

Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs



STAATSIINSTITUT FÜR SCHULQUALITÄT
UND BILDUNGSFORSCHUNG
MÜNCHEN

Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Anregungen und Praxistipps
aus der Realschule

einschließlich aktualisierter Chemikalienliste und Integration von
LehrplanPLUS

überarbeitete Version, München 2020

Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Anregungen und Praxistipps aus der Realschule

Erarbeitet im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus

Leitung des Arbeitskreises und Redaktion:

Michael Reisinger, ISB

Mitglieder des Arbeitskreises:

Horst Haberl, Franz-Xaver-von-Schönwerth-Realschule, Staatliche Realschule Amberg

Noëmi Islinger, Konrad-Adenauer-Schule, Staatliche Realschule Roding

Mathias Schramm, Wallburg-Realschule, Staatliche Realschule Eltmann

Meinhard Schütterle, Staatliche Realschule Memmingen

Herausgeber:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

Anschrift:

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung

Abteilung Realschule

Schellingstr. 155

80797 München

Tel.: 089 2170-2641

Fax: 089 2170-2813

Internet: www.isb.bayern.de

E-Mail: michael.reisinger@isb.bayern.de

Anmerkungen:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wurde großenteils auf die Nennung beider Geschlechter verzichtet.

Das Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung und die Mitglieder des Arbeitskreises haben sich bemüht, sämtliche Abdruckrechte einzuholen. Wo dies nicht gelungen ist, können berechtigte Ansprüche im üblichen Umfang auch nachträglich geltend gemacht werden. Wenn im Text nicht anders angegeben, sind Fotografien privat und urheberrechtlich geschützt. Die Fotos entstanden unter anderem an folgenden Schulen: Imma-Mack-Realschule Eching, Anne-Frank-Gymnasium Erding, Realschule Gute Änger Freising, Sebastian-Lotzer-Realschule der Stadt Memmingen, Europäische Schule München, Sophie-La-Roche-Realschule Kaufbeuren, Gymnasium Marktoberdorf. Wir danken den beteiligten Schulen für die Unterstützung.

Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk und seine Teile, auch die verwendeten Bilder, sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung.

Inhalt

1	Vorbemerkungen	4
	Zielsetzung	4
	Adressaten	4
	Verwendung der Handreichung	5
	Dank	6
2	Anmerkungen zur Sicherheit	7
	Grundlegende Hinweise	7
	Empfehlungen zur Planung der Neubau- bzw. Umbaumaßnahmen	8
	Weitere Materialien	9
3	Planung der Fachräume	11
3.1	Lehr- und Übungsraum	11
	Vorüberlegungen	11
	Versorgungssystem	16
	Möbiliar	27
	Sonstige Einrichtungsgegenstände	32
	Sicherheit	37
3.2	Vorbereitungsraum	41
	Vorüberlegungen	41
	Möbiliar	43
	Sicherheit	52
4	Literaturempfehlungen	53
	Schulbücher	53
	Experimentier-Literatur	53
	Zeitschriften	54
	Sonstiges	55
5	Digitale Medien	56
	Sicherheit im Chemieunterricht	56
	Hilfreiche Homepages	58
	Lernsoftware	59
	Medienausleihe: Bezugsquellen für Filme und digitale Medien	60
	Gestaltung von Arbeitsmaterialien	61
6	Geräteausstattung	62
6.1	Allgemeiner Laborbedarf	62
6.2	Ausstattung Microscale-Experimente: für Lehrer- und Schülerversuche	76
6.3	Schülerübungen	80
7	Chemikalien	84
7.1	Grundausrüstung	85
	Anorganische Chemie	85
	Organische Chemie	88
7.2	Ergänzende Chemikalien	92
	Anorganische Chemie	92
	Organische Chemie	94

1 Vorbemerkungen

Zielsetzung

„Wie baue ich einen Chemiesaal?“ – Diese Frage stellt sich in dieser oder einer ähnlichen Form vielen Lehrkräften im Fach Chemie. Immer dann, wenn eine Sanierung oder gar der Neubau einer Schule ansteht, müssen zahlreiche Entscheidungen getroffen werden. Oftmals stellen derartige Überlegungen eine große Herausforderung dar, insbesondere wenn der betroffenen Lehrkraft nur wenige Kollegen als kompetente Ansprechpartner zur Verfügung stehen.

Diese Beobachtung war einer der Gründe für das Entstehen der vorliegenden Handreichung. Ziel der erarbeiteten Empfehlungen ist es, Entscheidungshilfen im Sinne eines „roten Fadens“ anzubieten. So soll diese Handreichung dazu beitragen, bei neu zu planenden Chemiebereichen in bayerischen Realschulen ein gelungenes Konzept zu entwickeln. An einen zeitgemäßen Chemieunterricht werden zahlreiche anspruchsvolle Anforderungen gestellt: Schülerzentriertes Arbeiten im Chemieunterricht impliziert das Bereitstellen vielfältiger Experimentiermöglichkeiten für die Lernenden. Der Einsatz zeitgemäßer Methoden und Medien erfordert die entsprechende technische Ausstattung. Zunehmende Anforderungen im Bereich der Sicherheit bedingen ebenfalls zahlreiche bauliche und organisatorische Maßnahmen im Vorbereitungsraum und in dem Lehrsraum bzw. in den Lehrsälen. Schüler wie Lehrer sollen eine ansprechende Arbeitsatmosphäre vorfinden. Speziell für Studienreferendare und Dienstanfänger heißt dies auch, dass sie die im Rahmen ihrer Ausbildung erlernten Experimente und Methoden an ihren neuen Wirkungsstätten erfolgreich umsetzen können. Insgesamt ist ein Chemiebereich anzustreben, der den Lernenden die Entwicklung vielfältiger Kompetenzen gemäß den Vorgaben des Lehrplans für die bayerische Realschule ermöglicht.

Auch Schulen, die derzeit nicht von einem Neu- oder Umbau betroffen sind, können aus dieser Handreichung Nutzen ziehen. Die dargestellten Empfehlungen berücksichtigen aktuelle Entwicklungen in verschiedenen Bereichen. Dazu zählen didaktische Erkenntnisse sowie deren Einflüsse auf die Seminausbildung. Die gültigen Sicherheitsrichtlinien wurden bei der Erarbeitung ebenso bedacht wie die aktuellen Produkte der Lehrmittel- und Ausstattungsfirmen. Damit bietet die Handreichung auch Anregungen für eine schrittweise Aktualisierung bzw. Ergänzung einer bestehenden Chemiesammlung.

Adressaten

Die wichtigste Zielgruppe dieser Handreichung sind die direkt von einem Um- oder Neubau betroffenen Lehrkräfte, also in erster Linie die Fachbetreuer Chemie zusammen mit ihren Fachschaften. An der Planung, Umsetzung und schließlich auch an der zielführenden Nutzung eines „guten“ Chemiebereichs sind aber zahlreiche weitere Personen maßgeblich beteiligt. Damit wendet sich diese Handreichung neben den Chemielehrern der betroffenen Schule auch an die nachfolgend genannten Akteure.



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Die Sachaufwandsträger sind für die Bereitstellung der Schulgebäude einschließlich der notwendigen Betriebskosten zuständig. In deren Verantwortung fallen damit letztlich Planung, Finanzierung und Realisierung von Bau- sowie von Ausstattungsmaßnahmen an Schulen. Architekten werden beauftragt, die Vorgaben der Sachaufwandsträger in konkrete Entwürfe umzusetzen. Der Bau und die Ausstattung der Räumlichkeiten mit den notwendigen Möbeln, den Medien sowie den Lehr- und Lernmitteln obliegen den damit betrauten Unternehmen.

Auch die Schulverwaltung spielt eine wesentliche Rolle. Die Schulleitung ist für einen geordneten Schulbetrieb verantwortlich. Unterstützung und Beratung erhalten die Schulen durch die Dienststellen der zuständigen Ministerialbeauftragten. Für konkrete Fragen zum Chemieunterricht sind dabei vor allem die Fachmitarbeiter für Chemie sowie die Multiplikatoren für Sicherheit zu nennen. In der Ausbildung von Studienreferendaren für ihre künftigen Aufgaben als Chemielehrer sind die Seminar- und Betreuungslehrer wichtige Ansprechpartner. Deren Tätigkeit wiederum wird vom Zentralen Fachleiter koordiniert.

Verwendung der Handreichung

Diese Handreichung kann nicht den Anspruch einer verbindlichen Richtlinie erheben. Daher ist es wichtig zu betonen, dass die Empfehlungen des Arbeitskreises nicht als eine an allen Schulen zwingend anzuschaffende Mindestausstattung zu interpretieren sind. Zudem wird es an jeder Schule Besonderheiten geben, die eine abweichende oder auch zusätzliche Ausstattung erfordern.

Die Empfehlungen basieren auf den von den Mitgliedern des Arbeitskreises gesammelten Informationen und den daraus abgeleiteten Konzepten. Sie beruhen auf vielfältigen Recherchen und zahlreichen Erfahrungen, die erfasst und gebündelt wurden.

Die daraus entwickelten Vorschläge ermöglichen aus Sicht des Arbeitskreises einen zeitgemäßen, schülerorientierten, lehrplankonformen und vor allem sicheren Aufbau von Kompetenzen im Chemieunterricht. Sie sind als Anregungen für eine Grundausrüstung gedacht, die entsprechend der örtlichen Bedürfnisse und Gegebenheiten anzupassen ist.

Erfahrungen haben gezeigt, dass sich die beschriebenen Anforderungen an einen gut nutzbaren Chemiebereich nur dann erfolgversprechend umsetzen lassen, wenn eine möglichst umfassende und vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten gewährleistet ist. Daher sollte es im Interesse aller Akteure sein, möglichst frühzeitig die Fachkompetenz von Lehrkräften, Planern und Ausstattern zu koordinieren und gemeinsam die Umsetzung der vereinbarten Ziele anzustreben.

Diese Handreichung kann bereits ab den ersten Planungsphasen ein „roter Faden“ zur Orientierung sein. Sie soll sicherstellen, dass alle wesentlichen Aspekte rechtzeitig bedacht werden. Dadurch kann oftmals teuren oder wenig praktikablen Fehlentwicklungen vorgebeugt werden. Letztlich trägt dies mit zu einer sinnvollen Nutzung der erheblichen finanziellen Ressourcen bei, die vom Sachaufwandsträger in den Bau und die Ausstattung eines Chemiebereichs investiert werden. Eine konkrete Aussage über die Höhe des notwendigen Budgets kann und soll aus den Empfehlungen dieser Handreichung nicht abgeleitet werden. Dieses ist vom Sachaufwandsträger unter Berücksichtigung der konkreten Situation vor Ort in eigener Verantwortung festzulegen.



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Eine derartige Handreichung kann allerdings niemals alle an einer Schule auftretenden Besonderheiten abbilden. Deshalb unterstützt sie die Planung mit wichtigen Impulsen, ohne die individuelle Ausgestaltung vor Ort zu ersetzen oder gar überflüssig zu machen. Gute Schule lebt vom Engagement der sie gestaltenden Personen, und diesen Akteuren möchte die vorliegende Handreichung eine Hilfestellung anbieten.

Dank

Am Zustandekommen dieser Empfehlungen waren viele Personen beteiligt, denen hier herzlich gedankt sei. In erster Linie gilt dieser Dank den Mitgliedern des Arbeitskreises, die durch ihren großen Einsatz maßgeblich zum Entstehen der Handreichung beigetragen haben. Weiterhin sind die vielen Gesprächspartner zu erwähnen, die dem Arbeitskreis mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben. Ihr Wissen und Ihre Erfahrungen sind in allen Kapiteln wiederzufinden. Ein besonderer Dank gilt Frau Dr. Birgit Wimmer (Kommunale Unfallversicherung Bayern, KUVB), Frau Tanja Berthold (Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen) sowie Herrn Gregor Gunzenheimer (Zentraler Fachleiter Chemie) für die konstruktive Begleitung und Unterstützung des Arbeitskreises.

München, November 2014

Michael Reisinger
Leitung des Arbeitskreises

2 Anmerkungen zur Sicherheit

Grundlegende Hinweise

„Sicherheit“ ist ein zentrales Thema in allen Bereichen rund um den Chemieunterricht. Dies gilt insbesondere auch für Überlegungen zur zeitgemäßen Ausstattung des Chemiebereichs.

Bereits bei den grundlegenden Planungen der Räumlichkeiten und des Mobiliars gilt es eine Vielzahl an Vorschriften zu beachten (etwa zu Fluchtwegen, Brandschutz, Gasinstallation, Lüftungsmöglichkeiten, usw.). Chemikalien sind entsprechend der gültigen Sicherheitsrichtlinien zu beschaffen, zu verwalten, zu lagern und zu entsorgen. Schließlich gilt es in der tagtäglichen Unterrichtspraxis, die Sicherheit aller zu gewährleisten (z. B. Ausstattung zur Ersten Hilfe, Hygienestandards, Gefährdungsbeurteilung, Ersatzstoffprüfung, Erstellen von Betriebsanweisungen). Klar ist, dass damit allen handelnden Personen und Institutionen (z. B. Sachaufwandsträger, Schulleitung, Fachbetreuer, Sammlungsleiter, Sicherheitsbeauftragter, Fachlehrer, Hausmeister, Reinigungskräfte) ein hohes Maß an Verantwortung zukommt.

Diese Fülle von sicherheitsrelevanten Gesichtspunkten kann als schwer überschaubare Flut von Vorschriften und Regeln wahrgenommen werden. Damit verbunden ist die Gefahr von Verunsicherung oder gar Scheu vor der Planung eines für alle Beteiligten gut nutzbaren Chemiebereichs.

Die vorliegende Handreichung verzichtet daher auf eine umfassende Darstellung der Sicherheitsbestimmungen und versucht stattdessen, den Beteiligten einen „roten Faden“ als Orientierungsrahmen zu geben.

Wichtig ist zunächst, dass alle Empfehlungen in der Handreichung unter Berücksichtigung der aktuellen Sicherheitsrichtlinien erarbeitet worden sind.

Darüber hinaus sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass den an der Planung beteiligten Personen zum Thema „Sicherheit“ neben einer Vielzahl an ausgearbeiteten Materialien auch zahlreiche kompetente Ansprechpartner (insbesondere die Multiplikatoren für Sicherheit im Chemieunterricht sowie die Abteilung „Prävention“ bei der Kommunalen Unfallversicherung Bayern KUVB) zur Verfügung stehen. Wesentliche Informationen dazu werden im Folgenden dargestellt.

Schließlich ist aber insbesondere Fachbetreuern in Chemie der regelmäßige Besuch von Fortbildungsveranstaltungen zu diesem Themenkomplex dringend anzuraten. Informationen zu diesen Veranstaltungen erhält man über FIBS (Datenbank „Fortbildung in Bayerischen Schulen“).

Empfehlungen zur Planung der Neubau- bzw. Umbaumaßnahmen

Ein wesentliches Ziel bei der Planung eines neu gestalteten Chemiebereichs muss es immer sein, ausgehend von den örtlichen Verhältnissen möglichst optimale Räumlichkeiten zu schaffen. Diese sollen ein sicheres, zeitgemäßes, lehrplankonformes und an den Belangen von Schülern und Lehrern ausgerichtetes Unterrichten gewährleisten.

Zur Erreichung dieses Zieles ist eine gut strukturierte, frühzeitig initiierte und vertrauensvolle Kommunikation zwischen Sachaufwandsträger, Schulleitung, Architekten, den an Bau und Einrichtung beteiligten Firmen und den Chemielehrern unerlässlich.

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Architekten und beteiligte Firmen die für sie relevanten Vorschriften kennen und diese auch umsetzen. Die intensive Zusammenarbeit mit den mit Bau und Einrichtung betrauten Unternehmen ist nicht zuletzt auch deshalb anzuraten, weil kompetente Vertreter dieser Firmen wertvolle Hinweise zur konkreten und praktikablen Umsetzung der Sicherheitsanforderungen geben können (etwa zur sicheren Lagerung von Chemikalien im Zusammenhang mit einer sinnvollen Schrankausstattung, zum Stand der Technik bei Abzügen oder der Medienversorgung, usw.). Die rechtzeitige Einbeziehung der Chemielehrer gewährleistet einerseits die sichere und sachgerechte Nutzung der Einrichtung und beugt andererseits möglichen Missverständnissen und Unklarheiten vor.

Bereits in der Planungsphase ist es für alle Beteiligten wichtig, einen Überblick über die wesentlichen umzusetzenden Sicherheitsaspekte zu erhalten. Hierzu bieten sich Übersichten an, die auf der nachfolgend noch näher beschriebenen [S!CU-Homepage](#)¹ im Abschnitt „Checklisten für den Chemielehrer“ zusammengestellt sind:

Checkliste: Betreuung und Organisation einer Chemie-Sammlung

Hier werden beispielsweise die regelmäßig durchzuführenden Prüfungen sowie die Lagerung und Entsorgung von Chemikalien erläutert.

Bau und Einrichtung

Hier sind unter anderem Regelungen zu Fluchtwegen, zur Gasinstallation, Vorgaben für Schränke und vieles mehr angeführt.

Sicherheitsanforderungen für den Chemieunterricht an allgemeinbildenden Schulen in Bayern auf Grundlage der Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht

In dieser Schrift werden kompakt und dabei dennoch umfassend die wesentlichen Sicherheitsanforderungen dargestellt.

Diese Checklisten wurden durch eine Gruppe erfahrener und speziell ausgebildeter Chemielehrer in Zusammenarbeit mit der Kommunalen Unfallversicherung Bayern ([KUVB, Abteilung Prävention](#)²) erstellt. Sollten im Verlauf von Planung und Durchführung der Maßnahmen zur Ausstattung des Chemiebereichs weiterführende Fragen zum Themenkomplex „Sicherheit“ auftreten, gibt es das Angebot einer umfassenden Beratung durch diese Multiplikatoren für Sicherheit.

¹ <https://lernplattform.mebis.bayern.de/course/view.php?id=25604> (Gültiger Nutzerzugang in MEBIS erforderlich)

² <http://www.kuvb.de/praevention/>

Weitere Materialien

Abschließend folgt noch eine kurze Zusammenstellung wertvoller Materialien und Informationsquellen zu dem Themenkomplex „Sicherheit“:

Informationen des Bayerischen Kultusministeriums³

Für den Bereich der Sicherheit im Chemieunterricht gibt es eine große Zahl an verbindlichen Regelungen (z. B. RiSU, KMBek und KMS). Das Bayerische Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst hat auf seiner Homepage einen Überblick zu diesen Vorschriften erstellt. Darüber hinaus sind auf dieser Plattform zahlreiche weiterführende Informationen zu finden. Insbesondere findet man in dieser Zusammenstellung:

- **Die Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)**
- **Eine Übersicht über die Zuständigkeiten von Schulleitern, Sammlungsleiter und Fachlehrkräften im Bereich Chemie**
- **Informationen zur Multiplikatorengruppe für Sicherheit im Chemieunterricht (S!CU), einschließlich einer Liste der für den jeweiligen Bezirk zuständigen Ansprechpartner:**
Die S!CU-Homepage bietet neben den bereits im vorherigen Abschnitt beschriebenen Checklisten eine Vielzahl von weiteren hilfreichen Informationen und Materialien zur Sicherheit im Chemieunterricht.
- **Wichtige Schreiben und Hinweise für die Sicherheit im Chemieunterricht**

DEGINTU⁴ bzw. D-GISS⁵

Das Online-Portal „Gefahrstoffinformationssystem für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht der Gesetzlichen Unfallversicherung“ (DEGINTU) und das „Deutsche Gefahrstoff-Informationssystem Schule“ (D-GISS) dienen in erster Linie der Chemikalien-Verwaltung, bieten aber auch Informationsquellen über rechtliche Vorgaben für den Umgang mit Gefahrstoffen. Nähere Informationen zu DEGINTU und D-GISS sind im Kapitel 5 **Digitale Medien** dieser Handreichung zu finden.

Informationsportal „Sichere Schule“⁶

Dieses web-basierte und multimedial aufgebaute Informationsportal bietet eine dreidimensionale Darstellung einer „Sicheren Schule“ einschließlich des Chemiebereichs. Diese übersichtliche Darstellung stellt eine gute Planungs- und Handlungshilfe dar. Das Portal bietet eine umfassende Sammlung relevanter Vorschriften und Informationen. Darunter findet man unter anderem auch Materialien zur Gefährdungsbeurteilung einschließlich der Substitutionsprüfung.

³ <https://www.km.bayern.de/lehrer/unterricht-und-schulleben/sicherheit.html>

⁴ <https://degintu.dguv.de/login>

⁵ <http://www.d-giss.de/>

⁶ <http://www.sichere-schule.de/>



Chemie? – Aber sicher! ⁷

Die Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen hat einen Akademiebericht Nr. 475 herausgegeben, in dem sich ein eigenes Kapitel dem Thema „Sicherheit“ widmet. Daneben sind zu zahlreichen gängigen Experimenten insbesondere auch Gefährdungsbeurteilungen enthalten.

GESTIS-Stoffdatenbank ⁸

Das Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung bietet eine umfangreiche Datenbank mit Informationen für den sicheren Umgang mit Chemikalien. Sie enthält Informationen für den sicheren Umgang mit chemischen Stoffen und Gefahrstoffen. Auch die Einstufungen und Kennzeichnungen der GHS sind hier zu finden. Etwa 8500 chemische Stoffe werden in dieser Stoffdatenbank geführt. Die Pflege der Daten erfolgt zeitnah nach Veröffentlichung im Vorschriften- und Regelwerk oder nach Vorliegen neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Experimentas ⁹

Experimentas ist eine frei zugängliche Sammlung von Gefährdungsbeurteilungen. Die laufend aktualisierte Datenbank enthält eine Vielzahl an Experimenten, die jeweils kurz beschrieben werden und mit einer als pdf-Datei verfügbaren Gefährdungsbeurteilung verknüpft sind. Wird ein Experiment verändert durchgeführt, muss die Gefährdungsbeurteilung entsprechend angepasst werden.

⁷ <https://alp.dillingen.de/akademie/akademieberichte/>

⁸ <http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp>

⁹ <https://www.experimentas.de/>

3 Planung der Fachräume

3.1 Lehr- und Übungsraum

Vorüberlegungen

Plant der Sachaufwandsträger eine Generalsanierung oder einen Neubau von Chemie-Fachräumen, so sollten die Schulleitung und die Fachschaft Chemie so schnell wie möglich in die Planungen eingebunden werden. Ziel von Gesprächen ist nicht, einen Luxus-Chemiesaal zu erreichen oder zu vermeiden, sondern mit den vorhandenen Mitteln das Optimale für den Chemieunterricht herauszuholen. Hier ist die Fachkompetenz der Chemielehrer ebenso unabdingbar wie die des Architekten.

Arten von Fachräumen

Als erstes sollte man sich darüber im Klaren sein, welche Art von Fachraum gewünscht ist. Es gibt drei grundsätzlich verschiedene Arten von Fachräumen.

1. Stufensaal mit aufsteigendem Gestühl

Hier ist die Sicht der Schüler auf Lehrerexperimente am besten. Durch die Höhenstufung und die besondere Nähe zum Lehrertisch können die Schüler Lehrerexperimente besonders gut und ohne technische Hilfsmittel (z. B. Kameraübertragung) beobachten.

Die aus einem modernen Chemieunterricht nicht mehr wegzudenkenden Schülerexperimente sind aber nur begrenzt durchführbar, da die Sicherheitsabstände nicht eingehalten werden können. Nur bei einfachsten Experimenten ohne Gefahrstoffe kann man sich darüber hinwegsetzen. Andere Experimente sind nur mit kleinen Klassen möglich, wenn zwischen den experimentierenden Schülern eine Bankreihe frei bleibt. Aber auch dann begrenzt die schmale Tischbreite so manches Experiment.

Aus diesem Grund sollte ein Stufensaal nur geplant werden, wenn zusätzlich ein zweiter Raum als Übungsraum mit 32 Plätzen eingerichtet werden kann. Zu berücksichtigen ist aber auch in diesem Fall, ob ein zweiter Übungsraum eventuell mehr Vorteile bringt als die Kombination aus je einem Stufen- und Übungsraum (beispielsweise geringere Schwierigkeiten bei der Organisation der Raumbellegung).

2. Übungsraum mit großen Experimentiertischen

Dies ist die momentan bevorzugte Version eines Chemiesaals, da der Trend weg vom Lehrerexperiment geht. Soweit es die Gefährdungsbeurteilungen zulassen, sollen Schüler so viele Experimente wie möglich selbst durchführen. Auf großen Übungstischen mit chemikalienresistenten Oberflächen steht dem nichts im Wege. Voraussetzung ist aber, dass der zur Verfügung stehende Raum groß genug ist. Ein optimaler Übungsraum für 32 Schüler sollte etwa 80 bis 90 m² groß sein.

Ist die Raumgröße kleiner, leidet die Funktionalität schnell. Hier sollte dann schon am Anfang der Planungen überlegt werden, ob es Möglichkeiten gibt, den Raum zu vergrößern. Ist dies nicht möglich, gibt es eventuell auch die Alternative Fachräume zwischen den einzelnen Fachschaften zu tauschen. Die von der Fachschaft oder Schulleitung gewünschten baulichen Veränderungen sollten dann schriftlich fixiert und begründet und so früh wie möglich mit dem Sachaufwandsträger besprochen werden.

Der Nachteil eines Übungsraums ist aber, dass Lehrerexperimente nicht so gut einsehbar sind. Hier muss man dann vor allem bei kleinen Versuchsaufbauten moderne Technik einsetzen und die Experimente mit Videokamera und Beamer übertragen. Moderne Funkübertragung macht dies mittlerweile auch ohne „Kabelsalat“ möglich. Man muss sich hier im Klaren sein, dass ein per Beamer übertragenes Live-Experiment immer noch wesentlich mehr Faszination ausübt als ein eingespieltes Video.

3. Übungsraum mit Stufen

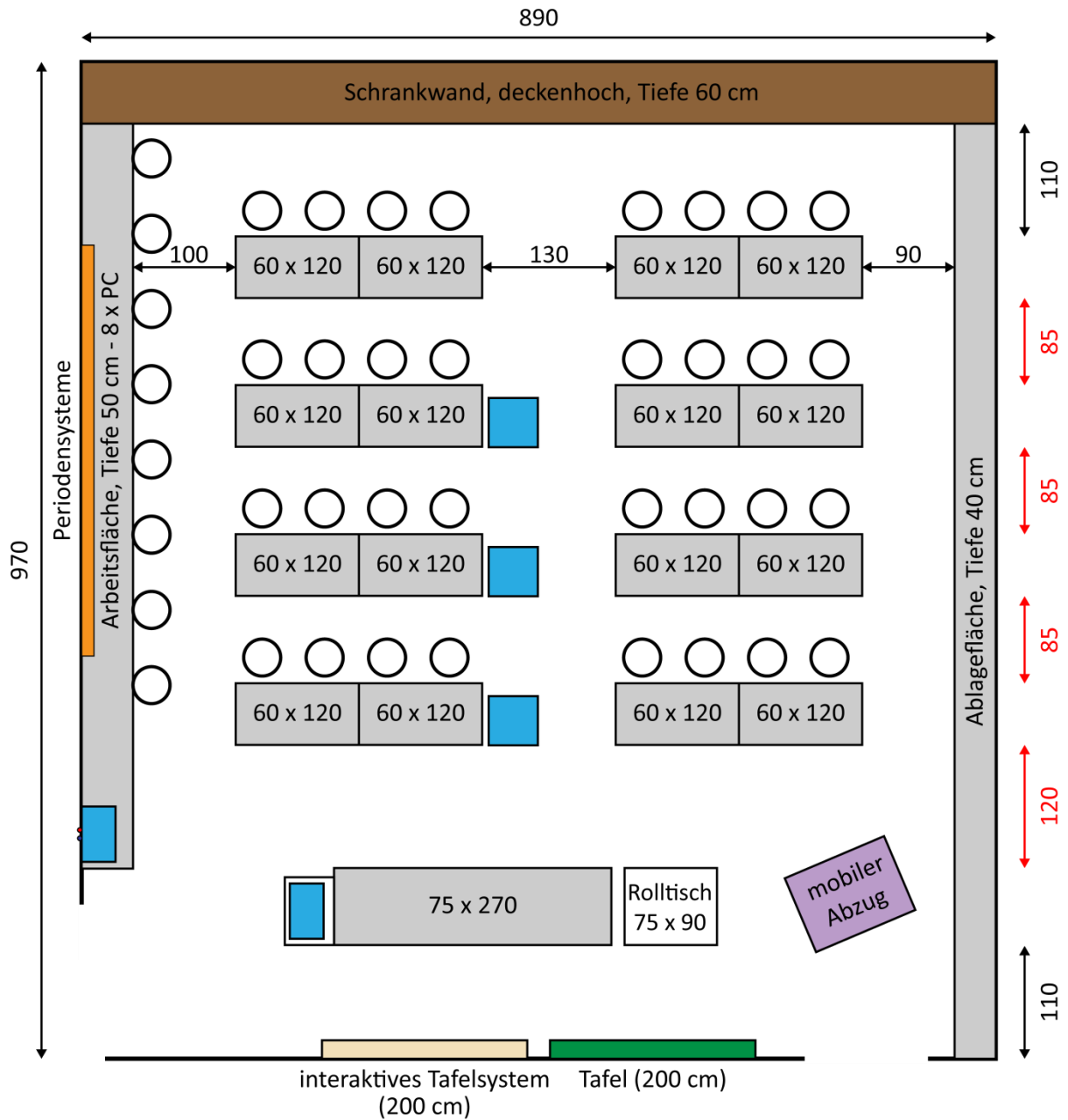
Dies ist der Versuch, die Vorteile der beiden vorgenannten Chemiesäle miteinander zu vereinen. Leider hat diese Variante aber auch Nachteile. Die Anordnung der Tische ist nicht flexibel, da sie auf den Stufen festgeschraubt werden müssen. Zum anderen können auch mobile Wasserstationen und Laborwägen nicht beliebig im Raum umhergefahren werden. Zusätzlich bilden die Stufen beim Umhertragen von Chemikalien und Versuchsaufbauten Stolperfallen. Dies ist das Hauptargument, das gegen gestufte Übungssäle spricht. Ein solcher Raum ist zwar nicht verboten, wird von der KUVB (Kommunale Unfallversicherung Bayern, vormals GUVV) aber sicherheitstechnisch eher abgelehnt.

Größe des Fachraums

Das moderne Standard-Klassenzimmer liegt bei ca. 64 m², weil nur Zimmer bis zu dieser Größe vollständig bezuschusst werden. Die Bayerische Schulbauverordnung (SchulbauV) sieht für einen Klassenraum eine Grundfläche von 2 m² pro Schüler vor. Ein solcher Raum ist für einen Chemie-Übungssaal gänzlich ungeeignet, wenn dieser für ungeteilte Klassen mit bis zu 32 Schülern genutzt werden soll. Besondere Größen für naturwissenschaftliche Fachräume werden in der Schulbauverordnung nicht genannt. Verlangt werden aber Fachräume, deren Raumzuschnitt, Raumhöhe und Raumtiefe eine einwandfreie Nutzung ermöglichen.

Eine KMK-Arbeitshilfe zum Schulbau¹⁰ sieht für naturwissenschaftliche Fachräume mindestens 2,7 m² pro Schüler vor, was bei 32 Schülern einer Raumgröße von mindestens 86,4 m² entspricht. Die Skizze auf der folgenden Seite basiert auf dieser Vorgabe. Sie zeigt ein Beispiel eines Übungssaals mit genau 86,4 m². Bei optimalem Verhältnis von Länge und Breite lässt sich damit ein funktioneller Raum einrichten.

¹⁰ https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_07_01-Arbeitshilfen-zum-Schulbau.pdf



Beispiel für einen Chemie-Saal (32 Plätze) in optimaler Größe (8,9 x 9,7 m) mit Deckenversorgungssystem

- Abstände 85 cm und 120 cm sind die Mindestabstände nach RiSU
- 16 Schülerexperimentiertische mit chemikalienresistenter Oberfläche
- Wasser: am Lehrertisch, 3 mobile Wasserstationen
- Handwaschbecken an der Wand
- Schrankwand zur Aufbewahrung der Schülerversuche
- Arbeitsfläche an der Seitenwand für 8 Computerarbeitsplätze
- seitliche Ablagefläche am Fenster
- Tafel, 200 cm breit
- interaktives Tafelsystem, 200 cm (oder breiter)



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Hier wurde hinten eine Schrankwand für das Material der Schülerversuche, eine Ablagefläche auf der Fensterseite (rechts) und eine Arbeitsfläche mit Computer-Arbeitsplätzen auf der anderen Seite eingeplant. Dadurch ergeben sich eine Raumlänge von 9,70 m und eine Breite von 8,90 m.

Gibt man in Länge und Breite noch je einen halben Meter zu, wird der Raum ein deutlich großzügigeres Ambiente erhalten (95 m^2), da wesentlich mehr Bewegungsfreiheit beim Arbeiten entsteht. Dies ist durchaus auch ein Sicherheitsargument.

Die Größe der Experimentiertische von $60 \times 120 \text{ cm}$ und die in der RiSU vorgeschriebenen Mindestabstände zwischen den Schülertischen (85 cm) und zwischen Schülertischen und Lehrertisch (120 cm), sowie vorgeschriebene Gangbreiten (einmal mindestens $1,00 \text{ m}$, die anderen auch schmaler) geben eine gewisse Mindestgröße von ca. 70 m^2 vor.

Um eine entsprechend kleine Grundfläche zu erreichen, müssten bei dem abgebildeten Beispiel beide seitlichen Ablageflächen und die hintere Schrankwand weggelassen werden. Werden hinter der letzten Tischreihe 85 cm Abstand angenommen und zusätzlich die Breite des linken Ganges auf 90 cm verschmälert, ergeben sich eine Breite von $7,90 \text{ m}$ und eine Länge von $8,85 \text{ m}$. Ist der Raum noch deutlich kleiner, ist ein Übungsraum für 32 Personen nicht unterzubringen.

Hat man nur die Minimalgröße von etwa 70 m^2 zur Verfügung, muss man also Abstriche machen, die sich deutlich auf die Funktionalität auswirken. Durch das Fehlen der Schrankwand müssen die Materialien der Schülerversuche in die Vorbereitung ausgelagert werden. Zum einen ist dies für die tägliche Arbeit unpraktisch, zum anderen steigt dadurch der Platzbedarf im meist ohnehin knapp bemessenen Vorbereitungsraum erheblich an. Auch die seitlichen Abstellflächen für vorbereitetes Übungsmaterial fallen weg. Die Arbeitsfläche für die Computerarbeitsplätze ist noch am leichtesten zu verschmerzen. Da im Unterricht immer häufiger Notebooks eingesetzt werden und die Deckenversorgung Strom- und Netzwerkanschlüsse bietet, lässt sich der Computereinsatz auch am normalen Arbeitstisch der Schüler realisieren.

Geht man von Raumgrößen zwischen 70 und $86,4 \text{ m}^2$ aus, so muss nur auf einen Teil der Arbeits- und Schrankflächen verzichtet werden. Man könnte im günstigsten Fall auf eine der beiden seitlichen Ablageflächen verzichten. Ist auch die Länge nicht ausreichend, könnte man an einer Seite je zur Hälfte Schrankwand und Ablagefläche vorsehen. Entsprechend wäre dies bei einem schmalen Raum natürlich auch an der Rückwand möglich.

Änderungen der Raumgrößen bei Kernsanierung

Bis auf wenige tragende Wände werden bei Kernsanierung häufig alle Innenwände herausgebrochen. Dies gibt bei rechtzeitiger Planung die Möglichkeit Raumgrößen zu verändern oder sogar den Zuschnitt von Räumen einer neuen Nutzung anzupassen.



☞ Lage der naturwissenschaftlichen Räume, Kombiräume

Häufig reichen die naturwissenschaftlichen Räume nicht aus, da nur je ein Chemie-, Biologie- und Physiksaal vorhanden sind. Hier ist es dann sinnvoll ein oder zwei weitere naturwissenschaftliche Räume zu planen, die als Kombiräume für alle drei Fächer genutzt werden. Dies ist aber nur sinnvoll, wenn alle naturwissenschaftlichen Räume direkt beieinander liegen.

Vor allem in der Chemie sollte man es wegen des Transports von Gefahrstoffen vermeiden, dass Vorbereitungswägen über den Flur zum Unterrichtsraum gefahren werden müssen. Hier sollte von der Chemie-Vorbereitung aus ein direkter Zugang zum Raum möglich sein. Auf dem Flur sind zu Beginn und Ende der Unterrichtsstunden viele kommende und gehende Schüler unterwegs. Sich hier mit einem Wagen durchzuschlängeln, der z. B. Säureflaschen enthält, wäre überaus problematisch.

☞ Installation aus einer Hand

Häufig kommt es vor, dass die neue Ausstattung des Fachraumes vom Labormöbelhersteller geliefert wird, der Einbau dann aber von örtlichen Firmen übernommen wird. Der hauptsächlichste Grund dafür sind meist Kosteneinsparungen.

Dabei muss man aber einen mitunter großen Nachteil in Kauf nehmen. Funktioniert später ein Gerät nicht so wie es sein sollte, hat man zwei Ansprechpartner. Schiebt dann jeder die Schuld auf den anderen, wird es deutlich schwieriger Garantieansprüche durchzusetzen. Vor allem bei von Fremdfirmen neu installierten Abzügen hat es in den letzten Jahren immer wieder Klagen gegeben. So muss dann immer erst abgeklärt werden, ob der Abzug einen Defekt hat (Schuld beim Labormöbelhersteller) oder ob die Installation der Abluftleitungen (z. B. falsche Querschnitte der Leitungen, ...) falsch durchgeführt wurde (Schuld bei der einbauenden Fremdfirma).

Aus den genannten Gründen sollte man es sich deshalb gut überlegen, ob die womöglich etwas teurere „Alles-aus-einer-Hand-Variante“ langfristig nicht zur günstigeren Option wird. Im anderen Fall empfiehlt es sich, dem Laboreinrichter die Steuerung und exakte Schnittstellenabstimmung zu überlassen, damit der ortsansässige Betrieb, der oft erstmalig einen Raum dieser Art vorbereitet, fehlerfrei und zeitgerecht die Vorarbeiten erledigen kann.

Versorgungssystem

☞ Deckenversorgung kontra Bodenversorgung

Früher war es allgemein üblich, die Versorgung mit Gas, Wasser und Strom über den Boden zu bewerkstelligen. Dass dies heute eher selten gemacht wird, hat mehrere Gründe:

1. Das Verlegen der Versorgungsleitungen im Estrich ist teuer oder bei bestimmten Sanierungsmaßnahmen gar nicht möglich. Zudem sind spätere Reparaturen aufwendig und kostenintensiv. Auch ein weiterer Ausbau mit neuen Funktionen ist normalerweise nicht mehr möglich.
2. Die Deckenversorgung ist ohne Veränderungen am Fußboden durchführbar und bei späteren Reparaturen sehr preiswert, da nur der Deckel des Versorgungskanals geöffnet werden muss, um an die „Innereien“ zu gelangen. Auch Umbauten oder Ergänzungen sind kein Problem. Gibt es z. B. zukünftig im EDV-Bereich andere Anschlüsse, so können sie leicht gegen die alten ausgetauscht werden. Der Einbau zusätzlicher Funktionen, z. B. einer Reingasversorgung oder einer Niederspannungsversorgung, wäre zudem schnell und problemlos durchführbar.
3. Eine Deckenversorgung ermöglicht im Raum wesentlich mehr Flexibilität. Vor allem bei nicht absenkbaaren Versorgungssystemen ist ein freies Verschieben der Tische im Raum möglich. So können bei Bedarf auch Experimentierinseln aus mehreren Tischen aufgebaut werden. Bei absenkbaaren Systemen sind die Tische nicht ganz so frei verstellbar, da die Versorgungsarme wegen der Verletzungsgefahr nur über Tischen abgesenkt werden dürfen.
4. Auch das „Vandalismus-Potenzial“ sinkt bei einer Deckenversorgung, da im normalen Unterricht alle Anschlüsse nicht im direkten Zugriffsbereich der Schüler liegen. Verstopfte Steckdosen und Gasanschlüsse gibt es erwiesenermaßen nur noch selten. Trotzdem hält sich der „Kabelsalat“ beim geschickten Benutzen der Deckenversorgung in Grenzen.

Ein Chemiesaal mit Deckenversorgung wäre natürlich auch leichter als normales Klassenzimmer einzusetzen. Aber von dieser Alternative ist dringend abzuraten. Wenn die Abstellflächen intensiv genutzt werden, um schon am Morgen Schülerübungsmaterial für alle 6 Stunden bereitzustellen, ist es problematisch, den Raum einer fachfremden Nutzung zu überlassen. Auch ein eventuell vorhandener Durchreicheabzug spricht gegen eine solche Nutzung.

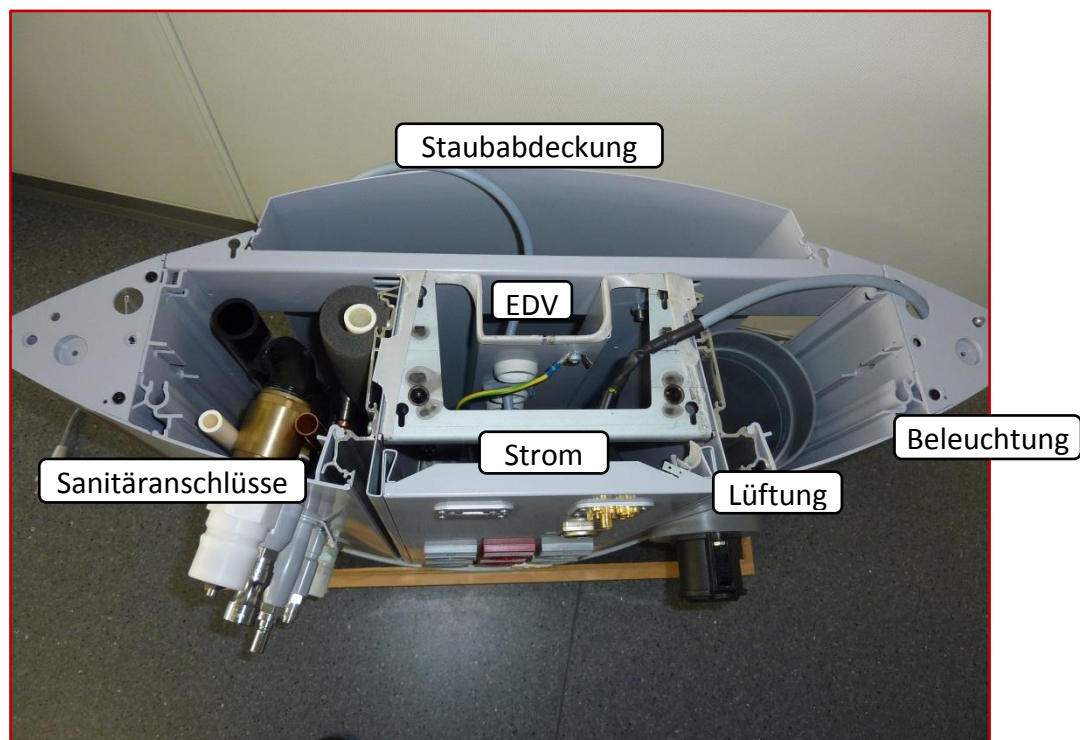
Der entscheidende Nachteil einer Deckenversorgung ist, dass von Decke nach unten geführte Kabel die Sicht für den einen oder anderen Schüler beeinträchtigen können. Deswegen sollten alle Kabel bei Nichtgebrauch sofort entfernt werden.

☞ Qualität der Deckenversorgungssysteme

Im Bereich der Deckenversorgungssysteme werden zurzeit von mehreren Herstellern verschiedenste absenkbare und nicht absenkbare Systeme angeboten, die sich in Preis und Qualität deutlich unterscheiden. Die Marktführer haben viele gute Ideen mit Patenten schützen lassen, so dass ihre „Problemlösungen“ meist auch die besten sind.

Die Systeme mit höherem Preis bieten in der Regel auch die bessere Qualität. Als Beispiel sei hier der Versorgungskanal genannt. Bei billigeren Systemen verlaufen alle Leitungen, egal ob Wasser, Gas- oder Elektroinstallation, in einem Schacht, bei den teureren dagegen in getrennten, abgedichteten Segmenten. Ist bei getrennter Verlegung ein Wasserschlauch undicht, ist die Elektroinstallation natürlich besser vor einem Schaden geschützt. Ob sich dies langfristig zu einem Kostenvorteil für die hochwertigeren Anlagen entwickelt, kann noch nicht eindeutig beurteilt werden, da ein Großteil der Deckenversorgungssysteme erst wenige Jahre in Betrieb ist und eine größere Reparaturanfälligkeit sicher erst in ein paar Jahren auftritt. Gut arbeiten kann man in den ersten Jahren sicher mit allen Systemen.

Einen wesentlichen Unterschied gibt es auch bei der Herstellung der Einzelteile. Bei manchen Herstellern werden die Einzelmodule bereits im Werk fertig hergestellt und vor Ort nur noch zusammengesetzt. Bei anderen Herstellern werden die Versorgungskanäle leer geliefert und die komplette Installation des „Innenlebens“ erst auf der Baustelle eingebaut.



Beispiel für den Querschnitt eines Medienflügels

☞ Absenkbare und nicht absenkbare Deckenversorgung und deren Vor- und Nachteile

Absenkbare Deckenversorgung:

Die absenkbaren Systeme sind an der Decke etwas schlanker. Wichtiger ist allerdings, dass die Versorgungseinheiten motorisch abgesenkt werden, so dass auch kleine Personen die Anschlüsse bequem erreichen können.

Durch diese motorische Absenkbarkeit unterliegen diese Systeme allerdings der Maschinenverordnung und müssen öfter geprüft werden als unbewegliche Systeme. Dadurch erhöhen sich die Folgekosten durch Wartung.

Ein weiterer Nachteil ist, dass die Einheiten nur über Tischen abgesenkt werden dürfen, da sonst ein Verletzungsrisiko besteht, wenn jemand mit dem Kopf gegen die Armaturen stößt. Dadurch ist das freie Platzieren der Tische im Raum etwas eingeschränkter als bei den nicht absenkbaren Systemen.



Nicht absenkbare Deckenversorgung:

Die Armaturen der nicht absenkbaren Deckensysteme beinhalten hingegen kein Verletzungsrisiko, da unter diesen Systemen eine freie Fluchthöhe von 2 m eingehalten werden muss.

Dadurch ergibt sich aber das Problem, dass kleine Personen Steckdosen sowie Gas- und Wasserarmaturen schlecht oder gar nicht erreichen können. Hier geht es bei der Erreichbarkeit oft um wenige Zentimeter. Bei einigen Systemen liegen alle Anschlüsse auf der Unterseite, so dass sie sich alle in einer Höhe von knapp über 2 m befinden. Bei anderen Konzepten liegt ein Teil der Anschlüsse aber seitlich, so dass sie deutlich höher liegen. Dieser Unterschied kann bei der Bedienung für kleinere Personen entscheidend sein.



Wenn zu Beginn der Planungen bereits festgelegt wird, ob ein absenkbares oder nicht absenkbares System bevorzugt wird, sollte dies schon in der Ausschreibung des Chemieraums gefordert werden, um die entsprechenden Angebote zu erhalten. Auch die Angabe der maximalen Versorgungshöhe einer nicht absenkbaren Installation kann in der Ausschreibung sinnvoll sein, wenn es bei der Höhe um jeden Zentimeter geht.

☞ Was sollte ein Deckenversorgungssystem beinhalten?

Von manchen Herstellern gibt es zwei Varianten von Deckenversorgungssystemen, die sich in der Größe und im Preis unterscheiden. Die kleinen, billigeren Varianten beinhalten meist nur Strom und Netzwerkanschlüsse. Ein weiterer Ausbau ist nicht möglich. Für einen Lehr- und Übungsraum in der Biologie ist das sicher eine preiswerte Alternative, in der Chemie aber nicht mehr als eine Notlösung bei Geldmangel. Das entscheidende Problem dieser Lösungen ist die Tatsache, dass später auch keine Zusatzmodule (wie z. B. Gasversorgung) nachgerüstet werden können.

In allen Deckenversorgungssystemen des Chemiebereichs sollten folgende Einrichtungen standardmäßig vorhanden sein:

- **Elektrosteckdosen (230 V)**
- **Brenner-Gasversorgung**

Weitere Anschlüsse machen die Installation natürlich nicht nur komfortabler sondern auch teurer. An dieser Stelle ist zu entscheiden, was wirklich gebraucht wird und was in das Budget der Sanierung oder des Neubaus passt.

Folgende Möglichkeiten werden angeboten:

1. Beleuchtung

Alle Hersteller bieten in ihren Systemen eingebaute Beleuchtungen an, die durchaus sinnvoll sind, sich in ihrer Qualität aber unterscheiden. Seitlich an der Deckenversorgung angebrachte Beleuchtungssysteme liefern meist eine zusätzliche, individuell einschaltbare Arbeitsplatzbeleuchtung. Nach oben abstrahlende indirekte Beleuchtungselemente liefern die Grundbeleuchtung des gesamten Raumes und ersetzen dann normale Leuchtstoffröhrenbänder im Raum vollständig¹¹.



2. Stromversorgung mit 230 V Wechselstrom und Starkstrom

230 V Steckdosen sind in allen Deckenversorgungssystemen vorhanden. Zusätzliche Starkstromanschlüsse sind im Schülerbereich eines Chemisaals normalerweise nicht nötig.

¹¹ Die DIN EN 12464-1 sieht im Vergleich zu anderen Räumen für Übungsräume und Laboratorien an Ausbildungsstätten einen höheren Wartungswert der Beleuchtungsstärke von 500 lx vor.

3. Niederspannungsanschlüsse

Auch ein Einbau von Niederspannungsanschlüssen mit Gleich- und Wechselstrom ist möglich. Vorteile sind die zentrale Notauskontrolle durch den Lehrer und die zentrale Einstellung gleicher Bedingungen an allen Schülerarbeitsplätzen. Meist kann jedoch darauf verzichtet werden, da kleine Trafos für Schülerversuche billiger und flexibler sind.

4. Netzwerkanschlüsse

Auf Netzwerkanschlüsse sollte heutzutage in keinem Fachraum mehr verzichtet werden, da es im modernen Unterricht immer häufiger vorkommt, dass Schülergruppen Arbeitsaufträge mit Computer und Internet erledigen müssen. Neben Anschlüssen an den eventuell seitlich im Saal vorhandenen Computerarbeitsplätzen sind auch die Anschlüsse der Deckenversorgung sinnvoll, da dann auch direkt am Schülertisch mit Notebooks gearbeitet werden kann. Eine Versorgung mit drahtlosem Netzwerk (WLAN) wird häufig aus Gründen der Zuverlässigkeit und der Akzeptanz abgelehnt.

5. Anschlüsse für Frisch- und Abwasser

Diese Anschlüsse machen es möglich mobile Wasserstationen im Chemiesaal zu verwenden. Dadurch bringt man das Wasser dorthin, wo es wirklich benötigt wird - ein nicht zu unterschätzender Vorteil. Bei den Wasserstationen ist auf die Größe zu achten. Sehr kleine Becken sind zwar sehr gut transportabel, häufig aber von Nachteil im Alltagsbetrieb.

Die kleinen Wasserstationen gibt es aber auch ohne fahrbares Untergestell. Sie werden dann bei Bedarf direkt auf den Schülerarbeitsstisch gestellt. Wenn bei sehr kleinen Raumgrößen die Gänge für fahrbare Wasserstationen zu schmal sind und/oder auch der Lagerplatz sehr knapp ist, sind diese Geräte eine interessante Alternative.

Wird kein Wasser benötigt, können die Stationen zur Seite gefahren werden oder bei Platzmangel (kleiner Saal) in den Vorbereitungsraum geschoben werden. Dadurch verschmutzen die mobilen Wasserstationen wesentlich weniger als fest an den Experimentiertischen installierte Waschbecken, die von Schülern gerne als „Ersatz-Papierkorb“ verwendet werden.

Bei Platzmangel wäre es auch überlegenswert, zwei mobile Wasserstationen in der Schrankwand unterzubringen. Dazu müsste ein Schrank ohne den üblichen Sockel geliefert werden, um die Laborbecken hineinschieben zu können.

Manche Hersteller leiten das Abwasser der Wasserstationen über eine Pumpe in die Deckenversorgung ab. Immer wenn der Abwasserbehälter gefüllt ist, schaltet sich die Pumpe kurz ein. Die Abwasseranschlüsse der meisten Firmen sind so ausgeklügelt, dass sie beim Abstecken der Schläuche nicht tropfen. Es gibt zwar kleine Unterschiede in der Tropfanfälligkeit – die Spanne reicht aber nur von „absolut perfekt“ bis „fast perfekt“.

Bei den meisten Herstellern sind auch Anschlüsse für einen Kühlwasserrücklauf – getrennt vom normalen Abwasser – vorhanden, so dass auch Destillationen über einen längeren Zeitraum möglich sind.

Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Andere Systeme sehen keine Wasserversorgung über die Decke vor. Hier muss bezüglich des Wassers ein Kompromiss eingegangen werden: Es gibt nur Wasserstationen mit Vorratsbehältern für Frisch- und Abwasser. Das ständige Füllen der Vorratsbehälter und Leeren der Abwasserbehälter durch die Lehrkraft ist eine lästige Arbeit, auch wenn dies durch eine elektrische Pumpe erfolgt.

Kühlkreisläufe können in diesen Systemen nur über extra angebotene Module mit einem kleinen Wasservorrat erfolgen. Eine kleine Menge Wasser (ca. 10 l) wird dann ständig im Kreis gepumpt, wobei sich das Kühlwasser bei längerer Nutzung immer stärker erwärmt.

Natürlich ist es durchaus überlegenswert, auf mobile Wasserstationen ganz zu verzichten. Vor allem bei kleinen Räumen kommt der Vorteil der größeren Flexibilität oft nicht mehr zum Tragen.

Anstelle der früher häufig an den Schülertischen fest installierten Becken sollen hier zwei bis drei in der seitlichen Abstellfläche fest installierte Laborbecken mit Abtropffläche empfohlen werden.



Verschiedene beweglich (oben) und fest (unten) installierte Waschbecken



6. Einbau von Lautsprechern

Für die Medienversorgung mit Filmen und Internet können eingebaute Lautsprecher durchaus von Vorteil sein, da jeder Arbeitsplatz gleichmäßig beschallt wird, was die Gesamtlautstärke im Raum etwas reduzieren kann. Ein größeres Bass-Fundament ist bei diesen Lautsprechern natürlich nicht zu erwarten, weshalb zusätzliche Lautsprecher an der Vorderwand des Chemisaals meist trotzdem eingeplant werden. In den meisten Fällen reichen diese Frontlautsprecher aus und es kann bei knappem Finanzierungsrahmen auf Lautsprecher in der Deckenversorgung verzichtet werden.

7. Druckluftanschluss, Vakuum

Ein Druckluft- und ein Vakuumanschluss werden im normalen Chemieunterricht der Realschule eher selten oder gar nicht benötigt. Aus Kostengründen wird deshalb darauf meist verzichtet.

8. Brenner-Gasversorgung

Neben der Stromversorgung ist die Gasversorgung der wichtigste Teil der Deckenversorgungssysteme. Auch wenn bei modernen Microscale-Experimenten häufig nur mit Teelichtern oder Mini-Spiritusbrennern gearbeitet wird, ist trotzdem für viele Experimente ein Bunsenbrenner nötig. Eine zentrale Gasversorgung von oben ist hier deutlich sicherer als ein Arbeiten mit Kartuschenbrennern (Auslaufen und Entzünden des Flüssiggases beim Kippen der Kartuschenbrenner). Auch die KUVB hält Kartuschenbrenner in Schülerhand nur für eine unbefriedigende Notlösung.

9. Reingasversorgung mit Wasserstoff und Sauerstoff

Die Versorgung der Arbeitsplätze mit den Reingasen Wasserstoff und Sauerstoff über die Deckenversorgung ist eine interessante Alternative. Ein Herumfahren der Stahlflaschen auf Flaschenwagen entfällt dadurch vollständig. Die Stahlflaschen sind im Gasflaschenschrank (vgl. Abbildung) sicher und fest installiert und die Gase können direkt in die Deckenversorgung geleitet werden.

Da diese Reingasversorgung nicht billig ist und auch hohe Wartungskosten mit sich bringt, wird häufig darauf verzichtet.

Bei einer Verwendung der in Kap. 6 **Geräteausstattung** beschriebenen „Gastransportsysteme“ ist dies aber nicht mehr so bedeutend, da die im Unterricht benötigten kleinen Mengen Gas auch direkt im Gasflaschenschrank in die Gastransportsysteme abgefüllt und dann mit in den Unterricht genommen werden können. Die Schüler oder auch die Lehrer zapfen dann die benötigten Gase mit der Einmalspritze aus dem Gastransportsystem.



10. Absaugvorrichtungen an den Schülerarbeitsplätzen

Überall wo eine Geruchsbelästigung auftritt oder Dämpfe bzw. Stäube entstehen, können diese Geräte eingesetzt werden. Die Wirkung ist allerdings begrenzt, während der Preis verhältnismäßig hoch ist.



11. Ständiger Luftaustausch

In die Deckenversorgung kann auch eine manuell einschaltbare Abluftanlage eingebaut werden, um schädliche Dämpfe abzusaugen.

Dies kann auch zur Senkung der Kohlenstoffdioxidkonzentration genutzt werden, die über einen Sensor geregelt wird. Dadurch wird vermieden, dass der CO₂-Gehalt im Raum auf über 1000 ppm ansteigt, da Werte darüber die Konzentration der Schüler negativ beeinflussen.

Es wird nicht nur verbrauchte Luft abgesaugt, sondern auch angewärmte Frischluft hereingebracht. Dabei wird über einen Wärmetauscher die Wärme der Abluft auf die Zuluft übertragen, so dass der Raum auch bei starker Lüftung nicht auskühlt.

Gasversorgung

Zur Versorgung mit Gas gibt es grundsätzlich die drei folgenden Varianten:

1. Erdgasversorgung:

Von der KUVB wird eine Erdgasversorgung klar bevorzugt. Erdgas ist leichter als Luft und bildet deshalb bei einem Leck keinen Gas-See am Boden des Raumes.

Außerdem sind die Wartungskosten einer Erdgasanlage am geringsten, da nur alle zwölf Jahre und nicht alle vier Jahre, wie bei einer Flüssiggasversorgung, eine Überprüfung ansteht. Dagegen sind die Kosten bei einer Neuinstallation einer Erdgasanlage am höchsten, da die Erdgasleitung durch das ganze Haus gelegt werden muss. Aus diesem Grund lehnen immer mehr Sachaufwandsträger die Installation einer Erdgasanlage ab, um Kosten zu sparen.

2. Flüssiggasversorgung:

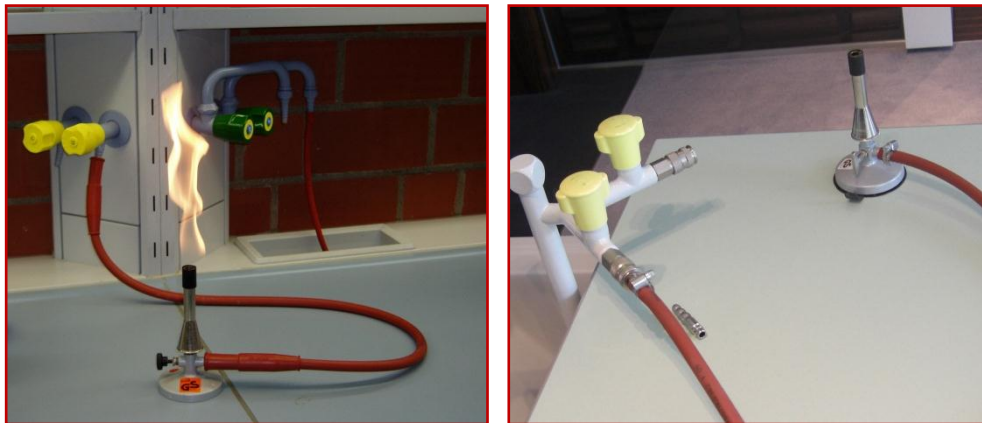
Die zweite Alternative ist eine Flüssiggasversorgung. Der Wartungsaufwand ist hier zwar häufiger nötig, dafür sind aber die Installationskosten wesentlich geringer: es sind nur kurze Leitungswege vorhanden, da in jedem Raum eine eigene Versorgung installiert wird. Pro Raum darf maximal eine Flasche mit 14 kg vorhanden sein. Sie ist in einem Schrank mit Lüftung in Bodennähe (Öffnung mindestens 100 cm²) aufzubewahren.

3. Kartuschenbrenner:

Kartuschenbrenner werden für Schüler nicht empfohlen, da sie beim Umlegen des Brenners auslaufen und sich das auslaufende Gas dann entzünden kann. In jedem Raum sind maximal acht Kartuschenbrenner erlaubt.

Alle Hersteller bauen ihre Anlagen nach den aktuellen Vorschriften. Sicherheitstechnische Probleme gibt es eigentlich nur bei Altanlagen, die nicht mehr den heutigen Bestimmungen entsprechen und keinen Bestandsschutz genießen. Bei der Inbetriebnahme einer neuen Gasanlage ist die Erstellung einer Betriebsanweisung erforderlich. Diese kann beim Hersteller angefordert werden. Die Gasversorgung im Chemiesaal muss folgende sicherheitstechnische Voraussetzungen erfüllen:

- Ein zentraler Schlüsselschalter beim Lehrertisch muss vorhanden sein.
- Der Einschaltzustand der Absperrung muss erkennbar sein (6.5.3 DIN 12 918-2).
- Schnellkupplungen dürfen nur mit Schließkörpern ausgeführt werden.

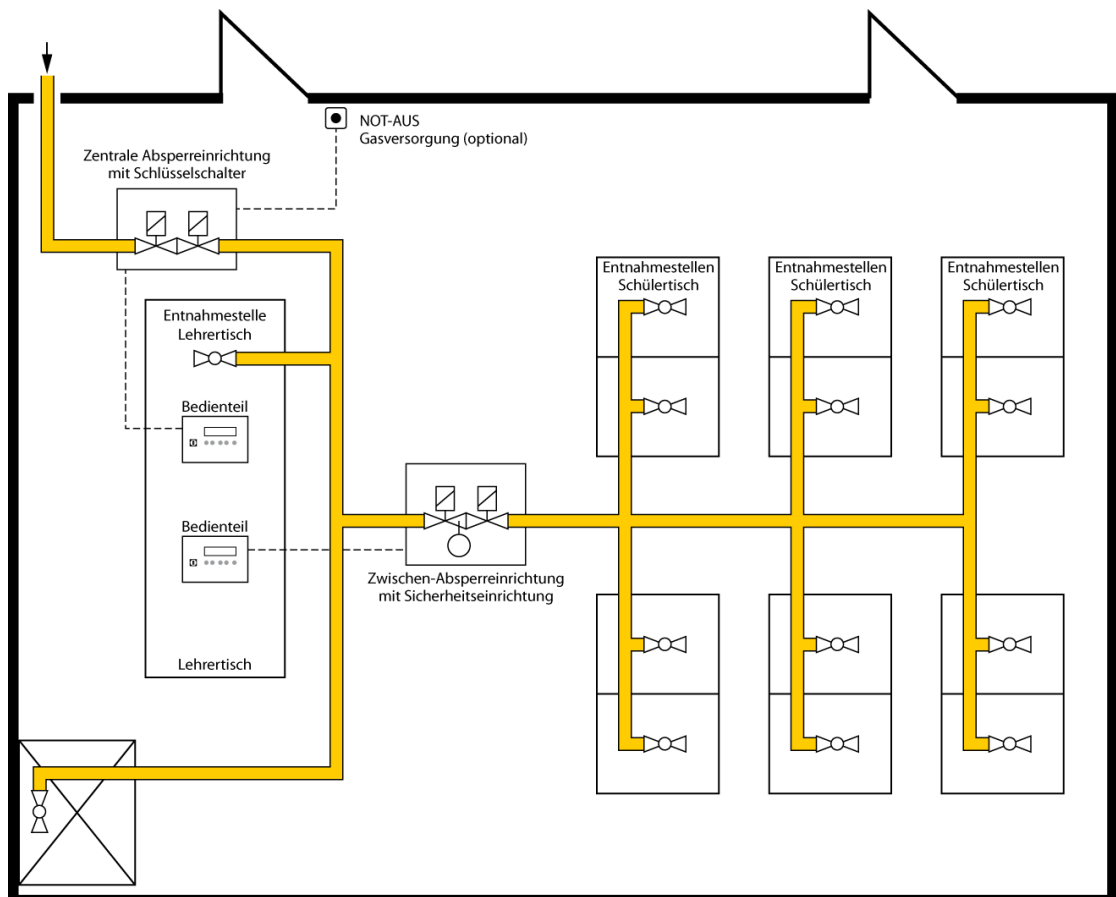


Laborarmatur mit fester Tülle (links) bzw.
mit Schnellkupplung und Schließkörper (rechts);
Quelle: Unfallkasse Nordrhein-Westfalen

- Eine getrennte Schaltung von Schüler- und Lehrerarbeitsplätzen ist erforderlich (DVGW Arbeitsblatt G 621).

Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

- Eine Zwischenabsperreinrichtung mit Gas mangelsicherung zu den Schülertischen ist erforderlich. Die Gasmangelsicherung erkennt beim Einschalten, dass ein Gasventil geöffnet ist, weil sich kein Druck aufbauen kann. Eine solche Gasmangelsicherung wäre auch im Arbeitsbereich des Lehrers (Experimentiertisch, Abzug) sinnvoll und technisch unproblematisch umzusetzen. Sie ist aber nicht vorgeschrieben und wird deshalb aus Kostengründen meist auch nicht eingebaut. Die folgende Skizze aus dem DVGW Arbeitsblatt G 621 zeigt ein Beispiel für ein mögliches Leitungsschema im Unterrichtsraum.



aus: DVGW-Arbeitsblatt G 621 "Gasinstallationen in Laborräumen und naturwissenschaftlichen Unterrichtsräumen - Planung, Erstellung, Änderung, Instandhaltung und Betrieb" vom November 2009, © DVGW e.V.

Mobiliar

☞ Schrankwand

Alle Schränke im Chemiesaal sollten natürlich absperrbar sein.

Es ist zu empfehlen, Schrankwände immer deckenhoch zu planen. Die Oberschränke sind dann zwar nur mit einer Leiter erreichbar, eignen sich aber trotzdem gut für Vorräte, die man nicht jeden Tag braucht. Je mehr in der Schule neben normalen Unterricht auch Wahlfach- und MINT-Unterricht durchgeführt wird, desto mehr Stauraum wird auch gebraucht.

Im unteren Schrankbereich können die Materialien für die Schülerversuche untergebracht werden. Als zweckmäßig hat es sich erwiesen, alle Versuche komplett in kleine Kunststoffboxen zu packen (pro Versuch 8 Boxen). Dadurch vermindert sich der Zeitaufwand zur Vorbereitung von Schülerversuchen ganz erheblich.



☞ Schülertische

Sofern die Entscheidung auf einen Übungsraum gefallen ist, sollte dieser Raum mit großen Experimentiertischen ausgestattet sein. Es gibt sie in der Standardgröße 120 x 60 cm (2 Personen) und 180 x 60 cm (3 Personen). Auch andere, besser zur Raumgeometrie passende Maße sind zu haben.

Die schmalere Variante in 50 cm Breite ist nur zu empfehlen, wenn der Platzbedarf keine anderen Tische zulässt, da diese Breite zum Experimentieren weniger geeignet ist.

Der im Abschnitt **Vorüberlegungen** in diesem Kapitel beschriebene Beispiel-Chemiesaal ist mit Tischen der Größe 120 x 60 cm ausgestattet. Vier Reihen mit je vier Tischen ergeben 32 Plätze.

Bei einem deutlich schmäleren aber längeren Saal könnten fünf Reihen mit je zwei Tischen 120 x 60 cm und einem Tisch 180 x 60 cm platziert werden, was maximal $5 \times 7 = 35$ Plätze ergibt. Man kann dann aber auch den hintersten Dreier-Tisch weglassen, um Stellplatz für 2 bis 3 mobile Wasserstationen zu erhalten.

Bei einem breiteren Saal könnten vier Reihen mit je drei Tischen 120 x 60 cm und einem Tisch 180 x 60 cm aufgestellt werden, was maximal $4 \times 9 = 36$ Plätze ergibt. Auch hier könnten in der hintersten Reihe Tische weggelassen werden, um Platz für die Wasserstationen zu erhalten.

Die Hersteller bieten eine vielfältige Auswahl an Tischen an. So kann man etwa zwischen Tischen mit und ohne Höhenverstellung wählen, was beispielsweise für das Experimentieren im Stehen von Bedeutung ist. Besonders bei schweren Tischen erleichtern feststellbare Rollen die Mobilität. Die wichtigste Entscheidung bei den Schülertischen ist die Wahl einer geeigneten Oberfläche. Die häufigsten Optionen sind folgende:

1. Melamin ohne Wulstrand

Dies ist die billigste Variante, aber leider nicht hitze- und chemikalienunempfindlich. Sofern Schüler im Unterricht regelmäßig experimentieren, werden die Tischoberflächen durch Brand- und Farbflecken schnell unansehnlich und verleiten die Schüler dazu, auch auf die restliche Ausstattung nicht mehr aufzupassen.

Da sie keinen Wulstrand besitzen lässt sich auf diesen Tischplatten am besten ins Heft schreiben. Außerdem sind diese Tische leichter als andere Varianten – ein Vorteil, wenn bei Gruppenarbeiten häufig umgestellt wird.

Eine Lösung, um auf den Melamin-Oberflächen ohne Beschädigungen zu experimentieren, stellen beispielsweise Experimentier-Tableaus dar (siehe Bild rechts). Dies sind im Grunde nur handelsübliche Weißwandtafeln der Größe 45 x 60 cm mit emaillierter Oberfläche.

Da diese Experimentier-Tableaus nur einen Teil der Tischfläche abdecken, ist die schützende Wirkung begrenzt. Zum anderen erhöht sich dadurch das Sicherheitsrisiko, wenn das ganze Tableau leicht vom Tisch geschoben werden kann.



In der modernen Microscale-Chemie wird viel mit senkrecht stehenden Weißwandtafeln als flexibler Stativersatz gearbeitet. Der Einsatz solcher Tafeln ist auf einem Experimentiertableau aber unmöglich, weil beide gleich groß sind und die Füße der stehenden Tafel nicht mehr auf das Tableau passen.

2. Keramik mit Wulstrand

Diese Oberfläche ist chemikalienunempfindlich und hitzeunempfindlich bis etwa 800-900 °C und hält damit den meisten Belastungen des Unterrichtsalltags stand. Der Vorteil gegenüber der noch hitzebeständigeren Fliesenoberfläche ist die fugenlose Verarbeitung.

Der beim Schreiben etwas hinderliche Wulstrand schützt natürlich davor, dass umgeschüttete Flüssigkeiten sofort über die Tischkante laufen.

Keramik-Oberflächen kosten pro Tisch deutlich mehr als Melamin-Tischplatten. Allerdings behalten die Schülerarbeitsplätze in dieser Ausführung über viele Jahre ein ordentliches Aussehen.

3. Fliesen mit Wulstrand

Dies ist die unempfindlichste Oberfläche bezüglich Hitze und Chemikalien, nur die Bruchgefahr ist größer als bei Keramik. Als Schreibunterlage ist diese Oberfläche aber am wenigsten geeignet, da neben dem Wulstrand auch noch die Fugen stören.

Stühle

Stühle gibt es vielen verschiedenen Varianten - höhenverstellbar, drehbar, mit Rollen, gefedert, mit Fußringen, usw.. Alle Varianten unterscheiden sich im Preis und haben die bekannten Vor- und Nachteile. In jedem Fall sollten Tische und Stühle gut aufeinander abgestimmt sein. Die Schüler sollen beim Experimentieren stehen. Wichtig ist deshalb insbesondere, darauf zu achten, dass die Stühle so weit abgesenkt werden können, dass die Stühle samt Stuhllehnen unter die Tische geschoben werden können.

Lehrerarbeitstisch

Am Lehrertisch laufen viele wichtige Leitungen zusammen. Deshalb ist hier besonders auf eine gute und koordinierte Zusammenarbeit der einzelnen Gewerke zu achten, so dass empfindliche Anlagen störungsfrei laufen. Interaktive Boards sind zum Beispiel sehr anfällig für ungeeignete oder nachträglich verlängerte Kabel.

Der Lehrerarbeitstisch kann in verschiedenen Varianten ausgeführt werden. So lassen sich beispielsweise ein kleines Rednerpult oder andere Besonderheiten als Zusatzausstattung integrieren. Eine Schutzscheibe ist nicht in jedem Fall erforderlich, sie trägt aber dazu bei, Gefährdungen bei Versuchen am Lehrertisch zu verhindern¹². Bei der Wahl der Tischoberflächen gibt es die gleichen Möglichkeiten wie für die Schülertische. Eine Keramik- oder Fliesenoberfläche zum Experimentieren ist hier aber absolut unabdingbar.

Von grundsätzlicher Bedeutung bei der Planung ist die Entscheidung, ob der Lehrertisch über den Boden oder über die Decke versorgt werden soll.

1. Experimentiertisch mit Anschluss an die Deckenversorgung – groß und ortsfest oder klein und verschiebbar

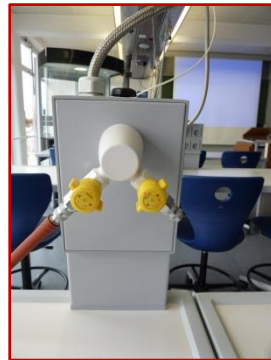


¹² Vgl. dazu etwa die Unfallverhütungsvorschrift Schulen (GUV-V S 1, § 25)

Häufig wird eine Versorgung des Lehrertisches von unten nicht in Betracht gezogen, weil es kostengünstiger ist, den Tisch über die sowieso schon vorhandene Deckenversorgung anzuschließen.

Bei nicht absenkbaaren Deckenversorgungssystemen ist die Beeinträchtigung des Sichtfeldes meist nur gering, da es sich nur um ein Stromkabel und einen Gasschlauch handelt. Eine größere Beeinträchtigung des Sichtfeldes entsteht aber bei absenkbaaren Versorgungseinheiten, da sich hier die gesamte Versorgungseinheit im Blickfeld des Schülers befinden kann.

Um Sichtbeeinträchtigungen weitestgehend zu verhindern gibt es bei den meisten Herstellern Zusatzmodule, die entweder direkt an der Tischkante oder an einer speziellen Leiste befestigt werden. Dadurch kann ein Gasschlauch und ein Elektrokabel direkt ans äußerste Tischende geführt werden, um weitgehend aus dem Sichtfeld der Schüler zu verschwinden. Von diesem Anschlusspunkt aus können dann mehrere Gas- und Stromleitungen direkt auf der Tischoberfläche weiterlaufen, die das Sichtfeld nicht mehr stören.



Entscheidet man sich für einen kleineren, auf Rollen verschiebbaren Lehrertisch, den man relativ weit zur Seite schieben kann, so können mit den Zusatzmodulen die Anschlusskabel ganz aus dem Sichtfeld gebracht werden. Experimentieren wird man als Lehrer dann häufig nicht auf diesem Tisch, sondern auf einem beige gestellten Rolltisch, der sich dann etwa in der Mitte befindet.

Ein großer, ortsfester Tisch sollte mit einer Breite von mindestens 2,40 m eingeplant werden.

Auf Rollen bewegliche Tische sollten nicht breiter als 1,80 m sein. Hier kann man, um die Experimentierfläche bei Bedarf vergrößern zu können, einen fahrbaren Rolltisch daneben stellen. Der bewegliche Tisch ist natürlich flexibler. Wird einmal Platz für andere Aktivitäten gebraucht kann er soweit wie möglich zur Seite gefahren werden.

Hat der Tisch keine Bodenversorgung, darf man auf **keinen Fall** die Wandsteckdosen des Raumes zum Experimentieren benutzen. Sie sind zum einen als Experimentiersteckdosen generell nicht erlaubt, da sie nicht über den Not-Aus-Schalter abgesichert sind. Zum anderen würden sicherheitsbeeinträchtigende Stolperfallen durch die Kabel entstehen.

2. Experimentiertisch mit Bodenversorgung

Der Lehrerarbeitstisch kann natürlich trotz Deckenversorgung ganz klassisch über den Boden versorgt werden. Dabei entstehen allerdings die oben schon genannten Mehrkosten.

Sofern ein feststehender Tisch angeschafft werden soll, ist Bodenversorgung sicher die beste Möglichkeit, da keine Versorgungsleitungen das Blickfeld der Schüler einschränken.

Der Nachteil einer solchen Lösung besteht darin, dass ein Lehrtisch mit Bodenversorgung fest installiert sein muss. Er kann also nicht flexibel zur Seite gefahren werden, wenn er einmal nicht benötigt wird.

Bei Bodenversorgung ist von Anfang an darauf zu achten, dass alle benötigten Anschlüsse (Strom, Gas, ...) in ausreichender Anzahl vorhanden sind, da sie nachträglich kaum mehr installiert werden können. Multimediaanschlüsse sollten also in allen heute gängigen Varianten vorhanden sein, um alle alten und neuen Geräte problemlos nutzen zu können (S-VHS, Cinch, VGA, DVI, HDMI, Netzwerk, ...).

Bei Sanierung oder Neubau können alle diese Kabel, die den Experimentiertisch mit der Deckenversorgung, dem Beamer und dem interaktiven Board verbinden, problemlos im Boden verlegt werden. Wird ein später benötigtes Kabel vergessen, lässt sich dies nur durch „oberirdischen Kabelsalat“ mit Stolperfallen beheben.

3. Unterbringung der Multimediageräte

In modernen Experimentiertischen ist auf Wunsch ein Unterschrank zu erhalten, der die gesamte Multimediaausstattung (Computer, DVD-Player, Audioverstärker, ...) aufnimmt. Auch alle Verbindungsanschlüsse zum Beamer, zu den Lautsprecherboxen und zum interaktiven Board befinden sich dort.

Selbst der Flachbildschirm kann liegend unter einer Glasscheibe in der Tischfläche eingebaut werden. Dadurch bleibt die gesamte Tischfläche frei zum Experimentieren und nichts steht der Sicht der Schüler im Wege. Der Bildschirm ist allerdings nur dann gut einsehbar, wenn man direkt vor der Scheibe steht. Flexiblere Sichtverhältnisse für den Lehrer bringt hier sicher der klassisch auf dem Tisch stehende Bildschirm.

Alternativ können diese Geräte aber auch in einem Rollencontainer oder einem Wandregal untergebracht werden.

In manchen Tafelsystemen ist bereits ein Rechner integriert.



Sonstige Einrichtungsgegenstände

☞ Tafelsysteme

Viele Kollegen werden trotz moderner Alternativen auch weiterhin nicht auf die Kreidetafel verzichten wollen. Dies ist grundsätzlich auch nicht nötig, da es vom Platzbedarf in der Regel kein Problem ist eine normale Tafel und ein interaktives Tafelsystem im Raum unterzubringen. Probleme gibt es hier meist allenfalls mit der Finanzierung.

Häufig ist es trotz des Arbeitens mit dem interaktiven Whiteboard wünschenswert, einige Stichworte oder eine kleine Skizze an die Tafel zu zeichnen. Deshalb sollte trotz moderner Technik nicht auf eine beschreibbare Kreide- oder Weißwandtafel verzichtet werden. Interaktive Whiteboards werden in Varianten mit magnethaftender Oberfläche angeboten, die zusätzlich ein Beschriften mit herkömmlichen Weißwandstiften erlaubt. So kann interaktive Technik mit den Vorteilen der traditionellen Tafel verbunden werden.



Manchmal ist es aber auch sinnvoll, das interaktive Tafelsystem für Animationen zu benutzen und parallel dazu ein normales Tafelbild zu entwickeln. Daher sollte eine unabhängige zweite Tafel in Erwägung gezogen werden.

Kreidetafeln sind aufgrund ihrer magnethaftenden Oberfläche sehr gut für die Arbeit mit Magnetapplikationen geeignet und werden auch aus diesem Grund häufig mit dem interaktiven Tafelsystem kombiniert. Deren Projektionssysteme sind allerdings nicht in jedem Fall auf den Einsatz von Tafelkreide und dem damit verbundenen Kreidestaub ausgelegt. Diese Problematik sollte daher vor der Beschaffung abgeklärt werden.

Sollte keine Kreidetafel zusätzlich zu einem interaktiven Tafelsystem eingeplant werden können, kann als Alternative eine zusätzliche Weißwandtafel vorgesehen werden, auf der man mit Weißwandstiften arbeiten und auch Magnetapplikationen einsetzen kann.

Wichtig ist auch, dass Klapptafeln in den meisten Chemie-Fachräumen nicht angebracht werden können, da beim Öffnen eines Flügels beispielsweise Chemikalien vom Tisch gestoßen werden könnten und somit ein Sicherheitsrisiko bestehen würde. Deshalb ist der Einbau einer Pylonendoppel- oder Pyloneneinzeltafel grundsätzlich zu bevorzugen.

Für die Integration von Kreide- bzw. Weißwandtafel und interaktivem Whiteboard gibt es dann zwei Alternativen:

1. Kreide- bzw. Weißwandtafel und interaktives Tafelsystem werden nebeneinander installiert. Aus Platzgründen ist es dann meistens sinnvoll, eine etwas schmalere Tafel mit nur 2 m Länge zu verwenden. Alternativ dazu kann eine große Weißwandtafel installiert werden. Auf einem Teil dieser Tafel kann zusätzlich mit einem interaktiven Beamer gearbeitet werden.



2. Es gibt auch Systeme, bei denen Kreide- bzw. Weißwandtafel und interaktives Tafelsystem in einer Pylonentafel kombiniert sind. Beim Betrieb des interaktiven Tafelsystems befindet sich die Kreide- bzw. Weißwandtafel hinter dem interaktiven System. Bei Bedarf kann diese nach vorne geschwenkt werden (siehe Bild). Man hat hier aber grundsätzlich nur eine Tafelfläche zur Verfügung, was für ein größeres Tafelbild häufig nicht ausreichend ist. Außerdem schiebt man die Tafel immer in die Beamer-Projektion, wenn man mit beiden gleichzeitig arbeiten will.





Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Ist es aus Kostengründen nicht möglich ein interaktives Tafelsystem zu integrieren, so sollte neben der Kreidetafel zumindest eine Projektionsfläche für den Beamer vorgesehen werden. Auch hier gibt es wieder zwei Möglichkeiten:

1. Man installiert eine etwas schmalere Tafel mit etwa 2 m Länge und die Projektionsfläche nebeneinander.
2. Will man Tafel und Projektionsfläche mittig im Raum haben und entscheidet sich daher für eine Projektionsfläche hinter der Tafel, so sollte eine etwas breitere Tafel mit 2,5 - 3 m gewählt werden. Häufig ist es nötig, auch im Projektions-Betrieb einige Stichworte oder eine kleine Skizze aufzuzeichnen. Bei heruntergefahrener Projektionsfläche ist dies aber nicht möglich. Hier bietet es sich an, neben der Tafel eine kleine, preiswerte Weißwandtafel in der Größe 1,5 × 1,0 m zu installieren, auf der die Stichworte oder Skizzen untergebracht werden können.

Zu beachten ist darüber hinaus, dass ein normaler Beamer nicht direkt über dem Experimentiertisch installiert wird, da er sonst bei Experimenten mit größeren Stichflammen beschädigt werden könnte. In der entsprechenden Zoom-Einstellung lässt er sich durchaus etwas weiter von der Wand entfernt installieren. Nahdistanzbeamer sind vom genannten Problem nicht betroffen, da sie unmittelbar über der Projektionsfläche befestigt werden.

Bei den interaktiven Tafelsystemen lassen sich gegenwärtig drei verschiedene Varianten unterscheiden:

1. Weißwandtafel (Stahlemaille) mit interaktivem Nahdistanzbeamer

Dies ist derzeit die kostengünstigste Option. Die Weißwandtafel sollte dabei möglichst breit vorgesehen werden, so dass sie neben der Projektion auch als Schreibfläche verwendet werden kann. Zusätzlich ist ein leistungsstarker Rechner für die zugehörige Software und die störungsfreie Echtzeitübertragung erforderlich.

2. Interaktives Whiteboard mit Nahdistanzbeamer

Bei diesem etablierten System ist auf eine sachgerechte Installation und die regelmäßig notwendige Kalibrierung zu achten. Ein zusätzlicher Rechner ist zum Betrieb erforderlich. Das interaktive Whiteboard wird allerdings zunehmend durch leistungsstarke LED-Bildschirme ersetzt.

3. Interaktiver LED-Bildschirm

Interaktive LED-Bildschirme sind je nach Ausführung (insbes. bei größeren Bildschirmdiagonalen) noch vergleichsweise teuer. Allerdings sinken die Preise zunehmend. Zu den wesentlichen Vorteilen dieser Systeme zählen die hohe Auflösung sowie die große Helligkeit und die umfassende (auch kabellose) Konnektivität mit unterschiedlichsten Geräten. Im Gegensatz zu Systemen mit Beamern ist hier z. B. kein Lampentausch erforderlich. Ebenso wenig ist eine Kalibrierung notwendig. Manche Systeme enthalten integrierte Rechner und leistungsstarke Lautsprecher.

Dokumentenkamera - Overheadprojektor

Eine moderne Dokumentenkamera ist deutlich vielseitiger in der Anwendung als ein Overheadprojektor. Anstelle von Folien werden normale Papierausdrucke projiziert. Nachdem die Anschaffung eines Beamer bzw. LED-Bildschirms im Chemiefachraum fast schon selbstverständlich ist, sollte man der Dokumentenkamera den Vorzug geben.

Einfache Dokumentenkameras sind heute nicht teurer als Overheadprojektoren. Die in etwa doppelt so teuren HD-Dokumentenkameras sind in der Bildqualität aber deutlich überlegen, auch wenn man keinen HD-Beamer benutzt. Da sie auch deutlich bessere Ergebnisse beim Vergrößern kleinerer Objekte bieten, sollte man die Mehrausgabe in Betracht ziehen. Die Fähigkeit der HD-Geräte, kleinste Details stark vergrößert wiederzugeben ist so gut, dass sich die Anschaffung einer FlexCam oder einer Mikroskop-Kamera meist erübrigt. Einige Jahre alte FlexCams haben heute fast ausgedient. Ihre PAL-Auflösung liegt weiter hinter der aktuell möglichen Bildqualität.

Zum starken Vergrößern (bis 200fach) kleinster Details eignen sich kostengünstige USB-Mikroskop-Kameras hervorragend. Diese Kameras werden mit einem kleinen Tischstativ geliefert und ganz nahe an das zu vergrößernde Objekt herangebracht. Als Standardauflösung bietet sich Full-HD an. Neben der Auflösung unterscheiden sie sich auch in der integrierten Beleuchtung. Es gibt Geräte mit 2 bis 8 Leuchtdioden. Man sollte vor allem darauf achten, dass die Beleuchtung regelbar ist, denn häufig treten bei zu heller Beleuchtung deutliche Spiegelungen im Objekt auf. Gute HD-Dokumentenkameras als Ersatz für Overheadprojektoren ersetzen aber in den meisten Fällen auch die USB-Mikroskop-Kameras.

Zusätzlich zur Mikroskop- oder Dokumentenkamera hat auch eine normale Kamera im Chemieunterricht noch durchaus ihre Berechtigung. Vor allem beim Übertragen von Experimenten ist es manchmal besser, wenn die Kamera aus sicherer Entfernung das Geschehen aufzeichnet. Hier sind Kameras mit großem Zoombereich (mindestens 30fach oder mehr) von Vorteil, da selbst aus 3 bis 4 Metern Entfernung noch kleinste Details formatfüllend abgebildet werden können. Durch den eingebauten Autofocus ist das Scharfstellen unproblematisch. Wegen der geringen Mehrkosten bei deutlich gesteigerter Bildqualität sollte man auf eine HD-Auflösung nicht verzichten.

Projektionsversuche in der Petrischale waren bisher eine beliebte Anwendung des Overheadprojektors. Stellt man die Schalen auf weißes Papier, erscheinen die Farben mit der Dokumentenkamera kontrastreicher als mit dem Overheadprojektor. Stellt man die Schalen aber auf eine von unten beleuchtete Mattscheibe (einfacher Leuchttisch), so ist die Projektion der Versuche um ein vielfaches besser als mit einem Overheadprojektor.



Verdunkelung

Für einige Experimente ist es unabdingbar, für andere zumindest optisch von Vorteil, wenn der Raum vollständig abgedunkelt werden kann. Sonnenjalousien reichen hier im Normalfall nicht. Sie sind nur dazu ausgelegt, dass eine Beamer-Projektion trotz Sonnenschein unbeeinträchtigt funktioniert.

Auch wenn eine vollständige Verdunkelung ein großer finanzieller Posten ist, sollte nicht auf sie verzichtet werden. Sollte die Verdunklung finanziell nicht möglich sein, sind absolut lichtundurchlässige Vorhänge eine preiswerte Notlösung.

Sicherheit

Sicherheitseinrichtungen

Jeder Fachraum muss über folgende Sicherheitseinrichtungen verfügen:

- 1. Not-Aus-Schalter:**
sowohl am Lehrerarbeitsstisch als auch an allen Ausgängen
- 2. Fehlerstrom-Schutzschalter:**
für alle Steckdosen im Experimentierbereich (< 30 mA)
- 3. Feuerlöscheinrichtungen:**
Handfeuerlöscher (z. B. Kohlenstoffdioxid), Löschdecke, Eimer mit Löschsand
- 4. Verbandskasten:**
nach DIN 13157C
- 5. Notruftelefon:**
In allen Chemie-Fachräumen muss ein Notruftelefon für alle frei zugänglich sein, um direkt einen Notruf absetzen zu können. Eine Telefonleitung zum Sekretariat ist nicht ausreichend. Auch ein Handy sollte als Notrufeinrichtung nur im Ausnahmefall Verwendung finden.
- 6. Notfallchemikalien:**
Ein Behälter mit Chemikalienbinder für ausgelaufene Gefahrstoffe muss vorhanden sein. Bei manchen Versuchen ist es ratsam, Chemikalien bereitzuhalten, um Gefahrstoffe notfalls abreagieren lassen zu können (z. B.: Natriumthiosulfatlösung für Brom, Natriumsulfat für Kaliumpermanganat, Spiritus für Natrium).
- 7. Augendusche:**
In allen Chemie Fachräumen muss eine Augendusche vorhanden sein. Die früher vielfach verwendeten Augenwaschflaschen sind von der Flüssigkeitsmenge nicht ausreichend und wegen der Gefahr der Keimbildung nicht mehr zulässig.
- 8. Handwaschbecken mit Seifenspender und Einmalhandtüchern:**
Neben den Laborspülbecken muss ein eigenes Handwaschbecken vorhanden sein, das nicht für andere Zwecke verwendet wird. Hier müssen auch ein Seifenspender und ein Spender für Einmalhandtücher installiert sein.

Stehendes Wasser (nach den Ferien oder in selten benutzten Wasserleitungen) birgt die Gefahr der Verkeimung. Darum sollten derartige Leitungen regelmäßig gespült werden¹³. Manuelles Spülen der Wasserleitungen kann ggf. durch ein zusätzlich installiertes automatisches Spülsystem vermieden werden.

¹³ vgl. VDI/DVGW 6023

9. Informationstafeln:

Im Chemie-Fachraum müssen folgende Informationstafeln vorhanden sein (erhältlich z. B. über die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin¹⁴ bzw. die DGUV¹⁵):

- **Gefahrenpiktogramme (GHS)**
- **H-/P-Sätze**
- **Erste-Hilfe-Maßnahmen**

10. Rauch-/Brandmelder:

Ein normaler Rauchmelder im Chemiesaal, vor allem wenn er sich direkt über dem Experimentiertisch befindet, wird bei manchen Experimenten schnell zum Problem werden, vor allem wenn er über eine Brandmeldeanlage direkt zur Feuerwehr durchgeschaltet ist. Eine Lösung des Problems wäre es, wenn der Rauchmelder manuell abschaltbar wäre und sich nach einer bestimmten Zeit, z. B. nach 20 Minuten, automatisch wieder zuschalten würde.

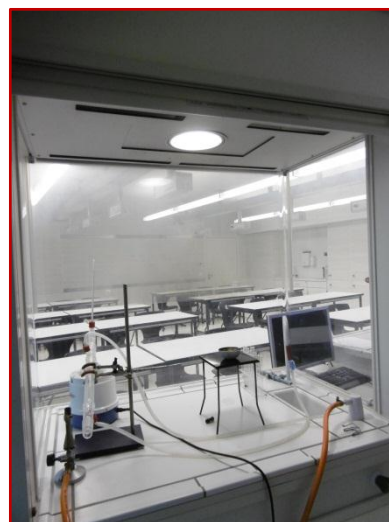
Eine andere Alternative ist es, anstelle eines Rauchmelders einen Thermomelder zu installieren. Diese Geräte reagieren nicht sofort und die Wärmeentwicklung einer kurzen Stichflamme löst keinen Alarm aus.

Abzug

In jedem Chemie-Fachraum, also sowohl im Chemiesaal als auch der Vorbereitung, sollte ein Abzug vorhanden sein. Nur so ist es möglich, dass im Abzug etwas vorbereitet wird, während ein Abzug auch im Unterricht gebraucht wird. Häufig werden auch Reste bis zur endgültigen Entsorgung im Abzug zwischengelagert, damit sie abreagieren können. Dies kann nicht gemacht werden, wenn derselbe Abzug auch im Unterricht eingesetzt wird.

Grundsätzlich ist es bei den geforderten Abzügen egal, ob es sich um Wand- oder mobile Abzüge handelt. Optimal wäre es im Chemiesaal den flexiblen, mobilen Abzug und in der Vorbereitung einen Wandabzug zu haben.

Ein Durchreicheabzug, der sowohl vom Chemiesaal als auch der Vorbereitung erreichbar ist, wird als ausreichend akzeptiert, ist aber nicht optimal. Zum einen gibt es bei Durchreicheabzügen immer wieder lufttechnische Probleme, wenn einer der beiden Frontschieber nicht vollständig geschlossen ist, zum anderen ist es eine dauerhaft nicht verschließbare Verbindung zwischen Chemiesaal und Vorbereitung.



¹⁴ https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/Poster/GHS-01.pdf?__blob=publicationFile&v=12;

https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/Poster/GHS-02.pdf?__blob=publicationFile&v=9;

auch die Poster GHS-03 (Einstufung von Gemischen) und GHS-04 (Physikalische Gefahren und Umweltgefahren) sind dort erhältlich

¹⁵ <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/204-001.pdf>



Ein mobiler Abzug ist im Schülerbereich wesentlich besser geeignet, da er bei Bedarf so in den Mittelpunkt gefahren werden kann, dass alle Schüler optimale Sicht haben. In der Deckenversorgung sind meist mehrere Anschlusspunkte vorgesehen, so dass der Abzug auch mitten im Raum oder hinten verwendet werden kann.

Neue Abzüge besitzen eine Überwachungseinheit mit optischem und akustischen Warnsignal und elektronischer Lüftungsregelung. Sie entsprechen der DIN EN 14 175.

Ein perfekter Abzug sollte heutzutage folgende Eigenschaften aufweisen:

- **Frontscheibe aus Sicherheits-Verbundglas:**

Verbundglas ist nötig, um ein Zersplittern der Scheibe bei einer Explosion zu verhindern. Eine Plexiglasscheibe hat vor allem den Nachteil, dass sie beim Putzen sehr schnell zerkratzt. Gerade bei einem Abzug wird man aber ohne regelmäßiges Scheibenputzen nicht auskommen.

- **Gasabsaugung auch an der Unterseite:**

Diese ist für schwere Gase wie zum Beispiel Brom-Dämpfe nötig, die nach oben nur schwer abzusaugen sind und leicht über den Lufteinlassspalt unter dem Frontschieber austreten. Gerade für solche schweren Gase wird der Abzug in der Schule häufig verwendet.

- **Optimierte Luftströmung am Frontschieber:**

Sie verhindert, dass Gase über den schmalen Spalt unter der Frontscheibe austreten. Bei Standardabzügen wird dies durch erhöhte Absaugleistung erreicht. Dadurch erhält man einen höheren Energieverbrauch und vor allem eine erhöhte Geräuschentwicklung, die im Unterricht störend sein kann. Einige Hersteller bieten Techniken an, welche die Strömung an der Arbeitsplattenvorderkante stabilisieren. So kommen die Abzüge mit niedrigerem Geräuschpegel und einer geringeren Luftleistung aus, so dass wesentlich weniger (beheizte) Luft abgesaugt werden muss.





Türen

Der Zugang zu Chemie-Fachräumen muss gegen unbefugtes Betreten gesichert sein. Die einfachste Möglichkeit ist ein Schloss zum Abschließen. Da das Abschließen vergessen werden könnte, ist es besser, wenn die Tür außen mit einem Knauf versehen ist. Auch eine über Chipkarte zu öffnende Tür ist möglich. Von innen muss die Tür durch Türdrücker oder Panikbeschläge immer zu öffnen sein.

Bei Räumen mit erhöhter Brandgefahr muss die Öffnungsrichtung der Türen nach außen sein. Eine nach außen öffnende Tür darf allerdings nicht die Breite von Verkehrs- bzw. Rettungswegen beeinträchtigen. In einem solchen Fall wäre die Tür nach innen zurückzusetzen.

Fluchtwege

Es müssen zwei Fluchtwege vorhanden sein, welche günstig und möglichst weit auseinander gelegen sind. Der zweite Fluchtweg über die Chemie-Vorbereitung ist erlaubt, wenn die Vorbereitung ohne Schlüssel zu verlassen ist (unversperrte Türe mit Knauf außen). Da es in der Chemie-Vorbereitung häufig recht eng zugeht, wäre es besser, wenn der Chemiesaal im hinteren Bereich eine zweite Tür zum Flur hätte.

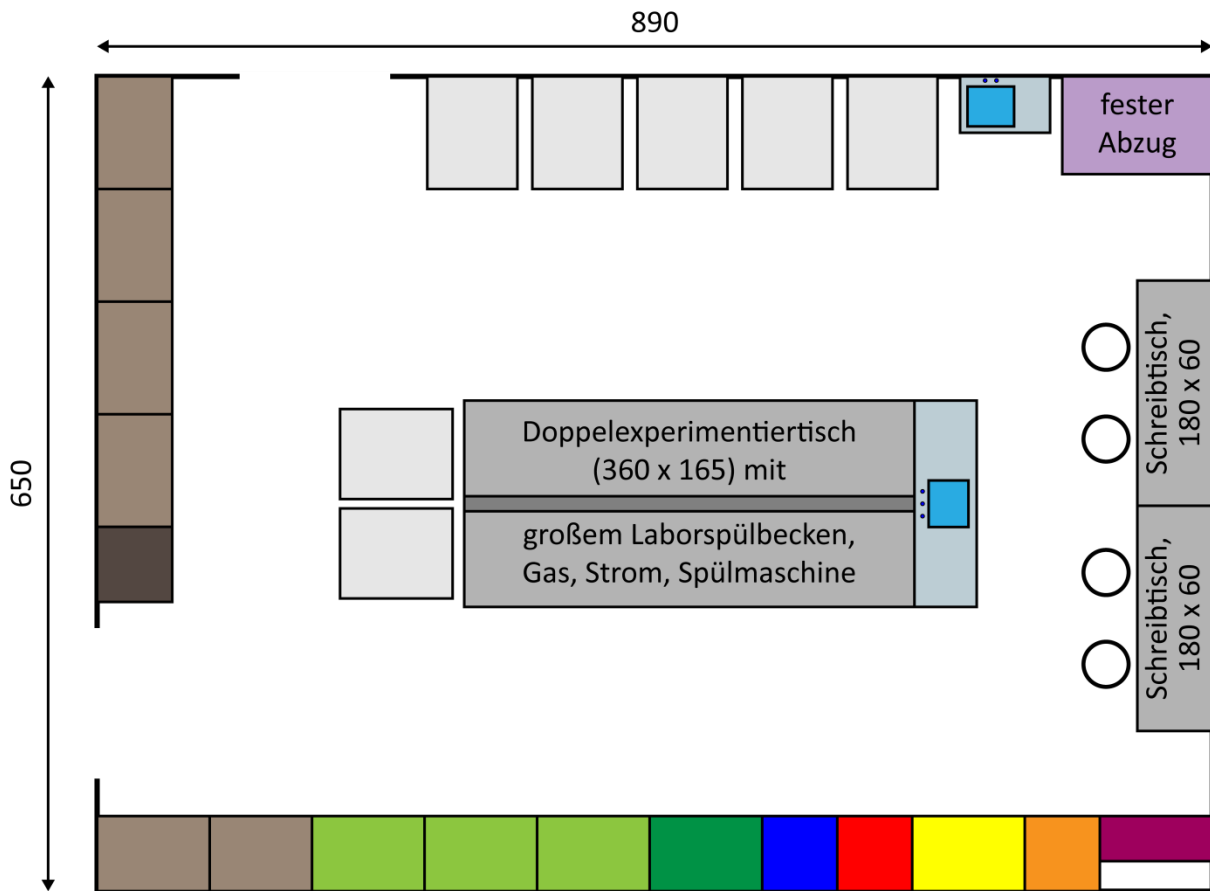
Auch ein Fluchtfenster ist grundsätzlich möglich, allerdings nur im Erdgeschoss bzw. zu einem Fluchtbalkon. Es muss gekennzeichnet, unverschlossen und ohne Drehkipp-Beschläge ausgeführt sein. Die Mindestgröße beträgt $0,90 \times 1,20$ m. Bei vorhandener Verdunkelung ist die Ausweisung eines Fluchtfensters nicht erlaubt.

Fußboden











Der Fußboden im Chemie-Fachraum muss weitgehend chemikalienunempfindlich, flüssigkeitsundurchlässig, fugendicht, rutschhemmend und leicht zu reinigen sein. Stolperfallen gilt es wegen der Unfallgefahr zu vermeiden.

3.2 Vorbereitungsraum

Vorüberlegungen



Chemie-Vorbereitung (9,90 m x 6,50 m = 57,85 m²)

-  6 Geräteschränke
-  Geräteschrank mit eingebautem Kühlschrank
-  3 Chemikalienschränke (entlüftet)
-  1 Chemikalienschrank mit Giftschrank (entlüftet)
-  Laugenschrank (entlüftet)
-  Säureschrank (entlüftet)
-  FWF90-Schrank für brennbare Flüssigkeiten (entlüftet)
-  Gasflaschenschrank (entlüftet)
-  Bücherregal (Entlüftung der Schrankwand dahinter)
-  Experimentierwagen



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Die Chemievorbereitung sollte unbedingt direkt an den Chemiesaal angrenzen, damit die Unterrichtsmaterialien direkt von der Vorbereitung in den Saal gefahren werden können. Aus sicherheitstechnischer Sicht ist es sehr problematisch, wenn die Versuchsaufbauten und Chemikalien mit einem Rolltisch über den Flur gefahren werden müssen, während Schüler hin und her laufen oder vor der Tür bereits warten.

Liegen beide Räume nebeneinander, so haben sie häufig auch gleiche Breite. Im oben skizzierten Beispiel wird daher wieder von einer Breite von 8,90 m ausgegangen. In der bayerischen Schulbauverordnung werden Vorbereitungsräume zwar erwähnt, eine Größenvorgabe wird aber nicht gemacht. Häufig werden Vorbereitungsräume viel zu klein geplant. Deshalb sollten Schule, Sachaufwandsträger und Architekt schon in einem sehr frühen Planungsstadium zusammenarbeiten und detaillierte Planungsskizzen entwerfen. So wird frühzeitig ersichtlich, dass eine gewisse Mindestgröße unabdingbar ist.

Im Beispiel ist ein Raum mit 57,85 m² gezeigt (8,90 x 6,50 m).

Chemikalienlagerraum

Ein Chemikalienlagerraum anstelle von Chemikalienschränken ist nicht sinnvoll, da nicht alle Chemikalien durch- und nebeneinander gelagert werden sollten.

Ein Säureraum, wie er in alten Planungen immer wieder auftaucht, ist im Zeitalter gut abgesaugter Spezialschränke nicht mehr sinnvoll. Gleiches gilt für einen eigenen Lagerraum für brennbare Flüssigkeiten. Nachdem die Spezialschränke in den letzten Jahren wesentlich billiger geworden sind, bringen die Lagerräume auch keine finanziellen Vorteile.

Ein großer Nachteil ist der hohe Platzbedarf solcher Lagerräume. In der Planung steht dieser Raum ja meist nicht zusätzlich zur Verfügung, sondern wird von der Fläche des Vorbereitungsraums abgezogen. Die Vorbereitung würde somit deutlich kleiner werden, weil der Flächenbedarf der Lagerräume wesentlich größer ist als der von Spezialschränken. Unter Umständen lässt sich der Vorbereitungsraum in einem solchen Fall nicht mehr angemessen einrichten.

Mobiliar

Schränke

Für einen zeitgemäßen Chemieunterricht wird sehr viel Stauraum benötigt. Deshalb sollten so viele Schränke wie möglich in der Sammlung untergebracht werden. Um den Platz optimal auszunutzen sollte man grundsätzlich deckenhohe Schränke verwenden. Auch wenn der obere Teil nur mit einer Leiter erreichbar ist, kann man ihn gut nutzen. Es gibt immer Vorräte und Geräte, die man nicht jeden Tag braucht und die man dort unterbringen kann.



Um die Schrankwand an die Raumlänge anzupassen, hat man die Wahl zwischen unterschiedlich breiten Schränken von 30 bis 120 cm. In unserem Beispiel auf Seite 41 wurden nur Schränke der Breiten 60 und 90 cm verbaut. Empfehlenswert ist es, bereits bei der Planung auf eine möglichst optimale Nutzung des meist beschränkten Raumes zu achten. Maßanfertigungen füllen Lücken, spezielle Einsätze für Schränke und Schubläden helfen bei der bestmöglichen Nutzung des Stauraums (vgl. Abbildungen).



Auf Maß angefertigtes Bücherregal; ausziehbare Einlegeböden; Garagenschrank

Folgende Schränke sind für den Vorbereitungsraum nötig:

1. Geräteschränke (90 und 60 cm breit):

In diesen Schränken können Glasgeräte, Messgeräte, Elektrogeräte, Vorräte, Bücher und sonstige Materialien untergebracht werden.

Schränke mit Glastüren (Voll- oder Halbverglasung) ermöglichen einen besseren Überblick, was sich in den Schränken befindet (Unordnung in den Schränken lässt sich damit aber nicht verstecken).

Da dort keine Chemikalien gelagert werden, brauchen diese Schränke nicht entlüftet werden. Befinden sich, wie in unserem Beispiel, in der Reihe der entlüfteten Schränke auch noch zwei Geräteschränke, so können diese mit wenig Aufwand mit entlüftet werden. Dadurch ist man flexibler, falls einer dieser Schränke doch noch für Chemikalien gebraucht wird.

2. Chemikalienschränke (90 cm breit):

Wenn neben den Spezialschränken noch 4 bis 5 weitere Chemikalienschränke einplant werden, sollten alle benötigten Chemikalien problemlos unterzubringen sein.

Auch bei diesen Schränken ist es günstig, Glastüren zu verwenden. So hat man schon von außen einen besseren Überblick, wenn man eine Chemikalie sucht.

Es ist sinnvoll, in den Schränken teilweise Stufenböden einzubauen (siehe Abbildung). So behält man die Übersicht, weil auch die weiter hinten stehenden Chemikalien besser gesehen werden können. Noch praktischer, allerdings auch teurer, ist es, wenn die Regalböden aus dem Schrank herausziehbar sind.

Eine weitere hervorragende, aber leider teure Lösung sind die komplett herausfahrbaren, schmalen Apothekerschränke (siehe Abbildung).



Die Chemikalienschränke sollten alle entlüftet sein. Es ist wenig sinnvoll zwischen Chemikalien, die entlüftet und nicht entlüftet werden müssen, zu unterscheiden. Wenn alle Schränke in einer Reihe stehen, kommt es bei der Entlüftung auf einen Schrank mehr oder weniger nicht an.

In einem der Chemikalienschränke sollte ein mit einem Sicherheitsschloss extra abschließbares Giftschrank-Abteil eingebaut sein. Hier werden alle besonders giftigen Chemikalien der Kategorie 1 und 2 nach GHS, sowie Chemikalien mit besonderen Gefahren, wie z. B. Alkalimetalle oder Chlorate, aufbewahrt. Da die GHS Kategorien 1 und 2 einen breiteren Bereich abdecken als die alte Einstufung „sehr giftig“, müssen in Zukunft mehr Chemikalien im Giftschrank gelagert werden. Sind dort auch Chemikalien wie zum Beispiel Brom gelagert, muss auch der Giftschrank mit ausreichender Leistung abgesaugt sein.

3. Säure- und Laugenschrank (je 60 cm breit):

In einem gemeinsamen, 60 cm breiten Schrank für Säuren und Laugen wird es ziemlich schnell eng, da neben den Originalgebinden auch die **Säure- und Laugenabfälle** dort gelagert werden müssen.

Außerdem bleiben die Flaschen länger sauber, wenn Salzsäure und Ammoniak nicht in einem Schrank zusammen gelagert werden. Es ist deshalb zweckmäßiger zwei getrennte Schränke für Säuren und Laugen anzuschaffen.

Die Säuren und Laugen werden hier in voneinander getrennten Auffangwannen gelagert, so dass auch bei Bruch eines Gefäßes keine Chemikalien auslaufen können.

Korrosion ist in diesen Schränken ein wichtiges Thema. Deshalb sollten keine unbeschichteten Scharniere verwendet werden.

Säure- und Laugenschränke müssen dauerabgesaugt werden.



Säure-/Laugenschrank



FWF90-Schrank

4. FWF90-Schrank für brennbare Flüssigkeiten:

Die Kennzeichnung FWF90 bedeutet, dass der Schrank eine Feuerwiderstandsfähigkeit von 90 Minuten besitzt. Dieser Schrank muss dauerabgesaugt sein mit einem mindestens zehnfachen Luftwechsel pro Stunde (DIN EN 14470, Teil 1).

Außerdem muss der Schrank von außen mit dem Warnschild W1 „feuergefährliche Stoffe“ und dem Verbotsschild P02 „Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten“ gekennzeichnet werden.

Im FWF90-Schrank müssen alle brennbaren Flüssigkeiten der GHS Kategorie 1 bis 3 gelagert werden. Das sind alle Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt bis 55 °C. Nachdem früher nur Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21° hier gelagert werden mussten, werden mit der Umstellung auf die neue RiSU (seit 01.08.2013) deutlich mehr Chemikalien in den FWF90-Schrank wandern. Zudem muss auch der organische Abfall hier lagern, da er ebenfalls immer leicht entzündliche Flüssigkeiten enthält.

Es dürfen laut RiSU maximal 100 Liter hoch- und leichtentzündliche (extrem und leicht entzündbare) und 300 Liter sonstige entzündliche/entzündbare Flüssigkeiten gelagert werden. Für die Bestimmung der Lagermengen ist das Nennvolumen der Behälter ohne Rücksicht auf den Grad ihrer Befüllung anzusehen.

Ein FWF90-Schrank hat die enorme Wandstärke von ca. 8 cm. Bei einem Schrank mit 60 cm Breite bleiben daher innen nur 44 cm übrig. In den meisten Fällen war diese Breite des Schanks bereits bisher zu knapp. Nachdem nach der neuen RiSU wesentlich mehr Chemikalien im FWF90-Schrank aufbewahrt werden müssen, ist es unbedingt zu empfehlen, Schränke in der Breite 120 cm zu verwenden.

5. Gasflaschenschrank:

Gasflaschenschränke wurden bisher in den Chemie-vorbereitungen kaum verbaut. Die Situation, die man dann aber in den meisten Vorbereitungen vorfindet, entspricht nicht den aktuellen Bestimmungen. Die Wasserstoffflasche muss mindestens 2 m Abstand zu jeglichen Zündquellen und zur Sauerstoffflasche haben. Zündquellen sind aber nicht nur offene Flammen wie der Bunsenbrenner, sondern auch jede Steckdose und jeder Lichtschalter.

Unter diesen Voraussetzungen wird man fast keine Stelle in der Vorbereitung finden, an der die Wasserstoffflasche gelagert werden darf. Reserveflaschen, zusätzlich zu der angeschlossenen Flasche, dürfen frei im Raum überhaupt nicht gelagert werden.



Aus diesem Grund ist es heute kaum mehr zu umgehen, auch einen Gasflaschenschrank anzuschaffen. In diesem Schrank dürfen beliebig viele Flaschen gelagert werden, auch Sauerstoff darf direkt neben Wasserstoff stehen.

Soll nur eine Flasche Wasserstoff und eine Flasche Sauerstoff untergebracht werden, reicht ein Schrank in der Breite 60 cm. Soll aber zusätzlich auch noch eine Kohlendioxidflasche oder zusätzliche Reserveflaschen eingestellt werden, ist zu einem Schrank in der Breite 90 oder 120 cm zu greifen.

Im Schrank sind auch Fachböden für Gase in Kartuschen oder Druckdosen sinnvoll.

Bei der Lagerung von Wasserstoff im Gasflaschenschrank muss dieser dauerentlüftet sein (DIN EN 14470, Teil 2).

☞ Experimentiertisch - über den Boden oder über die Decke versorgt



In der Vorbereitung sollte auch ein ausreichend großer, von allen Seiten gut zugänglicher Experimentiertisch eingeplant werden. Der Tisch kann sowohl über die Decke als auch den Boden versorgt werden (vgl. auch den Abschnitt **Versorgungssystem** in Kap. 3.1).

Besonders effektiv arbeiten lässt sich an einem Doppelsexperimentiertisch in der Mitte des Raumes. Eine Länge von 2,40-3,60 m bietet ausreichend Platz zum Arbeiten. Hierfür benötigt man aber einen ausreichend großen Raum.

Günstig ist es, wenn an der Stirnseite ein Laborspülbecken mit zwei seitlichen Abtropfflächen und einem Abtropfgestell vorgesehen wird. Warmwasser sollte hier unbedingt vorhanden sein.

Die Versorgung mit Strom-, Gas- und EDV-Anschlüssen erfolgt über einen in der Mitte des Doppeltisches stehenden Medienträger bei Bodenversorgung oder über einen hängenden Medienträger bei Deckenversorgung. Der Vorteil des hängenden Medienträgers ist es, dass man die volle Breite des Doppeltisches zum Experimentieren zur Verfügung hat. Die nicht für Anschlüsse benutzten Segmente des Medienträgers können leicht herausgenommen wer-

den, so dass später schnell und problemlos beliebige weitere Anschlüsse installiert werden können. Neben den normalen Versorgungsanschlüssen gibt es auch viele weitere Anbauteile wie zum Beispiel Monitorhalter, Konzepthalter, Handtuchspender, Seifenspender, Klemmbox für Abfalltüten, Einhängeschalen für Kleinteile und vieles mehr.

Oberhalb des Anschluss-Paneels befinden sich noch zusätzliche Ablageflächen auf denen z. B. Chemikalienflaschen abgestellt werden können.

Als Alternative zur Versorgung mit stehenden oder hängenden Medienträgern kann natürlich auch ein normales Deckenversorgungssystem verwendet werden, wie es im Chemieaal vorhanden ist. Da in der Vorbereitung Sichtbehinderung keine Rolle spielt, ist die Medienträger-Variante eindeutig praktischer.

Ist kein Platz für einen großen Doppelerperimentiertisch vorhanden, so kann auch ein wandständiger Einzeltisch mit Medienträger eingeplant werden. Auch hier kann natürlich das Laborspülbecken integriert werden.



In den Unterschränken des Experimentiertisches hat man noch viel Stauraum für weitere Materialien. Da große Geräte vermutlich in den Wandschränken untergebracht werden, sollten hier auch mehrere Schübe in unterschiedlichen Breiten eingeplant werden. Natürlich sind Unterschränke mit Schüben wesentlich teurer als mit Türen, aber zum übersichtlichen Unterbringen von kleinen Sachen sind sie unentbehrlich.

Kleinteile lassen sich gut in 60 oder 45 cm breiten Schüben unterbringen, für lange Stativstangen sollten aber auch 90 cm breite Schübe vorgesehen werden.

Für die Schübe gibt es auch eine Vielzahl interessanter Einsätze mit unterschiedlich großen Fächern. Falls zu Beginn der Planung noch nicht sicher ist, welche Fachgrößen gebraucht werden, lassen sich solche Einsätze später jederzeit nachkaufen, so dass ein optimales Ordnungssystem aufgebaut werden kann.

☞ Laborspülmaschine

Eine Laborspülmaschine ist zwar eine teure Anschaffung, in einem modernen Unterricht mit vielen Schülerexperimenten ist sie aber überaus hilfreich. Muss der Lehrer ohne Spülmaschine jede Woche stundenlang Gläser spülen, wird die Durchführung von Schülerexperimenten schnell zu einer lästigen oder unerfüllbaren Pflicht.

Immer wieder werden Spülmaschinen angeboten, die keine echten Laborspülmaschinen sind, sondern umgebaute Haushaltsmaschinen. Diese Maschinen sind auf lange Sicht den aggressiven Chemikalien nicht gewachsen. Der günstige Preis steht in direkter Beziehung zur kurzen Lebensdauer. Unter den vielen professionellen Laborspülmaschinen sind nur die einfachsten Modelle für den Schuletat noch bezahlbar. Selbst eine integrierte Trocknungseinheit, die durchaus sinnvoll wäre, sprengt meist den finanziellen Rahmen.

Als Mindestausstattung werden ein Ober- und Unterkorb sowie diverse Einsätze für Reagenzgläser, Bechergläser, Zylinder, Erlenmeyerkolben und Ähnliches benötigt. Komfortabel, aber ziemlich teuer sind Injektorkörbe, die es in verschiedensten Varianten gibt. Der Vorteil eines Injektorkorbes ist es, dass jedes Gefäß auf einer Halterung mit Spüldüse sitzt und somit perfekt gereinigt wird.

Die Laborspülmaschine wird in den Unterschrankbereich des Experimentiertisches, möglichst nahe am Laborspülbecken, eingebaut.



Oberkorb



Einsatz für Einsatz für Reagenzgläser (links) bzw. für Zylinder und Erlenmeyerkolben (rechts)



Injektorkorb



☞ Experimentierwägen

In der Chemievorbereitung sollte genügend Platz für Experimentierwägen zur Verfügung stehen. Es sollte für jede Lehrkraft mindestens ein Wagen vorhanden sein. Zusätzlich wäre es ggf. sinnvoll, wenn auch für den Wahlunterricht weitere Wägen vorhanden sind.

In dem im Abschnitt **Vorüberlegungen** zum Vorbereitungsraum skizzierten Beispiel sind sieben Experimentierwägen gut unterzubringen, fünf an der Wand zum Chemiesaal und weitere zwei in Verlängerung des Doppel-Experimentiertisches. In kleineren Sammlungen ist dies oft ein Problem. Hier ist zu überlegen, ob es nicht besser ist, den Experimentiertisch zu verkürzen statt auf Experimentierwägen zu verzichten. Grundsätzlich sollte für die Wägen ein Platz gefunden werden, der einfach zu erreichen ist und möglichst nahe an der Tür zum Chemiesaal liegt.

Die Experimentierwägen gibt es in unterschiedlichen Längen und Breiten. Bewährt haben sich Wägen in der Breite des Experimentiertisches, also beispielsweise 75 cm und 90 cm Länge. So kann im Chemiesaal der Experimentiertisch perfekt verlängert werden.

Auch die Experimentierwägen gibt es mit den verschiedenen Oberflächen (Melamin, Keraion, Fliesen).

☞ Wägetisch - Analysenwaage

Ein Wägetisch mit schwerer Steinplatte ist nur für hochempfindliche Analysenwaagen nötig. Die sehr hohen Kosten für diesen Tisch und die zugehörige Waage können bei Bedarf eingespart werden, da eine Waage dieser Genauigkeit im Unterricht der Realschule in der Regel nicht gebraucht wird (vgl. dazu auch Kap. 6.1 **Allgemeiner Laborbedarf**).

☞ Trockenschrank

Ein Trockenschrank wird zwar selten gebraucht, aber wenn doch ist er unersetzlich. Aus diesem Grund sollte nur darauf verzichtet werden, wenn Geld eingespart werden muss. Falls ein Schrank angeschafft wird, sind die einfachsten Modelle normalerweise ausreichend.

☞ Kühlschrank – explosionsgeschützt oder nicht?

Soll ein Kühlschrank angeschafft werden, muss zuerst geklärt werden, wofür er gebraucht wird. Benötigt man nur Eiswürfel für einige Versuche, reicht jeder normale Haushaltskühlschrank.

Einen explosionsgeschützten Kühlschrank benötigt man nur, wenn feuergefährliche Stoffe mit niedriger Siedetemperatur und hohem Dampfdruck im Kühlschrank aufbewahrt werden sollen. All diese Stoffe gehören aber im Grunde in den abgesaugten Schrank für brennbare Flüssigkeiten. Es stellt sich deshalb die Frage, ob die Anschaffung eines explosionsgeschützten Kühlschranks sinnvoll ist, oder ob man diese Stoffe nicht doch besser im Schrank für brennbare Flüssigkeiten lagert, wo die entstehenden Dämpfe über die Absaugung beseitigt werden.



☞ Ionenaustauscher

Auch hier muss man eine Kosten-Nutzen-Rechnung anstellen. Natürlich braucht man im Chemieunterricht destilliertes Wasser, in den meisten Fällen reicht aber das destillierte Wasser aus dem 5 l Kanister vom Supermarkt. Es bedeutet auch keinen großen Aufwand, den Kanister in Spritzflaschen umzufüllen. Sofern man nur 3-4 Kanister destilliertes Wasser im Jahr verbraucht, ist die Anschaffung eines Ionenaustauschers kaum sinnvoll. Nur wenn wesentlich mehr davon verbraucht wird, sollte die Anschaffung in Erwägung gezogen werden.

☞ Handwaschbecken mit Seifenspender und Einmalhandtücher

Ein eigenes Handwaschbecken mit Seifenspender und Einmalhandtüchern ist durchaus sinnvoll, da es nicht für Chemikalienentsorgung verwendet wird. Natürlich ist auch das Laborspülbecken ausreichend, wenn dort Seifenspender und Einmalhandtücher vorhanden sind.

☞ Schreibtische

Sofern ein bisschen Platz vorhanden ist, sollten Schreibtische auf jeden Fall eingeplant werden. Die Anzahl hängt natürlich von der Größe der Fachschaft ab. Ist die Vorbereitung groß genug, sollte für jeden Kollegen ein Arbeitsplatz zur Verfügung stehen. Wenigstens die Hälfte dieser Arbeitsplätze sollte mit PC und Drucker ausgestattet sein.

In dem im Abschnitt **Vorüberlegungen** zum Vorbereitungsraum skizzierten Beispiel wurden zwei Schreibtische mit 3,6 m Arbeitsfläche für vier Arbeitsplätze eingeplant. Unter der Arbeitsfläche können je zwei Rollcontainer untergebracht werden, um Unterrichtsmaterial (wie z. B. laminierte Arbeitsblätter) oder Sicherheitsdatenblätter und Gefährdungsbeurteilungen unterzubringen. Auch ein Bücherregal in der Nähe des Arbeitsplatzes ist sinnvoll, um die vorhandene Fachliteratur greifbar zu haben.

☞ PC und Drucker

Ein PC mit Farblaserdrucker ist in einer Chemievorbereitung sehr zu empfehlen. Zur Verwaltung der Sammlung müssen immer wieder Etiketten, Gefährdungsbeurteilungen oder Ähnliches ausgedruckt werden. Gerade für den Etikettendruck ist ein Farbdrucker unumgänglich. Ein Laserdrucker sollte es sein, da dessen Ausdrücke weniger schnell verblassen als die von Tintenstrahldruckern. Gerade bei Flaschenetiketten in Chemikalienschrank ist dies unbedingt nötig.

Auf diesem PC sollten alle benötigten Sicherheitsdokumente (Gefahrstoffliste, Sicherheitsdatenblätter, Gefährdungsbeurteilungen, Betriebsanweisungen, usw.) digital vorrätig sein.

Zusätzlich zu diesem „Verwaltungsrechner“ sollten nach Möglichkeit noch ein bis zwei weitere Rechner für Arbeiten an der Unterrichtsvorbereitung vorhanden sein, da es meist sehr sinnvoll ist, seine digitale Vorbereitung in direktem Zusammenhang mit der experimentellen Vorbereitung durchzuführen.



Sicherheit

Selbstverständlich müssen auch in der Chemievorbereitung alle Sicherheitseinrichtungen wie Augendusche, Brandbekämpfungsmittel, Notruftelefon, usw. vorhanden sein. Nähere Informationen hierzu sind im Abschnitt **Sicherheit** von Kap. 3.1 zu finden.

Abzug

Wie in Kap. 3.1 **Lehr- und Übungsraum** bereits erwähnt, sollte in der Vorbereitung ein eigener Abzug vorhanden sein. Die zu beachtenden Qualitätskriterien entsprechen denen des Abzugs im Chemiesaal. In der Vorbereitung ist im Allgemeinen aber kein mobiler Abzug nötig, es reicht ein normaler, preiswerterer Wandabzug.

Von einem Durchreicheabzug, der auch vom Chemiesaal her zugänglich ist, wird abgeraten. Häufig wird dieser Abzug auch zum Lagern irgendwelcher Chemikalienreste verwendet, die erst später vollständig entsorgt werden können. Wäre der Abzug nun auch vom Chemiesaal aus zu öffnen, bestünde immer die Möglichkeit, dass Schüler Kontakt mit diesen Resten erhalten.

4 Literaturempfehlungen

Bei der Auswahl geeigneter Quellen aus der Literatur sollte stets bedacht werden, wie gut diese in einen kompetenzorientierten Unterricht einzubinden sind und den aktuellen didaktischen Entwicklungen entsprechen. Materialien, die nicht mehr auf dem neuesten Stand sind, können zur Ausbildung von Fehlvorstellungen bei Schülern beitragen.

Schulbücher

In jedem Fall sollte die Fachschaft ein Exemplar der Schulbücher und gegebenenfalls die dazugehörigen Arbeitshefte aller Verlage in der Vorbereitung stehen haben.

Stellt sich die Frage, welches Schulbuch ausgewählt werden soll, lohnt es sich die Verlage anzuschreiben um Musterexemplare zu erhalten. Die Fachschaft entscheidet sich dann zusammen für eine der Bücherreihen, nachdem die Musterexemplare gesichtet worden sind.

Folgende für LehrplanPLUS zugelassene Schulbücher¹⁶ kann man für den Fachbereich Chemie anschaffen:

- ☞ **C. C. Buchner:** **Chemie**
- ☞ **Cornelsen (Oldenbourg):** **H₂O & Co**
- ☞ **Rothbaum:** **Fit in Chemie**

Alle zugelassenen Schulbücher bieten zusätzlich auch digitale Materialien in unterschiedlicher Form an.

Experimentier-Literatur

Es gibt viele verschiedene Bücher, in denen Experimentieranleitungen zu finden sind. Beim selbstständigen Durchführen von Experimenten und auch Schülerexperimenten können folgende Literaturvorschläge besonders hilfreich sein.

- ☞ **Akademiebericht¹⁷ Nr. 426 (2007):**
Chemische Experimente im kleinen Maßstab
- ☞ **Akademiebericht Nr. 510 (2018):**
Materialien zur Ausbildung von Referendaren im Fach Chemie an bayerischen Realschulen (Loseblattsammlung)¹⁸
- ☞ **Akademiebericht Nr. 475 (3. Auflage 2013):**
Chemie? – Aber sicher! Experimente kennen und können
- ☞ **Häusler, Rampf, Reichelt: Experimente für den Chemieunterricht,**
Oldenbourg Schulbuchverlag (2., korr. u. verb. Auflage Nachdr. 2002)

¹⁶ Weitere Informationen zu zugelassenen Lernmitteln vgl. <http://www.km.bayern.de/lehrer/unterricht-und-schulleben/lernmittel.html>

¹⁷ Unter „Akademiebericht“ werden in dieser Handreichung stets die Publikationen der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung Dillingen (ALP) verstanden. Die Akademieberichte sind erhältlich unter <https://alp.dillingen.de/akademie/akademieberichte/>.

¹⁸ Dieser Akademiebericht enthält u. a. auch die Berichte 456 (Anschauliche Experimente für den modernen Chemieunterricht), 457 (Methodenkompetenz im Chemieunterricht) sowie diese Handreichung in gedruckter Form.



- ☞ **Brandl: Trickkiste Chemie, Aulis Verlag Deubner + Co (3. Auflage 2010)**
- ☞ **Hans Keune u.a.: Chemische Schulexperimente (3 Bände) , Volk und Wissen (1998)**

Zeitschriften

Fachdidaktische und fachwissenschaftliche Zeitschriften sind sehr informativ und grundsätzlich eine empfehlenswerte Lektüre. Ein Abonnement kann allerdings sehr kostenintensiv sein und wird in der Regel den jährlichen Etat der Chemiefachschaft belasten. Daher sollte vorab innerhalb der Fachschaft geprüft werden, inwiefern die Zeitschriften tatsächlich wertvolle Impulse zur Unterrichtsgestaltung bieten. Beispiele für derartige Zeitschriften sind:

- ☞ **Unterricht Chemie, Friedrich Verlag**
- ☞ **Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule, Aulis Verlag**
- ☞ **Bild der Wissenschaft, Konradin Mediengruppe**
- ☞ **Spektrum der Wissenschaft, Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft**
- ☞ **Naturwissenschaftliche Rundschau, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft**

Häufig finden Chemielehrkräfte nicht die Zeit, alle einschlägigen Publikationen zu lesen. Außerdem wird keine Schule alle gängigen Zeitschriften abonnieren. Für eine gezielte Recherche nach Publikationen stehen entsprechende Datenbanken zu Verfügung. Bei einer Suche nach bestimmten Kriterien erhält man beispielsweise eine kommentierte Trefferliste. Diese wiederum bildet die Grundlage für weitere Literaturliteraturarbeit, etwa in öffentlichen Bibliotheken. Ein Beispiel für eine solche Datenbank ist:

- ☞ **FIS Bildung¹⁹:**

Das „Fachportal Pädagogik“ bietet eine Literaturliteraturdatenbank mit Online-Recherche zu allen Teilbereichen des Bildungswesens, unter anderem auch zu fachdidaktischen Themen.

An dieser Stelle ist noch zu erwähnen, dass es Verbände im Bereich der Chemie gibt, die gute Verbandszeitschriften mit interessanten Inhalten mehrmals jährlich herausgeben. Nachfolgend werden zwei derartige Verbände beschrieben.

- ☞ **Verband der Chemielehrer Österreichs (VCÖ):**

Der Verband der Chemielehrer Österreichs (VCÖ) gibt eine sehr lehrreiche Zeitschrift mit vielen Informationen für seine Mitglieder heraus. Zusätzlich veröffentlicht der VCÖ auch eine Zeitschrift für Schüler („molecool“), die zum Teil zweisprachig (Deutsch, Englisch) verfasst ist und für den Unterricht gut verwendbares Material enthält.

- ☞ **Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts (MNU):**

Dieser Verein verfolgt das Ziel, die mathematische und naturwissenschaftliche Bildung zu fördern. Mitglieder erhalten eine lesenswerte Zeitschrift.

¹⁹ <https://www.fachportal-paedagogik.de/>

Sonstiges

☞ **Lehrbücher**

Jeweils ein aktuelles Standardwerk aus dem organischen und anorganischen Bereich sollte in jeder Lehrerbibliothek zu finden sein. Spätestens alle 10 Jahre sollten die Ausgaben aktualisiert werden.

☞ **Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)**

Die RiSU wurde nach einer KMBek zum 01. August 2013 an Schulen in Bayern in Kraft gesetzt. In diesem Regelwerk befinden sich Empfehlungen der Kultusministerkonferenz wie man mit Gefahrstoffen umzugehen hat. Diese Richtlinien sind verbindlich einzuhalten.

☞ **Methoden im zeitgemäßen Chemieunterricht**

Die folgenden Quellen bieten vollständig ausgearbeitete Methoden, die den Chemieunterricht bereichern, indem man sich Anregungen für den eigenen Unterricht holt. Zum Teil sind Blankovorlagen (Domino, Triangolo, Filmleiste, ...) auf einer CD-ROM mit enthalten, die man je nach Belieben bearbeiten und gestalten kann. So kann man schnell verschiedenste Stationen anfertigen, an denen Schüler z. B. auf spielerische Art und Weise das Aufstellen von Formelgleichungen einüben können.

- **Akademiebericht Nr. 395 mit CD-ROM (2004):
Offene Lernformen im Chemieunterricht**
- **Akademiebericht Nr. 457 (2010):
Schüleraktivierende Methoden im Chemieunterricht**
Unterlagen zur Fortbildungsinitiative "Förderung des Chemieunterrichts an bayerischen Realschulen"

☞ **Ergänzende Literaturtipps für die Chemiesammlung:**

- **Rossa: Chemie-Didaktik, Cornelsen (2. Auflage 2012)**
- **Haupt, Moritz: Modelle chemischer Substanzen für den Anfangsunterricht, Aulis Verlag Deubner (2008)**
- **Chemie im Kontext (Reihe aus 9 Themenheften), Cornelsen Verlag**
- **Fachwerk Chemie (Schulbuchreihe Nordrhein-Westfalen), Cornelsen Verlag**
- **Schülerduden Chemie, Duden (7. Auflage)**
- **Chemie kompaktWissen 5-10, PONS (4. Auflage 2016)**
- **dtv-Atlas Chemie (2 Bände), Deutscher Taschenbuch Verlag (2006)**
- **Akademiebericht Nr. 430 mit CD-ROM (2007):
Chemie im Kontext**
- **Akademiebericht Nr. 434 mit CD-ROM (2008):
Experimentelle Aufgabenstellungen im Chemieunterricht**

5 Digitale Medien

Sicherheit im Chemieunterricht

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Quellen sind auch in Kap. 2 **Anmerkungen zur Sicherheit** erwähnt.

☞ **GESTIS-Stoffdatenbank** ²⁰

☞ **Informationsportal „Sichere Schule“** ²¹

☞ **S!CU-Kurs „Sicherheit im Chemieunterricht“** ²²

☞ **Experimentas** ²³

☞ **DEGINTU** ²⁴

Das Online-Portal „Gefahrstoffinformationssystem für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht der Gesetzlichen Unfallversicherung (DEGINTU)“ soll die Schulleiterinnen und Schulleiter, Sammlungsleiterinnen und Sammlungsleiter sowie Lehrkräfte bei der sicheren Vorbereitung und Durchführung des Unterrichts unterstützen. Im Bereich der Benutzereinstellungen kann der Administrator der Schule an Kolleginnen und Kollegen verschiedene Nutzungsrechte vergeben. Das Portal basiert auf den Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) und besteht aus drei Modulen:

- Gefahrstoffdatenbank (basiert auf der GESTIS-Stoffdatenbank)
- Chemikalienverwaltung
Daten (Bestandsdaten, eigene Datensätze, Raumbezeichnungen) aus D-GISS können leicht importiert werden. Neue Gebinde könne mit wenigen Klicks in das Gefahrstoffverzeichnis integriert werden. Weiterhin ist ein leicht zu handhabender Etikettendruck vorhanden (momentan stehen nur wenige gängige Etikettenformate zur Verfügung, die aber erweitert werden sollen)
- Versuchsdatenbank mit interaktiver Gefährdungsbeurteilung (im Aufbau)
Dieses Modul enthält Versuchsbeschreibungen einschließlich der zugehörigen Gefährdungsbeurteilungen. Auch eigene Versuche können interaktiv beurteilt werden.

²⁰ <http://www.dguv.de/ifa/GESTIS/GESTIS-Stoffdatenbank/index.jsp>

²¹ <http://www.sichere-schule.de/>

²² <https://lernplattform.mebis.bayern.de/course/view.php?id=25604> (Gültiger Nutzerzugang in MEBIS erforderlich)

²³ <https://www.experimentas.de/>

²⁴ <https://degintu.dguv.de/login>



D-GISS ²⁵

Zum Verwalten von Chemikalien eignet sich unter anderem das Programm D-GISS. Dieses Programm kann für eine Chemiesammlung und für den Unterricht sehr hilfreich sein. D-GISS bietet unter anderen folgenden Leistungen:

- Katalogisierung der Chemikalien
- Liefert Informationen über Chemikalien
- Ersatzstoffprüfung und Formblatt für Ermittlungs- und Substitutionspflicht
- Information und Formblatt zur Gefahrstoffbeurteilung
- GHS Piktogramme inkl. Informationen zur Kennzeichnung
- R-, S-, H-, P- und EUH-Sätze
- Entsorgungshinweise incl. Etiketten für die Abfallbehälter
- Drucken von Etiketten ²⁶
- Enthält vorgefertigte Betriebsanweisungen
- RiSU

²⁵ <http://www.d-giss.de/>

²⁶ Eine überlegenswerte Alternative zum Etikettendruck ist der Bezug von bereits fertigen Etiketten.

Hilfreiche Homepages

[LehrplanPLUS Bayern](#) ²⁷

Ab dem Schuljahr 2020/21 wird an der Realschule in Bayern schrittweise ein neuer Chemielehrplan eingeführt, der einem übergreifenden, kompetenzorientierten Lehrplanmodell folgt. LehrplanPLUS soll durch die Ankopplung eines Serviceteils „kundenfreundlicher“ werden. Das bedeutet, dass in der Online-Version im Laufe der nächsten Jahre vielfältige Materialien, Aufgaben, Medien und erläuternde Informationen zur Umsetzung des Lehrplans im Unterricht angeboten werden.

[Chemie interaktiv](#) ²⁸

Auf der Internetseite „Chemie interaktiv“ finden sich viele Medien für den Chemieunterricht. Anhand von verschiedensten Flash-Animationen zu Versuchen (z. B. Spannungsreihe, Oberflächenspannung, Lösen von Salzen) und Flash-Folien (z. B. Knallgasreaktion, Rutherford'scher Streuversuch) werden Lerninhalte verdeutlicht und veranschaulicht. Oft sind in diesen Medien Wahlmöglichkeiten eingebaut, so dass sich aus der Stoffebene mit einem Mausklick die Teilchenebene darstellen lässt. Zudem sind Versuchsbedingungen veränderbar. Auch Lerngeschichten (z. B. Tropfsteinbildung) sind auf der Homepage zu finden. Durch den 3D Viewer lassen sich Moleküle räumlich darstellen.

[Chem2do](#) ²⁹

Auf dieser Internetseite finden sich zahlreiche didaktisch aufbereitete Animationen, Filme, Experimentieranleitungen, Arbeitsaufträge, Hintergrundinformationen und Fortbildungsmöglichkeiten zum Themenbereich der Silikone.

[Vereinigung der Chemielehrer an Realschulen in Bayern \(VCRB\)](#) ³⁰

Die Vereinigung der Chemielehrer an Realschulen in Bayern (VCRB) stellt ihren Mitgliedern auf ihrer Homepage vielfältige Informationen bereit, unter anderem zu Veranstaltungen und Wettbewerben, aber auch zu didaktischen Themen.

[Weitere Homepages](#)

Es folgt eine Auswahl weiterer Seiten, auf denen verschiedenste fachliche Impulse zur Unterrichtsgestaltung zu finden sind.

- www.isb.bayern.de
- <https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/>
- <http://www.unterrichtsmaterialien-chemie.uni-goettingen.de/>
- <https://phet.colorado.edu/de/>

²⁷ <http://www.lehrplanplus.bayern.de/>

²⁸ <http://www.chemie-interaktiv.net/>

²⁹ <https://www.chem2do.de/c2d/de/home/index.jsp>

³⁰ <http://www.vcrb.net/de/startseite.html>

- <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/neuer-index.html>
- www.chemieunterricht.de/dc2/
- <https://www.seilnacht.com/>
- <https://www.planet-schule.de/>
- <https://www.planet-wissen.de/index.html>
- www.u-helmich.de
- <https://www.lernhelfer.de/>
- <https://www.chids.de/>
- <https://www.chemie-schule.de/>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/>
- <https://www.vci.de/startseite.jsp>
- <http://www.strukturformelzeichner.de/>
- <https://www.lncu.de/index.php>
- Netexperimente.de: Die entsprechende Seite existiert nicht mehr. Die Videos sind jedoch bei einer Internetrecherche unter den Suchbegriffen „Netexperimente Videos“ weiterhin auffindbar.

Digitale Medien im Internet entwickeln sich beständig weiter, weshalb sich die Qualität der angegebenen Quellen mit der Zeit verändern kann. Empfehlenswert ist es daher, immer die Augen und Ohren für neue, qualitativ hochwertige Internetseiten offen zu haben.

Lernsoftware

Bevor man eines der Programme bestellt, lohnt es sich die Homepages der jeweiligen Anbieter zu besuchen. Anhand von Bildschirmausschnitten kann man sich dort den Aufbau und das Erscheinungsbild der einzelnen Programme ansehen und sich den Inhalt näher zu Gemüte führen. So kann man vielleicht schon vor der Bestellung die Eignung des Programms überprüfen.

Interaktives 3D-Kugelwolkenmodell ³¹

An der Universität Rostock wurde ein interaktives 3D-Kugelwolkenmodell für den Chemieunterricht entwickelt. Unter anderem können Atome, Ionen und Moleküle räumlich dargestellt sowie Bindungen veranschaulicht werden.

Yenka Chemie ³²

Yenka Chemie behandelt die gleichen Themengebiete wie früher Crocodile Chemie. Es gibt bei Yenka einen Bereich für die Elektrochemie und einen für die Anorganische Chemie. Anhand von simulierten Reaktionen können Experimente für die Schüler unter anderem auf molekularer Ebene veranschaulicht werden. Auch kann man bei den Reaktionen verschiedene Elektroden und/oder Lösungen wählen. Alle Lehrer können

³¹ <https://www.didaktik.chemie.uni-rostock.de/forschung/chemie-fuers-leben-sek-i/4-kugelwolkenmodell/>

³² http://www.yenka.com/de/Yenka_Chemie/

das Programm zu Hause kostenlos anwenden. Für die Schule müssen die Produkte einzeln oder als Gesamtpaket angeschafft werden.

☞ **AK Labor** ³³

Das kostenlose Computerprogrammpaket „AK Labor“ kann im Chemieunterricht zur Binnendifferenzierung des Unterrichts, zur individuellen Förderung und zur Erhöhung der Lernmotivation eingesetzt werden. Im Fokus ist und bleibt aber das Experiment und nicht der Computer. Beim **Arbeitskreis Kappenberg** kann man zudem Experimente mit ausführlichen Beschreibungen für den Unterricht beziehen. Mit Hilfe von Versuchsbeschreibungen lassen sich die Experimente z. T. nachbauen. Die meisten Versuche sind als Video anzusehen. Zudem werden erprobte Unterrichtssequenzen veröffentlicht, in denen Schülerübungen enthalten sind. Außerdem liefert das Programm relevante Informationen zu Chemikalien.

☞ **Apps für den Chemieunterricht** ³⁴

Im Rahmen seines Internetauftritts stellt der Fonds der Chemischen Industrie einen Bericht zu Apps im Chemieunterricht zur Verfügung, die nach bestimmten Kriterien ausgewählt und untersucht wurden.

Medienausleihe: Bezugsquellen für Filme und digitale Medien

Damit man nicht alle Medien für die Schule anschaffen muss, gibt es verschiedenste Bezugsquellen für bestimmte Medien. Ein Blick auf die entsprechenden Seiten im Internet lohnt sich.

☞ **Schulfernsehen** ³⁵

Mit Hilfe des **Mittschnittservices** lassen sich Sendungen des Schulfernsehens im Bayerischen Rundfunk für einen geringen Unkostenbeitrag beim Institut für Schulqualität und Bildungsforschung, Referat Medienbildung beziehen.

☞ **Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht (FWU)** ³⁶

Das FWU ist eine gemeinnützige Gesellschaft der Bundesländer mit dem Auftrag, Medien für die Bildung zu produzieren. Medien können dort auf Datenträgern erworben oder direkt aus der umfangreichen Mediathek abgerufen werden.

☞ **Landesmedienzentrum Bayern (mebis)** ³⁷

Zur Förderung des Einsatzes von digitalen Medien im Unterricht hat das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus „mebis – Landesmedienzentrum Bayern“ etabliert. In mebis werden ein Infoportal, eine Mediathek, die mebis Tafel, eine Lernplattform und ein Prüfungsarchiv als zentrale pädagogische Angebote bereitgestellt.

³³ <http://www.kappenberg.com/>

³⁴ <https://www.vci.de/fonds/schulpartnerschaft/unterrichtsmaterialien/apps-fuer-den-chemieunterricht.jsp?fsID=68482>

³⁵ <https://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/schulfernsehen/faecher/chemie102.html>

³⁶ <https://fwu.de/>

³⁷ <https://www.mebis.bayern.de/>

Medienzentren

In jedem Landkreis und jeder kreisfreien Stadt gibt es ein Kommunales Medienzentrum. Diese auch als Kreisbildstellen bekannten Einrichtungen verleihen didaktische Medien, teilweise auch zum Download.

Gestaltung von Arbeitsmaterialien

Bei der Gestaltung von Arbeitsmaterialien (z. B. Versuchsbeschreibungen, Arbeitsblätter, Leistungsnachweise) werden häufig Strukturformeln, Laborgeräte oder andere Abbildungen benötigt. Dieser Abschnitt beschreibt einige sinnvolle Hilfsmittel zur Gestaltung derartiger Materialien.

Strukturformeln und Kugelwolkenmodell

Zum Zeichnen von Strukturformeln und zur Darstellung des Kugelwolkenmodells gibt es eine große Auswahl an entsprechenden Hilfsmitteln. Zu diesen zählen beispielsweise:

- **ChemSketch (ACD/Labs)**
- **Strukturformel-Editor (Buchholz Wengst)**
- **Accelrys (Softonic, ehemals Isis-Draw oder Symyx)**
- **<https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/bildungsplaene-und-organisatorisches/didaktik/modell/mod4.html>**

Grafiken und Skizzen zu Laborgeräten ³⁸

Auf Vorlagen von Peter Maisenbacher findet man zahlreiche Grafiken und Skizzen von Laborgeräten. Die Vorlagen können in Präsentationen oder Versuchsanweisungen gut eingefügt und verwendet werden.

Weitere Programme

Zum Gestalten von Arbeitsmaterialien eignen sich Grafikprogramme wie CorelDRAW oder Adobe Illustrator. Darüber hinaus gibt es auch spezielle Programme, z. B.

- **Labor- und Formelmaker (Klett Verlag)**
- **C-Design (Bauer, Fontain)**

Videos, Bilder und Cliparts

Auf verschiedenen Internetseiten finden sich Videos, Bilder bzw. Cliparts, die entsprechend der Nutzungsbedingungen verwendet werden können. Auch Suchmaschinen bieten die Möglichkeit, Bilder nach bestimmten Kriterien (z. B. Nutzungsrechte) zu suchen, die in den Suchoptionen festgelegt werden können.

³⁸ <https://www.schule-bw.de/faecher-und-schularten/mathematisch-naturwissenschaftliche-faecher/chemie/neuer-index.html/nuetzliches-fuer-die-unterrichtsvorbereitung/skizze>

6 Geräteausstattung

Zu beachten ist, dass in den ersten Jahren ein erhöhter Etat benötigt wird. Dieser soll eingesetzt werden, um die Geräteausstattung individuell an die Bedürfnisse der Fachschaft anzupassen.

Einige Laborgeräte bzw. Laboraufbauten und viele Modelle lassen sich mit etwas handwerklichem Geschick kostengünstig selber herstellen.

6.1 Allgemeiner Laborbedarf

1.	Stativmaterial/Stellzeug/Halterung	empf. Anzahl
	Ceran-Laborschutzplatte 155 x 155 mm	5
	Drahtnetz mit Keramikfaser	10
	Dreibein (pro Lehrkraft)	1
	Hebebühne	2
	Muffen (Doppel- bzw. Universalmuffen)	25
	Pipettenständer	2
	Plattenhalter für Ceran-Platte 155 mm	4
	Reagenzglasgestell mit Abtropfstäben (pro Lehrkraft)	1
	Reagenzglasgestell für RG d = 30 mm (pro Lehrkraft)	1
	Stativfüße	4
	Stativplatte	7
	Stativring	2
	Stativstange (passend, evtl. mit Gewinde), Länge:	
	600 mm	10
	700 mm	10
	1000 mm	5
	Tondreieck (pro Lehrkraft)	1
	Universalklemme, spannend, verschiedene Größen	20
	Unterlegklötze (Satz)	1



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

	Stativmaterial/Stellzeug/Halterung	empf. Anzahl
	Alternatives Stativmaterial: Noch besser zum Aufbau von Experimenten eignen sich oftmals spezielle Experimentiertafeln mit Füßen:	
	Weißwandtafel klein, 45 x 60 cm (pro Lehrkraft): magnethaftend, emailliert, mit geeignetem Fuß	1
	Weißwandtafel groß, 60 x 90 cm: magnethaftend, emailliert, mit geeignetem Fuß	3
	Weißwandstifte zum Beschriften der Tafeln, Set 4 Stück	1
	Magnete mit Federstahlklemmen (verschiedene Größen)	30
	Federstahlklammern:	
	Länge 30 mm, Öffnungsweite:	
	6 bis 8 mm	6
	10 bis 12 mm	6
	16 bis 19 mm	10
	19 bis 21 mm	10
	28 bis 31 mm	10
	32 bis 34 mm	6
	38 bis 40 mm	6
	Länge 50 mm, Öffnungsweite:	
	6 bis 8 mm	6
	10 bis 12 mm	6
	16 bis 19 mm	10
	19 bis 21 mm	10
	28 bis 31 mm	10
	32 bis 34 mm	6
	38 bis 40 mm	6
	Podeste:	
	klein	4
	mittel	4
	groß	4



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

2.	Brenner/Heizen/Kühlen	empf. Anzahl
	bei Erdgas- bzw. Propangasversorgung:	
	Teclubrenner mit Haftfuß für Erdgas bzw. Propangas	3
	Schlitzaufsatz zum Teclubrenner	1
	Gasschlauch incl. Schlauchschellen, Kupplungsstücke, geprüft, passend zu den Armaturen	3
	Ohne Gasversorgung, Kartuschenbrenner:	
	Butangasbrenner für Kleinkartuschen (pro Lehrkraft)	1
	Butankartuschen	12
	Lötaufsatz	2
	Schlitzaufsatz	1
	Unabhängig von der Gasversorgung:	
	Feuerzeuggasbrenner, breite Flamme	5
	Heißluftfön (zum Biegen von Kunststoff, Schrumpfschläuche)	1
	Heizplatte	3
	Kühlschrank (siehe Abschnitt Mobiliar in Kap. 3.2)	1
	Lötbrenner mit Kartusche	1
	Magnetrührer, beheizt	2
	Magnetrührfische, div. Größen	10
	Pilzheizhaube (2 verschiedene Größen)	2
	Trockenschrank (siehe Abschnitt Mobiliar in Kap. 3.2)	1



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

3.	Glasgeräte	empf. Anzahl
3.1	Rohre und Verbindungsstücke	
	Doppelwinkelrohr	3
	Dreiweghahn	2
	Einweghahn, gerade	2
	Gäraufsatz	15
	Glasrohr, kg-Ware in unterschiedlichen Durchmessern (6 / 8 / 10 mm)	5
	Glasrohr mit Bogen und Spitze (Gaseinleitung)	2
	Glasrohr mit Spitze:	
	5 cm	5
	10 cm	5
	26 cm	5
	Glasstab, 150 mm, Durchmesser = 4 mm	10
	Quarzrohr, Durchmesser = 9 mm	15
	Reaktionsrohr (Verbrennungsrohr), Supremax	5
	T-Stück	5
	U-Rohr	5
	U-Rohr mit Fritte	5
	Winkelrohr	
	90°, 6 x 6,5 cm	10
	90°, 6 x 26 cm	10
	Y-Stück	5

3.2	Becher- und Reagenzgläser, Kolben, Zylinder	
	Becherglas:	
	50 ml	20
	100 ml	20
	250 ml	20
	400 ml	10
	600 ml	10
	1000 ml	5
	2000 ml	5
	Erlenmeyerkolben (Weithals):	
	50 ml	10
	100 ml	20
	250 ml	20
	500 ml	10
	1000 ml	5
	Glasplatte, zum Abdecken der Standzylinder	20
	Reagenzglas, z. B. 180 x 20 mm:	
	Fiolax (dünnwandig, wärmebeständig)	400
	Duranglas / Borosilikatglas	200
	Reagenzglas, 200 x 30 mm:	
	Fiolax (dünnwandig, wärmebeständig)	100
	Duranglas	100
	Reagenzglas mit seitlichem Ansatz	50
	Microreaggenzglas 100 x 10 mm, Fiolax und Duran / Simax	200
	Rundkolben:	
	100 ml	10
	250 ml	10
	500 ml	5
	Standzylinder 250 x 60 mm, geschliffener Rand	5
	Stehkolben:	
	250 ml	10
	500 ml	5
	Zweihalsrundkolben, 250 ml, Mittelhals und schräger Seitenhals	4

3.3	Glasmessgeräte, Pipetten	
	Bürette, mit seitlichem Hahn, verschiedene Größen	3
	Experimentierglocke, mit Graduierung	1
	Kolbenprober	2
	Messkolben, mit Stopfen:	
	100 ml	2
	250 ml	2
	Messpipette:	
	5,0 / 0,05 ml	5
	25 / 0,1 ml	5
	Messzylinder:	
	50 ml	5
	100 ml	5
	250 ml	5
	500 ml	2
	1000 ml	2
Pasteurpipetten, Glas, 3 ml	250	
Pasteurpipetten, Kunststoff, 2 Größen	500	
Pipettierhilfe, z. B. Peleusball oder Pi-pump (pro Lehrkraft)	1	
Vollpipette:		
5 ml	2	
10 ml	2	
25 ml	2	
3.4	Trichter, Flaschen	
	Filtrierflasche (Saugflasche), Erlenmeyerform 250 ml	1
	Flasche, Enghals, mit Stopfen, farblos, 250 ml	10
	Flasche, Weithals, mit Stopfen, farblos, 250 ml	10
	Flasche, Enghals, mit Stopfen, braun, 250 ml	10
	Flasche, Weithals, mit Stopfen, braun, 250 ml	10
	Pillenglas (Schnappdeckelglas), 20 ml	100
	Pulvertrichter (div. Größen)	10
	Scheidetrichter	2
	Trichter, Glas, verschiedene Größen	10
	Trichter, Kunststoff, verschiedene Größen	10
	Tropftrichter, ohne Druckausgleich	3

3.5	Schliffgeräte, NS 19	
	Anschlussstücke (mit Schraubverbindung, z. B. für Thermometer)	5
	Aufsatz mit Schraubkappe	5
	Destillieraufsatz	1
	Destillierbrücke mit Liebigkühler und Vorstoß	1
	Gaswaschflasche	5
	Gaswaschflasche, mit Fritte	1
	Glasstopfen	10
	Liebigkühler	2
	Polystopfen	20
	Rückflusskühler	2
	Schliffsicherung	15
Tropftrichter mit Druckausgleich	2	
3.6	Sonstige Glasgeräte	
	Bromfüller	1
	Cobaltglas (pro Lehrkraft)	1
	Exsikkator	1
	HOFMANN'scher Zersetzungsapparat	1
	Kelchgläser, V = 250 ml	5
	Objektträger	250
	Petrischale, Glas, mit Deckel	20
	Petrischale, Kunststoff	40
	Petrischale, unterteilt (3- oder 4-fach)	10
	Pneumatische Wanne, eckig	3
	Pneumatische Wanne, rund	3
	Uhrglas	20

4.	Thermometer	empf. Anzahl
	Infrarot-Thermometer	2
	Thermometer, z.B. -10 °C bis +250 °C, Alkoholfüllung	5
	Temperaturmessgerät, mit Messfühler	2

5.	Sonstige Geräte / Materialien	empf. Anzahl
	Abdampfschale, Porzellan	10
	Abdampfschale, Porzellan, innen schwarz	5
	Becherglaszange, mit Überzug (pro Lehrkraft)	1
	Beschriftungsgerät	1
	Bleischere	2
	Bürsten für Reagenzgläser, Büretten, Bechergläser, Glasrohre, div. Größen	20
	Docht, Meterware	5 m
	Etiketten, blanko, zum Selbstbeschriften und -bedrucken (Packungen): klein, mittel, groß, jeweils	2
	ganze Seite (z.B. für Kanister)	1
	Filzschreiber für Glas	2
	Gasanzünder (pro Lehrkraft)	1
	Glasperlen, 250 g	2
	Glimmspäne	500
	Handzentrifuge mit Befestigungsmaterial	1
	Heißklebepistole mit Ersatzklebestiften	1
	Kaschierfolie, für Etiketten (Rolle)	1
	Kerzenhalter mit Drahtstiel	3
	Kerzen für Kerzenhalter	20
	Klebefilm mit Ersatzrollen	1
	Klebstoff: Flüssig	1
	Klebestift	1
	Korkenbohrer, Satz	1
	Kunststoffbecher, Einweg: 2 verschiedene Größen	40
	Schnapsbecher	40
	Kunststoffwannen bzw. -kisten, zur Aufbewahrung	100
	Lötrohr	1
	Luftballons	100
	Lupe	3
	Magnesiastäbchen	100

	Sonstige Geräte / Materialien	empf. Anzahl
	Magnete, Stab- und Hufeisenmagnet (pro Lehrkraft)	2
	Messer, rostfrei (pro Lehrkraft)	1
	Metallspatel, div. auch mit Löffel, rostfrei (pro Lehrkraft)	4
	Natriumsieblöffel, doppelt	1
	Pinzetten, div. gerade und vorne gebogen, spitz	10
	Platindraht im Glasstab eingeschmolzen	2
	Porzellanschiffchen	5
	Porzellantiegel, mit Deckel	10
	Quetschhahn	3
	Quarzwolle (Packungen à 10 g)	2
	Reagenzglashalter, Holz, für kleine Reagenzgläser	10
	Reagenzglashalter, Holz, für große Reagenzgläser	4
	Reibschale, mit Pistill, verschiedene Größen	5
	Rundfilter, mittelschnell, d = 11 cm	300
	Rundfilter, mittelschnell, d = 15 cm	300
	Sandbadschale (pro Lehrkraft)	1
	Schere, kurz und lang (pro Lehrkraft)	2
	Schutzhandschuhe, Einmalhandschuhe	500
	Schutzhandschuhe, säurebeständig	1
	Schutzhandschuhe, wärmeisoliert	1
	Siedesteinchen, 250 g	2
	Spülmittel	1
	Stabfeuerzeuge	10
	Streichhölzer (Packungen)	20
	Stricknadel	4
	Tapetenkleister (Packungen)	1
	Teelichter	500
	Tiegelzange (pro Lehrkraft)	1
	Verbrennungslöffel	2
	Wasserstrahlpumpe, je Lehr- / Übungssaal und Vorbereitung	1
	Wunderkerzen (Packungen)	10



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

6.	Kunststoff- und Gummiteile	empf. Anzahl
	Gummihütchen für Pipetten (bzw. nur Einmalpipetten)	20
	Gumminapf (Gipsbecher)	3
	Gummischlauch div. Durchmesser, Meterware	10
	Gummi- bzw. Silikonstopfen, div. ohne und mit Loch (z. B. 1 x 8 mm, 2 x 8 mm), passend für Reagenzgläser, Erlenmeyerkolben enghals / weithals etc. Beispielgrößen sind: 8/12 mm für RG d = 10 mm 12,5/17 mm für RG d = 14 mm oder 16 mm (passend mit Spritzen) 14/18 mm für RG d = 16 mm 18/22 mm für RG d = 20 mm 25/31 mm für RG d = 30 mm 42/49 mm für Erlenmeyerkolben	250
	Kunststoffkanister, z. T. mit Entgasung, 5 l (Vorratsflasche für Aqua dest., bzw. für Entsorgung)	10
	PVC-Schlauch 8, Innendurchmesser = 7 mm, Meterware	2
	Schutzbrille, auch für Brillenträger (pro Lehrkraft)	1
	Schutzbrille als Ersatzbrille	2
	Silikonschlauch, Meterware, Innendurchmesser: 2 mm 4 mm 7 mm 8 mm 10 mm	10 m 10 m 10 m 10 m 10 m
	Spritzflasche (pro Lehrkraft)	2
	Tropfflasche, 30 ml, Poly, mit Tropfspitze und Kappe	100

7.	Elektrogeräte, physikalische Chemie	empf. Anzahl
	Apothekerwaage (Zweischalenwaage)	1
	Elektroden:	
	Kohlelektrode in Stopfen, Paar	4
	Platinelektrode, zum HOFMANN'schen Zersetzungsapparat, Paar	2
	Elektrodenhalterung	6
	Satz Plattenelektroden (Kohlenstoff und verschiedenste Metalle)	3
	passende Glaströge für die Plattenelektroden	6
	Experimentierkabel mit Büschelstecker und Sicherheitsstecker	
	25 cm, blau (oder schwarz) und rot, jede Farbe	5
	50 cm, blau (oder schwarz) und rot, jede Farbe	5
	100 cm, blau (oder schwarz) und rot, jede Farbe	1
	Schnellverbindungs-Kroko-Set	5
	Fön	2
	Kabelbrett, bzw. Kabelrechen	2
	Kleinsampenfassung, E 10	10
	Glühlampe 1,5 V bzw. für 4,5 V Flachbatterie, E 10	20
	Küchenwaage, Wägebereich ca. 2000 g / 1 g	1
	Laborwaage, Wägebereich ca. 600 g / 0,01 g	1
	Laborwaage, Wägebereich ca. 2000 g / 0,1 g	1
	Leitfähigkeitsprüfer	2
	Leuchtdioden: normal, low current, mit Widerstand	30
	Messinstrument zur Demonstration (mit Überlastungsschutz)	1
	Messbereich mind. 1 mA bis 6 A, 3 V bis 300 V, analog oder digital	
	Mikromotor (Spezialmotor mit extrem niedriger/em Anlaufspannungspannung/-strom) mit je einen Propeller	5
	Multimeter, digital für Handgebrauch, evtl. mit Temperaturfühler	3
	Netzgerät für Wechsel- und Gleichspannung (evtl. mit eingebautem Spannungs- und Stromstärkemesser) stufenlos regelbar:	1
	0 - 25 V / 10 A Wechselspannung und	
	0 - 20 V / 10 A Gleichspannung	
	pH-Meter	1
	Dokumentenkamera/ Videokamera, pro Lehr- / Übungssaal (siehe Abschnitt Sonstige Einrichtungsgegenstände in Kap. 3.1)	1
	Mikroskopkamera, pro Lehr- / Übungssaal	1

8.	Druckgasflaschen	empf. Anzahl
	Bei Druckgasflaschen ist eine Mietflasche vorzuziehen, da hier keine eigene Wartung und TÜV-Abnahme notwendig ist.	
	Doppelmaulschlüssel, 30 x 32	1
	Druckgasflasche, 10 l, Kohlenstoffdioxid (incl. Füllung)	1
	Druckgasflasche, 10 l, Sauerstoff (incl. Füllung)	1
	Druckgasflasche, 10 l, Wasserstoff (incl. Füllung)	1
	Druckgasminderer mit 2 Manometern und Feinregulierung (CO ₂)	1
	Druckgasminderer mit 2 Manometern und Feinregulierung (O ₂)	1
	Druckgasminderer mit 2 Manometern und Feinregulierung (H ₂)	1
	Eckventil für Druckdosen, falls vorhanden	2
	Flaschenwagen für 10 l Druckgasflaschen	3
	Gastransportsystem: Sekretbeutel mit 3-Wege-Hahn, Schlauchstück mit Luer-Adapter	10

9.	Geräte für besondere Versuche	empf. Anzahl
	Brennstoffzelle	2
	Elektrolyseur	1
	Demo-Auto	1
	Alternativ: Fertiges Experimentierset Brennstoffzelle	1
	Explosionsbüchse zur Zündung brennbarer Gas-Luft-Gemische mit Piezo-Zünder	1
	Alternativ: Spritzenkanone mit Piezozünder, Benzinkanone (Filmdose) mit Piezozünder	1
	Gewässeruntersuchung, Koffer bzw. Set	1
	Handspektroskop	1
	Kunststoffstab mit Fell für elektrostatische Aufladung	2
	Silo für Staubexplosion	1
	Thermit-Verfahren, Demonstrationskasten	1

10.	Anschauungsmittel, Modelle	empf. Anzahl
	Atommodelle:	
	Rutherford	1
	Energiestufenmodell, groß (z. B. Selbstbau)	1
	Energiestufenmodell, klein (z. B. Selbstbau)	10
	Kugelwolkenmodell, groß (z. B. Selbstbau)	1
	Kugelwolkenmodell, klein (z. B. Selbstbau)	10
	Gittermodelle:	
	Diamant	1
	Fulleren	1
	Graphit	1
	Natriumchlorid	1
	Metallgitter	1
	Holzwürfel zum Beschriften	16
	Kunststoffproben	1
	Kalottenmodelle für Lehrer, Satz je Lehr- / Übungssaal	1
	Magnetapplikationen für Laborgeräte, Teilchendarstellung, Reaktionsgleichungen, usw.	2
	Mineraliensammlung	1
	Periodensysteme (Stoff- und Teilchenebene), groß für die Wand, je Chemiesaal	1
	Periodensysteme (Stoff- und Teilchenebene), klein, Klassensatz	1

11.	EDV-Ausstattung	empf. Anzahl
	Computer (möglichst Laptop mit Kamera) und Beamer für den Unterricht (pro Chemiesaal)	1
	Computer für die Vorbereitung, zur Chemikalienverwaltung	1
	Farblaserdrucker, für licht- und wasserbeständigen Etikettendruck	1



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

12.	Werkzeug	empf. Anzahl
	Glasfeile	2
	Glasschneider mit diamantbesetztem Rädchen für Rohre Ersatzrädchen f. Glasschneider	2 8
	Hammer	1
	Lötkolben	1
	Maßband, Meterstab	1
	Sandpapier, Bogen	20
	Schraubenschlüssel, Satz	1
	Schraubenzieher, Satz	1
	Schraubenzieher, klein mit Phasenprüfer	1
	Seitenschneider	1
	Spachtel	1
	Zangen (Kneifzange, Kombizange, Rohrzange), je	1

6.2 Ausstattung Microscale-Experimente: für Lehrer- und Schülerversuche

Alle Sets kann man fertig beziehen. Mit etwas Bastelgeschick kann aber jeder mit geringem finanziellen Aufwand die Apparaturen für die Microscale-Experimente selber herstellen. Die Einzelteile müssen hierfür jeweils extra gekauft werden.

Geräte	empf. Anzahl
Fertige Sets, z. B.:	
Behälterset	1
Experimentierset „Wellplate 6“, 8er-Set	1
Hofmann'scher Zersetzungsapparat, 8er-Set	1
Lehrerexperimentierkoffer	1
Leitfähigkeitsprüfer, 8 Stück in Box	1
Spiritusbrenner, 8 Stück in Box	1
Einzelteile:	
Absaugkatheterschläuche	100
Ampullenfläschchen, incl. Stopfen:	
2 ml	25
10 ml	100
15 ml	200
30 ml	100
50 ml	100
Batterien:	
Blockbatterie 9 V	30
Flachbatterie 4,5 V	15
Bleistiftminen, z. B. 0,7 mm HB	100
Boxen zur Aufbewahrung der Experimente	400
Chemikalienflaschen mit Saugeinsatz:	
50 ml	50
125 ml	30
Combistopfen, blau und rot	200
Draht, 50 m-Rolle mit 1 - 1,5 mm Durchmesser	1
Gastransportsysteme: (Sekretbeutel mit 3-Wege-Hahn, Schlauchstück mit Luer-Adapter)	20



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Geräte	empf. Anzahl
Gummi- bzw. Silikonstopfen, div. ohne und mit Loch: (z. B. 1 x 8 mm, 2 x 8 mm), passend für Reagenzgläser, Erlenmeyerkolben enghals / weithals etc. Beispielgrößen sind: 8/12 mm für RG d = 10 mm 12,5/17 mm für RG d = 14 mm oder 16 mm (passend mit Spritzen) 14/18 mm für RG d = 16 mm 18/22 mm für RG d = 20 mm 25/31 mm für RG d = 30 mm 42/49 mm für Erlenmeyerkolben	500
Lockenwickler	20
Papierhandtücher (Packungen)	10
Perlkatalysator (Packung à 250 g)	1
Piezozünder	30
Pipetten, Kunststoff, 2 Größen	1000
Pipettenflaschen, Glas	100
Pipettenspitzen	500
Platinkatalysatorperlen, 1 g	5
Plattenelektroden (Satz aus Kohlenstoff und div. Metalle) incl. passender Glaströge	10
Pumpleitungen	50
Reagenzglas mit Seitenansatzrohr	50
Rouladenspieße, Metall	60
Rückstromsperre	25
Salbenkruken: 20 g	50
50 g	50
Schnellverbindungs-Kroko-Set (mit je 10 Kabeln)	20
Silikonschlauch, Meterware, Innendurchmesser: 2 mm	5 – 10 m
4 mm	5 – 10 m
7 mm	5 – 10 m
8 mm	5 – 10 m
10 mm	5 – 10 m
Spezialmotor mit extrem niedriger/em Anlaufspannung/-strom	10



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Geräte	empf. Anzahl
Spiritusbrenner	10
Stecknadeln	500
Taschenwaagen, 0,01 g	10
Tropfflaschen, Kunststoff, 30 ml	100
Wellplate 6	30
Stativmaterial: Zum Aufbau von Experimenten eignen sich oftmals spezielle Experimentiertafeln mit Füßen:	
Weißwandtafel, 45 x 60 cm: magnethaftend, emailliert, mit geeignetem Fuß	8
Weißwandstifte zum Beschriften der Tafeln, Set 4 Stück	8
Magnetapplikationen: für Laborgeräte, Teilchendarstellung, Reaktionsgleichungen usw.	8
Magnete	70
Federstahlklammern:	
Länge 30 mm, Öffnungsweite:	
6 bis 8 mm	20
10 bis 12 mm	20
16 bis 19 mm	30
19 bis 21 mm	30
28 bis 31 mm	30
32 bis 34 mm	20
38 bis 40 mm	20
Länge 50 mm, Öffnungsweite:	
6 bis 8 mm	20
10 bis 12 mm	20
16 bis 19 mm	30
19 bis 21 mm	30
28 bis 31 mm	30
32 bis 34 mm	20
38 bis 40 mm	20



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Geräte	empf. Anzahl
Spritzenmaterial:	
Spritzen, 3- teilig, mit Dichtung und Luer-Lock:	
2 ml	100
10 ml	100
20 ml	200
60 ml	50
100 ml	25
Spritzen, 3- teilig, mit Dichtung und Luer-Ansatz:	
1 ml (Tuberkulinspritzen)	100
3 ml	100
10 ml	100
20 ml klein - groß	200
Spritzen, 2- teilig, ohne Dichtung:	
2 / 3 ml	100
5 ml	100
10 ml	100
Kanülen:	
0,8 x 120 mm	100
0,9 x 70 mm	100
1,2 x 40 mm	1000
1,2 x 50 mm	200
2,2 x 25 mm	100
2,2 x 70 mm	100
Luer-Verbinder	30
Luer-Lock-Adapter männlich	40
Luer-Lock-Adapter weiblich	40
Dreiwegehähne	200

6.3 Schülerübungen

Schülerexperimente gewinnen durch den kompetenzorientierten LehrplanPlus deutlich an Bedeutung. Für einen optimalen Unterricht wäre es sinnvoll, nicht nur die verpflichtenden Schülerexperimente, sondern auch viele andere Experimente als Schülerversuch und nicht als Lehrerdemo durchzuführen. Dies erfordert aber eine gute Organisation, um den zusätzlichen Zeitaufwand vertretbar zu halten.

Am zeitsparendsten ist es, alle Experimente 8 – 10 Mal in preiswerte Kunststoffboxen geeigneter Größe zu verpacken. So brauchen die Einzelteile nicht zusammengesucht und weggeräumt zu werden. Die Schüler säubern die Geräte nach dem Versuch und legen sie in die Boxen zurück. Müssen Glasgeräte in die Spülmaschine, ist es sinnvoll, dass die Schüler nach dem Versuch saubere und trockene Austauschteile nachlegen.

Um die großen Chemikalien-Vorratsgefäße nicht zu verunreinigen, sollte man sie nie den Schülern zur Verfügung stellen. Deshalb ist es ratsam, für die einzelnen Arbeitsgruppen Kleinstportionen an Chemikalien in kleine Gefäße (20 bis 50 ml Inhalt) abzufüllen. Dafür benötigt man zahlreiche Kleingefäße, die alle mit GHS-Etiketten versehen werden müssen. Diese sind jedoch relativ preiswert.

Will man alle diese Schüler-Chemikalien in den abgesaugten Schränken unterbringen, ist es vorteilhaft, sie nicht in den Materialboxen der Experimente unterzubringen, sondern extra in kleine Schalen oder Behälter zu packen. So kann sich jede Gruppe die am Lehrertisch bereitgestellten Chemikalien abholen.



Eine erste Grundausstattung könnte folgendermaßen zusammengesetzt sein:

Feststoffe		empf. Anzahl
Schraubdeckelgläser, 25 oder 50 ml		150
Salbenkruken, 20 oder 50 ml		150
Flüssigkeiten		
Kunststoff-Tropffläschchen, 30 ml		100
Glasflaschen mit Saugensatz, 30 oder 50 ml		100
Glasflaschen mit Tropfeinsatz, 30 oder 50 ml		100



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Ausstattung / Kasten für 8 Gruppen mit je 4 Schülern

Geräte	empf. Anzahl
Bechergläser (wegen der Bruchgefahr reichen vielfach auch Gläser aus Kunststoff):	
100 ml	24
250 ml	24
Cobaltglas	8
Doppelmuffen mit Klemmen	16
Drahtnetz mit Keramikfaser	8
Dreibein	8
Einmalhandschuhe (für alle)	500
Erlenmeyerkolben, enghalsige Form, 100 ml	16
Erlenmeyerkolben, enghalsige Form, 250 ml	16
Fön	8
Gasanzünder	8
Glasstab	10
Glimmspan (für alle)	500
Handschaufel und Besen	2
Kunststoffbecher, Einweg	
2 verschiedene Größen	200
Schnapsbecher	200
Kunststoffbehälter, als Transportkiste	8
Lupen	8
Magnesiastäbchen (für alle)	100
Magnete	8
Messer	8
Molekülbaukasten	8
Objektträger	8
Papierhandtücher (Packungen)	10
Petrischale, Kunststoff	100
pH-Meter	8



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Geräte	empf. Anzahl
Pinzette	8
Pipetten, Kunststoff 3 ml (für alle)	100
Porzellanschale (Abdampfschale)	8
Reagenzglas, z. B. d = 20 mm, h = 180 mm	
Fiolax (dünnwandig, wärmebeständig)	200
Microreagenzgläser, 10 x 100 mm	100
Reagenzglasklammer	8
Reagenzglasständer passend, mit Abtropfstäben	8
Rundfilterpapier	100
Sandbadschale	8
Schutzbrille incl. Schutzbrillen für Brillenträger	34
Spatel	8
Spatellöffel	8
Spritzflasche	8
Stativplatte	8
Stativring	8
Stativstange, Länge 750 mm	8
Stopfen, verschiedene Größen (pro Gruppe 2 x klein, 1 x groß)	24
Teclubrenner mit Haftfuß, mit DIN- Sicherheitsschlauch und passendem Anschlussmaterial	8
Teelicht	8
Thermometer, z. B. -10 °C bis +250 °C, Alkoholfüllung	8
Tiegelzange	8
Trichter:	
Glastrichter	8
Pulvertrichter	8
Uhrglas	10
Universalindikator-Papier	8

7 Chemikalien

Welche Chemikalien sollten in jeder Sammlung stehen?

Die wesentliche Schwierigkeit bei der Erarbeitung einer entsprechenden Liste liegt in den vielen Variablen, die dabei zu berücksichtigen sind: Die Wahl der Chemikalien ist unter anderem abhängig von der Größe der Schule und der personellen Zusammensetzung der Fachschaft Chemie. Die Ausstattung der Schule in Bezug auf die Fachräume und die entsprechenden Gerätschaften hat einen wesentlichen Einfluss darauf, ob mehr oder weniger umfangreiche Schülerübungen durchgeführt werden können. Insgesamt wird jede Schule somit einen individuellen Bedarf an Chemikalien haben.

Andererseits gibt es gewisse Standards, an denen sich jede zeitgemäß ausgestattete Chemikaliensammlung orientieren sollte. Zahlreiche gängige Experimente werden in jedem modernen, kompetenzorientierten Unterricht von Schülern bzw. Lehrern durchgeführt. Zudem gibt es Richtlinien für die sichere Lagerung von Chemikalien. Besonders Gase und brennbare Flüssigkeiten stellen den Sammlungsleiter häufig vor ein „Lagerproblem“. Auch das Gefahrenpotential giftiger Chemikalien sollte nicht unterschätzt werden. Chemikalien unterliegen darüber hinaus einem „Verfallsdatum“, nach dem sie nicht mehr zu gebrauchen sind.

Im Folgenden finden sich zwei Listen mit empfehlenswerten Chemikalien. Die erste Liste kann als Grundausrüstung für einen lehrplankonformen Unterricht angesehen werden. In der zweiten Liste sind Chemikalien aufgeführt, die in erster Linie zum Vertiefen und Vernetzen der im Chemieunterricht erworbenen Kompetenzen eingesetzt werden.

Dabei wurde aus den oben beschriebenen Gründen bewusst auf Mengenangaben verzichtet. Bei den zu wählenden Gebindegrößen werden die Erfahrungen und Bedürfnisse der Fachschaft (ggf. erweitert um Hinweise aus benachbarten Schulen) eine wesentliche Rolle spielen. Obgleich größere Gebinde meist billiger zu erstehen sind, ist im Zweifel dennoch die Anschaffung von geringeren Mengen zu empfehlen. Begründet ist dies durch Aspekte der Sicherheit und der guten Handhabbarkeit. Im Laufe der Zeit wird sich dann der tatsächliche Bedarf zeigen.

Ein derartiges Vorgehen setzt natürlich eine entsprechende finanzielle Planung voraus. Für die schrittweise Optimierung der Chemikalienbestände sollte darauf geachtet werden, die bezüglich der Erstausrüstung an Chemikalien eingeplanten Mittel über einen längeren Zeitraum zu verteilen. Beträchtliche Einsparmöglichkeiten ergeben sich beim vorteilhaften Beschaffen von Chemikalien, etwa in Bau- oder Supermärkten bzw. Drogerien.

Chemikalien, die in roter Farbe durchgestrichen erscheinen, waren in einer vorherigen Version dieser Handreichung vorgesehen. Aufgrund geänderter Sicherheitsrichtlinien wurden sie entfernt (Beispiel: ~~Trichlorethen~~) und – wo möglich und sinnvoll – durch Alternativen ersetzt.

7.1 Grundausrüstung

Der folgende Vorschlag enthält eine Grundausrüstung an Chemikalien, um Experimente lehrplankonform und kompetenzorientiert durchführen zu können. In diese Liste ist die gängige Literatur eingeflossen (vgl. Kap. 4 [Literaturempfehlungen](#)). Darüber hinaus sind alle Versuche berücksichtigt, die im Rahmen der Seminausbildung als Grundlagen vermittelt werden.

Die Liste ist in anorganische und organische Chemie unterteilt. Die anorganischen Chemikalien sind alphabetisch sortiert, während die organischen Chemikalien nach Themengebieten untergliedert sind.

Anorganische Chemie

A

- Aktivkohle
- Aluminium, Blech
- Aluminium, Folie
- Aluminium, Granalien
- Aluminium, Pulver
- Aluminiumoxid
- Ammoniaklösung 25%ig
- Ammoniumchlorid
- Ammoniumnitrat
- Ammoniumoxalat
- Ammoniumsulfat
- Ammoniumthiocyanat
- Antimon, Pulver

B

- Bariumchlorid
- Bariumhydroxid
- Blei
- Brom

C

- Calcium
- Calciumcarbid
- Calciumcarbonat
- Calciumchlorid
- Calciumfluorid
- Calciumhydroxid
- Calciumoxid
- Calciumsulfat

D

- Diammoniumhydrogensulfat
- Diiodpentaoxid
- Dinatriumhydrogenphosphat
- Diphosphorpentoxid

E

- Eisen(II)-oxid
- Eisen(II)-sulfat
- Eisen(II)-sulfid
- Eisen(III)-chlorid
- Eisen(III)-nitrat
- Eisen(III)-oxid
- Eisen, Blech
- Eisen, Nagel
- Eisen, Pulver
- Eisen, Wolle
- Eisenoxalat

G

- Gips
- Glas, Wolle
- Graphit, Pulver und Stücke

H

- Helium

I

- Iod, Kristalle

K

- Kalilauge 2 molar (verdünnt)
- Kalilauge 47%ig (konzentriert)
- Kalium
- Kaliumaluminiumsulfat
- Kaliumbromid
- Kaliumchlorat
- Kaliumchlorid
- Kaliumchromsulfat
- Kaliumhexacyanoferrat(II)
- Kaliumhexacyanoferrat(III)
- Kaliumhydrogensulfat
- Kaliumhydroxid, Plätzchen
- Kaliumiodat
- Kaliumiodid
- Kaliumnatriumtartrat
- Kaliumnitrat
- Kaliumpermanganat
- Kaliumsulfat
- Kaliumthiocyanat
- Kieselgur
- Kohlenstoff
- Kohlenstoffdioxid
(→6.1 **Druckgasflaschen**)
- Kupfer(I)-chlorid
- Kupfer(I)-oxid
- Kupfer(II)-chlorid
- Kupfer(II)-oxid, Pulver
- Kupfer, Blech
- Kupfer, Drahtnetz
- Kupfer, Münzen
- Kupfer, Pulver
- Kupfer, Wolle
- Kupferacetat
- Kupferoxid, Draht
- Kupfersulfat
- Kupfersulfat(II)-Pentahydrat

L

- Lithium
- Lithiumchlorid



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

M

- Magnesium, Band
- Magnesium, Pulver
- Magnesiumsulfat
- Mangan(II)-sulfat
- Mangan(IV)-oxid
- Marmor

N

- Natrium
- Natriumacetat
- Natriumammoniumhydrogensulfat
- Natriumbromid
- Natriumcarbonat
- Natriumchlorid
- Natriumfluorid
- Natriumhydrogencarbonat
- Natriumhydrogenphosphat
- Natriumhydrogensulfat
- Natriumhydroxid, Plätzchen
- Natriumiodat
- Natriumiodid
- Natriumnitrat
- Natriumnitrit
- Natriumpercarbonat (Sodasan)
- Natriumsilikat (Wasserglaslösung)
- Natriumsulfat
- Natriumsulfit
- Natriumthiocyanat
- Natriumthiosulfat
- Natronlauge 0,1 molar (sehr verdünnt)
- Natronlauge 1 molar (verdünnt)

P

- Perlkatalysator (Crack-Katalysator)
- Phosphorsäure 85%ig
- Platin, Draht
- Platin-Katalysator

Q

- Quarz, Sand

S

- Salpetersäure 12%ig (verdünnt)
- Salpetersäure 65%ig (konzentriert)
- Salzsäure 37%ig (rauchend)
- Salzsäure 0,1 molar (verdünnt)
- Salzsäure 25%ig (konzentriert)
- Sauerstoff
(→6.1 **Druckgasflaschen**)
- Schwefel, Kristalle
- Schwefel, Pulver
- Schwefelsäure 10%ig (verdünnt)
- Schwefelsäure 95-98%ig (konzentriert)
- Silber, Blech
- Silbernitrat
- Silberoxid
- Silicium
- Steinsalz
- Strontiumchlorid

W

- Wasser, destilliert
- Wasserstoff
(→6.1 **Druckgasflaschen**)
- Wasserstoffperoxid 30%ig



Z

- Zink, Blech
- Zink, Granalien
- Zink, Pulver
- Zinkbromid
- Zinkchlorid
- Zinkiodid
- Zinkoxid
- Zinksulfat
- Zinn

Organische Chemie

Kohlenwasserstoffe

- Benzin 100-140°C
- Benzin 140-200°C
- Benzin 40/60°C (Petroleumbenzin)
- Benzin 90-100°C (Ligroin)
- Braunkohle
- Butan
- Cyclohexan
- Cyclohexen
- Decan
- Diesel
- Eicosan
- Erdöl (Roherdölersatz)
- Ethan
- Ethen
- Feuerzeugbenzin
- Heptan
- i-Octan
- Methan
- Naphthalin
- Nonan
- Octan
- Paraffin
- Paraffinöl
- Pentan
- Petrolether
- Petroleum
- Propan
- Reinigungsbenzin
- Steinkohle
- ~~Trichlorethen~~

Alkohole

- 1,2-Ethandiol (Glycol)
- 1,2,3-Propantriol (Glycerin)
- 1-Butanol
- 1-Heptanol
- 1-Hexadecanol (Cetylalkohol)
- 1-Octanol
- 1-Pentanol (Amylalkohol)
- 1-Propanol
- 2-Butanol
- 2-Propanol
- Dodecanol
- Ethanol
- Iso-Butanol (2-Methyl-1-Propanol)
- Mannit
- Methanol
- Rotwein
- Spiritus
- Tertiäres Butanol (2-Methyl-2-Propanol)

Aldehyde/Ketone

- Propanon (Aceton)
- Benzaldehyd
- **Methanal (Formaldehydlösung) 25%ig**
- Vanillin

Säuren/Säurenlösungen

- Apfelsäure
- Ascorbinsäure
- Benzoesäure
- Butandisäure (Bernsteinsäure)
- Butansäure (Buttersäure)
- Decansäure
- Essig ca. 6%ig (Haushaltseessig)
- Essigessenz 25%ig
- Ethansäure (Essigsäure) 100%ig
- Hexadecansäure (Palmitinsäure)
- Maleinsäure
- Malonsäure
- Methansäure (Ameisensäure)
- Milchsäure
- Octadecansäure (Stearinsäure)
- Octadecensäure (Ölsäure)
- Oxalsäure
- Pentansäure (Valeriansäure)
- Phthalsäure
- Propansäure (Propionsäure)
- Salicylsäure
- Speiseessig (2 verschiedene)
- Weinsäure
- Zitronensäure

Ester

- Ameisensäuremethylester
- Buttersäureethylester
- Essigsäurebutylester
- Essigsäureethylester
- Klebstoff (mit/ohne Lösemittel)
(→6.1 **Sonstige Geräte / Materialien**)

Kohlenhydrate

- Agar Agar
- Cellulose
- Fructose
- Galactose
- Glucose
- Gummibärchen
- Holz, verschiedene Zerteilungsgrade
- Maltose
- Mehl
- Papier
- Puderzucker
- Saccharose
- Stärke, löslich
- Watte
- Wolle
- Zellstoff

Aminosäuren/Eiweiße

- Alanin
- Amylase
- Auswahl AS, z. B. noch Phenylalanin
- Einige Enzyme, z. B. noch Diastase, Katalase
- Gelatine
- Glycin
- Lipase
- Pepsin



Fette/Öle/Seifen

- Colorwaschmittel
- Kernseife
- Olivenöl
- Schmierseife
- Seifenlösung
- Sonnenblumenöl
- Spülmittel
(→6.1 **Sonstige Geräte / Materialien**)
- Vollwaschmittel

Kunststoffe

- Adipinsäuredichlorid
- Desmodur
- Desmophen
- Gefrierbeutel LPDE ohne Weichmacher
- Hexamethyldiamin
- Hüpfender Kitt
- Sebacinsäuredichlorid
- Silikonöl
- Styropor
- Verschiedene Kunststoffproben:
Thermo-Duroplast/Elastomer

Silikone

- Antischaummittel
- Anwendungsbeispiele (z. B.: Silikonabdichtung, Entschäumer, Backform)
- Silikonemulsion
- Silikonharz
- Silikonkautschuk
- Silikonschlauch
- Silikonöl

Zum Themenbereich Silikone gibt es didaktisch aufbereitetes Material („Chem2do-Koffer“), das u. a. in Kooperation mit der LMU München als Didaktikpartner entstanden ist. Dieses Material ist nach dem Besuch einer entsprechenden Fortbildung zu erhalten. Auch die regelmäßige kostenlose Nachbestellung von Chemikalien ist möglich (Auslieferung einmal monatlich).

Weitere Informationen unter <https://www.chem2do.de/c2d/de/home/index.jsp>.

Farbstoffe

- Bromthymolblau
- Chlorophyll
- Fuchsinlösung
- Lackmus
- Methylenblau
- Paprikapulver
- **Sudan(III)-Rot**
- Tinte

Vitamine

- Ascorbinsäure (Vitamin C)



Nachweisreagenzien

- Benedict-Reagenz
- Bleiacetatpapier
- Bromthymolblaulösung
- Cerammoniumhydrat
- Chlor-Zink-Iod-Lösung
- Fehling (I)
- Fehling (II)
- Glucose-Teststäbchen
- Iodkaliumiodidlösung
- Kohlenstoffmonoxid, Prüfröhrchen, empfindliche Stufe
- Lackmuslösung
- Ninhydrin
- **Phenolphthalein**
- Pufferlösung
- Resorcin (bzw. Seliwanow Reagenz)
- Schiffs Reagenz
- Schweitzers Reagenz
- Silbernitratlösung
- Testset, Wasser
- Thymolphthalein
- Universalindikator 1-14
- Universalindikatorpapier
- Wasser, Nachweisreagenz

Sonstiges

- Bärlappsporen
- Harnstoff
- Hefe
- Zahnpasta

7.2 Ergänzende Chemikalien

Diese Sammlung mit ergänzenden Chemikalien ist in erster Linie dafür gedacht, den Unterricht mit weiterführenden Experimenten zu vertiefen und interessanter zu gestalten. Auch finden sich hier Chemikalien wieder, welche in „Showversuchen“ oft benötigt werden.

Auch diese Liste ist in anorganische und organische Chemie unterteilt. Die anorganischen Chemikalien sind alphabetisch sortiert, während die organischen Chemikalien nach Themengebieten untergliedert sind. Zusätzlich sind hier jedem vorgeschlagenen Stoff exemplarische Themenkomplexe bzw. Versuche zugeordnet, um mögliche Einsatzbereiche zu illustrieren.

Anorganische Chemie

Chemikalie	Themenkomplex / Versuch
Aluminiumcarbid	Methanherstellung
Ammoniumheptamolybdat	Phosphatnachweis
Ammoniumhydrogencarbonat (Hirschhornsalz)	Backtriebmittel
Barium	Demonstrationsmaterial
Bariumnitrat	Flammenfärbung, Oxidationsmittel, Nitratnachweis
Borsäure	Glasherstellung
Calciumphosphat	Säureeinwirkung auf Zähne
Cäsiumchlorid	Flammenfärbung
Chrom	Demonstrationsmaterial
Dikaliumhydrogenphosphat	Düngemittel, Komplexbildner, Puffer
Gold	Demonstrationsmaterial
Kaliumaluminiumsulfat (Alaun)	Kristallzüchtung
Kaliumhydrogenphosphat	Kristallbaum
Kaliumiodidpapier	Stärkenachweis
Kaliumperchlorat	Oxidationsmittel
Kaliumperoxidisulfat	Polymerisationsinitiator
Kieselgel	Trockenmittel
Kobalt	Demonstrationsmaterial
Magnesiumchlorid	Lebensmittelzusatzstoff, Säureregulator

Chemikalie	Themenkomplex / Versuch
Magnesiumoxid	Neutralisierung von Säuren, Magnesia
Mangan	Demonstrationsmaterial
Mangan(II)-chlorid	Katalysator, Bestimmung Wasserhärte
Natriumacetat-Trihydrat	Handwärmer
Natriumaluminiumsilikat	Herstellung Tinte
Natriumbromat	Herstellung von Bromwasser
Natriumdithionit	Lumineszenz, Bleichmittel, Reduktion von Indigo
Perhydrit-Tabletten	Wasserstoffperoxidherstellung
Rubidiumchlorid	Flammenfärbung
Strontiumnitrat	Bengalisches Feuer
Titan	Demonstrationsmaterial
Titandioxid	Weißpigment, Eigenschaften Metalloxide
Trinatriumphosphat	Stabilisator, Phosphatnachweis
Wismut	Demonstrationsmaterial
Wolfram	Demonstrationsmaterial
Woodsche Legierung	Eigenschaften von Metallen
Zement	Alltagschemie

Organische Chemie

Alkohole	Themenkomplex / Versuch
2-Pentanol	Eigenschaften Alkohole (Sinkgeschwindigkeit, Isomerie, ...)
Sorbit	Unterscheidung Zucker/Süßstoff, Mehrwertige Alkohole
Ketone	Themenkomplex / Versuch
Kampfer	Brennender Schneeball
Säuren/Säurelösungen	Themenkomplex / Versuch
Acetylsalicylsäure	Beispiel für feste organische Säure
Gallussäure	Tintenherstellung
Sulfanilsäure	Nachweis Nitrat/Nitrit
Terephthalsäure	Kunststoffherstellung
Kohlenhydrate	Themenkomplex / Versuch
Cellulosehydrat	Herstellung Schießbaumwolle
Dextroenergy	Demonstrationsmaterial, Zuckernachweis
Mannose	Eigenschaften Kohlenhydrate
Natriumalginat	Ersatzstoff für Kunststoffe
Cyclodextrine	Wirt-Gast-Komplex (Experimentiermaterial im „Chem2do-Koffer“ enthalten)
Aminosäuren/Eiweiße	Themenkomplex / Versuch
Cystein	Aminosäure mit Schwefel
Fette/Öle/Seifen	Themenkomplex / Versuch
Alkylbenzolsulfonat	Bestandteil von Waschmitteln
Leinöl	Fettnachweis, Nachweis Mehrfachbindung



Empfehlungen für eine zeitgemäße Ausstattung des Chemiebereichs

Kunststoffe	Themenkomplex / Versuch
Bakelit	Demonstrationsmaterial (Kunststoffe)
Nylon	Demonstrationsmaterial
Polytetrafluorethylen	Eigenschaften Kunststoffe
Polyurethan	Eigenschaften Kunststoffe
Polyvinylpyrrolidon	Superabsorber
Probe Perlon	Demonstrationsmaterial, Eigenschaften Kunststoffe
Probe Polyester	Demonstrationsmaterial, Eigenschaften Kunststoffe
Probe Polyethylen	Demonstrationsmaterial, Eigenschaften Kunststoffe
Probe Polystyrol	Demonstrationsmaterial, Eigenschaften Kunststoffe
Probe Polyvinylchlorid	Demonstrationsmaterial, Eigenschaften Kunststoffe
Styrol	Kunststoffherstellung

Farbstoffe	Themenkomplex / Versuch
Indigo	Färbemittel

Nachweisreagenzien	Themenkomplex / Versuch
Methylorange	Indikatoren
Methylrot	Indikatoren

Sonstiges	Themenkomplex / Versuch
Diethylether	Flammpunkt
Fluorescein	Titration von Lösungen
Fulleren	Demonstrationsmaterial
Gummi arabicum	Demonstrationsmaterial
Luminol	Chemolumineszens