a) Benennen Sie das feste Reaktionsprodukt und das entstehende Gas in **LV2**.
- b) Schließen Sie aus den Reaktionsbedingungen in **LV2** auf

die Herkunft der Atome in der Verbindung des festen Reaktionsprodukts.

- c) Ethanol-Moleküle bestehen aus Atomen dreier Elemente. Nennen Sie diese Elemente. Begründen Sie Ihre Entscheidung anhand der Ergebnisse von **V1**, **LV2** und **V3**.
- d) Vergleichen und begründen Sie das Verhalten von Ethanol-Lösung und Natriumhydroxid-Lösung gegenüber Universalindikatorlösung in **V3**.

ENTSORGUNG R, G1

M Quantitative Elementaranalyse von Ethanol

Bei der quantitativen Elementaranalyse bestimmt man nicht nur, welche Elemente am Aufbau eines Moleküls beteiligt sind, sondern auch deren Massenanteile.

M4 Ein Trockenrohr wird mit Calciumchlorid gefüllt und genau gewogen. Mit einer Pipette werden genau 0,1 mL Ethanol ($\hat{=} m(\text{Ethanol}) = 0,0789 \text{ g}$) in ein kaltes Reagenzglas getropft und anschließend schnell etwa 4 cm hoch Kupfer(II)-oxidspäne hinzugefügt. Das Reagenzglas wird mit dem Trockenrohr und einem Kolbenprober dicht verbunden (**B3**). Das Kupfer(II)-oxid wird nun bis zum Glühen erhitzt. Während des Versuchs wird der Kolbenprober beobachtet. Die Reaktion ist beendet, wenn keine Volumenzunahme

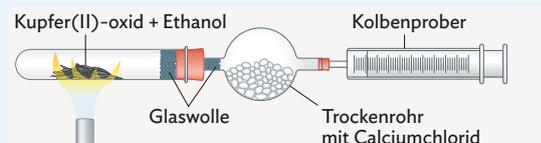
mehr erfolgt (Video zum Versuch unter QR-/Mediencode 06010-010). Nach dem Abkühlen der Apparatur wird das Endvolumen am Kolbenprober abgelesen und die Massenzunahme des Trockenrohres bestimmt.

Es werden folgende Messergebnisse ermittelt:

- Gas im Kolbenprober: $V = 74 \text{ mL}$
- $\Delta m(\text{Trockenrohr}) = 0,09 \text{ g}$



06010-010



B3 Versuchsaufbau zu M4

AUSWERTUNG

- a) Geben Sie begründet den Stoff an, der für die Massenzunahme des Trockenrohres in **M4** verantwortlich ist.
- b) Schließen Sie aus der Versuchsdurchführung in **M4** auf das aufgefangene Gas im Kolbenprober.
- c) Aus den Messergebnissen in **M4** kann man die Massenanteile zweier Elemente des Ethanol-Moleküls ermitteln. Nennen Sie diese Elemente.
- d) Formulieren Sie eine Hypothese, auf welche Weise man den Massenanteil des dritten Elements im Ethanol-Molekül ermitteln könnte.

4.2 Die elementare Zusammensetzung von Ethanol-Molekülen

4.2.2 Elementaranalyse des Ethanol-Moleküls

Ethanol
→ S. 186 f.

Ethanol ist der bekannteste Vertreter der Stoffklasse der **Alkohole**. Die Brennbarkeit von Ethanol kann genutzt werden, um auf die elementare Zusammensetzung des Moleküls zu schließen. Mit dieser sogenannten **qualitativen Elementaranalyse** kann man Elemente identifizieren, die in einem Stoff gebunden vorliegen.

Qualitative Untersuchungen

Bei der Verbrennung von Ethanol entsteht ein farbloses Kondensat, das Watesmo-Papier blau färbt (**V1**). Leitet man die Verbrennungsgase durch Kalkwasser, kommt es zu dessen Trübung. Daraus folgt, dass bei der Verbrennung die Produkte Wasser und Kohlenstoffdioxid entstehen. Wie bei der Verbrennung von Kohlenwasserstoffen (Video unter QR-/Mediencode 06010-011) kann man auch hier schließen, dass in Ethanol-Molekülen Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atome gebunden vorliegen.

Leitet man Ethanoldampf über heiße Magnesiumspäne, überziehen sich diese mit einer weißen Schicht aus Magnesiumoxid, das mit Wasser basisch reagiert (**LV2**). Da der Ethanoldampf die Luft aus der Apparatur verdrängt hat, muss der Sauerstoff im gebildeten Magnesiumoxid aus dem Ethanoldampf stammen. Ethanol-Moleküle enthalten also neben Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atomen auch gebundene Sauerstoff-Atome.

Quantitative Untersuchungen

Bei der qualitativen Analyse eines Ethanol-Moleküls wurden die Elemente C, H und O nachgewiesen. Zur Ermittlung der Verhältnisformel $C_xH_yO_z$ des Ethanol-Moleküls wendet man die **quantitative Elementaranalyse** an. Bei dieser werden die Masseanteile der chemischen Elemente in organischen Verbindungen bestimmt und daraus die Verhältnisformel berechnet.

In **M4** wurden in die Analyseapparatur 0,1 mL Ethanol gegeben. Mithilfe der Dichte von Ethanol ($\rho = 0,7893 \text{ g/mL}$) wird die Masse an eingesetztem Ethanol berechnet:

$$\begin{aligned} m(\text{Ethanol}) &= V(\text{Ethanol}) \cdot \rho(\text{Ethanol}) \\ &= 0,1 \text{ mL} \cdot 0,789 \text{ g/mL} = 0,0789 \text{ g} \end{aligned}$$

Im Kolbenprober in **M4** sammelten sich 74 mL Kohlenstoffdioxid. Daraus lässt sich rechnerisch der **Kohlenstoffanteil** im Ethanol-Molekül berechnen:

$$\begin{aligned} \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} &= \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m(\text{CO}_2)} \\ m(\text{C}) &= \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m(\text{CO}_2)} \cdot M(\text{C}) \end{aligned}$$

$$m(\text{C}) = \frac{0,074 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} \cdot 12 \text{ g/mol} \approx 0,04 \text{ g}$$

Das Calciumchlorid im Trockenrohr in **M4** hat das bei der Verbrennung entstandene Wasser gebunden. Aus der Massendifferenz $\Delta m = 0,09 \text{ g}$ des Trockenrohres ergibt sich also die gebildete Masse an Wasser bei der Verbrennung von 0,1 mL Ethanol. Daraus lässt sich wie folgt der **Wasserstoffanteil** im Ethanol-Molekül berechnen:

1 mol Wasser H_2O enthält 2 mol Wasserstoff. Es gilt also:

$$\begin{aligned} \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} &= \frac{2 \cdot m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} \\ m(\text{H}) &= \frac{2 \cdot m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} \cdot M(\text{H}) \end{aligned}$$

$$m(\text{H}) = \frac{2 \cdot 0,09 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} \cdot 1 \text{ g/mol} = 0,01 \text{ g}$$

Die Masse des **Sauerstoffanteils** im Ethanol-Molekül wird durch Differenzbildung berechnet:

$$\begin{aligned} m(\text{O}) &= m(\text{Ethanol}) - m(\text{C}) - m(\text{H}) \\ m(\text{O}) &= 0,0789 \text{ g} - 0,04 \text{ g} - 0,01 \text{ g} \\ m(\text{O}) &= 0,0289 \text{ g} \approx 0,029 \text{ g} \end{aligned}$$

Mit den Massen der Elemente lässt sich nun das Massenverhältnis der Elemente in einem Ethanol-Molekül angeben:

$$m(\text{C}) : m(\text{H}) : m(\text{O}) = 0,04 \text{ g} : 0,01 \text{ g} : 0,029 \text{ g}$$

Daraus kann anschließend das Atomzahlverhältnis der Elemente im Ethanol-Molekül ermittelt werden. Dazu werden die Massen der Elemente in Stoffmengen entsprechend der Formel $n = \frac{m}{M}$ umgerechnet:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 3,33 \text{ mol} : 10 \text{ mol} : 1,81 \text{ mol}$$

Alle Werte werden nun durch den kleinsten Wert dividiert:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 1,84 : 5,52 : 1$$

Kohlenwasserstoffe
→ S. 144 ff.



06010-011

Die elementare Zusammensetzung von Ethanol-Molekülen

4.2

Anschließend wird auf- bzw. abgerundet und man erhält:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 2 : 6 : 1$$

Die Verhältnisformel des Ethanol-Moleküls ist demnach $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

Ermittlung der molaren Masse

Damit man weiß, ob die Verhältnisformel der Summenformel oder einem Vielfachen davon $(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})_n$ entspricht, muss man die molare Masse des Stoffes ermitteln.

Beim Verdampfen von 0,1 mL ($m = 0,0789 \text{ g}$) Ethanol entsteht ein Volumen von 41 mL Ethanoldampf. Daraus lässt sich nach der folgenden Berechnung die molare Masse von Ethanol ermitteln:

$$\frac{M(\text{Ethanol})}{\text{Einwage}(\text{Ethanol})} = \frac{V_m}{V(\text{Ethanoldampf})}$$

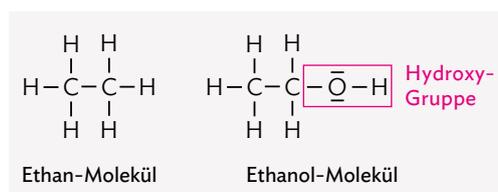
$$M(\text{Ethanol}) = \frac{V_m \cdot \text{Einwage}(\text{Ethanol})}{V(\text{Ethanoldampf})}$$

$$M(\text{Ethanol}) = \frac{22,4 \text{ L/mol} \cdot 0,0789 \text{ g}}{0,041 \text{ L}} = 43,10 \text{ g/mol}$$

Ist bei der Verhältnisformel $n = 1$, so entspricht die berechnete molare Masse der experimentell ermittelten molaren Masse $M(\text{Ethanol}) = 43,10 \text{ g/mol}$. $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ entspricht somit der **Summenformel** für ein Ethanol-Molekül.

Struktur des Ethanol-Moleküls

Die Struktur des Ethanol-Moleküls leitet sich von der des Ethan-Moleküls ab (**B1** links). Struktur-aufklärungen haben ergeben, dass das Sauerstoff-Atom als Teil einer **Hydroxy-Gruppe** $-\text{OH}$ an einem Kohlenstoff-Atom gebunden ist (**B1** rechts). Dies kann durch folgende Schreibweise hervorgehoben werden: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$.



B1 LEWIS-Strukturformeln des Ethan- (links) und des Ethanol-Moleküls (rechts)

INFO

Die erste Apparatur für eine **Elementaranalyse** eines organischen Stoffes wurde von ANTOINE LAURENT DE LAVOISIER entwickelt. In der Folge wurde seine Apparatur nach und nach deutlich verbessert und verkleinert. Eine der größten Verbesserungen gelang dabei JUSTUS VON LIEBIG, wodurch die Analyse-methode der Elementaranalyse auch einem größeren Publikum zugänglich gemacht wurde. LIEBIGS Apparatur bot einige Vorteile: Erhaltene Analyseergebnisse waren überaus präzise und beanspruchten deutlich weniger Zeitaufwand im Vergleich zu älteren Apparaturen. Heute wird die Elementaranalyse vor allem in der Forschung und Produktion chemischer Produkte zur Überprüfung der Reinheit angewandt.

Im Ethanol-Molekül bildet die Hydroxy-Gruppe eine Elektronenpaarbindung zum benachbarten Kohlenstoff-Atom. In einem Metallhydroxid, z. B. Natriumhydroxid NaOH , hingegen wirken Ionenbindungen zwischen Metall-Kationen, hier Natrium-Ionen Na^+ , und Hydroxid-Ionen OH^- . Letztere sind mit Universalindikatorlösung nachweisbar. Ethanol bildet keine alkalische Lösung (**V3**).

Die Ermittlung der elementaren Zusammensetzung einer Verbindung kann durch qualitative und quantitative Elementaranalysen erfolgen. Das Ergebnis ist eine Verhältnisformel. Durch anschließende Ermittlung der molaren Masse kann die Summenformel bestimmt werden. Die Summenformel von Ethanol z. B. ist $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$.

AUFGABEN

- A1** Die Summenformel des Alkohols Methanol ist CH_4O . Formulieren Sie eine LEWIS-Strukturformel für dieses Molekül.
- A2** Berechnen Sie die Masse von 65 mL Methanol. *Hinweis:* Die Dichte von Methanol beträgt $\rho(\text{Methanol}) = 0,791 \text{ g/mL}$.
- A3** Zeichnen Sie das Molekül mit der Summenformel $(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})_3$, das eine Hydroxy-Gruppe trägt.

4.2 Die elementare Zusammensetzung von Ethanol-Molekülen

4.2.3 Alkanole

Die Stoffklasse der Alkohole

Methanol und Ethanol sind Vertreter der Stoffklasse der Alkohole. Die Namen der Alkohole enden auf **-ol**. Ihre Moleküle haben als gemeinsames Strukturmerkmal die Hydroxy-Gruppe $-OH$. Eine Atomgruppe, die ein gemeinsames Strukturmerkmal der Moleküle einer Stoffklasse darstellt, nennt man **funktionelle Gruppe**.

Die homologe Reihe der Alkanole

Alkohole, deren Moleküle genau eine Hydroxy-Gruppe enthalten und deren Kohlenstoff-Atome nur über Einfachbindungen miteinander verbunden sind, heißen **Alkanole**. Der Begriff Alkohole wird als Überbegriff verwendet. Alkanole haben die allgemeine Summenformel $C_nH_{2n+1}OH$. Sie leiten sich von den Alkanen C_nH_{2n+2} ab und bilden analog zu diesen eine homologe Reihe. Wie bei den Alkanen unterscheiden sich die aufeinanderfolgenden Vertreter jeweils durch eine Methylene-Gruppe $-CH_2-$. Zur Benennung der Alkanole wird die Endung **-ol** an den Namen des entsprechenden Alkans angehängt, z. B. Ethanol, Propanol (**B2**).

Alkane
→ S. 150 f.

homologe Reihe
→ S. 150 f.

Stoffeigenschaften
der Alkohole
→ S. 200 ff.

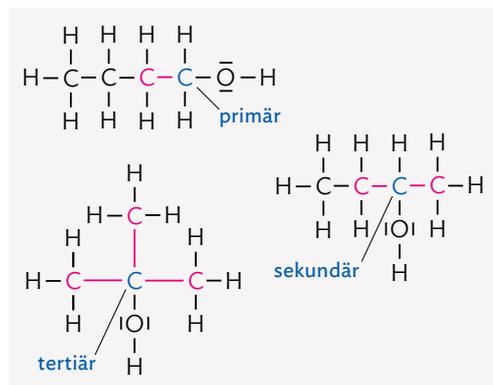
Name	Halbstrukturformel
Methanol	CH_3-OH
Ethanol	CH_3-CH_2-OH
Propan-1-ol	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$
Butan-1-ol	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$

B2 Namen und Halbstrukturformeln einiger Alkanole

Die Vielfalt der Alkohole

Alkohole können über eine oder mehrere Hydroxy-Gruppen in den Molekülen verfügen. Je nach Anzahl nennt man sie dann **ein-, zwei-, dreiwertig** etc. (**mehrwertig**). Außerdem kann die Hydroxy-Gruppe im Molekül an verschiedenen Positionen vorliegen, man spricht von **Stellungsisomerie**. Je nachdem, wie viele Kohlenstoff-Atome mit dem Kohlenstoff-Atom verbunden sind, an dem die Hydroxy-Gruppe gebunden ist, spricht man von einem **primären, sekundären** oder **tertiären Alkohol** (**B3**).

Isomerie
→ S. 273



B3 Lewis-Strukturformeln der Isomere von Butanol

Bei der Benennung der Kohlenwasserstoffe wird die Position der Hydroxy-Gruppe durch eine Zahl gekennzeichnet (**B2**).

Die Anzahl der Hydroxy-Gruppen wird durch griechische Silben (di, tri, tetra, usw.) angegeben. Die Kohlenstoff-Atome der Hauptkette erhalten möglichst niedrige Positionsziffern. Ein Beispiel für einen dreiwertigen Alkohol ist **Propan-1,2,3-triol (Glycerin)**, das z. B. in der Kosmetikindustrie als Feuchthaltemittel oder in der Medizin als Arzneistoff verwendet wird. Die Position und die Anzahl der Hydroxy-Gruppen beeinflussen die Stoffeigenschaften der Alkohole.

Propan	-	1,2,3	-	tri	ol
Hauptkette	Position(en) der OH-Gruppe(n)	Anzahl der OH-Gruppen	Endung der Alkohole		

Ethanol ist ein Vertreter der Stoffklasse der Alkohole. Die funktionelle Gruppe der Alkohol-Moleküle ist die Hydroxy-Gruppe $-OH$. Alkanole sind Alkohole mit nur Einfachbindungen im Molekül.

AUFGABEN

- A1** Erweitern Sie die Tabelle in **B2** bis zum Alkanol mit zehn Kohlenstoff-Atomen.
- A2** Begründen Sie die Angabe der Ziffer 1 bei der Benennung der Alkanole ab drei Kohlenstoff-Atomen in **B2**.
- A3** Benennen Sie die Alkohole in **B3**.

4.2.4 Bier brauen

„Wir wollen auch sonderlichen, das füran allenthalben in unsern Stetten, Märckthen, unn auf dem Lannde, zu kainem Pier, merer stückh, dann allain Gersten, Hopfen, unn wasser, genommen unn gepraucht sölle werdn.“ (aus der Landesverordnung des Herzogtums Bayern vom 23. April 1516).

Seit dem 23. April 1516 gilt das **Reinheitsgebot**, nach dem ausschließlich Gerste, Hopfen und Wasser als Zutaten beim Bierbrauen verwendet werden sollen (**B1**). Damals wie heute wird als weitere Zutat Hefe hinzugefügt, jedoch war damals der Brauprozess noch nicht bekannt und die Hefe eher eine zufällige Beigabe. Nicht umsonst wurde häufig neben Bäckereien gebraut („Heute back ich, morgen brau ich.“). Auch heute noch halten sich die meisten Brauereien in Deutschland an das Reinheitsgebot.

Bierbrauen kann man auch mit recht einfachen Mitteln zuhause. Wichtiger als die Ausrüstung ist die genaue Kenntnis und Kontrolle des Brauprozesses, in dem aus der Gerste zunächst Zucker gewonnen wird, welcher anschließend von Hefen zu Ethanol vergärt wird. Zu Beginn werden beim **Mälzen** die Gerstenkörner zum Keimen gebracht. Der Keimling bildet die beiden Enzyme α -Amylase und β -Amylase. Beim **Darren** wird der Keimvorgang bei 85 bis 100 °C gestoppt, dabei entsteht trockenes und teilweise dunkel gefärbtes Malz. Durch Mischungen verschiedener Malze können helle oder dunkle Biere hergestellt werden. Die meisten Brauereien stellen das Malz nicht selbst her, sondern kaufen es von Spezialbetrieben. Für Hobbybrauer und Profis beginnt das eigentliche Brauen beim **Maischen**. Das ge-



B1 Hopfen und Gerste als Zutaten für Bier

schrotete Malz wird mit Wasser vermischt und bei verschiedenen Temperaturen gerührt. Je nach Temperatur sind andere Enzyme aktiv. Bei etwa 65 °C zerlegt die α -Amylase Stärke zum Zweifachzucker Maltose (Malzzucker). Je länger diese Phase ist, desto stärker ist später der Alkoholgehalt. Bei etwa 72 °C verliert die α -Amylase ihre Aktivität. Bei diesen Temperaturen arbeitet dafür die β -Amylase, die die restliche Stärke in süße Zucker zerlegt, die nicht vergärbar, aber wesentlich für den Geschmack des Bieres sind. Nun wird **geläutert**, eine grobe Art der Filtration: Die Maische wird von allen größeren Feststoffen befreit und heißt nun **Würze**. Diese wird für etwa eineinhalb Stunden gekocht und je nach Biersorte mit unterschiedlichen Mengen Hopfen versetzt. Der Hopfen führt zum charakteristisch bitteren Geschmack und würzigen Geruch des Bieres und erhöht dessen Haltbarkeit (**B1**). Nach dem Würzekochen wird nochmal **filtriert**, diesmal jedoch mit einem deutlich feineren Filter.

Nach dem Kühlen beginnt der **Gärprozess**: Hefen zersetzen bei niedrigen Temperaturen die Maltose zunächst zum Einfachzucker Glucose

(Traubenzucker) und diesen letztlich zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid. Bei der Hauptgärung, die mehrere Tage dauert, lässt man das Kohlenstoffdioxid entweichen. Die Nachgärung findet in geschlossenen Flaschen oder Fässern statt, wodurch das entstehende Kohlenstoffdioxid sich als Kohlensäure im Bier löst. Bei der anschließenden Reifung führen über mehrere Wochen hinweg vielfältige chemische Reaktionen zum endgültigen Geschmack des Bieres.

AUFGABEN

- A1** Erstellen Sie ein Flussdiagramm, in dem Sie die wesentlichen Stationen des Bierbrauens übersichtlich darstellen.
- A2** Hopfenextrakt wird mit „überkritischem“ Kohlenstoffdioxid gewonnen. Recherchieren Sie die Funktionsweise dieses Lösemittels.
- A3** Bei der sogenannten Iodprobe wird eine kleine Maischeprobe mit der Ihnen aus dem Biologieunterricht bekannten LUGOLschen Lösung (Iod-Kaliumiodidlösung) versetzt. Erklären Sie den Sinn dieser Iodprobe.



4.3 Die Eigenschaften der Alkohole

Ethanol wird in Maßen genossen als Genussmittel angesehen, Methanol hingegen ist in vergleichbaren Mengen zugeführt giftig für den menschlichen Körper. Alkohol-Moleküle zeichnen sich durch ein gemeinsames Strukturmerkmal aus. Welche Unterschiede gibt es aber auf struktureller Ebene und welche Folgen hat das für die Eigenschaften der verschiedenen Alkohole?

4.3.1 Versuche und Material

V Eigenschaften von Alkoholen



Alkohole finden sich in vielen Alltagsprodukten wieder. Der Grund hierfür sind ihre spezifischen Eigenschaften. Was sind die Ursachen dieser unterschiedlichen Eigenschaften?

V1 Hinweis: Der Versuch eignet sich als arbeitsteiliger Gruppenversuch.

Geben Sie in je ein Reagenzglas 2 mL Ethanol, 2 mL Propan-1-ol, 2 mL Butan-1-ol bzw. 2 mL Pentan-1-ol. Fügen Sie zu jedem Stoff 3 mL Wasser hinzu.

Schütteln Sie kurz und lassen Sie die Reagenzgläser eine Weile ruhig stehen. Verfahren Sie analog, indem Sie die Alkohole mit Heptan anstelle von Wasser versetzen.

V2 Tropfen Sie einen Tropfen Speiseöl in 1 mL Wasser auf einem Uhrglas. Fügen Sie anschließend drei Tropfen Ethanol hinzu und beobachten Sie.

V3 Geben Sie in je eine Porzellanschale jeweils wenige Milliliter Methanol, Ethanol bzw. Pentan-1-ol.

Zünden Sie die Flüssigkeiten vorsichtig an und beobachten Sie.

AUSWERTUNG

- Fassen Sie die Beobachtungen bei **V1** tabellarisch zusammen.
- Vergleichen Sie die Löslichkeit der Alkohole in **V1** in Wasser und in Heptan. Formulieren Sie eine Vermutung zur Begründung des unterschiedlichen Löslichkeitsverhaltens der Stoffe in **V1**.
- Erklären Sie die Unlöslichkeit von Speiseöl in Wasser in **V2**. Nutzen Sie einen allgemeinen Merksatz.
- Beschreiben Sie den Einfluss von Ethanol auf die Löslichkeit von Speiseöl in Wasser in **V2**.
- Erläutern Sie das unterschiedliche Aussehen der Flammen der Alkohole in **V3** mithilfe des Struktur-Eigenschafts-Prinzips.

ENTSORGUNG G3



gestufte Hilfen zu e) unter QR-/Medien-code 06001-32

Versuche und Material 4.3

M Siedetemperaturen von Alkoholen

Alkohole sind z. B. in Desinfektionsmitteln enthalten. Nach kurzer Zeit auf der Haut sind diese verdunstet. Woran liegt das und wie lässt sich dieser Sachverhalt erklären?

M4 Die Abbildung **B1** zeigt die Siedetemperaturen verschiedener Alkane und einwertiger Alkohole mit zunehmender Anzahl an Kohlenstoff-Atomen sowie die Siedetemperaturen verschiedener mehrwertiger Alkohole mit zwei bzw. drei Hydroxy-Gruppen in den Molekülen.

AUSWERTUNG

- a) Stellen Sie die Siedetemperaturen der Alkane, der **MK7** einwertigen und der mehrwertigen Alkohole aus **B1** in verschiedenen Farben in einem Diagramm dar.
- b) Stellen Sie anhand Ihres Diagramms aus a) Struktur-Eigenschafts-Beziehungen her.
- c) Formulieren Sie eine begründete Vermutung, die die Siedetemperaturen aus **B1** erklären kann.
- d) Recherchieren Sie, dass Ethanol und Propan-1-ol **MK7** nicht nur wegen ihrer keimtötenden Wirkung in Desinfektionsmitteln eingesetzt werden.

Name	Siedetemperatur in °C
Methan	-161,5
Ethan	-88,6
Propan	-42,1
n-Butan	-0,5
n-Pentan	36,1
n-Hexan	68,7
n-Heptan	98,4
Methanol	64,7
Ethanol	78,4
Propan-1-ol	97,2
Butan-1-ol	117,3
Pentan-1-ol	138,0
Hexan-1-ol	157,5
Heptan-1-ol	176,0
Propan-1,2-diol	188,0
Propan-1,3-diol	215,0
Propan-1,2,3-triol	290,0

B1 Siedetemperaturen von Alkanen sowie einwertigen und mehrwertigen Alkoholen im Vergleich

V Eigenschaften von mehrwertigen Alkoholen



Es gibt Alkohole, deren Moleküle nur eine Hydroxy-Gruppe enthalten, aber auch solche die mehrere Hydroxy-Gruppen im Molekül besitzen (vgl. S. 198). Welchen Einfluss hat die Anzahl der Hydroxy-Gruppen auf die Eigenschaften eines Alkohols?

V5 Untersuchen Sie die Löslichkeit von Ethanol, Glycol (Ethan-1,2-diol) und Glycerin (Propan-1,2,3-triol) in Wasser und in Heptan.

V6 Füllen Sie jeweils 20 mL Ethanol, Glycol und Glycerin in je eine Petrischale und ermitteln Sie sofort die Gesamtmasse. Lassen Sie die Petrischalen einige Tage stehen und ermitteln Sie die Massen anschließend erneut.

V7 Pipettieren Sie einige Milliliter Ethanol, Glycol und Glycerin mit einer Einmalpipette in je eine Petrischale und beobachten Sie das Fließverhalten.

AUSWERTUNG

- a) Stellen Sie die Beobachtungen aus **V5** tabellarisch dar.
- b) Entwickeln Sie die LEWIS-Strukturformeln der in **V5** systematisch benannten Alkohole. Erklären Sie die Beobachtungen bei den Löslichkeitsversuchen in Wasser und in Heptan in **V5** anhand dieser LEWIS-Strukturformeln.
- c) In **V6** findet keine chemische Reaktion statt. Benennen Sie die Ursache für die Massenänderung der Petrischalen mit den Alkoholen.
- d) Erklären Sie das Fließverhalten der Stoffe in **V7** unter Anwendung Ihrer Kenntnisse über zwischenmolekulare Wechselwirkungen.

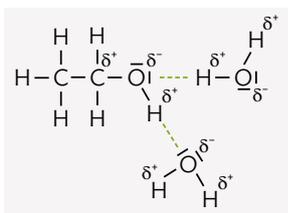
ENTSORGUNG G3

4.3 Die Eigenschaften der Alkohole

4.3.2 Struktur-Eigenschafts-Beziehungen von Alkoholen

Der typische Desinfektionsmittelgeruch wird durch ein Gemisch von Ethanol und Propanol hervorgerufen. Mit den beiden Alkoholen können z. B. Pflasterrückstände gelöst werden, die sich nicht mit Wasser entfernen lassen. Ethanol und Propanol selbst lösen sich in Wasser. Wie kann das unterschiedliche Löseverhalten auf Teilchenebene erklärt werden?

Löslichkeit der Alkohole



B1 Wasserstoffbrücken zwischen Wasser- und Ethanol-Molekülen



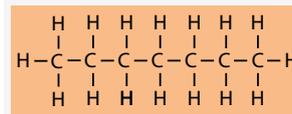
06006-74
Video zu Ethanol als Lösevermittler unter QR-/Mediencode 06006-74



06006-75
Diagramm zu den Siedetemperaturen der Alkohole aus M4 unter QR-/Mediencode 06006-75

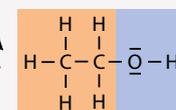
Mischversuche zeigen, dass Ethanol sowohl mit Heptan als auch mit Wasser klare Lösungen bildet (V1). Heptan und Wasser sind nicht miteinander mischbar, sie bilden ein Zwei-Phasen-Gemisch (vgl. S. 154 ff.). Die Hydroxy-Gruppe $-OH$ im Ethanol-Molekül bewirkt die gute Löslichkeit von Ethanol in Wasser, da sich zwischen den polaren Wasser-Molekülen und den polaren Bereichen der Ethanol-Moleküle **Wasserstoffbrücken** ausbilden können (B1). Die Löslichkeit von Ethanol in Stoffen mit unpolaren Molekülen, wie denen vom hydrophoben Heptan, beruht hingegen auf **VAN-DER-WAALS**-Wechselwirkungen zwischen den unpolaren Alkyl-Gruppen der Ethanol- und der Heptan-Moleküle (B2). Methanol, Ethanol und Propanol sind unbegrenzt in Wasser löslich. Die Löslichkeit in Wasser nimmt jedoch mit zunehmender Kettenlänge der unverzweigten Alkohol-Moleküle ab, da der Einfluss der größer werdenden unpolaren Alkyl-Gruppe in den Molekülen auf die Löslichkeit wächst. Dies macht die Stoffe zunehmend hydrophober bzw. lipophiler (V1). Speiseöl und Wasser sind nicht miteinander mischbar (V2). Grund dafür ist die unterschiedliche Polarität ihrer Moleküle. Fügt man dem Gemisch aus einer Flüssigkeit mit stark polaren und einer Flüssigkeit mit unpolaren Molekülen eine Flüssigkeit mit Molekülen mit polaren und unpolaren Bereichen, wie z. B. Ethanol, hinzu, kommt es zur vollständigen Vermischung. Ethanol wirkt als **Lösevermittler**, da die Ethanol-Moleküle sowohl mit den unpolaren Öl-Molekülen als auch mit den polaren Wasser-Molekülen wechselwirken können.

unpolare Bindungen (Heptan-Molekül)

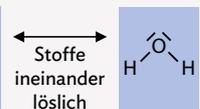


Stoffe nicht ineinander löslich

Stoffe ineinander löslich



unpolar polar (Ethanol-Molekül)



polare Bindungen (Wasser-Molekül)

B2 Zwischenmolekulare Wechselwirkungen zwischen unpolaren Heptan-, polaren Wasser- und Ethanol-Molekülen mit mittlerer Polarität

Brennverhalten der Alkohole

Wird Methanol entzündet, ist die blaue Flamme kaum sichtbar. Die Flammen von Propan-1-ol und Pentan-1-ol leuchten beim Verbrennen und hinterlassen einen Rußrückstand. Bei ausreichender Sauerstoffzufuhr verbrennen Alkohole rückstandsfrei zu Wasser und Kohlenstoffdioxid. Bei gleichbleibender Sauerstoffzufuhr rußen Alkohole mit länger-kettigen Molekülen bei der Verbrennung stärker als Alkohole mit kurz-kettigen Molekülen. Glühende Rußpartikel färben die Flamme gelb (vgl. S. 200). Die Oxidation des im Verhältnis größeren Anteils von Kohlenstoff-Atomen zu Wasserstoff-Atomen in den Molekülen der länger-kettigen Alkohole erfolgt unvollständig. Kohlenstoff bleibt zurück (V3).

Siede- und Schmelztemperaturen von Alkoholen

Ethan siedet bei $-88,6^\circ\text{C}$ und ist daher bei Raumtemperatur gasförmig. Ethanol ist unter gleichen Bedingungen eine Flüssigkeit und siedet bei $78,4^\circ\text{C}$. Der Temperaturunterschied zwischen den Siedetemperaturen beider Stoffe beträgt 167°C . Zwischen den Molekülen beider Stoffe wirken vergleichsweise schwache **VAN-DER-WAALS**-Wechselwirkungen. Grund für die wesentlich höhere Siedetemperatur des Ethanols sind

Die Eigenschaften der Alkohole 4.3

Wasserstoffbrücken, die zwischen den Hydroxy-Gruppen der Ethanol-Moleküle ausgebildet werden können (M4).

Geht Ethanol in den gasförmigen Zustand über, müssen die zwischenmolekularen Kräfte durch Energiezufuhr überwunden werden. Heptan siedet bei 98,4 °C, während Heptan-1-ol bei 176,0 °C siedet. Die Differenz der Siedetemperaturen beider Stoffe beträgt somit „nur noch“ 77,6 °C. Mit zunehmender Länge der Kohlenstoff-Atomkette steigt die Stärke der VAN-DER-WAALS-Wechselwirkungen und beeinflusst zunehmend die Siedetemperaturen. Der Temperaturunterschied zwischen den Siedetemperaturen von Alkanen mit langen Kohlenstoff-Atomketten in den Molekülen und den entsprechenden Alkoholen verringert sich daher mit zunehmender Länge der Kohlenstoff-Atomkette in den Molekülen (M4).

Die Stellung der Hydroxy-Gruppe hat ebenfalls Auswirkungen auf die Stoffeigenschaften. Die Siedetemperatur von Propan-1-ol beträgt z. B. 97,2 °C, die von Propan-2-ol (Isopropanol) 82,5 °C. Die geringere Siedetemperatur des Isopropanols ist in der Verringerung der zwischenmolekularen Kontaktfläche durch die Verzweigungen und den damit einhergehenden schwächeren zwischenmolekularen Wechselwirkungen begründet (vgl. S. 70 f.). Beide Stoffe werden als Desinfektionsmittel verwendet. Propan-2-ol verbreitet den typischen „Krankenhausgeruch“, hier kommt es vermehrt zum Einsatz. Je nach Alkoholzusammensetzung wirken diese Mittel **bakterizid** oder **viruzid**.

Eigenschaften mehrwertiger Alkohole

Die strukturelle Besonderheit mehrerer Hydroxy-Gruppen im Molekül bestimmt die besonderen Eigenschaften mehrwertiger Alkohole.

Bei gleicher Länge der Kohlenstoff-Atomkette der Moleküle steigen die Siedetemperaturen von Propan-1-ol über Propan-1,2-diol zu Propan-1,2,3-triol stark an. Verfügen Moleküle über mehrere Hydroxy-Gruppen, können sich pro Mol zwischen den Molekülen mehr Wasserstoffbrücken ausbilden, als dies bei nur einer Hydroxy-Gruppe möglich ist. Die zahlreichen Wasserstoffbrücken erklären die hohen Siedetemperaturen mehrwertiger Alkohole im Vergleich zu einwertigen (M4).

Während sich Propan-1-ol in Heptan löst, ist Propan-1,2,3-triol in Heptan unlöslich. Je mehr Hydroxy-Gruppen ein Alkohol-Molekül enthält, desto lipophober und hydrophiler ist der Stoff (V5).

Damit Cremes nicht austrocknen, enthalten sie meist Propan-1,2,3-triol (Glycerin). Dieser Stoff entzieht der Luft Feuchtigkeit. Er ist **hygroscopisch** (V6) und hält die Cremes feucht und geschmeidig. Ethan-1,2-diol (Glycol) wird aufgrund seiner hohen Viskosität als Schmiermittel in Kühlanlagen verwendet (V7). Die beschriebenen Eigenschaften lassen sich über die starken zwischenmolekularen Wechselwirkungen deuten. Diese wirken zwischen den Molekülen mehrwertiger Alkohole oder zwischen den Molekülen mehrwertiger Alkohole und Wasser-Molekülen. Ab 0 °C ordnen sich Wasser-Moleküle sehr regelmäßig zu Eiskristallen an. In Alkohol-Wasser-Gemischen stören Alkohol-Moleküle die Ordnung. Das Gemisch bleibt auch bei Temperaturen unter 0 °C flüssig. Aufgrund dieser Gefrierpunkt Erniedrigung werden Alkohole als Frostschutzmittel verwendet.

Die Stoffeigenschaften der Alkohole werden durch die Länge der Kohlenstoff-Atomkette und die Anzahl der Hydroxy-Gruppen in den Molekülen bestimmt. In der homologen Reihe der Alkanole steigen Siedetemperaturen und Viskosität sowie die Löslichkeit in lipophilen Stoffen mit zunehmender Kettenlänge der Moleküle.

Benennung mehrwertiger Alkohole
→ S. 198

AUFGABEN

- A1** Octan-1-ol hat eine höhere Viskosität als Ethanol. Erklären Sie diesen Sachverhalt mithilfe der Informationen aus dem Text.
- A2** Begründen Sie die unterschiedlichen Siedetemperaturen von Ethan-1-ol und Ethan-1,2-diol.
- A3** Kochrezepte weisen darauf hin, dass sich Fettaggen auf Suppen durch einen Schuss Wein beseitigen lassen. Beurteilen Sie diesen Haushaltstipp aus chemischer Sicht.



4.4 Oxidationsreihe der Alkohole

Reine Alkohole werden nicht unbedingt als wohlriechend empfunden. Aus Alkoholen lassen sich aber auch Stoffe herstellen, die als wohlschmeckender Lebensmittelzusatz oder duftender Bestandteil von Parfüms begehrt sind, z. B. Vanillin oder Zimtaldehyd. Um welche Stoffe handelt es sich dabei und wie werden diese aus Alkoholen hergestellt?

4.4.1 Versuche und Material

V Reaktion von Alkoholen mit Kupfer(II)-oxid



1- und 2-Cent-Münzen bestehen aus Stahl mit einer Kupferauflage. In der heißen Brennerflamme laufen sie schwarz an. Mit Alkohol können sie anschließend wieder blank gemacht werden. Wie funktioniert das?

V1 Füllen Sie ein dickwandiges Reagenzglas etwa 3 cm hoch mit Propan-1-ol. Erhitzen Sie ein etwa 10 cm langes Kupferblech in der Brennerflamme bis zum Glühen. Betrachten Sie das Blech außerhalb der Flamme. Bringen Sie es erneut zum Glühen und tauchen Sie es dann in das Propan-1-ol. Wiederholen Sie das Erhitzen bis zum Glühen und das Eintauchen mehrere Male (**Achtung: Der Alkohol kann sich auf dem heißen Blech entzünden, verwenden Sie eine Pinzette!**). Geben Sie einen Tropfen des Reaktionsgemisches auf ein Stück Watesmo-Papier und führen Sie mit dem Rest die TOLLENS-Probe durch (vgl. FM auf S. 205). Tauchen Sie zum Vergleich Watesmo-Papier in reines Propan-1-ol.

V2 Wiederholen Sie V1 mit Propan-2-ol anstelle von Propan-1-ol.

AUSWERTUNG

- Beschreiben Sie die Beobachtungen am Kupferblech beim Erhitzen und beim Eintauchen in die Alkohole in V1 und V2.
- Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die Veränderung des Kupferbleches beim Erhitzen in der Brennerflamme.
- Formulieren Sie eine Vermutung zum Farbwechsel des Blechs beim Eintauchen in die Alkohole in V1 und V2.
- Beschreiben Sie die Funktion des Reaktionspartners Alkohol im Vergleich zum Reaktionspartner Sauerstoff aus der Luft unter Verwendung von Fachbegriffen.

ENTSORGUNG G2, G3



Video zur Reaktion von Alkoholen mit Kupfer unter QR-/Mediencode 06010-012

06010-012

FM Nachweismethoden für Aldehyde anwenden

Aldehyde sind Stoffe, die z. B. durch Oxidation von primären Alkoholen gebildet werden. Es gibt verschiedene Methoden, mit denen sich das Vorliegen eines Aldehyds nachweisen lässt.

VORGEHEN**FEHLING-Probe**

- Geben Sie gleiche Volumina der beiden folgenden Lösungen in ein Reagenzglas: Kupfer(II)-sulfatlösung CuSO_4 (aq) (FEHLING-I-Lösung) und alkalische Kaliumnatriumtartratlösung (FEHLING-II-Lösung).
Hinweis: Als Tartrate werden die Salze der Weinsäure (vgl. S. 214 f.) bezeichnet.
- Geben Sie einige Tropfen dieser blauen Testlösung in die Probelösung, die auf die Anwesenheit eines Aldehyds getestet werden soll.
- Wenn Aldehyde vorhanden sind, bildet sich (ggf. beim Erhitzen) ein rötlicher Niederschlag (**B1 links**).
- Alternativ kann auch die **BENEDICT-Probe** durchgeführt werden (Herstellung BENEDICT-Reagenz und Durchführung BENEDICT-Probe unter QR-/Medien-code 06001-34).

**TOLLENS-Probe (Silberspiegelprobe)**

- Mischen Sie in einem Reagenzglas ca. 3 mL Silbernitratlösung mit einigen Tropfen verdünnter Natronlauge. Es bildet sich ein schwarzbrauner Niederschlag.
- Tropfen Sie nun so lange Ammoniaklösung ($w = 10\%$) hinzu, bis sich der Niederschlag wieder auflöst (**TOLLENS-Reagenz**).
- Versetzen Sie die auf Aldehyde zu untersuchende Probe mit einigen Tropfen dieser Testlösung und erhitzen Sie ohne zu Schütteln im Wasserbad auf ca. 70°C .
- Wenn Aldehyde vorhanden sind, bildet sich nach einigen Minuten an der Innenwand des Reagenzglases ein Silberspiegel (**B1 rechts**).



B1 Nachweis von Aldehyden mit der FEHLING-Probe (links) und mit der TOLLENS-Probe (rechts)



06001-35
Video zum
Thema „FEHLING-
Probe“ unter
QR-/Mediencode
06001-35

V Nachweis von Aldehyden

Vanillin ist der Hauptaromastoff der Gewürzvanille, der auch naturidentisch hergestellt wird und weltweit mengenmäßig der wichtigste Aromastoff ist. Welche Aromastoffe zählen zur Stoffklasse der Aldehyde?

V3 Führen Sie die FEHLING-Probe und die TOLLENS-Probe mit a) Propan-1-ol, b) Propan-2-on (Aceton) und c) Propanal durch (vgl. **FM**).

V4 Führen Sie die FEHLING-Probe mit Vanillearoma, frisch gepresstem Apfelsaft, Zimtaroma, dem Inneren einer Vanilleschote und Glucose durch.

AUSWERTUNG

a) Bei der TOLLENS-Probe bildet sich ein Silberspiegel, da Silber-Ionen Ag^+ zu Silber-Atomen Ag

reduziert werden. Schließen Sie daraus auf die Art der Reaktion, die ein vorliegender Aldehyd dabei eingeht.

- b) Bei der FEHLING-Probe bildet sich schwerlösliches Kupfer(I)-oxid Cu_2O , da Kupfer(II)-Ionen Cu^{2+} zu Kupfer(I)-Ionen Cu^+ reduziert werden. Vergleichen Sie diese Reaktion und die der Aldehyde bei der FEHLING-Probe mit den Reaktionen, die bei der TOLLENS-Probe ablaufen.
- c) Notieren Sie die Beobachtungen bei **V4** und schließen Sie auch mit Bezug auf die Beobachtungen bei **V3** auf eine Gemeinsamkeit aller untersuchten Stoffe.

ENTSORGUNG G2, G3

4.4 Oxidationsreihe der Alkohole

4.4.2 Vom Alkohol zum Aldehyd und Keton

Viele Alkohole sind an der Luft und auch im Körper nicht auf Dauer beständig. Mit geeigneten Reaktionspartnern reagieren sie rasch. Welche Reaktion findet dabei statt und welche Produkte entstehen?

Nummerierung der Kohlenstoff-Atome
→ S. 170 f.

Reaktion primärer Alkohole

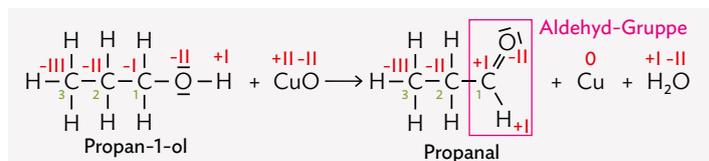
Wenn man heißes, schwarzes Kupfer(II)-oxid in den primären Alkohol Propan-1-ol taucht, verfärbt sich die Oberfläche des Bleches rotbraun glänzend (V1). Kupfer(II)-oxid hat mithilfe von Propan-1-ol zu Kupfer reagiert.

Führt man mit dem Gemisch aus dem Reagenzglas die **TOLLENS-Probe** (vgl. FM auf S. 205) durch, bildet sich an der Reagenzglaswand ein Silberspiegel. Die TOLLENS-Probe ist ein Nachweis für **Aldehyde**. Aus dem primären Alkohol Propan-1-ol bildet sich ein Aldehyd, das **Propanal**.

Testet man das Reaktionsgemisch aus dem Reagenzglas anschließend mit Watesmo-Papier, färbt sich dieses blau, was auf das Vorhandensein von Wasser im Reaktionsgemisch hindeutet. In reinem Propan-1-ol bleibt das Papier dagegen unverändert (V1).

Bei der Reaktion handelt es sich um eine **Redoxreaktion**. Im Gegensatz zu Redoxreaktionen unter Beteiligung von Ionen ist eine Reaktion unter Beteiligung von organischen Teilchen nicht anhand der Änderung der Ionenladungen als solche zu erkennen. Dafür verwendet man ein Hilfsmittel: die **Oxidationszahlen**. Für organische Moleküle ermittelt man sie anhand der LEWIS-Strukturformel. Man ordnet formal das Bindungselektronenpaar einer Bindung immer dem Bindungspartner-Atom zu, das die höhere Elektronegativität hat. Ist die Elektronegativität beider Bindungspartner gleich, wird jedem ein Elektron zugeordnet. Vergleicht man die formal zugeordnete Anzahl an Elektronen mit der Anzahl der Elektronen im ungeladenen Zustand des Atoms,

Elektronegativität
→ S. 68 f.



B1 Redoxreaktion zwischen Propan-1-ol und Kupfer(II)-oxid

ergibt sich daraus die Oxidationszahl (**B1**). Man gibt Oxidationszahlen als positive und negative römische Zahlen an. Erhöht sie sich, handelt es sich um eine Oxidation, erniedrigt sie sich, handelt es sich um eine Reduktion (vgl. FM auf S. 209). Bei der Redoxreaktion aus V1 erhöht sich die Oxidationszahl des C1-Atoms von -1 auf +1. Das Propan-1-ol-Molekül wird folglich oxidiert. Die Kupfer-Ionen aus dem Kupfer(II)-oxid werden zu Kupfer-Atomen reduziert. Die Ladungszahl ändert sich von +II auf 0. Zudem wird Wasser gebildet (**B1**).

Die Alkohol-Moleküle wirken als **Elektronendonatoren**, die Kupfer-Ionen als **Elektronenakzeptoren**. Auch Reaktionen mit organischen Molekülen können daher als Redoxreaktionen, im Sinne der Theorie des Elektronenaustauschs, klassifiziert werden (**B1**).

Die homologe Reihe der Alkanale

Propanal ist das Oxidationsprodukt von Propan-1-ol und gehört zur Stoffklasse der **Alkanale**. Diese fasst man unter dem Überbegriff **Aldehyde**, abgeleitet von der Bezeichnung „*alcoholus dehydrogenatus*“ („dehydrierter Alkohol“), zusammen, da ihre Moleküle aus einem Alkohol-Molekül durch Abspaltung von zwei Wasserstoff-Atomen entstehen. Die Moleküle der Alkanale bestehen aus einem Alkyl-Rest und der **Aldehyd-Gruppe -CHO** (**B1**).

Die Namen der Alkanale der homologen Reihe der Alkanale enden mit der Silbe **-al** (**B2**). Alkanale sind genau wie die Alkanole gesättigte Verbindungen, deren benachbarte Glieder der ho-

Name des Alkanals	Summenformel	Siedetemperatur in °C
Methanal	HCHO	-19,0
Ethanal	CH ₃ CHO	20,2
Propanal	C ₂ H ₅ CHO	48,8
Butanal	C ₃ H ₇ CHO	74,8
Pentanal	C ₄ H ₉ CHO	103,7
Hexanal	C ₅ H ₁₁ CHO	129,0
Heptanal	C ₆ H ₁₃ CHO	152,8

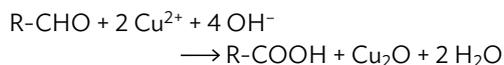
B2 Homologe Reihe der Alkanale

Oxidationsreihe der Alkohole 4.4

mologen Reihe sich jeweils durch eine $-CH_2-$ Gruppe unterscheiden. **Methanal** $HCHO$ ist der einfachste Vertreter der Alkanale, gefolgt von **Ethanal** CH_3CHO . Zwischen den Molekülen wirken **Dipol-Dipol-Wechselwirkungen**.

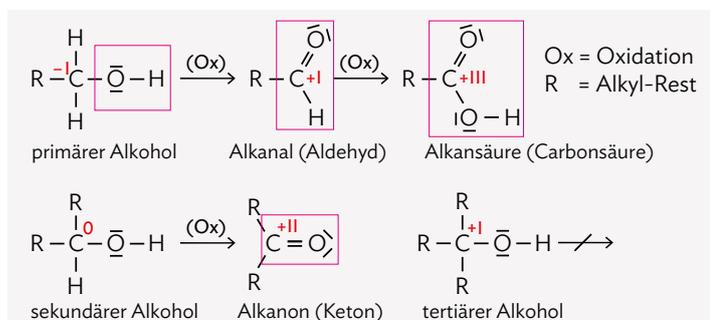
Nachweis von Aldehyden

Erhitzt man eine mit TOLLENS-Reagenz versetzte Propanallösung, bildet sich an der Innenwand des Reagenzglas ein Silberspiegel (V3). Im TOLLENS-Reagenz sind gelöste Silber-Ionen Ag^+ (aq) enthalten. In Gegenwart von Aldehyd-Molekülen, z. B. Propanal-Molekülen, werden die Silber-Ionen Ag^+ zu Silber-Atomen Ag reduziert. Gleichzeitig werden die Propanal-Moleküle oxidiert. Die direkten Oxidationsprodukte der Alkanale sind die sogenannten **Alkansäuren** (Überbegriff: **Carbonsäuren**). Ihre Moleküle bestehen aus einem Alkyl-Rest $-R$ und einer funktionellen Gruppe, der **Carboxy-Gruppe** $-COOH$ (B3). Statt der Reduktion von Silber-Ionen Ag^+ zu Silber-Atomen Ag (TOLLENS-Probe) findet bei der **FEHLING-Probe** eine Reduktion von Kupfer(II)-Ionen Cu^{2+} zu Kuper(I)-Ionen Cu^+ statt. Das ist der Grund dafür, dass aus der blauen, alkalischen Lösung ein rötlicher Niederschlag von Kupfer(I)-oxid ausfällt. Gleichzeitig wird ein vorhandenes Alkanal $R-CHO$ zur Alkansäure $R-COOH$ oxidiert:



Reaktionen sekundärer und tertiärer Alkohole

Gibt man ein glühendes Kupferblech in Propan-2-ol, beobachtet man die Veränderung am Blech und den Geruch nach Nagellackentferner (V2). Dies ist auf die Bildung von **Propan-2-on (Aceton)** zurückzuführen. Das sekundäre Alkanol Propan-2-ol wird zu einem **Alkanon** (Überbegriff: **Keton**) oxidiert. Ketone haben als funktionelle Gruppe die **Carbonyl-Gruppe** $>C=O$, die an zwei Kohlenstoff-Atome gebunden ist (B3). Tertiäre Alkohole lassen sich nicht oxidieren, da an dem Kohlenstoff-Atom, an dem die Hydroxy-



B3 Die Oxidationsreihe der Alkohole (Lernanwendung unter QR-/Medien-code 06021-51)

Gruppe gebunden ist, kein Wasserstoff-Atom vorhanden ist (B3). Die TOLLENS- und die FEHLING-Probe sind spezifische Nachweise für Aldehyde (V3).



06021-51

Primäre Alkohole lassen sich über Aldehyde bis zu Carbonsäuren mit entsprechenden Oxidationsmitteln oxidieren. Oxidation und Reduktion erkennt man an der Änderung des formalen Hilfsmittels der Oxidationszahl. Bei der Oxidation erhöht, bei der Reduktion erniedrigt sie sich. Sekundäre Alkohole reagieren nur bis zum Keton. Tertiäre Alkohole lassen sich nicht oxidieren. Die funktionelle Gruppe in Aldehyden ist die Aldehyd-Gruppe $-CHO$, in Ketonen die Carbonyl-Gruppe $>C=O$. Aldehyde lassen sich mit der TOLLENS- oder FEHLING-Probe nachweisen.

Carbonsäuren
→ S. 210 ff.

AUFGABEN

- A1** Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Umsetzung von Methanol mit Kupfer(II)-oxid. Erläutern Sie die Art der ablaufenden Reaktion.
- A2** Geben Sie an, welche Aldehyd- bzw. Carbonylverbindungen man aus a) Butan-2-ol, b) 2-Methylpropan-1-ol und c) Pentan-1-ol erhält. Benennen Sie die Produkte.
- A3** Begründen Sie die Unterschiede in den Siedetemperaturen von Ethan, Ethanol und Ethanal (B2).



06021-61 gestufte Hilfen zu A3 unter QR-/Mediencode 06021-61

4.4 Oxidationsreihe der Alkohole

4.4.3 Wichtige Aldehyde und Ketone

Methanol
→ S. 186 f.

Die Oxidationsprodukte von Methanol

Bei der unsauberen Destillation von Selbstgebranntem vermischt sich Ethanol mit Methanol. Bereits 5–10 Milliliter Methanol führen zu Erblindung und Gehirnschädigung. Ab einer Dosis von 20–50 Millilitern ist Methanol sogar tödlich. Aufgrund der schwächeren berauschenden Wirkung von Methanol im Vergleich zu Ethanol werden oft größere Mengen der mit Methanol vermischten Spirituose getrunken. Für den gesamten Körper sind die Abbauprodukte des Methanols giftig. Beim Abbau entstehen, auf die gleiche Weise wie bei Ethanol (vgl. S. 191), **Methanal (Formaldehyd)** und **Methansäure (Ameisensäure)**. Methanal kann zur Denaturierung von Körpereiwweiß führen. Der Tod wird durch Übersäuerung des Bluts durch Methansäure verursacht.

Methanal und Ethanal

Methanal wurde früher oft für die Herstellung von Harzen und Kunststoffen sowie für die Konservierung verwendet. Da es aber mittlerweile als krebserregend eingestuft wird, wurde sein Gebrauch stark eingeschränkt.

Ethanal spielt bei der großtechnischen Synthese von Essigsäure (vgl. S. 212 f.) oder als Zwischenprodukt bei anderen bedeutenden Synthesen eine wichtige Rolle.

Propan-2-on

Propan-2-on (Aceton) ist ein hervorragendes Lösungsmittel, insbesondere für Klebstoffe. Es wird auch in Nagellackentfernern verwendet. Es dient außerdem in der Industrie als Ausgangsstoff für zahlreiche Synthesen, z. B. von Plexiglas®.

Aromastoffe

Untersucht man Aromastoffe, z. B. Zimt-, Vanille- oder Mandelaroma mit FEHLING-Reagenz, kann man einen Farbumschlag nach rötlich wahrnehmen (**V4**). Sie enthalten Aldehyde, welche für den charakteristischen Geruch der Stoffe verantwortlich sind (**B4**). Auch das Traubenzucker-Molekül (Glucose-Molekül) enthält eine Aldehyd-Gruppe. Ketone finden ebenfalls als Aromastoffe Verwendung (**B4**). Auch in der Natur kommen Aldehyde und Ketone als natürliche Bestandteile in Pflanzen und Früchten vor. Sie können durch Extraktion gewonnen und als natürliche Aromastoffe verwendet werden.

Die Abbauprodukte von Methanol sind gefährlich für den menschlichen Körper. Aldehyde und Ketone werden bei der Herstellung wichtiger Gebrauchsprodukte verwendet und kommen auch in der Natur in vielen Aromastoffen vor.

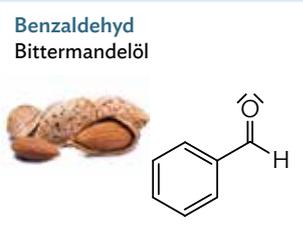
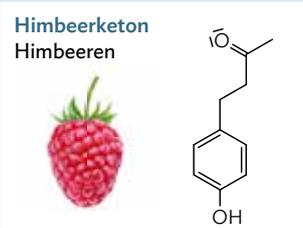


06001-37

Die Skelettformel bietet eine weitere Darstellungsart für ein Molekül. Dabei wird nur die „Zick-Zack“-Struktur des „Molekül-Skeletts“ aus Kohlenstoff-Atomen sowie die funktionelle Gruppe angegeben (vgl. Moleküldarstellungen in B4 und QR-/Mediencode 06001-37).

AUFGABEN

- A1** Stellen Sie den Abbau von Methanol in einem Reaktionsschema dar (vgl. **B3** auf S. 191) und erläutern Sie anhand der Oxidationszahlen, dass es sich um eine Oxidation handelt.
- A2** Recherchieren Sie im Internet zu Gegenmaßnahmen, die bei einer Methanolvergiftung ergriffen werden.
- A3** Erklären Sie die gute Wasserlöslichkeit von Aceton.
- A4** Ordnen Sie die in **B4** dargestellten Moleküle danach, ob es sich um Aldehyd- oder Keton-Moleküle handelt.

Benzaldehyd Bittermandelöl 	Vanillin Vanille 	Zimtaldehyd Zimtol 	Himberketon Himbeeren 
---	---	--	--

B4 Inhaltsstoffe von einigen Pflanzenaromen und deren Skelettformeln

4.4.4 Oxidationszahlen in organischen Verbindungen bestimmen

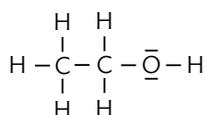
Die **Oxidationszahl** eines in einem Molekül gebundenen Atoms zeigt die Ladung, die das Atom hätte, wenn die Bindungselektronen dem elektronegativeren Bindungspartner vollständig zugeordnet werden. Die Bestimmung von Oxidationszahlen bei **Redoxreaktionen** hilft, die Oxidation und die Reduktion nachzuvollziehen.

Für Redoxreaktionen mit organischen Verbindungen ist hierfür die Oxidationszahl des Kohlenstoff-Atoms relevant, an das die funktionelle Gruppe gebunden ist, die durch die Reaktion verändert wird. Für organische Verbindungen ermittelt man die Oxidationszahlen der Atome in einem Molekül daher anhand der LEWIS-Strukturformel.

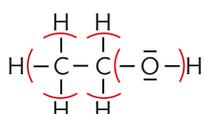
Bestimmen Sie die Oxidationszahlen aller Atome im Ethanol-Molekül.

VORGEHEN

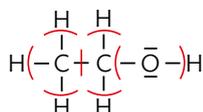
1. Zeichnen Sie die LEWIS-Strukturformel von Ethanol.



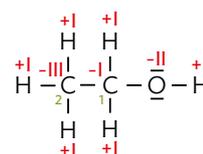
2. Ordnen Sie für alle Bindungen im Molekül die Bindungselektronen jeweils dem Bindungspartner mit dem höheren Elektronegativitätswert zu.



3. Sind die Elektronegativitätswerte zwischen zwei Atomen gleich, teilen Sie das Bindungselektronenpaar auf, jedem Atom wird somit ein Elektron zugerechnet.



4. Zählen Sie die Elektronen, die ein Atom umgeben. Vergleichen Sie diese Anzahl mit der Anzahl an Valenzelektronen im ungeladenen (elementaren) Zustand des Atoms. Die Differenz aus der Zahl der Valenzelektronen des Atoms im Element und der Zahl der Valenzelektronen im ungeladenen Atom der Verbindung entspricht der Oxidationszahl (**B1**).



Atom-symbol	Elektronen des Atoms		Oxidationszahl
	im Element	in der Verbindung	
H	1	0	+I
O	6	8	-II
₁ C	4	5	-I
₂ C	4	7	-III

B1 Elektronen- und Oxidationszahlen der Atome des Ethanol-Moleküls

AUFGABEN

- A1** Bestimmen Sie die Oxidationszahlen aller Atome in den Molekülen der folgenden organischen Verbindungen nach der angegebenen Schrittfolge:
 - a) Methylpropan
 - b) Propan-2-ol
 - c) 2-Methylbutan-1-ol
 - d) Propan-1,2,3-triol
 - e) Methanal
- A2** Butan-1-ol und Butan-2-ol reagieren mit Kupfer(II)-oxid.
 - a) Kennzeichnen Sie die funktionellen Gruppen der organischen Verbindungen und benennen Sie diese.
 - b) Bestimmen Sie die Oxidationszahlen der Atome in den organischen Verbindungen mithilfe der angegebenen Schrittfolge.
 - c) Stellen Sie die Teilgleichungen und die Gesamtgleichungen der beiden Redoxreaktionen auf.
- A3** Methanol-Moleküle werden mithilfe der Kupferionen aus dem Kupfer(II)-oxid zu Methanal-Molekülen oxidiert. Bestimmen Sie die Oxidationszahlen der Kohlenstoff-Atome in den beiden organischen Verbindungen, an denen jeweils die funktionelle Gruppe gebunden ist. Formulieren Sie die Teilgleichungen sowie die Gesamtgleichung dieser Redoxreaktion.

A

AUFGABEN

Zum Üben und Weiterdenken

- A1** a) Beschreiben Sie die Löslichkeit von Pentan-1-ol in Heptan und in Wasser und begründen Sie die jeweilige Löslichkeit unter Verwendung von Fachbegriffen.
b) Erläutern Sie die veränderte Löslichkeit, wenn statt Pentan-1-ol nun Pentan-1,2,4-triol verwendet und in Heptan oder Wasser gegeben wird.

- A2** In den Laboren **A** und **B** befinden sich drei Flaschen ohne Etikett, die jeweils mit einer farblosen Flüssigkeit gefüllt sind. Man weiß, dass es sich bei den Chemikalien um
A Pentan, Ethanol und Ethanal bzw.
B Propan-1-ol, 2-Methylpropan-2-ol und Propanal handelt.

Planen Sie für beide Fälle Experimente, mit denen der Inhalt jeder der drei Flaschen identifiziert werden kann. Beschreiben Sie das experimentelle Vorgehen und die Beobachtungen, die Sie für beide Versuchsreihen erwarten.

- A3** Gegeben ist die Summenformel C_4H_9OH .
a) Entwickeln Sie daraus jeweils die Halbstrukturformel eines primären, sekundären und tertiären Alkohols.
b) Benennen Sie die entsprechenden Verbindungen aus a).
c) Ordnen Sie die drei Alkohole aus a) begründet nach steigender Siedetemperatur.

- A4** Salze lösen sich unterschiedlich gut in unterschiedlich hydrophilen Lösemitteln. Die Abbildung zeigt das Ergebnis eines Versuchs, bei dem die gleiche Menge an Kupfer(II)-chlorid in Methanol (links) und in Hexan-1-ol (rechts) gelöst werden sollte.
a) Beschreiben Sie die Polarität eines Methanol-Moleküls und eines Hexan-1-ol-Moleküls.
b) Erklären Sie die unterschiedliche Löslichkeit von Kupfer(II)-chlorid in Methanol und in Hexan-1-ol.



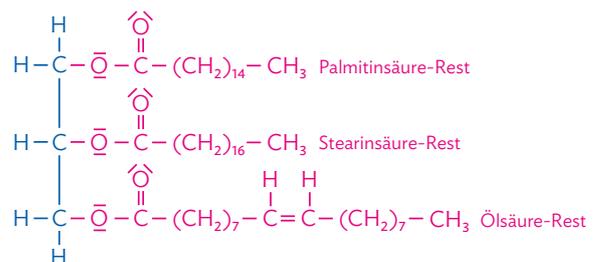
- A5** Tertiäre Alkohole lassen sich weder zum Aldehyd, noch zum Keton oxidieren. Begründen Sie diesen Sachverhalt anhand der LEWIS-Strukturformel eines selbst gewählten Beispiels für einen tertiären Alkohol.

- A6** In Handwärmern findet man Natriumacetat-Trihydrat. Das hierzu nötige Salz Natriumacetat lässt sich z. B. durch eine Neutralisationsreaktion herstellen.



- a) Formulieren Sie die Reaktionsgleichung einer Neutralisation zur Bildung von Natriumacetat.
b) Recherchieren Sie die Funktionsweise eines **MK** Handwärmers auf Natriumacetat-Trihydrat-Basis.
- A7** Oxalsäure (Ethandisäure), Äpfelsäure (2-Hydroxybutandisäure), Weinsäure (2,3-Dihydroxybutandisäure) und Citronensäure (2-Hydroxypropan-1,2,3-tricarbonsäure) gehören zu den mehrwertigen Carbonsäuren. Entwickeln Sie für die Reaktion jeder Säure mit Natrium die Reaktionsgleichung unter Verwendung von LEWIS-Strukturformeln.
- A8** Rumaroma enthält einen Ester, der aus Methansäure und Ethanol hergestellt wird. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Bildung dieses Esters in LEWIS-Strukturformelschreibweise.
- A9** In einem Fett-Molekül kann die Anordnung der Fettsäure-Reste variieren. In der folgenden Abbildung ist eine mögliche Kombination dargestellt:

Glycerin-Rest



- a) Nennen Sie die maximale Anzahl unterschiedlicher Fett-Moleküle, die aus einem Glycerin-Rest und den drei verschiedenen Fettsäure-Resten konstruiert werden können. Alle drei Fettsäure-Reste sollen dabei verwendet werden.
b) Zeichnen Sie die Moleküle der fehlenden Fette mit dem Ölsäure-Rest in der Mitte.
- A10** Der Tagesbedarf eines erwachsenen Menschen an Fett beträgt etwa 50 Gramm.
a) Recherchieren Sie auf den Lebensmitteletiketten **MK** und Nährwerttabellen der von Ihnen genutzten Lebensmittel den jeweiligen Fettanteil.

b) Überschlagen Sie die Menge an Fett, die Sie an einem Tag zu sich nehmen.

A11 Nahrungsmittelergänzungen mit sogenannten Omega-3-Fettsäuren werden als wertvoll für die Ernährung beworben. In Studien konnte sogar gezeigt werden, dass sie die Immunabwehr stärken und Entzündungsreaktionen im Körper abklingen lassen. Omega-3-Fettsäuren gelten für den menschlichen Körper als essenziell.



- Recherchieren Sie die Bezeichnung Omega-**MK**7 Fettsäuren und ermitteln Sie Unterscheidungen in der Gruppe der Omega-Fettsäuren.
- Benennen Sie die Omega-Fettsäuren Linolensäure, Linolsäure und Ölsäure nach Nomenklaturregeln.
- Erklären Sie in diesem Zusammenhang den Begriff „essenziell“ für den menschlichen Körper.
- Ermitteln Sie Nahrungsmittel, die Omega-**MK**7 Fettsäuren enthalten. Beurteilen Sie die Sinnhaftigkeit von Nahrungsmittelergänzungen mit Omega-Fettsäuren.

A12 Ordnen Sie die Schmelztemperaturen 1 °C, 44 °C und 63 °C den Fettsäuren Laurinsäure (Dodecansäure), Palmitinsäure (Hexadecansäure) und Palmitoleinsäure (cis-Hexadeca-9-ensäure) zu. Begründen Sie Ihre Zuordnung.

A13 Olivenöl wird im Gegensatz zu Sonnenblumenkernöl im Kühlschrank teilweise fest (links). Bei Raumtemperatur sind beide Öle flüssig (rechts). Recherchieren Sie die Zusammensetzungen der beiden Öle und deuten Sie deren Verhalten bei den unterschiedlichen Temperaturen.



A14 Olivenöl enthält im Wesentlichen Triglycerid-Moleküle, die Glycerin- und die Ölsäure-Reste als Bausteine besitzen.

- Geben Sie die Molekülstruktur eines in Olivenöl vorkommenden Triglycerid-Moleküls an, das aus einem Glycerin-Molekül und drei Ölsäure-Molekülen aufgebaut ist.
- Formulieren Sie eine Reaktionsgleichung für die Verseifung von Olivenöl mit Natronlauge. Benennen Sie das Seifen-Molekül nach Nomenklaturregeln.

A15 Nennen Sie die Arten von Wechselwirkungen, die innerhalb einer Micelle und zwischen Micelle und Umgebung auftreten. Unterscheiden Sie zwischen ionischen und nichtionischen Tensiden.

A16 Wasser, das einen hohen Anteil an gelöstem Kalk enthält, wird als hartes Wasser bezeichnet. Entsprechend wird kalkarmes Wasser als weiches Wasser bezeichnet. Hartes und weiches Wasser lassen sich mithilfe einer Seifenlösung voneinander unterscheiden. Erklären Sie diesen Sachverhalt.

A17 Auf Waschmittelverpackungen sind Dosierungsanleitungen für effektives Waschen mit Angabe der Wasserhärte in „Grad deutscher Härte“ (°dH) abgebildet:

Verschmutzungsgrad			
Wasserhärte	Leicht	Normal	Stark
Weich: < 8,4° dH	50 ml	70 ml	100 ml
Mittel: 8,4° bis 14° dH	70 ml	90 ml	120 ml
Hart: > 14° dH	110 ml	130 ml	160 ml

- Erklären Sie die unterschiedlichen Dosierungsvorgaben.
- Beschreiben Sie die möglichen Folgen einer fehlerhaften Dosierung.

A18 Recherchieren Sie weitere Einsatzgebiete der Tenside **MK**7 neben den Wasch- und Reinigungsmitteln. Geben Sie an ausgewählten Beispielen die Funktionen an, die die Tenside in diesen Einsatzgebieten besitzen.

Alles im Blick

1 Alkanole und mehrwertige Alkohole

Alkohole bilden eine Stoffklasse, deren Moleküle als gemeinsames Strukturmerkmal mindestens eine **Hydroxy-Gruppe** -OH aufweisen: Die Hydroxy-Gruppe wird als deren **funktionelle Gruppe** bezeichnet. Alkohole, die sich von den Alkanen ableiten lassen, nennt man **Alkanole**. **Einwertige** Alkanole, deren Moleküle nur eine Hydroxy-Gruppe besitzen, haben die allgemeine Summenformel $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ und bilden ähnlich wie die Stoffklasse der Alkane eine **homologe Reihe**. Innerhalb der homologen Reihe nehmen die Siedetemperatur und die Viskosität mit zunehmender Kettenlänge der Alkanol-Moleküle zu, da die Wechselwirkungen zwischen den temporären Dipolen der Alkyl-Reste mit deren Länge stärker werden. Bei einem **primären** Alkanol bindet das Kohlenstoff-Atom mit der Hydroxy-Gruppe an ein weiteres

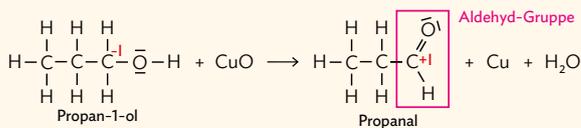
Kohlenstoff-Atom, bei einem **sekundären** Alkanol an zwei weitere und bei einem **tertiären** Alkanol an drei weitere Kohlenstoff-Atome.

Die polare Hydroxy-Gruppe bewirkt bei kurzkettingen Alkanol-Molekülen durch Bildung von Wasserstoffbrücken mit Wasser-Molekülen die Löslichkeit in Wasser. Mit steigender Anzahl der Kohlenstoff-Atome nimmt der Einfluss der Alkyl-Kette auf die Löslichkeit zu: Die Löslichkeit in Wasser nimmt ab.

Mehrwertige Alkohole besitzen mehr als eine Hydroxy-Gruppe im Molekül. Mit jeder weiteren Hydroxy-Gruppe erhöht sich die Anzahl möglicher Wasserstoffbrücken zu benachbarten Molekülen. Dies führt zu einer besseren Wasserlöslichkeit und einer höheren Siedetemperatur diese Alkohole.

2 Alkanale und Alkanone

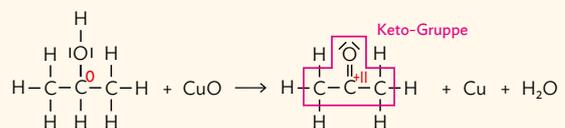
Aldehyde sind die Oxidationsprodukte primärer Alkohole. Aldehyde, die durch Oxidation von Alkanolen entstehen, heißen **Alkanale**. Alkanale bestehen aus einem Alkyl-Rest und einer endständigen **Aldehyd-Gruppe** -CHO .



Da Alkanal-Moleküle untereinander keine Wasserstoffbrücken ausbilden, sind die Siedetemperaturen der Alkanale niedriger als die Siedetemperaturen der entsprechenden Alkanole.

Wichtige Nachweisverfahren für Aldehyde sind die **FEHLING-** und die **TOLLENS-Probe**.

Ketone sind die Oxidationsprodukte sekundärer Alkohole. Ketone, die durch Oxidation von sekundären Alkanolen entstehen, bezeichnet man als Alkanone. **Alkanone** enthalten eine nicht endständige **Carbonyl-Gruppe** >C=O , die an zwei Kohlenstoff-Atome gebunden ist (**Keto-Gruppe**).



3 Carbonsäuren

Zur Stoffklasse der **Carbonsäuren** gehören alle organischen Stoffe, deren Moleküle mindestens eine **Carboxy-Gruppe** -COOH als funktionelle Gruppe enthalten. Die Moleküle von **Alkansäuren** sind aus je einem Alkyl-Rest und einer Carboxy-Gruppe

aufgebaut und bilden eine homologe Reihe. Sie haben die allgemeine Summenformel $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$. Alkansäuren entstehen bei der Oxidation eines primären Alkanols über das entsprechende Alkanal.

Die Löslichkeit der Alkansäuren nimmt mit zunehmender Länge des Alkyl-Restes in den Molekülen in hydrophilen Lösemitteln ab und in lipophilen Lösemitteln zu. Bei Alkansäuren mit kürzerem Alkyl-Rest in den Molekülen überwiegt der Einfluss der polaren Carboxy-Gruppe. Zwischen den

Carboxy-Gruppen der Säure-Moleküle und den Wasser-Molekülen bilden sich Wasserstoffbrücken aus.

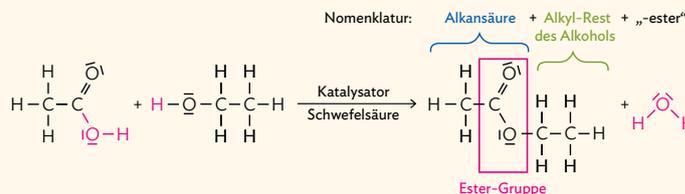
Carbonsäuren mit mehreren Carboxy-Gruppen in ihren Molekülen, bezeichnet man als **mehrwertige** Carbonsäuren.

4 Ester

Alkansäurealkylester entstehen in einer **Kondensationsreaktion** von Alkansäuren mit Alkanolen unter Abspaltung von Wasser und Bildung der **Ester-Gruppe** **-COO-** als funktionelle Gruppe.

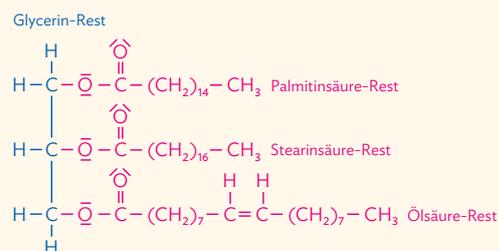
Aufgrund der gering polaren Ester-Gruppe bilden Ester-Moleküle nur

schwache Wechselwirkungen zwischen den permanenten Dipolen der Ester-Gruppen aus. Sie haben daher niedrige Siedetemperaturen und lösen sich gut in lipophilen Lösemitteln. Die Rückreaktion der Kondensation ist die **Hydrolyse**.



5 Fette und Öle

Fette und **Öle** sind Stoffgemische aus natürlichen Dreifachestern des **Glycerins**, den **Triglyceriden**. Dieser zentrale Baustein aller Fett-Moleküle ist über Esterbindungen mit drei **Fettsäure-Resten** verbunden. Die Fettsäure-Reste im Molekül bestimmen die Stoffeigenschaften des Fetts oder Öls. Fettsäure-Moleküle enthalten neben der Carboxy-Gruppe **langkettige** Alkyl-Reste. Fettsäure-Moleküle, deren Strukturen ausschließlich C-C-Einfachbindungen besitzen, werden als **gesättigte** Fettsäuren bezeichnet. **Ungesättigte** Fettsäure-Moleküle besitzen eine oder mehrere Doppelbindungen zwischen Kohlenstoff-Atomen.



6 Seifen

Seifen sind Natrium- oder Kaliumsalze der Fettsäuren und werden durch alkalische **Hydrolyse** aus pflanzlichen und tierischen Fetten oder Ölen hergestellt. Dieser Vorgang wird als **Verseifung** bezeichnet. Der Aufbau eines Seifen-Anions lässt sich mit dem **Kopf-Schwanz-Modell** beschreiben.

7 Tenside

Tenside sind **grenzflächenaktive** Stoffe, deren Teilchen aus einem hydrophoben und hydrophilen Teil bestehen. Die hydrophoben Eigenschaften sind auf den langkettigen Kohlenwasserstoff-Rest zurückzuführen. Die hydrophilen Eigenschaften auf unterschiedliche funktionelle Gruppen. Tenside werden aufgrund ihrer Ladungseigenschaften in den funktionellen Gruppen klassifiziert.

Ziel erreicht?

Verfügen Sie über die Kompetenzen dieses Kapitels? Lösen Sie die entsprechenden Aufgaben auf dem Arbeitsblatt unter QR-/Mediencode 06010-013 und bewerten Sie sich mithilfe der Tabelle rechts unten.



06010-013

Unter QR-/Mediencode 06010-014 finden Sie außerdem eine Lernanwendung zur digitalen Überprüfung der geforderten Kompetenzen.



06010-014

KOMPETENZ A: Vorgänge der alkoholischen Gärung erklären

- A1** Glucose in einer wässrigen Lösung vergärt in Gegenwart von Hefe zu Ethanol und Kohlenstoffdioxid. Dabei wirken die Enzyme der Hefe als Katalysatoren. Hefezellen gewinnen Energie für ihre Lebensprozesse durch Gärung.
- Formulieren Sie für die Vergärung von Glucose die Reaktionsgleichung.
 - Geben Sie den energetischen Charakter dieser chemischen Reaktion an.
- A2** Ein Gärballon für die private Weinherstellung wird immer mit einem mit Wasser gefüllten Gärröhrchen verschlossen. Begründen Sie diese Maßnahme.

KOMPETENZ B: Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und Verwendung von Alkoholen herstellen

- B1** Isopropanol (Propan-2-ol) wird in vielen kosmetischen Produkten als Lösemittel und in der Industrie zur Herstellung von Aceton (Propanon) verwendet.
- Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Propan-2-ol mit Kupfer(II)-oxid zu Propanon auf.
 - Begründen Sie die Verwendung von Aceton als Lösemittel.
- B2** Ordnen Sie den Verwendungsmöglichkeiten von Ethanol jeweils die Eigenschaften zu, die man für die jeweilige Anwendung ausnutzt.

Verwendung Ethanol	Eigenschaft Ethanol
1. Kraftstoff	a) berauschend
2. Desinfektionsmittel	b) brennbar
3. in Medikamenten	c) antibakteriell
4. Haushaltsreiniger	d) lipophil
5. Brennspiritus	e) hydrophil
6. Getränk	

KOMPETENZ C: Eigenschaften von Carbonsäuren aufgrund ihrer Strukturmerkmale erklären

- C1** Zeichnen Sie diejenige funktionelle Gruppe, die alle Carbonsäuren gemeinsam haben und beschreiben Sie, aus welchen funktionellen Untereinheiten sie aufgebaut ist.
- C2** Innerhalb der homologen Reihe der Alkansäuren nimmt die Wasserlöslichkeit von Methansäure bis zur Decansäure ab, die Löslichkeit in Benzin nimmt hingegen zu. Begründen Sie diesen Sachverhalt.
- C3** Begründen Sie, dass Essigsäure eine höhere Siedetemperatur als Ethanol hat.

KOMPETENZ D: Die Bildung von Estern mithilfe von Reaktionsgleichungen beschreiben

- D1** Propansäure wird mit Butan-1-ol verestert.
- Formulieren Sie die Reaktionsgleichung unter Verwendung von LEWIS-Strukturformeln mit allen bindenden und nichtbindenden Elektronenpaaren.
 - Erläutern Sie die Bildung von Wasser-Molekülen bei dieser Reaktion.
 - Benennen Sie den Reaktionstyp und geben Sie den Namen der Rückreaktion an.

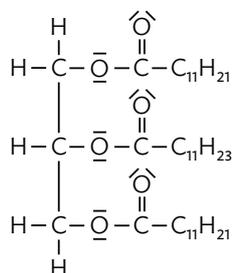
KOMPETENZ E: Den Aufbau der Fette erläutern

- E1** Fette und Öle sind Stoffgemische verschiedener Triglyceride. Die verschiedenen Moleküle der Fette folgen einem einheitlichen Aufbauprinzip.
- Geben Sie die Bausteine eines Fett-Moleküls an. Benennen Sie den Stoff, der in allen Fett-Molekülen als Baustein dient.
 - Begründen Sie, dass es sich bei Fetten um Stoffgemische handelt.
 - Beschreiben Sie die Bindungsverhältnisse zwischen den Bausteinen innerhalb eines Fett-Moleküls.

E2 Bei Fetten und Ölen wird zwischen gesättigten und ungesättigten Fetten unterschieden. Erklären Sie den Unterschied.

KOMPETENZ F: Formelschreibweisen auf die Stoffklassen der Fettsäuren, Fette und Tenside anwenden

F1 Gegeben ist die Halbstrukturformel eines Fettmoleküls:



- a) Überführen Sie die Halbstrukturformel des Fettmoleküls in die entsprechende Skelettformel.
- b) Geben Sie die Skelettformeln für die drei aus dem Fett-Molekül durch Verseifung entstehenden Produkte an.

KOMPETENZ G: Den Aufbau und die Wirkung von Tensiden beschreiben

- G1** Beschreiben Sie den prinzipiellen Aufbau eines Tensids sowie die charakteristischen Eigenschaften der Tensid-Teile.
- G2** Beschreiben Sie die Herstellung von Seife aus natürlichen Fetten.
- G3** Nennen Sie Vor- und Nachteile der Verwendung von Seife als Waschmittel.
- G4** Wasser bildet beim Aufbringen auf ein Stück Stoff Tropfen. Eine Tensidlösung hingegen benetzt den Stoff. Erklären Sie den Unterschied.
- G5** Erläutern Sie die Waschwirkung von Tensiden bei der Reinigung fettverschmutzter Kleidung.
- G6** Angetrockneter fettiger Schmutz in einer Pfanne lässt sich leichter abspülen, wenn dieser vorher eingeweicht wurde. Zu diesem Zweck wird heißes Wasser und ein Spülmittel in die Pfanne gegeben. Zeichnen Sie eine Filmleiste mit mindestens drei Bildern, in der der Einweichvorgang auf Teilchenebene dargestellt wird.

Vergleichen Sie Ihre Antworten mit den Lösungen auf Seite 252 f. und kreuzen Sie auf dem Arbeitsblatt an.

Kompetenz	ja	nein	zum Nachlesen
A Vorgänge der alkoholischen Gärung erklären			S. 186-187
B Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und Verwendung von Alkoholen herstellen			S. 200-203
C Eigenschaften von Carbonsäuren aufgrund ihrer Strukturmerkmale erklären			S. 210-215
D Die Bildung von Estern mithilfe von Reaktionsgleichungen beschreiben			S. 218-219
E Den Aufbau der Fette erläutern			S. 220-223
F Formelschreibweisen auf die Stoffklassen der Fettsäuren, Fette und Tenside anwenden			S. 216-231
G Den Aufbau und die Wirkung von Tensiden beschreiben			S. 226-231

Klausuraufgaben

T1 Methanol

Schon im Alten Ägypten benutzten die Menschen zur Einbalsamierung ihrer Toten ein Substanzgemisch, das unter anderem giftiges Methanol enthält. Bei der alkoholischen Gärung entstehen neben Ethanol als Nebenprodukte sogenannte Begleitalkohole bzw. Fuselalkohole. Häufig ist in diesen verunreinigten Fuselalkoholen auch Methanol zu finden. Dieses wird im menschlichen Körper zum hoch giftigen Methanal (Formaldehyd) umgewandelt, welches, anders als Ethanal, vom menschlichen Körper nicht weiter abgebaut werden kann (vgl. S. 191). Methanal kann Proteine miteinander vernetzen und stoppt die Fäulnis von Gewebeproben. Dies macht sie dauerhaft haltbar (B1).



B1 In Formaldehydlösung eingelagerte Präparate

T2 Carbonylverbindungen

Beim Destillieren eines Gemisches aus Alkohol, Schwefelsäure und Mangandioxid entdeckte CARL WILHELM SCHEELE 1781 einen neuen Stoff. JUSTUS VON LIEBIG stellte diesen Stoff auf verschiedene Weisen dar, beschrieb seine Eigenschaften, erkannte, dass es sich dabei um ein Oxidationsprodukt (Dehydrierungsprodukt) des Alkohols handelt und führte 1835 die Bezeichnung Aldehyde ein.

AUFGABEN

- A1** Die Elementaranalyse von LIEBIG ergab eine molare Masse von 44 g/mol und folgende Massenanteile an Elementen: $w(\text{H}) = 0,091$, $w(\text{O}) = 0,364$ und $w(\text{C}) = 0,545$. Bestimmen Sie die Summenformel der Verbindung.
- A2** Die Carbonyl-Gruppe >C=O ist stark polar. Bestätigen Sie dies durch eine Berechnung und leiten Sie zwei Eigenschaften von Carbonylverbindungen ab.

AUFGABEN

- A1** Definieren Sie den Begriff Alkanol und schlussfolgern Sie, ob man diesem den Begriff Alkohol gleichsetzen kann.
- A2** Vergleichen Sie die Struktur und Eigenschaften von Methanol CH_3OH und Natriumhydroxid NaOH . Planen Sie zwei Experimente, durch die man beweisen kann, dass die strukturellen Besonderheiten im Aufbau beider Stoffe nicht identisch sein können.
- A3** Im Modellsport werden z. B. Flugzeugmodelle mit Verbrennungsmotoren häufig mit methanolhaltigem Kraftstoff betrieben. Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Methanol und benennen Sie den Reaktionstyp.
- A4** Die elektromagnetische Strahlung einer Mikrowelle wird durch Speisen und Getränke absorbiert, wodurch polare Molekülteile in Schwingung versetzt und Speisen und Getränke erwärmt werden. Erklären Sie die folgende Aussage:
„Hochprozentige alkoholische Getränke dürfen nicht im Mikrowellenherd erhitzt werden.“
- A5** Formulieren Sie eine begründete Vermutung über die Rolle von Methanol im Substanzgemisch zur Einbalsamierung der Toten in der Antike.

- A3** Beschreiben Sie jeweils eine Möglichkeit der Synthese von Propanal und Propanon aus den entsprechenden Alkanolen. Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen und benennen Sie den Reaktionstyp.
- A4** In B2 sind für fünf unverzweigte Carbonylverbindungen (A)–(E) mit den Summenformeln $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ und $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$ Versuchsergebnisse und Siedetemperaturen dokumentiert. Ermitteln Sie begründet aus diesen Angaben die LEWIS-Strukturformeln der Verbindungen (A)–(E).

Carbonylverbindung	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
FEHLING-Probe	-	+	+	-	+
Siedetemperatur in °C	56	49	76	80	20

B2 Eigenschaften der unbekanntenen Carbonylverbindungen

T3 Methansäure – eine besondere Säure



B3 Brennnesseln enthalten Ameisensäure.

Der Trivialname von Methansäure ist Ameisensäure (lat. *acidum formicum* von *formica*, Ameise). Es handelt sich dabei um eine farblose, ätzende und in Wasser lösliche Flüssigkeit, die in der Natur vielfach von Lebewesen wie z. B. Ameisen, Quallen oder Skorpionen zu Verteidigungszwecken genutzt wird. Auch in den Brennhaaren der Brennnessel (**B3**) befindet sich ein Nesselgift, das u. a.

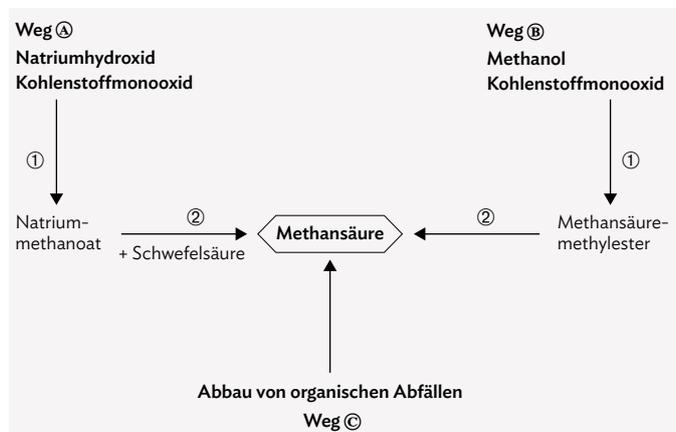
Ameisensäure enthält.

In geringen Mengen kommt sie auch im Bienenhonig vor. Imker und Imkerinnen setzen eine 60 %-ige Methansäurelösung zur Bekämpfung von Milben ein, da die Milben beim Kontakt mit der Säure absterben. Dadurch erhöht sich die Methansäurekonzentration im Honig geringfügig. Den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität Rostock ist es gelungen, Methansäure durch einen Katalysator bereits bei Raumtemperatur in Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid zu zerlegen und damit Methansäure als Energiespeicher zu nutzen.

AUFGABEN

- A1** Die charakteristischen Eigenschaften verschiedener organischer Verbindungsklassen beruhen auf den funktionellen Gruppen in den Molekülen. Geben Sie die allgemeinen Summenformeln für Alkohole, Alkanale und Alkansäuren an. Kennzeichnen Sie jeweils die funktionellen Gruppen und benennen Sie diese.
- A2** Erklären Sie unter Einbeziehung der Molekülstrukturen und intermolekularer Wechselwirkungen die Abstufung der Siedetemperaturen von Methan, Methanol, Methanal und Methansäure.
- A3** Die Moleküle von Methanol und Methansäure enthalten jeweils eine Hydroxy-Gruppe. Die beiden Verbindungen unterscheiden sich in ihrem Verhalten gegenüber Wasser. Erklären Sie diesen Sachverhalt.

- A4** Entwickeln Sie die Reaktionsgleichungen für die einzelnen Reaktionsschritte der Wege **A** und **B** zur Darstellung von Methansäure in **B4**.
- A5** Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die katalysierte Zersetzung von Methansäure. Beurteilen Sie die folgende Aussage:
„Zur Produktion von Wasserstoff ist Methansäure aus ökonomischer und ökologischer Sicht besser geeignet als Wasser.“
- A6** Begründen Sie, welche Schutzmaßnahmen ein Imker oder eine Imkerin beim Umgang mit Methansäure treffen muss. Der von behandelten Bienen erzeugte Honig darf noch als „Honig ohne fremde Zusätze“ verkauft werden. Nehmen Sie zu dieser Aussage Stellung.
- A7** Beim Erwärmen von Methansäure mit Ethanol in Gegenwart von Schwefelsäure entsteht eine angenehm duftende Verbindung. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für diese Reaktion. Erläutern Sie die Rolle der Schwefelsäure.
- A8** Gedankenexperiment:
Ammoniakalische Silbernitratlösung wird mit
a) Methansäurelösung (Reagenzglas A) und
b) Ethansäurelösung (Reagenzglas B)
versetzt und im Wasserbad vorsichtig erhitzt. Nach einigen Minuten bildet sich im Reagenzglas A ein Silberspiegel an der Reagenzglasinnenwand. Im Reagenzglas B wird keine Veränderung festgestellt. Begründen Sie anhand der Molekülstruktur das unterschiedliche Verhalten der beiden Säuren.



B4 Unterschiedliche Synthesewege für Methansäure

BILDNACHWEIS

A

AdobeStock / bernd.walter – S. 190; - / bit24 – S. 180/181; Claudia Bohrmann-Linde, Wuppertal – S. 205, 235 (2); Fotolia / vector_art – S. 208; Getty Images Plus / iStockphoto, alffalff – S. 241; - / iStockphoto, antoniokhr – Cover; - / iStockphoto, eranicle – S. 191; - / iStockphoto, Ville Heikkinen – S. 184; - / iStockphoto, Madeleine_Steinbach – S. 204; - / iStockphoto, monticello – S. 184; - / iStockphoto, MurzikNata – S. 199; - / iStockphoto, photomaru – S. 208; - / iStockphoto, Tetiana Rostopira – S. 208; - / iStockphoto, Aras Uludag – S. 208; - / iStockphoto, ViewApart – S. 193; iStockphoto / onurdongel – S. 192; - / wakila – S. 188; Matthias Jachan, Berlin – S. 234; Thomas Kohn, Tettngang – S. 205; Simone Kröger, Münster – S. 234; Klaus-Dieter Krüger, Friedland – S. 187; Mauritius Images / Alamy Stock Photo, Josef Kubes – S. 240; Jean Marc Orth, Enger – S. 235 (2); Science Photo Library / GiphotoStock – S. 200 (3); - / Science Source – S. 194.

Periodensystem der Atome und Ionen

Periode	Hauptgruppen		Nebengruppen						
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	H 								
2	Li  Li ⁺ 	Be  Be ²⁺ 							
3	Na  Na ⁺ 	Mg  Mg ²⁺ 							
4	K  K ⁺ 	Ca  Ca ²⁺ 	Sc  Sc ³⁺ 	Ti  Ti ⁴⁺ 	V  V ⁵⁺ 	Cr  Cr ³⁺  Cr ⁶⁺ 	Mn  Mn ²⁺  Mn ⁴⁺ 	Fe  Fe ²⁺  Fe ³⁺ 	Co  Co ²⁺  Co ³⁺ 
5	Rb  Rb ⁺ 	Sr  Sr ²⁺ 	Y  Y ³⁺ 	Zr  Zr ⁴⁺ 	Nb  Nb ⁵⁺ 	Mo  Mo ⁶⁺ 	Tc  Tc ⁷⁺ 	Ru  Ru ³⁺ 	Rh  Rh ³⁺ 
6	Cs  Cs ⁺ 	Ba  Ba ²⁺ 	La  La ³⁺ 	Hf  Hf ⁴⁺ 	Ta  Ta ⁵⁺ 	W  W ⁶⁺ 	Re  Re ⁷⁺ 	Os  Os ⁴⁺  Os ⁸⁺ 	Ir  Ir ³⁺ 

-  Metall-Atom
-  Nichtmetall-Atom
-  Halbmetall-Atom
-  Kation
-  Anion

			Hauptgruppen					
			III	IV	V	VI	VII	VIII
								He 
			B 	C 	N 	O 	F 	Ne 
					N ³⁻ 	O ²⁻ 	F ⁻ 	
			Al 	Si 	P 	S 	Cl 	Ar 
			Al ³⁺ 	Si ⁴⁺ 	P ³⁻ 	S ²⁻ 	Cl ⁻ 	
Ni 	Cu 	Zn 	Ga 	Ge 	As 	Se 	Br 	Kr 
Ni ²⁺ 	Cu ⁺ 		Ga ³⁺ 	Ge ⁴⁺ 	As ³⁻ 	Se ²⁻ 	Br ⁻ 	
Ni ³⁺ 	Cu ²⁺ 	Zn ²⁺ 						
Pd 	Ag 	Cd 	In 	Sn 	Sb 	Te 	I 	Xe 
Pd ²⁺ 	Ag ⁺ 	Cd ²⁺ 	In ³⁺ 	Sn ⁴⁺ 	Sb ⁵⁺ 	Te ²⁻ 	I ⁻ 	
Pt 	Au 	Hg 	Tl 	Pb 	Bi 	Po 	At 	Rn 
Pt ²⁺ 	Au ⁺ 	Hg ⁺ 	Tl ³⁺ 	Pb ²⁺ 	Bi ⁵⁺ 			
Pt ⁴⁺ 	Au ³⁺ 	Hg ²⁺ 		Pb ⁴⁺ 				

Periodensystem der Elemente (PSE)

Periode Schale	Hauptgruppen								
	I	II							
1 K	1,0 H Wasserstoff 1 2,1		mittlere Atommasse in u		23,0				
2 L	6,9 Li Lithium 3 1,0	9,0 Be Beryllium 4 1,5	Ordnungszahl		11		0,9		Elementensymbol Elementname Elektronegativität
3 M	23,0 Na Natrium 11 0,9	24,3 Mg Magnesium 12 1,2	Nebengruppen						
			III	IV	V	VI	VII	VIII	
4 N	39,1 K Kalium 19 0,8	40,1 Ca Calcium 20 1,0	45,0 Sc Scandium 21 1,3	47,9 Ti Titan 22 1,5	50,9 V Vanadium 23 1,6	52,0 Cr Chrom 24 1,6	54,9 Mn Mangan 25 1,5	55,8 Fe Eisen 26 1,8	58,9 Co Cobalt 27 1,8
5 O	85,5 Rb Rubidium 37 0,8	87,6 Sr Strontium 38 1,0	88,9 Y Yttrium 39 1,3	91,2 Zr Zirkonium 40 1,4	92,9 Nb Niob 41 1,6	95,9 Mo Molybdän 42 1,8	[98] Tc* Technetium 43 1,9	101,1 Ru Ruthenium 44 2,2	102,9 Rh Rhodium 45 2,2
6 P	132,9 Cs Caesium 55 0,7	137,3 Ba Barium 56 0,9		178,5 Hf Hafnium 72 1,3	180,9 Ta Tantal 73 1,5	183,8 W Wolfram 74 1,7	186,2 Re Rhenium 75 1,9	190,2 Os Osmium 76 2,2	192,2 Ir Iridium 77 2,2
7 Q	[223] Fr* Francium 87 0,7	226,0 Ra* Radium 88 0,9		[261] Rf* Rutherfordium 104	[262] Db* Dubnium 105	[266] Sg* Seaborgium 106	[264] Bh* Bohrium 107	[277] Hs* Hassium 108	[268] Mt* Meitnerium 109

Lanthanoide 6. Periode

138,9 La Lanthan 57 1,1	140,1 Ce Cer 58 1,1	140,9 Pr Praseodym 59 1,1	144,2 Nd Neodym 60 1,2	[145] Pm* Promethium 61 1,2	150,4 Sm Samarium 62 1,2
227,0 Ac* Actinium 89 1,1	232,0 Th* Thorium 90 1,1	231,0 Pa* Protactinium 91 1,5	238,0 U* Uran 92 1,7	[237] Np* Neptunium 93 1,3	[244] Pu* Plutonium 94 1,3

Actinoide 7. Periode

* radioaktives Element

[Atommasse eines wichtigen Isotops]

			Hauptgruppen					
			III	IV	V	VI	VII	VIII
								4,0 He Helium 2
			10,8 B Bor 5 2,0	12,0 C Kohlenstoff 6 2,5	14,0 N Stickstoff 7 3,0	16,0 O Sauerstoff 8 3,5	19,0 F Fluor 9 4,0	20,2 Ne Neon 10
			27,0 Al Aluminium 13 1,5	28,1 Si Silicium 14 1,8	31,0 P Phosphor 15 2,1	32,1 S Schwefel 16 2,5	35,5 Cl Chlor 17 3,0	39,9 Ar Argon 18
	I	II						
58,7 Ni Nickel 28 1,8	63,5 Cu Kupfer 29 1,9	65,4 Zn Zink 30 1,6	69,7 Ga Gallium 31 1,6	72,6 Ge Germanium 32 1,8	74,9 As Arsen 33 2,0	79,0 Se Selen 34 2,4	79,9 Br Brom 35 2,8	83,8 Kr Krypton 36
106,4 Pd Palladium 46 2,2	107,9 Ag Silber 47 1,9	112,4 Cd Cadmium 48 1,7	114,8 In Indium 49 1,7	118,7 Sn Zinn 50 1,8	121,8 Sb Antimon 51 1,9	127,6 Te Tellur 52 1,9	126,9 I Iod 53 2,5	131,3 Xe Xenon 54
195,1 Pt Platin 78 2,2	197,0 Au Gold 79 2,4	200,6 Hg Quecksilber 80 1,9	204,4 Tl Thallium 81 1,8	207,2 Pb Blei 82 1,8	209,0 Bi Bismut 83 1,9	[209] Po* Polonium 84 2,0	[210] At* Astat 85 2,2	[222] Rn* Radon 86
[271] Ds* Darmstadtium 110	[272] Rg* Roentgenium 111	[277] Cn* Copernicium 112	[284] Nh* Nihonium 113	[289] Fl* Flerovium 114	[288] Mc* Moscovium 115	[293] Lv* Livermorium 116	[293] Ts* Tenness 117	[294] Og* Oganesson 118

152,0 Eu Europium 63 1,2	157,3 Gd Gadolinium 64 1,1	158,9 Tb Terbium 65 1,2	162,5 Dy Dysprosium 66 1,2	165,0 Ho Holmium 67 1,2	167,3 Er Erbium 68 1,2	168,9 Tm Thulium 69 1,2	173,0 Yb Ytterbium 70 1,2	175,0 Lu Lutetium 71 1,2
[243] Am* Americium 95 1,3	[247] Cm* Curium 96 1,3	[247] Bk* Berkelium 97 1,3	[251] Cf* Californium 98 1,3	[252] Es* Einsteinium 99 1,3	[257] Fm* Fermium 100 1,3	[258] Md* Mendelevium 101 1,3	[259] No* Nobelium 102 1,3	[262] Lr* Lawrencium 103 1,3

Sie wünschen persönliche Beratung?
Unsere Schulberaterin für Berlin und Brandenburg
ist für Sie da – vor Ort, telefonisch und online:



Sarah-Yasemin Zeitler
+49 151 42245370
zeitler@ccbuchner.de

Sie benötigen weitere Exemplare
dieser Leseprobe* für Ihre Fachkonferenz?

1

Geben Sie auf www.ccbuchner.de die
Bestellnummer **L06010** in die Suchleiste ein.



2

Legen Sie die kostenfreie Leseprobe
(1 Exemplar pro Person) und ggf. weitere
Produkte in Ihren **Warenkorb**.



3

Folgen Sie den weiteren Anweisungen, um
den Bestellvorgang abzuschließen.

*Nur solange der Vorrat reicht.



Oder
direkt über:



L06010

