

GUV-SI 8039 (bisher GUV 57.1.30.4)

GUV-Informationen
Sicherheit im Unterricht



Kunststoff

Ein Handbuch für Lehrkräfte



Gesetzliche
Unfallversicherung

Herausgeber

Bundesverband der Unfallkassen
Fachgruppe „Bildungswesen“, Sachgebiet
„Naturwissenschaftlich-technischer Unterricht“
Fockensteinstraße 1, 81539 München
www.unfallkassen.de

Autoren:

Paul Döring und Prof. Dr. Gert Reich

Illustrationen:

Ruf & Spreigl, München

Titelfoto:

Ralf Blechschmidt

© Mai 2004

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit
vorheriger Genehmigung des Herausgebers.

Printed in Germany

Zu beziehen unter Bestell-Nr. GUV-SI 8039 vom zuständigen
Unfallversicherungsträger, siehe vorletzte Umschlagseite.

GUV-SI 8039 (bisher GUV 57.1.30.4)

GUV-Informationen

Sicherheit im Unterricht

Kunststoff

Ein Handbuch für Lehrkräfte



Gesetzliche
Unfallversicherung

	Seite
Vorwort	4
Begriffsbestimmungen	5
Verzeichnis der Abkürzungen und Handelsnamen	6
Lagerung von Kunststoffen und Hilfsmitteln	7
Lagerung von Lösemitteln	9
Spanende Bearbeitung von Kunststoffen	10
Warmformen	13
Schweißen/Kleben	17
Verschäumen von PU-Harzen	19
Glasfaserverstärkte Kunststoffe	21
Gefahrensymbole/Gefahrenbezeichnungen nach GefStoffV	25
Hinweise auf die besonderen Gefahren/Sicherheitsratschläge	29
Besondere Hinweise zur Unfallverhütung und zur Ersten Hilfe bei der Verarbeitung von Kunststoffen	35
Informationen zur Ersten Hilfe	37
Ausgewählte Kunststoffe (Tabelle 1)	40
Ausgewählte Kunststoffe (Tabelle 2)	42
Übersicht über gebräuchliche Lösemittel (Tabelle 3)	44
Sicherheitsdatenblatt	46
Wichtige Anschriften und Telefonnummern	51
Literaturverzeichnis	52
Stichwortverzeichnis	53

Kunststoffe haben inzwischen die Palette der im Unterricht bearbeitbaren Werkstoffe wesentlich erweitert. Die technologischen Verfahren des Umformens und Urformens sind anschaulich und relativ einfach darstellbar. Auch Verfahren des Trennens, Fügens und Beschichtens können an diesen Materialien von Schülern praktisch erfahren werden.

Von einem großen Teil der Kunststoffe gehen bei sachgemäßer Anwendung keine Gefahren aus. Sie lassen sich sogar meist problemloser bearbeiten als die traditionellen Materialien wie Holz und Metall. Bei der Vielzahl der angebotenen Stoffe muss die Lehrkraft jedoch die für den Unterricht einsetzbaren auswählen. Auch muss sie berücksichtigen, dass bei der Arbeit mit bestimmten Kunststoffen (z.B. Polyvinylchlorid) besondere Sicherheitsmaßnahmen beachtet werden müssen und dass einige Hilfsstoffe der Kunststoffverarbeitung „Gefahrstoffe“ nach der Gefahrstoffverordnung sind (z.B. Klebstoffe, Lösemittel und Härter).

Grundsätzlich gilt, die Verwendung von Gefahrstoffen möglichst zu vermeiden und Gefahrstoffe durch Stoffe mit geringerem gesundheitlichen Risiko zu ersetzen. Dies wird allerdings nicht immer gelingen, denn mit der Verarbeitung von Kunststoffen ist oft die Verwendung von Lösemitteln verbunden.

Müssen dennoch Kunststoffe oder Lösemittel verwendet werden, die z.B. allergieauslösend wirken können (siehe Tabellen im Anhang), so dürfen Schüler, die bereits Allergien haben, grundsätzlich nicht mit diesen Stoffen oder deren Dämpfen in Berührung kommen.

Es ist eine Aufgabe der Schule, den richtigen Umgang mit diesen Materialien zu lehren, weil die Kunststoffe nicht nur in der Produktion und in vielen Lebensbereichen große Bedeutung gewonnen haben, sondern auch schon Schüler im Hobbybereich unbekümmert mit ihnen umgehen.

Hinsichtlich der „Gefahrstoffe“, die als Hilfsstoffe bei der Kunststoffverarbeitung Verwendung finden (z.B. Klebstoffe, Lösemittel, Härter) wird an dieser Stelle auf die „Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht“ (GUV-SI 8070) – eine Empfehlung der Kultusministerkonferenz verwiesen, die eine Vielzahl von allgemeinen Sicherheits- und Verhaltensregeln für den Umgang mit Gefahrstoffen sowie eine umfangreiche Gefahrstoffliste mit ausführlichen Erläuterungen enthält. Kunststoffe – insbesondere aber Hilfsstoffe – können beim Vorliegen der entsprechenden Gefährlichkeitsmerkmale unter die „Gefahrstoffverordnung“ fallen und müssen diesbezüglich gekennzeichnet sein.

Der Text dieser Broschüre basiert auf einem Manuskript der Herren Paul Döring und Prof. Dr. Gert Reich der Universität Oldenburg, Institut für Technische Bildung.

Kunststoffe sind synthetisch hergestellte Konstruktionswerkstoffe (z.B. PE, PVC) oder abgewandelte Naturstoffe (z.B. Zellulosederivate). Sie werden in drei Gruppen unterteilt:

Thermomere (Thermoplaste)

Thermomere haben unter den Kunststoffen den größten Anteil und sind dadurch gekennzeichnet, dass sie unter Temperatureinwirkung reversibel erweichen und dann plastisch formbar sind. Sie sind zum größten Teil in organischen Lösungsmitteln löslich. Dieses Verhalten beruht auf der besonderen Anordnung der Molekülketten (lineare Struktur).

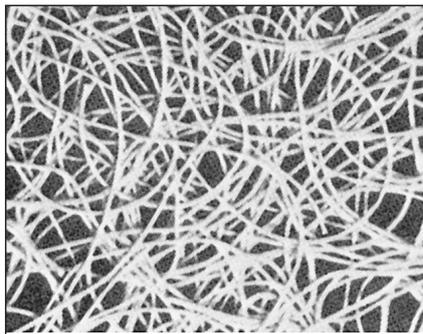
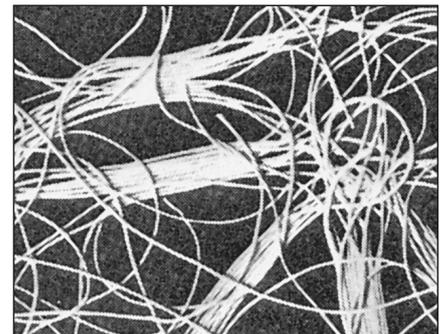


Abb. 1: Thermomere a) amorph



b) teilkristallin

Duromere (Duroplaste)

Duromere härten sowohl drucklos und kalt als auch unter Druck und Wärmezufuhr aus. Die Molekülketten sind engmaschig vernetzt und lassen sich im Allgemeinen nicht in organischen Lösemitteln lösen. Sie schmelzen auch nicht unter Temperatureinwirkung, sondern zersetzen sich oder verkohlen.

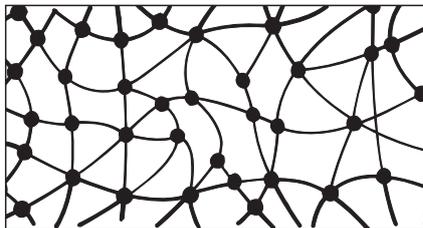


Abb. 2: Duromere

Elastomere (Elaste)

Die Molekülketten der Elastomere sind grobmaschig miteinander vernetzt, dadurch erklärt sich ihr elastisches Verhalten. Von organischen Lösemitteln werden sie im Allgemeinen nicht aufgelöst, sondern quellen auf.

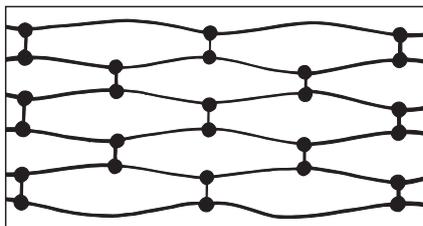


Abb. 3: Elastomere

Verzeichnis der Abkürzungen und Handelsnamen

Abkürzung	Kunststoffname	eingetragene Handelsnamen (Beispiele)
ABS	Acrylnitrilbutadienstyrol	Luran
EP	Epoxidharz	Araldit Beckopox Rütapox
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff	
GFUP	Glasfaserverstärkte, ungesättigte Polyesterharze	
MF	Melamin-Formaldehydharz	Keramin Resamin Resopal
PA	Polyamid	Nylon Ultramid Perlon
PE	Polyäthylen	Hostalen Lupolen Vestolen
PF	Phenol-Formaldehydharz	Bakelit Resarit Urafen
PMMA	Polymethylmethacrylat	Degalan Plexiglas Resarit
PP	Polypropylen	Hostalen PP Luparen Vestolen P
PS	Polystyrol	Edistir Styroflex Styropor
PTFE	Polytetrafluorethylen	Hostaflon Teflon
PU	Polyurethanharz	Desmodur Desmophen Lupranol
PVC	Polyvinylchlorid	Hostalit Mipolam
SI	Silikon	Baysilon GE-Silicones Wackersilon
UP	ungesättigte Polyesterharze	Alpolit Leguval Palatal

Die Lagerung von Kunststoffen ist in der Regel problemlos. Lediglich die brennbaren Lösemittel und die Peroxide (= Härter für UP-Harze) müssen gesondert unter den weiter unten beschriebenen Bedingungen gelagert werden.

Plattenware

Es ist zweckmäßig, Platten eng stehend und senkrecht zu lagern, sodass Verbiegungen weitgehend vermieden werden und der Platzbedarf gering ist. Die Platten sind gegen Wegrutschen zu sichern.

Profile

Profile werden auf Regalbrettern liegend gelagert.

Granulate und Pulver

Diese Materialien werden grundsätzlich in der Originalverpackung belassen, um Verschmutzung zu vermeiden.

Für die oben genannten Materialien gilt: direkte Sonneneinstrahlung ist zu vermeiden, da bei den Kunststoffen die Gefahr der Vergilbung und Alterung (Photooxidation, Versprödung) besteht. An die Lagertemperatur werden im Allgemeinen keine besonderen Anforderungen gestellt. Hohe Luftfeuchtigkeit bei der Lagerung wirkt sich hingegen ungünstig auf die Verarbeitung aus.

Flüssige Kunststoffe (UP-Harze)

Flüssige Kunststoffe können brennbare Flüssigkeiten sein oder diese enthalten. Der entsprechende Hinweis ist auf der Originalverpackung zu finden. (Einer der Gründe, Kunststoffe und Hilfsmittel nur in Originalverpackungen zu lagern!) Diese Stoffe sind dann wie brennbare Lösemittel

zu lagern und unterliegen hinsichtlich der Lagermengen und -bedingungen den in Abschnitt „Lagerung von Lösemitteln“ genannten Anforderungen.

Klebstoffe

Klebstoffe sind in der Originalverpackung dunkel und kühl aufzubewahren. Ihre Lagerfähigkeit ist begrenzt. Die Hinweise der Hersteller sind zu beachten.

Peroxide – Härter für UP-Harze

Organische Peroxide sind grundsätzlich in Originalgebinden stets getrennt von brennbaren Stoffen und insbesondere von Beschleunigern zu lagern. Bereits abgefüllte Reste dürfen nicht in die Originalgebinde zurückgegossen werden. Verunreinigungen jeder Art sind zu vermeiden, da sonst Explosionsgefahr besteht. Der Lagerraum soll gut gelüftet werden können. Direkte Sonneneinstrahlung ist unbedingt zu verhindern. Bei der Lagerung sind die Herstellerangaben unbedingt zu beachten. Wegen langsamer Selbstersetzung ist die Lagerfähigkeit der Peroxide begrenzt – siehe Hinweise der Hersteller.

Sind organische Peroxide überlagert, als Reste vorhanden, verunreinigt oder verschüttet, so muss man sich im zugehörigen Sicherheitsdatenblatt genau informieren, wie die Beseitigung erfolgen muss. Der Hersteller oder Lieferant ist verpflichtet, dazu Angaben zu machen. Bei manchen Peroxiden erhöht sich z.B. beim Eintrocknen die Explosionsgefahr.

Im Lagerraum, der nicht allgemein zugänglich sein darf, herrscht Rauchverbot – Hinweisschilder sind innen und außen an der Tür anzubringen.



Abb. 4:
Gefahrenhinweis „leichtentzündlich“



Abb. 5:
Gefahrenhinweis „Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten“

Reaktionsbeschleuniger für UP-Harze

Reaktionsbeschleuniger (z.B. Cobalt-naphtenat) können mit brennbaren Löse-mitteln zusammen gelagert und wie diese behandelt werden.

Die Lagerung vorbeschleunigter Harze ist problemloser, allerdings haben diese nur eine eingeschränkte Haltbarkeitsdauer, die unbedingt beachtet werden muss.

Füllstoffe und Verstärkungs-materialien

Diese Stoffe sollten trocken und staubge-schützt aufbewahrt werden, möglichst in der Originalverpackung.

Zusammenfassung der wichtigsten Schutzmaßnahmen

- Arbeitsstoffe grundsätzlich in Original-behältern lagern.
- Organische Peroxide und Beschleuni-ger unbedingt getrennt lagern.
- Haltbarkeitsdatum der Hersteller beachten.
- Der Lagerraum muss verschließbar sein, es herrscht Rauchverbot.
- Für gute Belüftung sorgen, Sonnenein-strahlung vermeiden.
- Ggf. Sicherheitsdatenblätter vom Her-steller beschaffen oder anfordern.

Beseitigung von Resten und Abfällen

In unverbrauchte flüssige Kunststoffe werden nacheinander Beschleuniger und Härter eingerührt. Der ausgehärtete Kunststoffrest muss als Sondermüll ent-sorgt werden. Auf diese Weise lassen sich problemlos geringe Mengen von Beschleuniger- und Härterresten ver-nichten.

Sind Reste aus der Kunststoffverarbei-tung so nicht mehr zu verarbeiten, dann geben die entsorgungspflichtigen Körper-schaften (in der Regel der Sachkostenträ-ger der Schule) über die Möglichkeiten zur Abfallbeseitigung Auskunft.

Von nahezu allen Lösemitteln gehen besondere Gefahren aus. Sie können Haut- und Schleimhautreizungen verursachen, beim Einatmen narkotisieren und toxisch wirken. Meist können sie große Mengen Fett lösen und so die fetthaltige Hautschuttschicht bei Kontakt zerstören. Sie erleichtern damit anderen hautreizenden Stoffen den Zugang und geben so Anlass zu Hautveränderungen. Lösemittel sind meist bei niedriger Temperatur mit niedriger Zündenergie zu entflammen. Bei ungenügender Belüftung können explosionsfähige Luft-Lösemittel-Gemische entstehen.

Deswegen sind hochentzündliche und leichtentzündliche Flüssigkeiten sowie explosionsgefährliche Stoffe nur in den für den Unterricht erforderlichen kleinen handelsüblichen Mengen zu beschaffen. **Dabei ist darauf hinzuweisen, dass für hochentzündliche und explosionsgefährliche Stoffe ein Verwendungsverbot für Schüler unter 16 Jahren besteht.** Brennbare Flüssigkeiten (Flammpunkt bis 100 °C) dürfen im Schulbereich für den Handgebrauch nur in Gefäßen von höchstens einem Liter Nennvolumen aufbewahrt werden. Die Aufbewahrung dieser Flüssigkeiten hat grundsätzlich in Sicherheitsschränken oder Lagerräumen nach TRBF 20 „Läger“ zu erfolgen. Brennbare Flüssigkeiten können auch in Labor- und Chemikalienschränken untergebracht werden, die

- an einer wirksamen Entlüftung angeschlossen sind, die einen mindestens 10fachen Luftwechsel je Stunde gewährleistet und die auftretenden Gase und Dämpfe ständig ins Freie leitet,

- unterhalb der untersten Stellfläche mit einer Auffangwanne aus nicht brennbarem Werkstoff ausgerüstet sind, die mindestens 10 % der maximal zulässigen Aufbewahrungsmenge aufnehmen kann, mindestens jedoch den Rauminhalt des größten Gefäßes,
- mit Türen ausgestattet sind, die von selbst schließen und an der Frontseite der Türen mit dem Warnzeichen W 01 und Verbotssymbolen P 02 gekennzeichnet sind.
- im Brandfall z.B. durch Unterbrechung der Schranklüftung eine Brandausbreitung verhindern.

In diesen Schränken dürfen brennbare Flüssigkeiten jedoch nur bis zu einem Gesamtvolumen von 60 Litern aufbewahrt werden, davon höchstens 20 l hoch- und leichtentzündliche und 40 l sonstige brennbare Flüssigkeiten. Je Raum ist nur ein Schrank zulässig.

Die Regelungen finden keine Anwendung, soweit brennbare Flüssigkeiten in der für den Fortgang der Arbeit erforderlichen Menge bereitgehalten werden.

Viele Kunststoffe lassen sich sägen, drehen, bohren, fräsen, feilen, schneiden, gewindeschneiden und hobeln. Ihre Bearbeitung ähnelt der von Metallen. Die notwendigen Werkzeuge sind in fast allen Schulwerkstätten zu finden. Bei allen zerspanenden Verfahren muss berücksichtigt werden, dass die Wärmeleitfähigkeit der Kunststoffe nur einen Bruchteil der von Metallen beträgt. Man muss daher mit

- relativ geringer Schnittgeschwindigkeit,
- großem Vorschub und
- großen Spanquerschnitten arbeiten.

Anreißen und brechen

Kunststoffe können mit dem Bleistift oder, je nach weiterer Bearbeitung, mit der Reißnadel angerissen werden. Dünnes Plattenmaterial aus PS und PS-Derivaten und PMMA (bis 4 mm Dicke und 40 mm Länge der Brechkante) kann nach dem Anreißen abgebrochen werden. Dabei können Stücke absplintern – Schutzbrille aufsetzen, Schutzhandschuhe tragen. Um die Verletzungsgefahr zu vermindern, muss der entstehende Grat entfernt werden, wozu sich eine Ziehklinge besonders eignet.

Raspeln und feilen

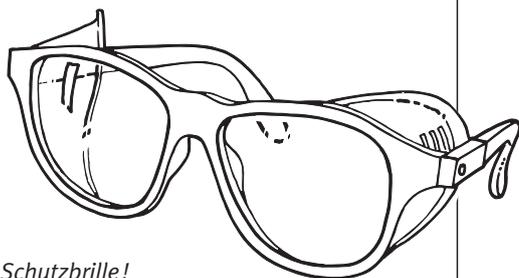
Die Bearbeitung der thermoplastischen Kunststoffe ist problemlos mit in der Schule üblichen Metall- oder Holzfeilen möglich. Auch nicht zu grobe Raspeln und Surformfeilen können eingesetzt werden. Beim Einspannen der Werkstücke muss auf die Verwendung weicher Zwischenlagen (Filz, Pappe) geachtet werden, da die Materialoberfläche sonst leidet.

Bohren

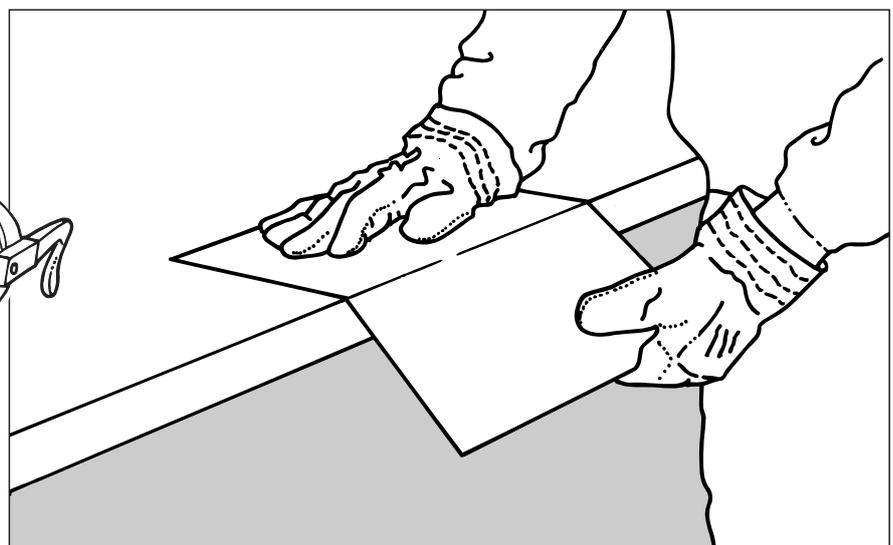
Für das Bohren der Kunststoffe gibt es spezielle Kegel-, Flach- und Stufenbohrer. Der korrekt angeschliffene Spitzenwinkel beträgt 60–90°. Man kann aber auch Kunststoffe mit handelsüblich angeschliffenen HSS-Bohrern oder mit Bohrern aus normalem Werkzeugstahl (CV-Stahl) bearbeiten.

Das Ankörnen der Bohrungsmittelpunkte ist nur bei schlagzähen Kunststoffen möglich, da sprödes Material platzen kann. Bei spröden Kunststoffen kann man jedoch mit einer Reißnadel den Bohrungsmittelpunkt anritzen.

Abb. 6: Brechen einer Kunststoffplatte



Schutzbrille!



Zu den Drehzahlen und Vorschubgeschwindigkeiten lässt sich folgende Faustregel aufstellen: Es wird mit 50 % der für Buntmetall üblichen Drehzahl oder langsamer gebohrt, um eine Überhitzung des Werkstücks zu vermeiden. Der Bohrer soll öfter „gelüftet“ werden, um den Spanabfluss zu verbessern.

Wird mit höheren Bohrgeschwindigkeiten gearbeitet, ist das Material mit Wasser oder Öl zu kühlen; dies gilt auch bei Platten über 5 mm Dicke oder großen Bohrchlohdurchmessern. Für das Bohren sind stationäre Bohrmaschinen zu verwenden, die Bohrungen sind anschließend anzusenken. Auch beim Einsatz von Lochsägen für große Bohrungen sollte mit Kühlung gearbeitet werden.

Gewindeschneiden

Gewindeschneiden ist mit den üblichen Schneideisen und Gewindebohrern möglich, es wird ohne Kühl- oder Schmiermittel gearbeitet. Um einen exakten Gewindeauslauf zu erhalten, wird die Kernlochbohrung angesenkt. Der Durchmesser der Kernlochbohrung wird, wie bei Metallen, mit Hilfe der Faustregel

**Bohrung =
Gewindedurchmesser x 0,8 mm**

ausreichend bestimmt. In der Regel kann gleich mit dem Fertigschneider gearbeitet werden.

Beim Fräsen von thermoplastischen Kunststoffen sollten Werkzeuge mit wenigen Schneiden verwendet werden. Damit die Wärme ausreichend mit den Spänen abgeführt werden kann, wird mit großem Vorschub, großer Schnitttiefe und geringer Schnittgeschwindigkeit gearbeitet, sodass große Späne entstehen.

Drehen

Ähnlich wie bei Metallen sollte das Werkstück vor dem Einspannen auf eine annähernd zylindrische Form gebracht werden. Der Spanwinkel des Werkzeugs sollte $0-4^\circ$ betragen, der Freiwinkel $5-10^\circ$. Zur Wärmeabfuhr werden große Spanquerschnitte mit hohem Vorschub und großer Schnitttiefe erzeugt.

Sägen

Zum Sägen von Thermoplasten eignen sich alle in der Holzbearbeitung üblichen Maschinen. Die dabei während des Arbeitsvorgangs entstehende Reibungswärme kann jedoch leicht zur Überhitzung der Schnittstellen führen. Vielzahnige Sägeblätter sind daher für die Bearbeitung besser geeignet. Beste Ergebnisse werden auf der Kreissäge jedoch mit hartmetallbestückten, fein gezahnten Sägeblättern bei hoher Schnittgeschwindigkeit erzielt. Für die Schüler können auch Handwerkzeuge wie Laubsägen, geschärfte Feinsägen oder Fuchsschwänze im Unterricht eingesetzt werden.

Beim Sägen von PMMA sollte die Schutzfolie nicht entfernt werden, um die Oberfläche zu schützen. Um das Ausreißen am Sägeschnitt zu vermeiden, kann von unten auf die Platte ein Tesafilmstreifen geklebt werden, der beim Sägen mit durchgeschnitten wird.

Schleifen

Das Schleifen thermoplastischer Kunststoffe kommt in der Regel nur dann in Frage, wenn Bearbeitungsspuren, die auf fehlerhafte Arbeitsgänge zurückzuführen sind, beseitigt werden müssen. Es kann von Hand oder mit Band-, Rotations- oder Schwingschleifer gearbeitet werden. Geschliffen wird mit immer feiner werden der Körnung, ein letzter Schliff mit der Körnung 400 wird nass ausgeführt.

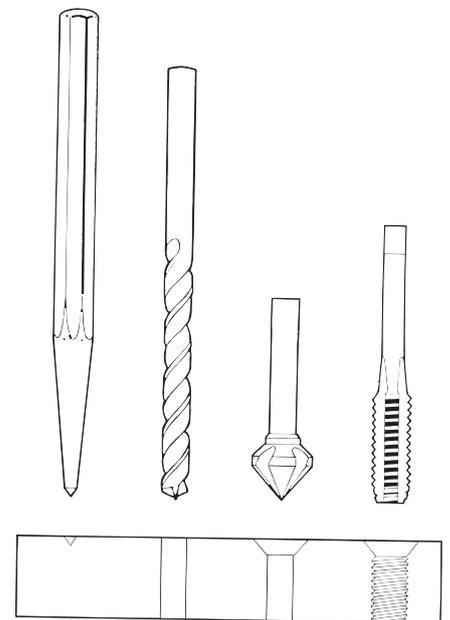
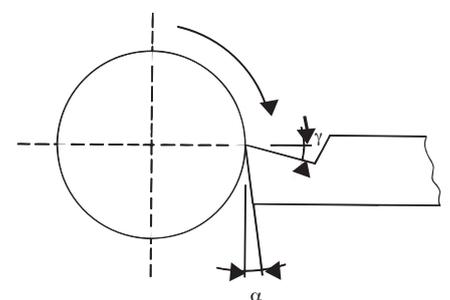


Abb. 7: Bohren, Ansenken, Gewindeschneiden



Freiwinkel $\alpha = \text{ca. } 8^\circ$
Spanwinkel $\gamma = \text{ca. } 14^\circ$

Abb. 8: Spanwinkel/Freiwinkel

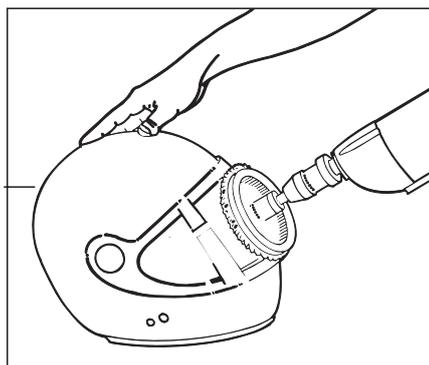


Abb. 9:
Polieren eines Visiers eines Schutzhelms
mit Hilfe einer Schwabbelscheibe

Eine Überhitzung des Werkstücks ist zu vermeiden, da sonst unbefriedigende Arbeitsergebnisse entstehen – außerdem können gesundheitsschädliche Zersetzungsprodukte entstehen.

Polieren

Besonders gute Oberflächen erhält man durch Polieren. Auch hier ist eine Überhitzung des Materials zu vermeiden: Der Anpressdruck beim Arbeiten sollte daher möglichst gering sein.

Gegebenenfalls wird vor dem Poliervorgang noch mit 240er und 600er Papier nass vorgeschliffen. Das Poliermittel (Kunststoff-Polierpaste, lösemittelfreie Autopolitur) wird mit einem weichen Tuch aufgetragen.

Duromere

Diese Werkstoffe bestehen überwiegend aus Kunstharzen als Bindemittel und Füllstoffen bzw. Verstärkungsmaterialien, die u.a. mineralische Bestandteile oder Glasfasern enthalten.

Duromere können mit den üblichen Verfahren mechanisch bearbeitet werden, das Schneiden von Gewinden ist jedoch schwierig (Abhilfe: Einbetten von Muttern, sog. Inserts).

Die Spanabfuhr der spröde-brüchigen Duromere bereitet keine Probleme, sodass auch feinzahnige Werkzeuge zum Einsatz kommen können. Durch die Füllstoffe werden die Standzeiten der Werkzeuge jedoch außerordentlich verkürzt, sodass man in der industriellen Fertigung diamantbestückte Werkzeuge verwendet. Die Anschaffung solcher Spezialwerkzeuge kommt für die Schule in der Regel nicht in Frage, da diese zu teuer sind. Für Arbeiten an der Kreissäge sind hartmetallbestückte Sägeblätter ausreichend.

Füllstoffe oder Pigmente, die bei der mechanischen Bearbeitung von Duromeren frei werden, können durch die dabei entstehenden Stäube die Gesundheit gefährden. Dies gilt insbesondere für mineralische Füllstoffe mit quarzhaltigen Anteilen (silikogener Staub). Deshalb soll bei größeren Vorhaben die Bearbeitung möglichst nass erfolgen. Falls das nicht möglich ist, muss eine wirksame Absaugung der Stäube erfolgen und Feinstaubfiltermasken (Schutzstufe FFP₁) im Unterricht verwendet werden.

Zusammenfassung der wichtigsten Schutzmaßnahmen

- Bei der mechanischen Verarbeitung können Stäube entstehen, von denen Gefahren für die Gesundheit ausgehen können. Es ist deshalb möglichst nass zu arbeiten.
- Arbeitsräume müssen gut gelüftet werden, Rauchen ist grundsätzlich verboten.
- Bei der maschinellen Bearbeitung sind die entstehenden Stäube abzusaugen, dies gilt besonders bei größeren Vorhaben mit Duromeren, ggf. müssen Feinstaubfiltermasken (Schutzstufe FFP₁) getragen werden.

In diesem Heft wird das Spritzgießen nicht berücksichtigt, da in der Bundesrepublik Deutschland der derzeit einzige Hersteller von Spritzgießmaschinen für allgemein bildende Schulen die Fertigung eingestellt hat.

Als Ausgangsprodukt für das Warmformen dient eine als Halbzeug vorliegende Tafel, Profilstange oder Folie aus thermoplastischem Kunststoff.

Warmformen ist ein Umformen thermoplastischer Halbzeuge durch Druck oder Unterdruck bei der erforderlichen Umformungstemperatur. Bei diesem Prozess macht man sich die typischen Eigenschaften der Thermoplaste zunutze, die bei Erwärmung ihren hartelastischen Zustand aufgeben und in einen Zustand übergehen, in dem sie verformbar sind. Der Umformungsprozess läuft in folgenden Phasen ab:

- Erwärmung bis zum thermoplastischen Zustand
- Überführung in die gewünschte Form
- Abkühlen unter Aufrechterhaltung der Form
- Aus der Form entnehmen (Entformen)

Voraussetzung für eine gute Warmformbarkeit des Halbzeugs ist eine große Spanne zwischen Erweichungs- und Fließtemperatur. Bei steigender Temperatur nehmen Thermoplaste folgende Zustandsformen an: spröde, fest, elastisch, plastisch und zersetzt.

Neben PS haben auch z.B. ABS und PE diese Eigenschaften (siehe auch Abschnitt „Ausgewählte Kunststoffe“ Tabelle 1).

In der Praxis sind Temperaturen von über 200 °C in jedem Fall zu vermeiden, da dies die Depolymerisierung (Zersetzung) der Kunststoffe zur Folge hat. Durch die Überhitzung werden gesundheitsschädliche Stoffe frei, insbesondere bei PVC-Halbzeugen. Schon bei Temperaturen oberhalb von 100 °C findet eine Chlorwasserstoffabspaltung (HCl) statt. Im Zersetzungsprozess kann das krebserregende Vinylchlorid (VC) frei werden. Besser geeignet erscheinen deshalb PE und PS, deren Verwendung auch für den Lebensmittelsektor zugelassen ist.

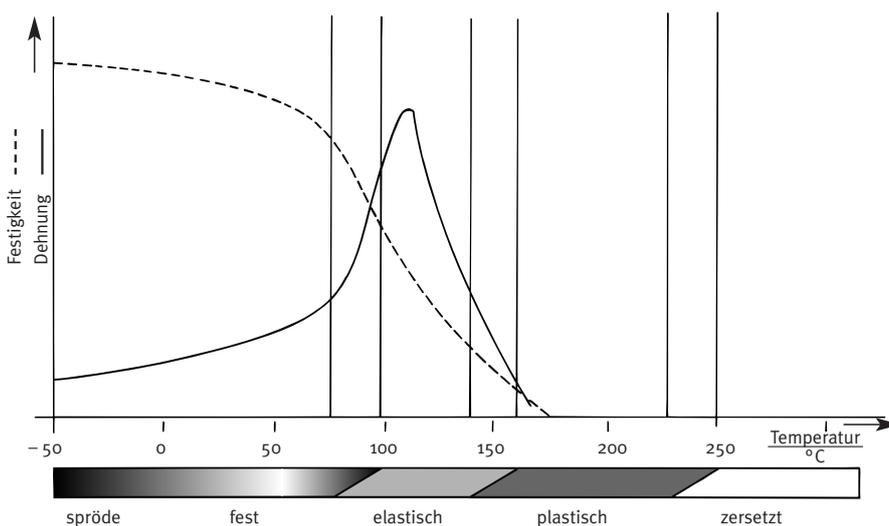


Abb. 10:
Formänderungsverhalten von
Polystyrol (PS)

Biegen

Bei der Biegeumformung handelt es sich um Abkanten, Biegen und Bördeln, um gerade oder gekrümmte Biegeachsen. Die Materialstärke bleibt annähernd gleich.

Verformung im Backofen oder auf der Heizplatte

Bei einer Temperatur von 150 °C werden in kurzer Zeit auch größere Kunststoffplatten in den biegsamen Zustand überführt. Erweichtes Plattenmaterial lässt sich nun außerhalb des Ofens verformen. Möglich ist auch die Erwärmung auf Bügeleisenflächen (unter ständiger Beobachtung!) oder Elektroherdplatten, auf die zweckmäßigerweise eine dickere und glatte Metallplatte aufgelegt wird. Hierbei ist auf standfesten Versuchsaufbau zu achten. Schutzhandschuhe sind unbedingt erforderlich.

Für diese Art der Umformung eignet sich am besten PE, da es bei Überhitzung keine gesundheitsschädlichen Dämpfe freisetzt.

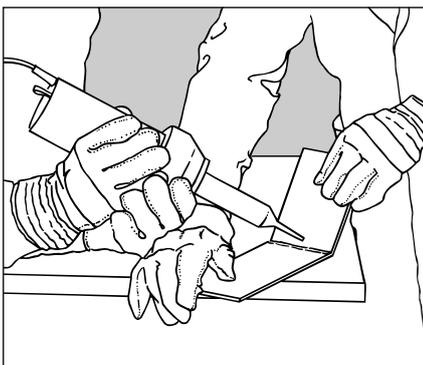


Abb. 11: Schüler erhitzt ein Stück Kunststoff mit einem Heißluftgerät (partielle Verformung)

Verformung durch partielle Erwärmung

Exakte Biegungen des Materials lassen sich durch partielle Erwärmung mit einem Heißluftgerät erreichen. Eine bessere Trennung zwischen dem harten und elastischen Bereich kann man durch Abdecken des nicht zu verformenden Kunststoffs mit Metallblechen erzielen. Durch Hin- und Herbewegen der Heizquelle wird das Material gleichmäßig erwärmt. Es gibt auch Geräte, die Kunststoff-Folien über einem Heizdraht oder Infrarotstrahler erhitzen und abkanten.

Bei der Verformung durch partielle Erwärmung ist zu befolgen:

- **Überhitzung des Materials vermeiden (Zersetzungsgefahr!)**
- **Schutzhandschuhe tragen**

Tiefziehen

Thermoplastische Kunststoffe können in vielfältiger Weise durch Druck oder Zug im thermoelastischen Zustand umgeformt werden. Der Begriff „Tiefziehen“ wird landläufig für diese Verfahren verwendet, was jedoch nicht korrekt ist, da beim Tiefziehen Kunststoff aus einem federnden Spannrahmen in ein Formteil gedrückt wird.

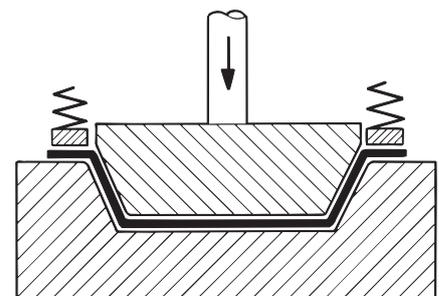
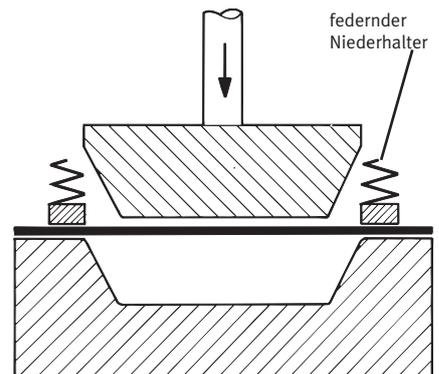


Abb. 12: Tiefziehen mit federndem Niederhalter

Beim Tiefziehen bleibt die Wandstärke weitgehend konstant, da das Material unter dem federnden Spannrahmen nachgezogen werden kann.

Streckziehen

Unter Berücksichtigung der Möglichkeiten im Unterricht lässt sich jedoch das Streckziehen problemloser realisieren. In Unterrichtsvorschlägen wird daher überwiegend dieses Verfahren dargestellt:

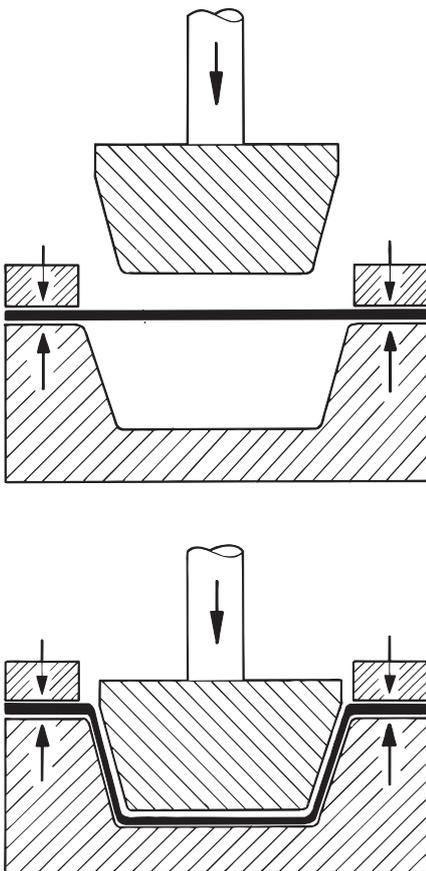


Abb. 13
Streckziehen mit festem Niederhalter

Beim Streckziehen handelt es sich um einen Dehnvorgang, da das thermoplastische Material fest in einen Rahmen gespannt und unter Verringerung der Materialstärke in eine Form gezogen wird. Das kann durch einen Stempel, durch Unterdruck, durch Überdruck, mit oder ohne Matrize oder durch verschiedene Kombinationen dieser Verfahren erfolgen.

Streckziehen nach dem Vakuum-Prinzip

Eine Folie aus thermoplastischem Kunststoff wird durch einen Spanrahmen, der mittels Schraubzwingen auf das Gehäuse gepresst wird, gehalten. Durch einen Flächenheizstrahler wird die Folie bis in den plastischen Bereich erwärmt – erfahrungsgemäß erkennt man den plastischen Bereich an der glänzenden und welligen Oberfläche der Folie. Der über die ganze Fläche möglichst gleichmäßig erhitzte Kunststoff wird nun durch Absaugen der Luft aus dem Tiefziehgehäuse durch die Druckdifferenz zum atmosphärischen Außendruck an die Formwände gedrückt, sodass die Konturen der Form genau wiedergegeben werden. Nach dem Abkühlen behält die so umgeformte Kunststoffolie ihre Form bei.

Die Größe des Formkastens richtet sich sinnvollerweise nach dem Format der Folien, die oft in DIN A 4 geliefert werden. Als Kunststoffmaterial kann z.B. PS (0,5–2 mm stark) verwendet werden (oft geben Firmen Folienreste günstig oder kostenlos ab). Das Gehäuse wird aus Spanplatten luftdicht verleimt. Gehäuseoberkante wie auch Rahmen müssen glatt sein – es bietet sich eine melaminharzbeschichtete Spanplatte zur Herstellung an. Für das Absaugen der Luft kommen Staubsauger und Vakuumpumpen (z.B. aus der Physiksammlung) in Frage. Um ein konturenscharfes Abformen zu ermöglichen, ist es notwendig, das Modell auf einer Lochplatte zu befestigen, die besonders an den Umrissen der Form perforiert ist.

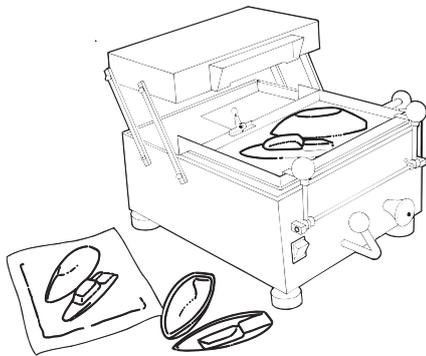


Abb. 14: Tiefziehgerät

Bei ganz kleinen Formkästen lassen sich Fahrradluftpumpen einsetzen, bei denen der Kolben umgedreht und ein Fahrradventil in die Schlauchverbindung zum Gehäuse als Rückschlagsicherung eingesetzt wird.

Einzelne Kollegen haben mit dem Einsatz von Vakuumpumpen aus alten Melkmaschinen gute Erfolge erzielt. Das Formteil lässt sich aus folgenden Materialien herstellen: Holz, Balsaholz, Ton (lederhart oder gebrannt), härtende Modelliermasse, Gips, Metall oder duroplastischer Kunststoff. Als formal-technische Anforderung muss beachtet werden, dass

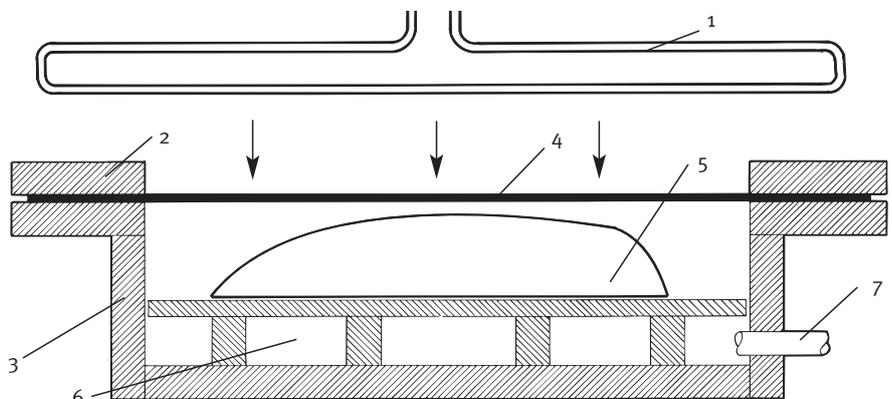
- das thermoplastische Material nur eine begrenzte Materialdehnung beim Streckziehen vorgibt,
- die Form einfache, runde, nicht scharfkantige Konturen hat (möglichst konisch verlaufend),
- die Form so ausgelegt sein muss, dass Hinterschneidungen vermieden werden.

Aus der Abbildung geht hervor, dass die Höhe der Formteile durch eingelegte Distanzleisten angepasst ist. Das Zuleitungskabel zum Heizstrahler ist gegen Berührung mit der Heizquelle zu sichern. Um eine gleichmäßige Erwärmung der Folie zu erreichen, kann es notwendig sein, den Formkasten gleichmäßig unter dem Flächenstrahler zu bewegen (Schutzhandschuhe!). Die zur Erwärmung notwendige Zeit wird durch Versuche ermittelt. Die Luft wird nach Erreichen des plastischen Zustands abgesaugt und der Kasten zum Abkühlen unter dem Strahler weggezogen. Unter Aufrechterhaltung der Formkräfte (hier Unterdruck) muss das Material abkühlen und kann dann der Form entnommen und bearbeitet werden.

Bessere Ergebnisse erzielt man, wenn das schon erwärmte Material vorgestreckt wird. Dies kann man z.B. erreichen, indem man den Spannrahmen oberhalb des Formkastens erwärmt, ihn dann auf das Formmodell drückt, sodass die Kunststoffolie vorgeformt wird. Erst danach wird das Vakuum angelegt.

Abb. 15: Prinzipdarstellung des Vakuum-Streckziehgerätes

- 1 = Heizstrahler
- 2 = Spannrahmen
- 3 = Gehäuse
- 4 = Thermoplatte
- 5 = Formmodell
- 6 = Abstandhalter mit Lochplatte
- 7 = Absaugöffnung



Zusammenfassung der wichtigsten Schutzmaßnahmen

- Wenn nicht mit handelsüblichen Geräten gearbeitet wird, ist der Versuchsaufbau standsicher auszuführen. Das Anschlusskabel des Heizstrahlers ist

fachgerecht anzuschließen. Ein unbeabsichtigtes Berühren der Heizquelle ist durch geeignete Maßnahmen auszuschließen, andernfalls müssen die Schüler zum Schutz vor Verbrennungen Schutzhandschuhe tragen.

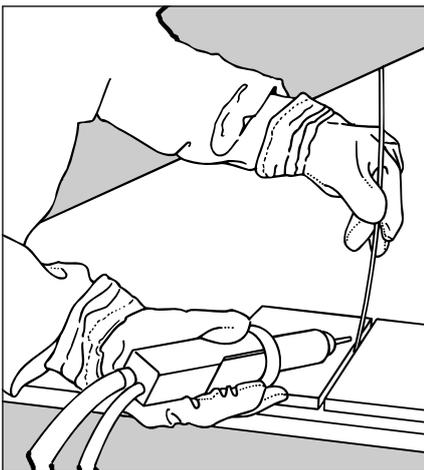
Thermoplastische Kunststoffe sind schweißbar. Geschweißt wird entweder mit Heißluftgeräten oder mit elektrisch beheizten Geräten (z.B. Folienschweißen bei Tiefgefrierprodukten). Die Temperatur beim Schweißen muss ca. 200 °C betragen, da das Material an der Schweißstelle plastisch werden muss.

Wargasschweißen

Die Verbindungsflächen werden mit einem Heißluftgerät erhitzt. Für Heißluftgeräte gibt es entsprechende Vorsätze (Schweißdüse oder -schuh), in die dünne Kunststoffstäbe eingesetzt werden. Der Schweißzusatzwerkstoff muss aus dem gleichen Material wie die zu verschweißenden Teile bestehen.

Der Schweißzusatzstoff verschmilzt bei einer Temperatur von ca. 200 °C mit den Werkstoffen und stellt so eine stoffschlüssige Verbindung her.

Durch die Zugabe des Zusatzstoffes tritt praktisch kein Materialverlust beim Schweißen ein, sodass exakte Arbeitsergebnisse erzielt werden. Man kann auch ohne Zusatzstoffe schweißen, wenn keine besonderen Anforderungen an die Maßgenauigkeit des Werkstücks gestellt werden.



Heizelementschweißen

Beim Heizelementschweißen werden die zu verbindenden Teile an den Schweißflächen direkt oder indirekt erwärmt und unter Druck zusammengefügt. Im Unterricht lassen sich mit Hilfe einer Elektroherdplatte oder einem Bügeleisen (siehe S. 14) kleinere Kunststoffteile stumpf zusammenschweißen. Dabei treten Deformationen und Materialschwund auf.

Zusammenfassung der wichtigsten Schutzmaßnahmen

- Beim Schweißen von Kunststoffen muss auf eine gute Raumlüftung Wert gelegt werden. Insbesondere bei dem improvisierten Heizelementschweißen kann Geruchsbildung auftreten. Auch ist hier das Tragen von Schutzhandschuhen sinnvoll. Es wird dringend davon abgeraten, Schweißnähte mit einem einfachen Lötkolben anzulegen, da ein Teil des Kunststoffes sich zwangsläufig durch Temperaturüberschreitung zersetzt und so gesundheitsschädliche Stoffe frei werden. Außerdem lassen sich mit einem Lötkolben nur ungenügende Arbeitsergebnisse erzielen.

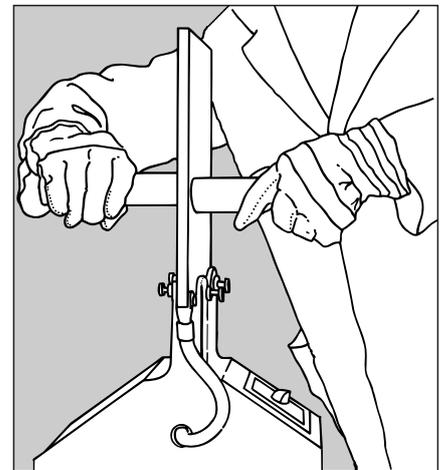


Abb. 17: Heizelementschweißen

Abb. 16: Heißluftschweißen

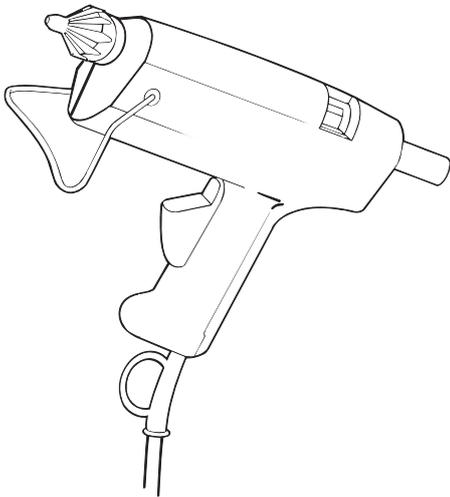


Abb. 18: Klebepistole

Kleben

Beim Kleben werden unterschiedliche oder gleiche Kunststoffe mit Hilfe eines Klebstoffs verbunden. Es ist vielfach auch möglich, den Kunststoff mit anderen Materialien zu verkleben. Hierzu eignen sich Zweikomponenten-Kleber (Epoxidharz-Kleber oder Kontaktkleber).

Bei der Verklebung gleicher Kunststoffe besteht oft die Möglichkeit, die Thermoplaste von einem artspezifischen Lösemittel anzulösen. An der Klebestelle kommt es zu einer Verknüpfung der molekularen Struktur (Kaltschweißen).

Wenn an Verklebungen keine allzu hohen Ansprüche gestellt werden, kann man diese auch mit einer Klebepistole ausführen. Bei dieser Technik wird ein modifiziertes Polyamid als Klebemittel erhitzt.

Die Verklebung von Thermomeren erfolgt durch Anschmelzen und Adhäsion – bei den anderen Kunststoffen durch reine Adhäsion. Fluor-Polymere (z.B. Teflon) können allerdings damit nicht verklebt werden.

Sicherheitshinweise zu Klebstoffen

- Einige Klebstoffe, z.B. Epoxidkleber, Kontaktkleber, Lösemittelkleber können ätzend, gesundheitsschädlich, allergisierend und /oder feuergefährlich sein. Besonders bei großflächiger Anwendung dieser Klebstoffe muss für eine ausreichende Lüftung gesorgt werden. Die Gefahrenhinweise der Hersteller sind unbedingt zu beachten. Sicherheitsdatenblätter sind bei den Herstellern anzufordern.

- Auch UV-härtende Kleber, die gelegentlich für PMMA verwendet werden, können Gesundheitsschäden bei unsachgemäßer Anwendung verursachen. Die Sicherheitsdatenblätter zu diesen Klebstoffen sind unbedingt zu beachten und ggf. anzufordern.
- Verbrennungen durch Schmelzklebstoffe sind sehr schmerzhaft, da der Kleber mit einer Temperatur von mehr als 180 °C austritt. Außerdem haftet er sofort auf der Haut und lässt sich nicht abwischen. Schlecht heilende, tief greifende Verbrennungen sind die Folge. Sofortige Kühlung unter fließendem Wasser kann die Schwere der Verletzung mindern.
- Die im Anhang aufgeführte Betriebsanweisung „Umgang mit Klebstoffen“ enthält eine Auflistung der Sicherheitshinweise.

Polyurethanharze können zusammen mit Treibmitteln Schäume bilden. Die Schäume können je nach Harztyp- und Beimengungen elastisch oder hart, geschlossen- oder offenporig sein. Industriell werden solche Schäume oft unter Druck in geschlossene Formen gespritzt (Integral-schaum) oder z.B. zu Isolierungszwecken (Schalldämmung, Kälteisolierung, Verpackung) verwendet.

Im Unterricht können Schäume in offenen Formen zu Demonstrationszwecken handverschäumt werden. Hier lässt sich die Ausdehnung des Kunststoffes, die das 60fache des Ausgangsmaterials betragen kann, eindrucksvoll beobachten.

Für Isolierungen, für Montageklebungen und für das Ausschäumen von geschlossenen Hohlräumen stehen Einkomponentenschäume zur Verfügung, die als Isolier- und Montageschäume in Druckkartuschen vom Handel angeboten werden. Wenn möglich, sollten nur diese Einkomponentenmaterialien verwendet werden, da ihre Verarbeitung relativ unproblematisch ist. Bei anderen Verfahren wird der Schaum aus zwei flüssigen Komponenten zusammengemührt. Diese Komponenten reagieren nach einer bestimmten Zeit miteinander und bilden den Schaum, der dann mehr oder weniger schnell abbindet.

Polyurethanschaum wird z.B. verwendet, um kleine Boote unsinkbar zu machen. Zu diesem Zweck werden Hohlräume im Bootskörper mit Schaum gefüllt. Als Nebeneffekt stellt sich eine erhöhte Steifigkeit des Schiffes ein. Dieses Verfahren ist nicht ganz unproblematisch, da der Schaum beim Aufschäumen einen Druck von bis zu 3 bar entwickelt. Wird zu viel Kunststoff eingebracht, kommt es zu Verformungen.

Man kann Formkörper aus PU-Schaum herstellen. Dabei ist zu beachten, dass die Form dem entstehenden Druck standhalten kann. Grundsätzlich ist ein Trennmittel zu verwenden, da die Klebkraft des Schaums außerordentlich groß ist. Die sehr wirksamen Trennmittel auf Silikonbasis können nur dann verwendet werden, wenn das Schaumteil später nicht lackiert oder verklebt werden soll. Für die normale Anwendung steht der mit Wasser abwaschbare Polyvinylalkohol zur Verfügung – ebenfalls ein gutes Trennmittel.

Damit das Schaumteil leicht entformt werden kann, dürfen bei einteiligen Formen keine Hinterschneidungen auftreten. Die Formschräge muss 3–5 % betragen. Sind Hinterschneidungen unumgänglich oder können Formschrägen nicht eingesetzt werden, so muss eine zweiteilige Form gebaut werden.

Der entformte Schaum kann mit Schleifpapier, Messer oder Raspel nachbearbeitet werden. Eine Lackierung verbessert das Aussehen. Mechanisch beanspruchte Teile werden mit Glasfaservlies und Polyesterharz überzogen.

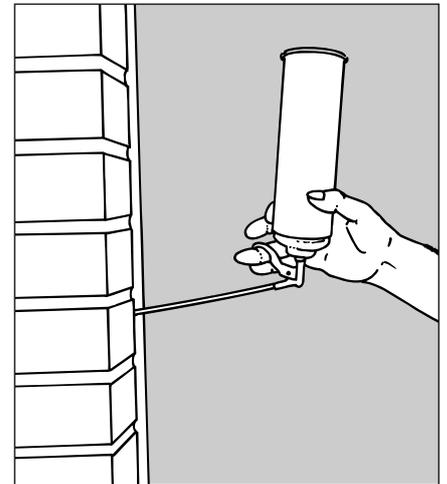
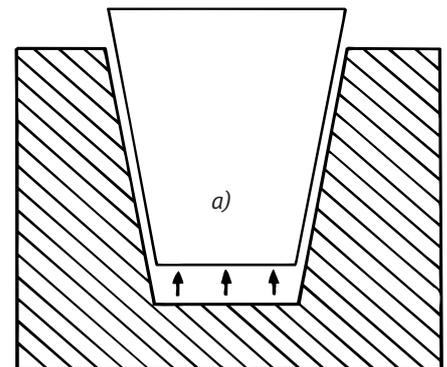
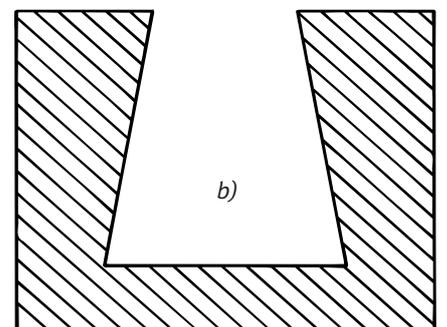


Abb. 19: Einsatz von Montageschaum

Abb. 20: Richtige und falsche Form



- a) Entformen möglich
- b) Entformen wegen Hinterschneidung nicht möglich



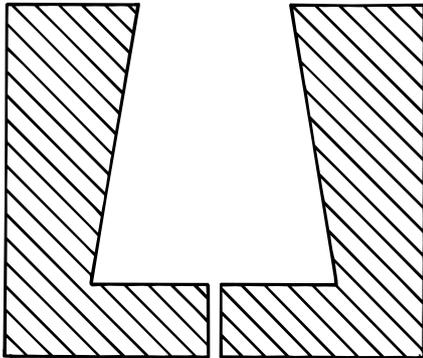


Abb. 21: Zweiteilige Form

Zusammenfassung der wichtigsten Schutzmaßnahmen

- Es wird empfohlen, nur Montageschaum aus Druckkartuschen zu verwenden, da diese das geringste Sicherheitsrisiko aufweisen. Diese Materialien bestehen aus zwei Komponenten, die erst unter dem Einfluss der Luftfeuchtigkeit reagieren.
- Keinesfalls dürfen Polyol-Toluylendiisocyanat-Mischungen verwendet werden, da Toluylendiisocyanat einen sehr hohen Dampfdruck hat und sehr giftig ist.
- Die ungefährlicheren PU-Schäume, die mit Diphenylmethandiisocyanat versetzt sind, dürfen jedoch nur in gut gelüfteten Räumen verarbeitet werden. Durch Schaum verunreinigte Kleidung kann nicht mehr gereinigt werden. Es dauert mehrere Tage bis verunreinigte Hautpartien endgültig sauber sind – außerdem besteht die Gefahr von allergischen Reaktionen.
- Wird der Schaum in eine geschlossene Form gegeben, so müssen Entlüftungslöcher vorhanden sein, durch die die verdrängte Luft entweichen kann. Je höher der Schaum in der Form verdichtet wird, desto fester und spezifisch schwerer wird er.
- Bei Arbeiten mit PU-Harzen sind Schutzbrillen und Schutzhandschuhe zu tragen.
- Mit PU-Harzen benetzte Kleidungsstücke müssen sofort abgelegt werden. Benetzte Haut ist wegen der Gefahr der Sensibilisierung sofort mit einem geeigneten Reinigungsmittel (z.B. Cupran) zu reinigen. Die betroffenen Hautstellen sind anschließend mit einer fetthaltigen Hautschutzcreme einzucremen.
- Essen, Trinken und Rauchen ist im Arbeitsraum nicht erlaubt.

Die Form

UP-Harze können unverstärkt, füllstoffhaltig oder faserverstärkt verarbeitet werden. Das wichtigste Verstärkungsmaterial sind Glasfasern, die zu „Elementarfäden“ ausgezogen, gebündelt und zu Glasfaser-matten oder Geweben verarbeitet werden. Durch die Einbettung der Fasern bekommt der Kunststoff (GFK oder GFUP) eine außerordentliche Elastizität und Festigkeit.

Produkte aus GFK werden stets mit Hilfe einer Form hergestellt. Dabei kann die Form z.B. aus einem zu beschichtenden Bootsrumpf aus Holz bestehen. Da aber bei GFK nur die der Form zugewandte Seite glatt wird, ist ein so hergestellter Bootsrumpf nachzuschleifen und zu versiegeln.

Sollen Produkte aus GFK glatte Außenseiten haben, so muss mit Negativ-Formen gearbeitet werden.

Nur bei Gegenständen mit glatter Innenseite wird mit einer Positiv-Form gearbeitet.

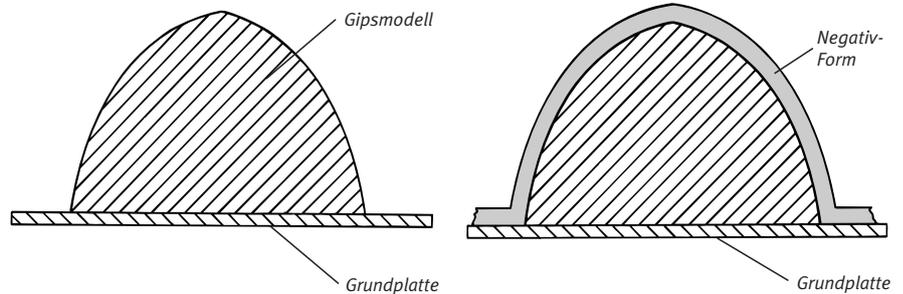


Abb. 22:
Positiv-Form und Negativ-Form

Formmaterialien

- Gips (1-3 Entformungen)
- Holz (bis zu 30 Entformungen)
- GFK (bis zu 1000 Entformungen)
- Stahl (mehr als 1000 Entformungen – industrielle Serienproduktion)

Es ist möglich, mit verlorenen Formen zu arbeiten – meist wird aber ein Positiv (z.B. aus Holz, Spachtelmasse oder Gips) angefertigt, auf dem man eine Negativ-Form aus GFK aufbaut. Sind Hinterschneidungen unumgänglich, so muss diese Form teilbar sein.

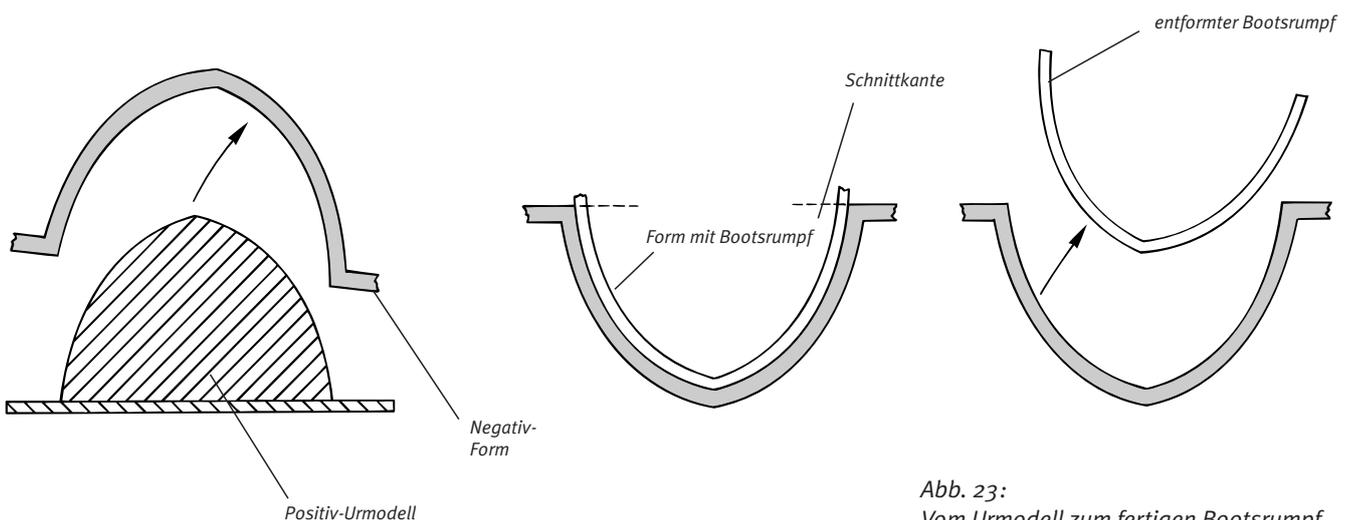


Abb. 23:
Vom Urmodell zum fertigen Bootsrumpf

Die Oberfläche des Urmodells muss absolut glatt und fehlerfrei sein. Sie wird deshalb sorgfältig gespachtelt und geschliffen (zuletzt 400er Papier) und anschließend lackiert. Dabei muss ein Zweikomponentenlack auf Polyurethanbasis (z.B. DD-Lack) verwendet werden, der sich durch das später aufzutragende Harz und dessen Lösemittel Styrol nicht auflöst. Dieser Lack wird aus zwei Komponenten gemischt. Da Bestandteile daraus giftig sind, muss im Unterricht der allgemein bildenden Schule diese Arbeit von der Lehrkraft ausgeführt werden. Obwohl die Oberfläche durch Spritzen besser ausfällt als durch Streichen, wird man DD-Lack in der Schule üblicherweise mit dem Pinsel auftragen, da geeignete Spritzkabinen/Spritzstände in der Regel nicht zur Verfügung stehen. Die Gefahrenhinweise auf den Lackgebinden sind sorgfältig zu beachten.

Auf das fertige Urmodell wird Trennwachs mit dem Lappen oder Pinsel aufgetragen. Das Wachs wird nach dem Trocknen auf Hochglanz poliert. Dann folgt ein Auftrag von Trennlack mittels Schwamm. Der Lack, der wasserlöslich ist und dessen Reste später abgespült werden, muss ebenfalls gut trocknen.

Anmischen des Harzes

Die UP-Harze werden nach folgendem Schema angesetzt: In das Harz wird ein Beschleuniger sorgfältig eingerührt. Dann wird der Härter zugegeben und ebenfalls vorsichtig eingerührt.

Vorsicht: Härter und Beschleuniger dürfen niemals direkt miteinander vermischt werden (Explosionsgefahr). Daher sollten grundsätzlich nur vorbeschleunigte Harze verwendet werden (im Fachhandel erhältlich), ansonsten sind die Harze von der Lehrkraft vorzubeschleunigen.

Je nach Harztyp und der Menge der zugegebenen Härter-Beschleuniger-Kombina-

tion verbleibt nun eine gewisse Zeitspanne (Topfzeit), in der das Harz aufgetragen werden muss, ehe es fest zu werden beginnt (geliert).

Beim Anmischen des Harzes sind die auf Seite 24 angegebenen Sicherheitshinweise zu beachten!

Es wird empfohlen, bei den Harzen stets die Kombination von Co-Beschleuniger (Cobaltnaphtenat) und MEKP-Härter (Methylethylketonperoxid) zu verwenden, da von ihr geringere Gefahren ausgehen, als von anderen Kombinationen.

Sollte trotz aller Vorsichtsmaßnahmen MEKP-Härter ins Auge eines Schülers oder Lehrers spritzen, so ist das betroffene Auge sofort mit fließendem Wasser mindestens 10 Minuten zu spülen. Als Spülmittel ist ausschließlich Wasser zu benutzen. Die Augenlider sind mit den Fingern offen zu halten. Das unversehrte Auge soll dabei von der Spülflüssigkeit möglichst nicht benetzt werden. Auch bei fehlenden Beschwerden ist bei Augenkontakt mit MEKP ein Augenarzt nach der Spülung unverzüglich aufzusuchen, da die Gefahr schwerer Augenschäden besteht!

Am besten eignet sich für die Spülung eine Handbrause.

Die Verarbeitungshinweise und Mengenangaben der Hersteller sind zu beachten.

Der Formenbau

Für den Formenbau benötigt man ein Harz als oberste Schicht, das ausgehärtet besonders unempfindlich gegen die Lösemittel des späteren Harzauftrages ist (Deckschichtharz für den Formenbau). Dieses Harz wird mit einem flachen Pinsel (Modler) in zweimaligem Auftrag aufgebracht – die erste Schicht muss dabei zumindest angehärtet sein.

Nach dem Anhängen (ca. 1–2 Stunden) wird eine Schicht aus einem UP-Standardharz aufgetragen. In diese Schicht legt man sogleich eine feine Glasmatte (Oberflächen-Vliese) ein und tupft diese mit Harz an. Mit einer Nylonfellwalze wird die Glasmatte getränkt und mit einem Metall- oder Teflonscheibenroller entlüftet.

Nach weiterer Anhängung wird nun UP-Standardharz mit Glasfasermatten nass-in-nass aufgebracht. Die Glasfasermatten werden dazu in die passenden Stücke gerissen, damit die Kanten sich nicht abzeichnen. Die Arbeit ist mit Handschuhen auszuführen, da die feinen Glasfasern in die Haut eindringen und diese reizen können.

Das Harz trägt man mit der Nylonfellwalze auf und rollt Luftblasen mit dem Scheibenroller aus. Dabei ist der Harzauftrag so sparsam wie möglich zu halten, da sonst die Festigkeit der Form leidet.

Das Handlaminierverfahren

In der so hergestellten Negativ-Form kann nun das Produkt gefertigt werden. Die Arbeitsschritte unterscheiden sich von der Herstellung der Form nur insoweit, dass ein normales Deckschichtharz, das eingefärbt sein sollte, verwendet wird. Das Glasvlies (siehe Abbildung 25) kann zur Verbesserung und Verstärkung der Oberfläche eingesetzt werden.

Als Abschlussauftrag vermischt man Paraffinlösung mit dem letzten Harzansatz (etwa 5 %), um ein Kleben des GFK-Produktes zu verhindern.

Die Reinigung

Werkzeuge und Geräte lassen sich z.B. recht gut mit Aceton reinigen. Dabei ist jedoch stets auf ausreichende Lüftungsverhältnisse zu achten; denn Aceton ist leichtentzündlich und könnte zur Bildung eines explosionsgefährlichen Dampf-Luft-Gemisches führen (z.B. Reinigung im Tischabzug des Chemiebereiches).

Eine Alternative zum Reinigen der Werkzeuge ist die Verwendung einer wässrigen Lösung mit einem Spülmaschinenreiniger. Bei diesen alkalischen Lösungen bestehen keine Brand- und Explosionsgefahren, sie sind jedoch leicht ätzend (Schutzhandschuhe!).

Verunreinigte Haut darf nicht mit Lösemitteln (z.B. Aceton) gesäubert werden. Hier verwendet man spezielle Handreinigungsmittel (z.B. Cupran). Gebrauchte Lösemittel enthalten Reste von Peroxiden und können für andere Zwecke nicht mehr verwendet werden.

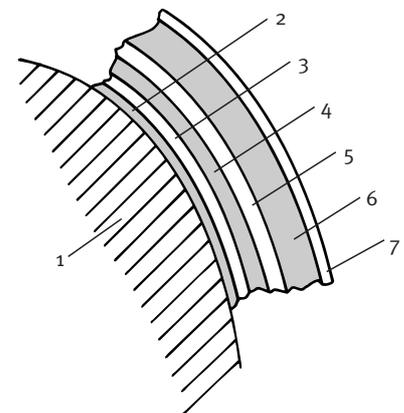


Abb. 24: Schichten der Negativ-Form

- 1 = Urmodell
- 2 = Wachs
- 3 = Trennlack
- 4 = Deckschichtharz für den Formenbau (zweifach)
- 5 = ggf. UP-Harz mit Glasvlies
- 6 = UP-Harz mit Glasfasermatten (mehrfach)
- 7 = Abschluss mit Paraffinlösung

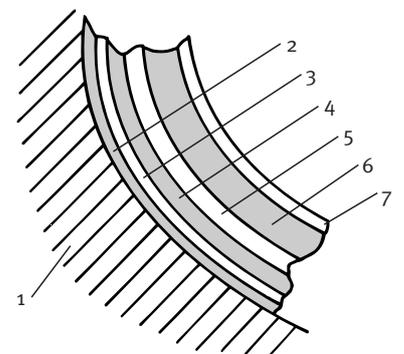


Abb. 25: Handlaminierverfahren

- 1 = Negativ-Form
- 2 = Wachsschicht
- 3 = Trennlack
- 4 = Deckschicht (zweifach)
- 5 = ggf. UP-Harz mit Glasvlies
- 6 = UP-Harz mit Glasfasermatten (oder Deckgewebe)
- 7 = Abschluss mit Paraffinlösung

Die mechanische Nachbehandlung

Gelegentlich überstehende GFK-Reste aus der Form können in „lederhartem Zustand“ bei Bedarf mit einem scharfen Messer abgetrennt werden. Nach dem Entformen werden die übrigen GFK-Reste mit der Band- oder Stichsäge entfernt.

Vom Einsatz von Winkelschleifern oder Trennscheiben wird wegen der starken Entwicklung gesundheitsschädlicher Stäube abgeraten. Aber auch bei der Bearbeitung mit schnell laufenden Sägen ist wegen der Staubgefahr das Tragen einer Feinstaubfiltermaske (Schutzstufe FFP1) erforderlich.

Zusammenfassung der wichtigsten Schutzmaßnahmen

- Es wird grundsätzlich mit Schutzbrille und Schutzhandschuhen gearbeitet. Es ist sinnvoll, besondere Arbeitskleidung zu tragen, da Verunreinigungen (auch der Schuhe) nicht zu beseitigen sind.
- Es ist auf gute Belüftung zu achten!
- Essen, Trinken, Rauchen ist im Arbeitsraum nicht erlaubt.
- GFK-Teile, die in der Schule hergestellt werden, sind für die Lagerung von Lebensmitteln grundsätzlich nicht geeignet, da der Rest-Styrolgehalt bei dieser einfachen handwerklichen Verarbeitung in der Regel zu hoch ist.
- Für das Abmessen von Härter und Beschleuniger sind getrennte Messgefäße vorzusehen – nie vertauschen! Explosionsgefahr!

- Eventuell verschütteten Härter gemäß Merkblatt wieder aufnehmen und vernichten – Brandgefahr!
- Einmal abgefüllten Härter nicht wieder zurückschütten – Explosionsgefahr!
- **Härter nicht verunreinigen – Explosionsgefahr!**
- Verunreinigte Haut nicht mit Lösemitteln säubern, besondere Reinigungsmittel verwenden (z.B. Cupran).
- Bei der Verarbeitung von größeren Mengen von UP-Harzen soll eine ausreichende Absauganlage zur Verfügung stehen, da die entstehenden Styrol-dämpfe gesundheitsschädlich und explosiv sein können. Bei kleineren Arbeiten ist auf gute Lüftung zu achten. Dies gilt auch für den Aushärtungsprozess.
- Die Verwendung von EP-Harzen ist im Unterricht grundsätzlich verboten, da diese mit Härtern auf Aminbasis verarbeitet werden. Amine sind äußerst gesundheitsschädigend (Ausnahme: kleinste Klebungen unter sorgfältiger Beachtung der Sicherheitshinweise – die meisten der handelsüblichen 2-Komponentenkleber sind EP-Harze!).
- Lösemittel und/oder Harze dürfen nicht in die Handschuhe gelangen, verschmutzte Kleidung ist sofort zu wechseln.

Gefahrensymbole/Gefahrenbezeichnungen

nach GefStoffV

Gefährlich¹⁾ ist ein Stoff oder eine Zubereitung mit einer oder mehreren der nachfolgenden Eigenschaften:

1	Gefahrensymbol	Gefahrenbezeichnung	Kennbuchstabe	Einstufungskriterien und wichtige R-Sätze
sehr giftig		sehr giftig	T+ mit R 26 R 27 R 28 R 39	Einstufung der akuten bzw. chronischen Toxizität Letale Dosis (Ratte): LD ₅₀ oral: ≤ 25 mg/kg Körpergewicht LD ₅₀ dermal: ≤ 50 mg/kg Körpergewicht LC ₅₀ inhalativ: ≤ 0,5 mg/l Luft (in 4 h) R 26 Sehr giftig beim Einatmen R 27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut R 28 Sehr giftig beim Verschlucken R 39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens
giftig		giftig	T mit R 23 R 24 R 25 R 39 R 48	Einstufung der akuten bzw. chronischen Toxizität Letale Dosis (Ratte): LD ₅₀ oral: 25–200 mg/kg Körpergewicht LD ₅₀ dermal: 50–400 mg/kg Körpergewicht LC ₅₀ inhalativ: 0,5–2 mg/l Luft (in 4 h) R 23 Giftig beim Einatmen R 24 Giftig bei Berührung mit der Haut R 25 Giftig beim Verschlucken R 39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens R 48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition
gesundheitsschädlich		gesundheitsschädlich	Xn mit R 20 R 21 R 22 R 40 R 42 R 48	Gesundheitsschäden geringeren Ausmaßes Letale Dosis (Ratte): LD ₅₀ oral: 200–2000 mg/kg Körpergewicht LD ₅₀ dermal: 400–2000 mg/kg Körpergewicht LC ₅₀ inhalativ: 2–20 mg/l Luft (in 4 h) R 20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen R 21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut R 22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken R 40 Verdacht auf krebserzeugende Wirkung R 42 Sensibilisierung durch Einatmen möglich R 48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition
ätzend		ätzend	C mit R 34 R 35	Gewebe bzw. Materialien werden angegriffen. R 34 Verursacht Verätzungen Zerstörung der Haut bei Einwirkzeit von 4 Minuten R 35 Verursacht schwere Verätzungen Zerstörung der Haut bei Einwirkzeit von 3 Minuten
reizend		reizend	Xi mit R 36 R 37 R 38 R 41	Entzündung der Haut, Schädigung der Augen, Reizung der Atemwege R 36 Reizt die Augen R 37 Reizt die Atmungsorgane R 38 Reizt die Haut R 41 Gefahr ernster Augenschäden

1) Gefährlichkeitsmerkmale nach § 3a Chemikaliengesetz und § 4 GefStoffV. Das Gefährlichkeitsmerkmal in Spalte 1 ist nicht in jedem Fall identisch mit der Gefahrenbezeichnung für die Kennzeichnung, die nach den Maßgaben der Spalten 2 bis 4 erfolgt. Die Texte der wichtigsten R-Sätze sind in Spalte 5 angegeben. Weitere R-Satztexte sowie die S-Sätze finden sich unter den Seiten 29 bis 34.

Gefahrensymbole/Gefahrenbezeichnungen nach GefStoffV (Fortsetzung)

Gefährlich²⁾ ist ein Stoff oder eine Zubereitung mit einer oder mehreren der nachfolgenden Eigenschaften:

1	Gefahrensymbol	Gefahrenbezeichnung	Kennbuchstabe	Einstufungskriterien und wichtige R-Sätze
sensibilisierend		sensibilisierend	Xn mit R 42 Xi mit R 43	R 42 Sensibilisierung durch Einatmen möglich R 43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
explosionsgefährlich		explosionsgefährlich	E mit R 2 R 3	R 2 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich R 3 Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich ggf. weitere R-Sätze wie R 1 in trockenem Zustand explosionsgefährlich (Pikinsäure) R 19 Kann explosionsgefährliche Peroxide bilden
brandfördernd		brandfördernd	O mit R 7 R 8 R 9	R 7 Kann Brand verursachen R 8 Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen R 9 Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen
hoch entzündlich		hoch entzündlich	F+ mit R 12	R 12 Hochentzündlich Flüssigkeiten mit Flammpunkt << 0 °C, Siedetemperatur ≤ 35 °C gasförmige Stoffe und Zubereitungen entzündlich bei normaler Temperatur und normalem Druck bei Luftkontakt
leicht entzündlich		leicht entzündlich	F mit R 11 R 15 R 17	R 11 Leichtentzündlich Flüssigkeiten mit Flammpunkt << 21 °C, die nicht hochentzündlich sind Feste Stoffe und Zubereitungen, die durch kurzzeitige Einwirkung einer Zündquelle leicht entzündet werden können und nach deren Entfernung weiterbrennen oder weiterglimmen können R 15 Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase R 17 Selbstentzündlich an der Luft
entzündlich			R 10	R 10 Entzündlich Flüssigkeiten mit Flammpunkt ≥ 21–≤ 55 °C

2) Gefährlichkeitsmerkmale nach § 3a Chemikaliengesetz und § 4 GefStoffV. Das Gefährlichkeitsmerkmal in Spalte 1 ist nicht in jedem Fall identisch mit der Gefahrenbezeichnung für die Kennzeichnung, die nach den Maßgaben der Spalten 2 bis 4 erfolgt.
Die Texte der wichtigsten R-Sätze sind in Spalte 5 angegeben. Weitere R-Satztexte sowie die S-Sätze finden sich unter den Seiten 29 bis 34.

Gefahrensymbole/Gefahrenbezeichnungen nach GefStoffV (Fortsetzung)

Gefährlich³⁾ ist ein Stoff oder eine Zubereitung mit einer oder mehreren der nachfolgenden Eigenschaften:

1	Gefahrensymbol	Gefahrenbezeichnung	Kennbuchstabe	Einstufungskriterien und wichtige R-Sätze
krebs- erzeugend		giftig	T	Kategorie 1: Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen krebserzeugend wirken Kategorie 2: Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten Besteht die Gefahr einer krebserzeugenden Wirkung nur beim Einatmen, dann steht R 49 statt R 45 R 45 Kann Krebs erzeugen R 49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen
		gesundheitsschädlich	Xn	Kategorie 3: Stoffe, die wegen möglicher krebserzeugender Wirkung beim Menschen Anlass zur Besorgnis geben, über die jedoch nicht genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen, ... um einen Stoff in Kategorie 2 einzustufen. R 40 Verdacht auf krebserzeugende Wirkung
erbgut- verändernd		giftig	T	Kategorie 1: Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen erbgutverändernd wirken Kategorie 2: Stoffe, die als erbgutverändernd für den Menschen angesehen werden sollten R 46 Kann vererbare Schäden verursachen
		gesundheitsschädlich	Xn	Kategorie 3: Stoffe, die wegen möglicher erbgutverändernder Wirkung auf den Menschen zu Besorgnis Anlass geben, R 40 Verdacht auf krebserzeugende Wirkung
fortpflanzungs- gefährdend (reproduktions- toxisch)		giftig	T	Kategorie 1: Stoffe, die beim Menschen die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) bekanntermaßen beeinträchtigen. Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) wirken. Kategorie 2: Stoffe, die als beeinträchtigend für die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen angesehen werden sollten. Stoffe, die als fruchtschädigend (entwicklungsschädigend) für den Menschen angesehen werden sollten. mit R 60 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen R 61 Kann das Kind im Mutterleib schädigen

3) Gefährlichkeitsmerkmale nach § 3a Chemikaliengesetz und § 4 GefStoffV. Das Gefährlichkeitsmerkmal in Spalte 1 ist nicht in jedem Fall identisch mit der Gefahrenbezeichnung für die Kennzeichnung, die nach den Maßgaben der Spalten 2 bis 4 erfolgt.
Die Texte der wichtigsten R-Sätze sind in Spalte 5 angegeben. Weitere R-Satztexte sowie die S-Sätze finden sich unter den Seiten 29 bis 34.

Gefahrensymbole/Gefahrenbezeichnungen nach GefStoffV (Fortsetzung)

Gefährlich⁴⁾ ist ein Stoff oder eine Zubereitung mit einer oder mehreren der nachfolgenden Eigenschaften:

1	Gefahrensymbol	Gefahrenbezeichnung	Kennbuchstabe	Einstufungskriterien und wichtige R-Sätze
fortpflanzungsgefährdend (reproduktions-toxisch)		gesundheits-schädlich	Xn mit R 62 R 63	Kategorie 3: Stoffe, die wegen möglicher Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen zu Besorgnis Anlass geben. Stoffe, die wegen möglicher fruchtschädigender (entwicklungsschädigender) Wirkung beim Menschen zu Besorgnis Anlass geben. R 62 Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen R 63 Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen
umwelt-gefährlich		umwelt-gefährlich	N mit R 50 R 51 R 52 R 53 R 54 R 55 R 56 R 57 R 58 R 59	Stoffe werden als gefährlich für die Umwelt eingestuft für Gewässer nach: R 50 Sehr giftig für Wasserorganismen bei 96 h LC ₅₀ (Fisch) ≤ 1 mg/l 48 h EC ₅₀ (Daphnia) ≤ 1 mg/l 72 h IC ₅₀ (Alge) ≤ 1 mg/l R 51 Giftig für Wasserorganismen bei 96 h LC ₅₀ (Fisch) ≤ 10 mg/l 48 h EC ₅₀ (Daphnia) ≤ 10 mg/l 72 h IC ₅₀ (Alge) ≤ 10 mg/l R 52 Schädlich für Wasserorganismen bei 96 h LC ₅₀ (Fisch) ≤ 100 mg/l 48 h EC ₅₀ (Daphnia) ≤ 100 mg/l 72 h IC ₅₀ (Alge) ≤ 100 mg/l R 53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben für nicht-aquatische Umwelt nach R 54 Giftig für Pflanzen R 55 Giftig für Tiere R 56 Giftig für Bodenorganismen R 57 Giftig für Bienen R 58 Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben R 59 Gefährlich für die Ozonschicht

4) Gefährlichkeitsmerkmale nach § 3a Chemikaliengesetz und § 4 GefStoffV. Das Gefährlichkeitsmerkmal in Spalte 1 ist nicht in jedem Fall identisch mit der Gefahrenbezeichnung für die Kennzeichnung, die nach den Maßgaben der Spalten 2 bis 4 erfolgt.
Die Texte der wichtigsten R-Sätze sind in Spalte 5 angegeben. Weitere R-Satztexte sowie die S-Sätze finden sich unter den Seiten 29 bis 34.

Behältnisse mit gefährlichen Stoffen müssen nach der Gefahrstoffverordnung mit den Gefahrensymbolen und Gefahrenbezeichnungen gekennzeichnet sein (siehe ab Seite 25). Sowie die im Folgenden aufgeführten Hinweise auf besondere Gefah-

ren (R-Sätze) und Sicherheitsratschläge (S-Sätze) enthalten. Weitere Informationen für den sicheren Umgang mit Gefahrstoffen sind den jeweiligen EG-Sicherheitsdatenblättern des Lieferanten/Herstellers zu entnehmen (siehe Seite 48).

Fehlen die Hinweise oder sind dem Produkt keine Merkblätter mitgegeben, so muss die Lehrkraft diese beim Lieferanten/Hersteller anfordern. Die Hinweise auf den Sicherheitsdatenblättern sind unbedingt zu befolgen.

R-Satz-Nr.

R 1

R 2

R 3

R 4

R 5

R 6

R 7

R 8

R 9

R 10

R 11

R 12

R 14

R 15

R 16

R 17

R 18

R 19

R 20

R 21

R 22

R 23

R 24

R 25

R 26

R 27

R 28

R 29

R 30

R 31

R 32

R 33

R 34

R 35

R 36

R 37

R 38

R-Sätze –

In trockenem Zustand explosionsgefährlich

Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich

Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich

Bildet hochempfindliche explosionsfähige Metallverbindungen

Beim Erwärmen explosionsfähig

Mit und ohne Luft explosionsfähig

Kann Brand verursachen

Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen

Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen

Entzündlich

Leichtentzündlich

Hochentzündlich

Reagiert heftig mit Wasser

Reagiert mit Wasser unter Bildung leichtentzündlicher Gase

Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen

Selbstentzündlich an der Luft

Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Dampf/Luft-Gemische möglich

Kann explosionsfähige Peroxide bilden

Gesundheitsschädlich beim Einatmen

Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut

Gesundheitsschädlich beim Verschlucken

Giftig beim Einatmen

Giftig bei Berührung mit der Haut

Giftig beim Verschlucken

Sehr giftig beim Einatmen

Sehr giftig bei Berührung mit der Haut

Sehr giftig beim Verschlucken

Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase

Kann bei Gebrauch leicht entzündlich werden

Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase

Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase

Gefahr kumulativer Wirkungen

Verursacht Verätzungen

Verursacht schwere Verätzungen

Reizt die Augen

Reizt die Atmungsorgane

Reizt die Haut

R-Satz-Nr.

R 39	Ernste Gefahr irreversiblen Schadens
R 40	Verdacht auf krebserzeugende Wirkung
R 41	Gefahr ernster Augenschäden
R 42	Sensibilisierung durch Einatmen möglich
R 43	Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
R 44	Explosionsgefahr bei Erhitzen unter Einschluss
R 45	Kann Krebs erzeugen
R 46	Kann vererbare Schäden verursachen
R 48	Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition
R 49	Kann Krebs erzeugen beim Einatmen
R 50	Sehr giftig für Wasserorganismen
R 51	Giftig für Wasserorganismen
R 52	Schädlich für Wasserorganismen
R 53	Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
R 54	Giftig für Pflanzen
R 55	Giftig für Tiere
R 56	Giftig für Bodenorganismen
R 57	Giftig für Bienen
R 58	Kann längerfristig schädliche Wirkungen auf die Umwelt haben
R 59	Gefährlich für die Ozonschicht
R 60	Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen
R 61	Kann das Kind im Mutterleib schädigen
R 62	Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen
R 63	Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen
R 64	Kann Säuglinge über die Muttermilch schädigen
R 65	Gesundheitsschädlich: Kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen
R 66	Wiederholter Kontakt kann zu spröder und rissiger Haut führen
R 67	Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen
R 68	Irreversibler Schaden möglich

– Kombination der R-Sätze –

R 14/15	Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
R 15/29	Reagiert mit Wasser unter Bildung giftiger und hochentzündlicher Gase
R 20/21	Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 20/22	Gesundheitsschädlich beim Einatmen und Verschlucken
R 20/21/22	Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 21/22	Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
R 23/24	Giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 23/25	Giftig beim Einatmen und Verschlucken
R 23/24/25	Giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 24/25	Giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
R 26/27	Sehr giftig beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 26/28	Sehr giftig beim Einatmen und Verschlucken
R 26/27/28	Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut

R-Satz-Nr.

R 27/28	Sehr giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
R 36/37	Reizt die Augen und die Atmungsorgane
R 36/38	Reizt die Augen und die Haut
R 36/37/38	Reizt die Augen, Atmungsorgane und die Haut
R 37/38	Reizt die Atmungsorgane und die Haut
R 39/23	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen
R 39/24	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut
R 39/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken
R 39/23/24	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 39/23/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken
R 39/24/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 39/23/24/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 39/26	Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen
R 39/27	Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut
R 39/28	Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Verschlucken
R 39/26/27	Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 39/26/28	Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken
R 39/27/28	Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 39/26/27/28	Sehr giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 42/43	Sensibilisierung durch Einatmen und Hautkontakt möglich
R 48/20	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen
R 48/21	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut
R 48/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken
R 48/20/21	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut
R 48/20/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken
R 48/21/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 48/20/21/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 48/23	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen
R 48/24	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut
R 48/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken
R 48/23/24	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Berührung mit der Haut
R 48/23/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und durch Verschlucken

R-Satz-Nr.

R 48/24/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 48/23/24/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 50/53	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
R 51/53	Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
R 52/53	Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben
R 68/20	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen
R 68/21	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut
R 68/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Verschlucken
R 68/20/21	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 68/20/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und durch Verschlucken
R 68/21/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 68/20/21/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen, Berührung mit der Haut und durch Verschlucken

S-Satz-Nr.**S-Sätze –**

S 1	Unter Verschluss aufbewahren
S 2	Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen
S 3	Kühl aufbewahren
S 4	Von Wohnplätzen fern halten
S 5	Unter ... aufbewahren (geeignete Flüssigkeit vom Hersteller anzugeben)
S 6	Unter ... aufbewahren (inertes Gas vom Hersteller anzugeben)
S 7	Behälter dicht geschlossen halten
S 8	Behälter trocken halten
S 9	Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren
S 12	Behälter nicht gasdicht verschließen
S 13	Von Nahrungsmitteln, Getränken und Futtermitteln fern halten
S 14	Von ... fern halten (inkompatible Substanzen sind vom Hersteller anzugeben)
S 15	Vor Hitze schützen
S 16	Von Zündquellen fern halten – Nicht rauchen
S 17	Von brennbaren Stoffen fern halten
S 18	Behälter mit Vorsicht öffnen und handhaben
S 20	Bei der Arbeit nicht essen und trinken
S 21	Bei der Arbeit nicht rauchen
S 22	Staub nicht einatmen
S 23	Gas/Rauch/Dampf/Aerosol nicht einatmen (geeignete Bezeichnung[en] vom Hersteller anzugeben)
S 24	Berührung mit der Haut vermeiden
S 25	Berührung mit den Augen vermeiden

S-Satz-Nr.

- S 26** Bei Berührung mit den Augen sofort gründlich mit Wasser abspülen und Arzt konsultieren
- S 27** Beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen
- S 28** Bei Berührung mit der Haut sofort abwaschen mit viel ... (vom Hersteller anzugeben)
- S 29** Nicht in die Kanalisation gelangen lassen
- S 30** Niemals Wasser hinzugießen
- S 33** Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen
- S 35** Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden
- S 36** Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung tragen
- S 37** Geeignete Schutzhandschuhe tragen
- S 38** Bei unzureichender Belüftung Atemschutzgerät anlegen
- S 39** Schutzbrille / Gesichtsschutz tragen
- S 40** Fußboden und verunreinigte Gegenstände mit ... reinigen (Material vom Hersteller anzugeben)
- S 41** Explosions- und Brandgase nicht einatmen
- S 42** Bei Räuchern/Versprühen geeignetes Atemschutzgerät anlegen (geeignete Bezeichnung[en] vom Hersteller anzugeben)
- S 43** Zum Löschen ... (vom Hersteller anzugeben) verwenden (wenn Wasser die Gefahr erhöht, anfügen: „Kein Wasser verwenden“)
- S 45** Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen (wenn möglich dieses Etikett vorzeigen)
- S 46** Bei Verschlucken sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen
- S 47** Nicht bei Temperaturen über ... °C aufbewahren (vom Hersteller anzugeben)
- S 48** Feucht halten mit ... (geeignetes Mittel vom Hersteller anzugeben)
- S 49** Nur im Originalbehälter aufbewahren
- S 50** Nicht mischen mit ... (vom Hersteller anzugeben)
- S 51** Nur in gut gelüfteten Bereichen verwenden
- S 52** Nicht großflächig für Wohn- und Aufenthaltsräume zu verwenden
- S 53** Exposition vermeiden – vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen
- S 56** Dieses Produkt und seinen Behälter der Problemabfallentsorgung zuführen
- S 57** Zur Vermeidung einer Kontamination der Umwelt geeigneten Behälter verwenden
- S 59** Informationen zur Wiederverwendung / Wiederverwertung beim Hersteller / Lieferanten erfragen
- S 60** Dieses Produkt und sein Behälter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen
- S 61** Freisetzung in die Umwelt vermeiden. Besondere Anweisungen einholen/Sicherheitsdatenblatt zu Rate ziehen
- S 62** Bei Verschlucken kein Erbrechen herbeiführen. Sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder dieses Etikett vorzeigen
- S 63** Bei Unfall durch Einatmen: Verunfallten an die frische Luft bringen und ruhig stellen
- S 64** Bei Verschlucken Mund mit Wasser ausspülen (nur wenn Verunfallter bei Bewusstsein ist)

S-Satz-Nr.**– Kombination der S-Sätze –**

S 1/2	Unter Verschluss und für Kinder unzugänglich aufbewahren
S 3/7	Behälter dicht geschlossen halten und an einem kühlen Ort aufbewahren
S 3/9/14	An einem kühlen, gut gelüfteten Ort, entfernt von ... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben)
S 3/9/14/49	Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort, entfernt von ... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben)
S 3/9/49	Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren
S 3/14	An einem kühlen, von ... entfernten Ort aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermieden werden muss, sind vom Hersteller anzugeben)
S 7/8	Behälter trocken und dicht geschlossen halten
S 7/9	Behälter dicht geschlossen an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren
S 7/47	Behälter dicht geschlossen und nicht bei Temperatur über ... °C aufbewahren (vom Hersteller anzugeben)
S 20/21	Bei der Arbeit nicht essen, trinken oder rauchen
S 24/25	Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden
S 27/28	Bei Berührung mit der Haut beschmutzte, getränkte Kleidung sofort ausziehen und Haut sofort abwaschen mit viel ... (vom Hersteller anzugeben)
S 29/35	Nicht in die Kanalisation gelangen lassen; Abfälle und Behälter müssen in gesicherter Weise beseitigt werden
S 29/56	Nicht in die Kanalisation gelangen lassen; dieses Produkt und seinen Behälter der Problemabfallentsorgung zuführen
S 36/37	Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen
S 36/37/39	Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung, Schutzhandschuhe und Schutzbrille/ Gesichtsschutz tragen
S 36/39	Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen
S 37/39	Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzbrille/Gesichtsschutz tragen
S 47/49	Nur im Originalbehälter bei einer Temperatur von nicht über ... °C (vom Hersteller anzugeben) aufbewahren

Besondere Hinweise zur Unfallverhütung und zur Ersten Hilfe bei der Verarbeitung von Kunststoffen

Bei der Verarbeitung von Kunststoffen treten nicht nur die bei der Arbeit mit Werkzeugen und Maschinen üblichen Gefahren auf, sondern auch besondere Risiken durch die flüssig-pastösen Aggregatzustände der Kunststoffe.

Ungesättigte Polyesterharze (UP-Harze)

UP-Harze werden als Gießharze und Laminierharze verwandt. Bei der Verarbeitung dieser Harze fällt ein unangenehmer, süßlich-stechender Geruch auf, der auf das enthaltene Lösemittel (Styrol) zurückzuführen ist. Styrol ist gesundheitsschädlich. Inzwischen gibt es UP-Harze, die bei der Aushärtung eine „Haut“ bilden, sodass die Verdampfung von Styrol erheblich gesenkt wird.

Eine Überdosierung des Härterns kann eine Selbstentzündung des Harzansatzes verursachen.

Kommt es z.B. durch eine derartige Selbstentzündung zu Brandverletzungen, so soll die verbrannte Hautpartie sofort mit fließendem, kaltem Wasser gekühlt werden. Je schneller dabei gehandelt wird, desto weniger wird weiteres umliegendes Gewebe geschädigt. Außerdem wirkt die Kühlung schmerzlindernd und sollte erst abgebrochen werden, wenn eine spürbare Schmerzlinderung eingetreten ist.

Keinesfalls darf die Verbrennung mit Brandsalbe oder Brandpuder abgedeckt werden, da das die weitere ärztliche Behandlung erschwert. Allenfalls werden die betroffenen Körperteile mit einem keimfreien Brandwundenverbandtuch (oft aluminiumbeschichtet) abgedeckt.

Bei der Auswahl von Härtern ist dem Methylethylketonperoxid (MEKP) der Vorzug vor Benzoylperoxid (BP) zu geben, da BP-Härter nur in Kombination mit Aminbeschleunigern verwendet werden, Letztere greifen die Haut stark an. Aber auch MEKP kann schwere Hautschäden verursachen. Bei Augenkontakt werden schwere Augenschäden ausgelöst, die eine Erblindung zur Folge haben können. Beim Umgang mit Härtern für UP-Harze muss deshalb immer eine seitlich geschlossene Schutzbrille getragen werden, weiterhin muss eine Handbrause zur Verfügung stehen.

Bei Augenkontakt mit Härtern für UP-Harze sind die Augen sofort gründlich, mindestens 10 Minuten lang mit der Handbrause zu spülen. Danach ist sofort ein Augenarzt aufzusuchen, da auch bei Beschwerdefreiheit Verletzungen bestehen können, die für den Laien oft nicht erkennbar sind und zu schweren Beeinträchtigungen des Sehvermögens führen.

Bei der Verarbeitung von festen Kunststoffen soll bei Fremdkörpern im Auge ebenfalls immer ein Augenarzt aufgesucht werden, da Splitter oft mit bloßem Auge nicht zu sehen sind.

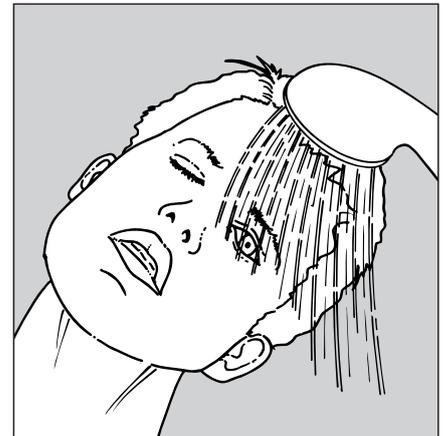


Abb. 26: Anwendung der Handbrause

Epoxidharze (EP-Harze)

Epoxidharze werden als Gießharze, Laminierharze oder als Klebstoffe angeboten. Die Brandgefahr bei EP-Harzen ist gering. Dafür ist jedoch der Hautkontakt mit den Härtern für EP-Harze gefährlich, da diese meist aus Aminen bestehen. Bei Hautkontakt mit Aminen besteht die Gefahr von Allergien und/oder der Bildung von Ekzemen.

Von EP-Harz oder Härter benetzte Kleidungsstücke sind sofort abzulegen. Auf die Haut gelangtes Material muss sofort mit einem speziellen Reinigungsmittel (z.B. Cupran) entfernt werden. Anschließend ist die Haut mit einem speziellen Hautschutzmittel einzucremen.

EP-Harze sind, mit Ausnahme von Klebstoffen, für den Unterricht der allgemein bildenden Schulen nicht geeignet!

Polyurethanharze (PU-Harze)

Polyurethanharze werden meist für die Herstellung von Schäumen verwendet. Es sind stets nur Einkomponentensysteme zu verwenden. Da versehentlich in das Auge gelangtes Harz durch Feuchtigkeit sofort aushärtet, ist unbedingt eine Schutzbrille zu tragen.

Zweikomponentensysteme bestehen aus einem Polyol und einem Isocyanat. Isocyanat verursacht Reizungen und Allergien der Haut und der Atemwege. Gute Lüftung ist wegen des hohen Dampfdrucks unerlässlich. Benetzte Kleidung ist unverzüglich abzulegen, auf die Haut gelangtes Harz mit einem speziellen Reinigungsmittel (z.B. Cupran) zu entfernen. Die Haut ist anschließend mit einer speziellen Hautschutzsalbe einzucremen.

Zweikomponentensysteme sollen im Unterricht an allgemein bildenden Schulen möglichst nicht verwendet werden.

Für alle flüssigen Kunststoffe gilt:

Grundsätzlich ist bei der Verarbeitung von Kunststoffen in flüssiger Form Essen, Trinken und Rauchen in den Arbeitsräumen verboten!

Die Behälteretiketten und/oder die Datenblätter sollen im Falle eines Unfalls dem behandelnden Arzt vorgelegt werden.

Verhalten bei Unfällen im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Hinweise sind für die Lehrkräfte gedacht, die als Ersthelfer ausgebildet sind. Sie sollen bei Unfällen mit gefährlichen Stoffen informieren; die Anleitungen können keinen Erste-Hilfe-Kurs ersetzen.

Verletzungen	Maßnahmen
Grundsätze	<ul style="list-style-type: none"> • Den Verunglückten aus der Gefahrenzone bringen. • Wegen der Schockgefahr den Verletzten nicht alleine zum Arzt gehen lassen. • Den Verletzten beruhigen; richtig lagern. • Bei Bedarf Rettungsleitstelle benachrichtigen. • Inkorporierte Gefahrstoffe sind dem Arzt zur Kenntnis zu bringen, z.B. Etikett mit Sicherheitsratschlägen vorlegen.
Verätzungen am Auge	<ul style="list-style-type: none"> • Verätztes Auge ausgiebig und lang anhaltend (mindestens 10–15 Minuten) unter Schutz des unverletzten Auges (d. h. Kopf so lagern, dass das unverletzte Auge oben ist) mit Wasser spülen (kein scharfer Wasserstrahl). Handbrause oder ein anderes geeignetes Hilfsmittel benutzen (Augenwaschflaschen sind häufig durch Mikroorganismen verseucht). • Augenlider weit spreizen, das Auge nach allen Seiten bewegen lassen. • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern bzw. Verletzten anschließend sofort in augenärztliche Behandlung bringen. Ätzenden Stoff angeben.
Verletzungen am Auge	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Prellungen und Verletzungen des Auges einen trockenen keimfreien Verband anlegen, beide Augen verbinden. • Ins Auge eingedrungene Fremdkörper nicht entfernen. • Den Verletzten sofort in augenärztliche Behandlung bringen.
Verätzungen am Körper	<ul style="list-style-type: none"> • Durchtränkte oder benetzte Kleidung und Unterkleidung sofort ausziehen. • Bei Verätzungen Handbrause verwenden. • Verätzte Körperstellen sofort mindestens 10–15 Minuten mit viel Wasser spülen. • Die verätzten Körperstellen keimfrei verbinden, keine Watte verwenden. Keine Öle, Salben oder Puder auf die Wunde auftragen. • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern. Ätzenden Stoff angeben.
Vergiftungen bei Aufnahme durch die Haut	<ul style="list-style-type: none"> • Durchtränkte oder bespritzte Kleidung und Unterkleidung sofort ausziehen. • Benetzte Hautstellen sofort sorgfältig reinigen (heißes Wasser und heftiges Reiben erhöhen die Aufnahme durch die Haut und sind zu vermeiden). • Den Verunglückten ruhig lagern und mit einer Decke vor Wärmeverlust schützen. • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern. Giftstoff und Art der Aufnahme mitteilen. Angaben auf dem Etikett des Gefahrstoffbehälters zur Kenntnis bringen. Evtl. Informationen telefonisch bei Informations- und Behandlungszentren für Vergiftungen („Giftzentrale“) einholen.

Verletzungen	Maßnahmen
Vergiftungen durch Verschlucken	<ul style="list-style-type: none"> • Nach Verschlucken giftiger Stoffe den Verletzten möglichst mehrmals reichlich Wasser trinken lassen. Erbrechen anregen. Kein Erbrechen auslösen bei Lösemitteln, Säuren und Laugen. Den Verletzten ruhig lagern, mit einer Decke vor Wärmeverlust schützen. • Bewusstlosen nichts einflößen oder eingeben. • Nach innerer Verletzung durch Verschlucken von Säuren und Laugen den Verunglückten viel Wasser (auf keinen Fall Milch) in kleinen Schlucken trinken lassen. • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern. Giftstoff und Art der Aufnahme mitteilen. Angaben auf dem Etikett des Gefahrstoffbehälters zur Kenntnis bringen. Evtl. Informationen telefonisch bei Informations- und Behandlungszentren für Vergiftungen („Giftzentrale“) einholen.
Vergiftungen durch Einatmen	<ul style="list-style-type: none"> • Den Verletzten unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich bringen (eventuell vorhandene explosionsfähige Gemische beachten: kein offenes Licht, keine elektrischen Leuchten und Geräte einschalten). • Den Verletzten an die frische Luft bringen. • Mit Gefahrstoffen (auch mit Gasen) durchtränkte Kleidungsstücke entfernen. • Bewusstlosen nichts einflößen oder eingeben. • Den Verunglückten ruhig lagern und mit einer Decke vor Wärmeverlust schützen. • Bei Atemstillstand sofort mit der Atemspende beginnen. Wiederbelebung so lange durchführen, bis der Arzt eintrifft. • Bei Herzstillstand äußere Herzmassage durch darin besonders ausgebildete Helfer. • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern. Giftstoff und Art der Aufnahme mitteilen. Angaben auf dem Etikett des Gefahrstoffbehälters zur Kenntnis bringen. Evtl. Informationen telefonisch bei Informations- und Behandlungszentren für Vergiftungen („Giftzentrale“) einholen.
Wunden	<ul style="list-style-type: none"> • Verletzten hinsetzen oder hinlegen. • Wunden und ihre Umgebung nicht berühren und nicht auswaschen (auch schmutzige Wunden nicht). • Auch die kleine Wunde keimfrei verbinden. Nur keimfreies Verbandmaterial aus unbeschädigter Verpackung verwenden. • Bei starker Blutung zunächst die betroffenen Gliedmaßen hoch lagern und bei fortbestehender Blutung Druckverband anlegen. Dabei Einmalhandschuhe verwenden. Wird der Verband weiter stark durchblutet, zuführende Schlagader direkt abdrücken. Nur im äußersten Notfall abbinden; Zeitpunkt, zu der die Abbindung erfolgte, schriftlich für den behandelnden Arzt mitgeben. • Das Abbinden soll mit einem zusammengedrehten Dreiecktuch erfolgen, notfalls können auch ein breiter Gummischlauch, Krawatte o.Ä. zum Abbinden dienen. Niemals Schnur oder Draht verwenden. • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern.

Verletzungen	Maßnahmen
Wiederbelebung	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Atemstillstand sofort mit Wiederbelebung beginnen. • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern. • Verunreinigungen und Fremdkörper aus dem Mund entfernen. Zu Beginn 10 schnelle und kräftige Atemstöße, kurze Pause (etwa 10–15 Sekunden), dann ruhig 12- bis 15-mal in der Minute Mund-zu-Nase-Beatmung oder Mund-zu-Mund-Beatmung (Mundtubus). • Wiederbelebung so lange durchführen, bis der Arzt eintrifft.
Verbrennungen Verbrühungen	<ul style="list-style-type: none"> • Brennende Kleider sofort mit Wasser oder durch rasches Umwickeln mit einer Löschdecke oder durch Rollen des Verletzten am Boden löschen; notfalls auch Feuerlöscher verwenden. • Kleidung im Bereich der Verbrennung entfernen, sofern sie nicht festklebt. Bei Verbrühungen müssen alle Kleider schnellstens entfernt werden, da sonst durch die heiße Kleidung weitere Schädigungen verursacht werden. • Bei Verbrennungen der Gliedmaßen mit kaltem Wasser spülen bis der Schmerz nachlässt. • Verbrannte oder verbrühte Körperteile sofort steril abdecken. Keine Öle, Salben oder Puder auf die Wunde auftragen. • Den Verunglückten durch Bedecken mit einer Wolldecke oder metallisierten Isolierdecke vor Wärmeverlust schützen. • Bei größeren Verbrennungen bzw. Verbrühungen über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern.
Erfrierungen	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Erfrierungen durch festes Kohlenstoffdioxid (Trockeneis), flüssige Luft oder verflüssigte Gase ebenso verfahren wie bei Verbrennungen. • Wunden steril abdecken. • Verunglückten unverzüglich zum Arzt bringen.
Unfälle durch elektrischen Strom	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrischen Strom sofort unterbrechen (Not-Aus-Schalter). • Über Rettungsleitstelle ärztliche Hilfe anfordern. • Bei Atemstillstand sofort mit der Atemspende beginnen. Wiederbelebung so lange durchführen, bis der Arzt eintrifft. • Bei Herzstillstand äußere Herzmassage durch darin besonders ausgebildete Helfer.

Ausgewählte Kunststoffe

Tabelle 1

Kunststoff / Kurzzeichen	Allgemeine Eigenschaften	Eingetragene Handelsnamen (Beispiele)	Anwendungen	Spezifisches Gewicht in g/cm ³ (Schwimmprobe)
Polyethylen / PE	durchscheinend bis undurchsichtig; Oberfläche wachsartig; unzerbrechlich; sehr dehnbar; lebensmittelverträglich, jedoch nicht aromadicht	Hostalen Vestolen Lupolen	Folienbeutel Tragetaschen elektr. Isolierungen Kaltwasserrohre Schutzhelme Tiefziehteile	LD-PE 0,91 (LD = low density: weich) HD-PE 0,96 (HD = high density: hart)
Polypropylen / PP	durchscheinend; unzerbrechlich; härter und kratzfester als PE; lebensmittelverträglich, jedoch nicht aromadicht	Hostalen PP Westolen P Luparen	Heißwasserrohre Tiefziehteile Folien Netze	0,91
Polystyrol / PS	glasklar; zerbrechlich; schep- pernder Klang; hart; lebens- mittelverträglich	Vestron Styropor Edistir Styroflex	Folienbecher; Verpackungen; Wärmeschutz- isolierungen	1,05
Acrylnitrilbutadienstyrol / ABS	undurchsichtig; schlagfest; zäh dumpfer Klang nicht witterungsbeständig	Luran Luran S Novodur	Werkzeuggriffe Tiefziehteile	1,06–1,12
Polymethylmethacrylat / PMMA	glasklar; spröde; fest; hart; witterungsbeständig; gute optische Eigenschaften	Plexiglas Degalan Resarit	Scheiben optische Linsen Dekoartikel Schmuck	1,18
Polyvinylchlorid / PVC	PVC-hart: kälteschlagempfindlich; kratzfest PVC-weich: gummielastisch; lebensmittelunverträglich	Miploam Hostalit	Schläuche Rohre Armaturen Folien Klebebänder	1,35–1,38
Polyamid / PA	sehr hart; schlagzäh; abriebfest; gute Gleiteigenschaften; lebensmittelverträglich	Ultramid Perlon Nylon	Seile Gleitlager Treibriemen Zahnräder Werkzeuggriffe	1,02–1,21
Polytetrafluorethylen / PTFE	weiche, wachsartige Oberfläche; weiß; schlagzäh; hitze- und chemikalien- beständig	Teflon Hostaflon	Dichtungs- materialien chemikalien- beständige Behältnisse	2,2

E = Elastomer D = Duromer T = Thermoplast beständig bis °C (Schmelzprobe)	Erkennung durch Brennprobe, Flammenfarbe, Geruch nach Erlöschen	Beständig gegen	Unbe- ständig gegen	Verarbeitungshinweise	Sicherheits- hinweise für den Unterricht
T Erweichung bei LD-PE: 70 °C HD-PE: 90 °C	leicht entflammbar; helle, rauchlose Flamme mit blauem Kern; tropft brennend ab; nach Erlöschen Paraffin- geruch	Säuren Laugen kaltes Wasser Öl; HD-PE auch gegen Benzin	aromatische Kohlen- wasserstoffe	gut verschweißbar; LD-PE schlecht Span abhebend zu bearbeiten; HD-PE besser Span abhebend zu bearbeiten; Kleben nur nach spezieller Vorbehandlung möglich; Werkstoff neigt zum Kriechen unter Belastung; sehr guter elektrischer Isolator	Vorsicht bei der Brennprobe: abtropfen- des PE kann schmerz- hafte Haut- verbrennungen ver- ursachen
T 100 °C	leicht entflammbar; Paraffingeruch nach Erlöschen	heißes Wasser Laugen	aromatische Kohlenwas- serstoffe; anorganische Säuren	verschweißbar; Kleben nur nach spezieller Vor- behandlung möglich	
T 60 °C	leicht entflammbar; leuchtende, stark rußende Flamme; süßlicher Geruch (Styrol)	Säuren Laugen Öl	organische Lösungs- mittel; Ben- zin; Benzol	gut mit Lösemittel (Aceton, Methyl- chlorid) zu verkleben; sehr spröder Werkstoff; nur für Konstruktionen von minderem Wert verwenden	
T 60 °C	leicht entflammbar; leuch- tende, stark rußende Flamme; süßlicher Geruch (Styrol)	Laugen	organische Lösemittel; Benzin; Benzol	gut mit Lösemitteln oder anderen Klebstoffen zu verkleben; sehr zäher, schlagfester Werkstoff	
T 90 °C	leicht entflammbar; brennt mit knisternder, leuchtender Flamme; fruchtartiger Geruch nach Erlöschen	schwache Säuren; schwache Laugen; Öl	organische Lösemittel; starke Säuren; starke Laugen	gut mit Spezialstoff (transparente Klebestelle) oder mit anderen Kleb- stoffen zu verkleben; gut Span abhebend zu bearbeiten	Spezialklebstoff und seine Dämpfe gesundheits- schädlich; auf gute Lüftung beim Kleben achten; Rauchverbot
T 55–65 °C	entflammbar; PVC-hart erlischt nach Entfernen der Zündflamme; Dämpfe riechen nach Salzsäure	PVC-hart: Säuren; Laugen; Fette; Öle; PVC-weich: Weichmacher wird von vielen Chemi- kalien angegriffen	Methylen- chlorid; Aceton	verschweißbar; gut mit verschiedenen Klebstoffen zu verbinden; guter chemikalienbeständiger Kunststoff	niemals größere Mengen, auch nicht im Freien verbrennen, da starke HCl- Entwicklung
T 80–110 °C	entflammbar; brennt mit blauer Flamme; Geruch nach verbranntem Horn	heißes Wasser Öle Fette schwache Säuren schwache Laugen	starke Säuren; starke Laugen	mit verschiedenen Klebstoffen gut zu verkleben; hervorragender Konstruktionswerkstoff	
T 250 °C	entflammbar; erlischt sofort nach Entfernen der Zündflamme; Flamme grün; stechender Geruch nach HF	alle üblichen Chemikalien	Natrium Fluorgas	nur nach spezieller Vorbehandlung zu verkleben	niemals größere Mengen, auch nicht im Freien, verbrennen, da starke Entwicklung von HF

Ausgewählte Kunststoffe

Tabelle 2

Kunststoff / Kurzzeichen	Allgemeine Eigenschaften	Eingetragene Handelsnamen (Beispiele)	Anwendungen	Spezifisches Gewicht in g/cm ³ (Schwimmprobe)
Silikon / SI	temperaturbeständig; elastisch; hydrophob	Baysilon Wackersilon GE-Silikones	temperaturbeständige Dichtungsmassen; Klebstoffe; Lacke	1,3
ungesättigte Polyesterharze / UP	mit Verstärkungsmitteln ein Werkstoff mit hoher, spezifischer Festigkeit	Palatal Leguval Alpolit	Lacke; hochfest Laminatteile; Pressteile; Klebstoffe	1,2 (ungefüllt)
Epoxidharz / EP	mit Verstärkungsmitteln ein Werkstoff mit hoher, spezifischer Festigkeit	Beckopox Rütapox Araldit	Lacke; hochfest Laminatteile; Pressteile; Klebstoffe	1,2–1,3 (ungefüllt)
Phenol-Formaldehydharz / PF	wärmeformbeständig; spröde; nicht für Lebensmittel geeignet	Bakelit Urafen Resarit	Pressteile; Schichtstoffe	1,4–2,0 je nach Füllstoff
Melamin-Formaldehydharz / MF	hart; lichtbogenfest; lichtbeständig; lebensmittelverträglich	Resopal Resamin Keramin	Dekorpapiere für Schichtstoffe (Overlays); Bindemittel für Holzwerkstoffe	1,5 (Typ 152)
Polyurethanharz / PU	von gummielastisch bis hart; abriebfest; reißfest	Desmodur Desmophen Lupranol Lupramat	Isolierschäume; Elastomere; Gießharze; Dichtungen; Schuhsohlen	< 1,2 (Elastomer)

HF = Fluorwasserstoff (stechender Geruch, stark toxisch)
HCl = Chlorwasserstoff (stechender Geruch, toxisch)

E = Elastomer D = Duromer T = Thermoplast beständig bis °C (Schmelzprobe)	Erkennung durch Brennprobe, Flammenfarbe, Geruch nach Erlöschen	Beständig gegen	Unbe- ständig gegen	Verarbeitungshinweise	Sicherheits- hinweise für den Unterricht
E 180 °C	glimmt in der Zündflamme; weißer Rauch; Rückstand zerklüfteter weißer SiO ₂ -Rückstand	Wasser; schwache Laugen	Säuren; Oxidations- mittel	wird als Einkomponentenpaste als Klebstoff oder Dichtungsmittel verarbeitet; lässt sich nur mit SI-Klebstoffen verkleben; Korrosionserscheinungen an Metallen möglich	beim Vernetzen spaltet sich Essigsäure ab (typischer Geruch); Kontakt mit Schleim- häuten vermeiden
D 80–180 °C	leuchtend gelbe, rußende Flamme; Geruch nach Styrol	Wasser; schwache Säuren	Laugen; Oxidations- mittel	auf gute Lüftung achten; gut zu verkleben; Berührung mit der Haut vermeiden	Härter sind hoch feuergefährlich; beim Umgang mit Härter immer Schutzbrille tragen; Haut nicht mit Löse- mitteln reinigen; Rauchverbot
D 80–180 °C	schwer entflammbar; kleine, rußende Flamme	schwache Laugen; Lösemittel	Säuren	Berührung mit der Haut vermeiden; hervorragende, hochfeste Klebstoffe	Härter können Allergien auslösen; verunreinigte Haut sofort reinigen, z.B. mit Cupran – jedoch nicht mit Lösemitteln
D 100 °C und höher	schwer entflammbar; helle, rußende Flamme; Geruch nach Phenol und Ammoniak (muffig, beißend)	Wasser; schwache Säuren; Lösemittel	Laugen; starke Säuren	gut mit anderen Stoffen zu verkleben; nur als Fertigerzeugnisse (Halbzeug) zu verwenden	gut Span abhebend zu verarbeiten; Stäube nicht einatmen
D 80 °C und höher	kaum entflammbar; Flamme hellgelb; Geruch fischartig und nach Formaldehyd	Wasser; Lösemittel	starke Säuren; starke Laugen	gut zu verkleben; nur als Fertigerzeugnis (Halbzeug) zu verwenden	gut Span abhebend zu verarbeiten; Stäube nicht einatmen
D/E 80–120 °C	schwer entflammbar; Flamme leuchtend gelb; Geruch stechend/ muffig (Isocyanat)	Meerwasser; Treibstoffe; Öl	Dampf und heißes Wasser; Säuren; Laugen; einige Lösemittel	möglichst als Einkomponenten- material verwenden; bei Zweikomponentenmaterial auf lange Startzeit achten; gut zu verkleben	nicht auf Schleimhäute bringen; härtet sofort aus; immer Schutzbrille tragen; verunreinigte Haut sofort reinigen (z.B. mit Cupran)

Übersicht über gebräuchliche Lösemittel

Tabelle 3

Lösemittel	Formel	Siedepunkt	Dichte	mischbar mit	Flammpunkt
Aceton	$\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$	56 °C	0,79	Wasser organischen Lösemitteln	-19 °C
Benzol	C_6H_6	80,15 °C	0,885	organischen Lösemitteln	-11 °C
Benzin	Gemisch von verschiedenen Kohlenwasserstoffen	20–135 °C	0,81	organischen Lösemitteln	-20 °C
Ethanol (Brennspiritus)	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$	78 °C	0,79	Wasser organischen Lösemitteln	12 °C
Methylethylketon (Butanon-2)	$\text{CH}_3\text{-CO-C}_2\text{H}_5$	80 °C	0,81	Wasser 292 g / l; organischen Lösemitteln	-1 °C
NMP N-Methyl-2-Pyrolidon	$\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}$	202 °C	1,062	Wasser; organischen Lösemitteln	50 °C
Monostyrol (Styrol)	$\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH}_2$	146 °C	0,91	organischen Lösemitteln	32 °C
Petrolether	überwiegend Gemisch aus Pentan $\text{C}_5\text{-H}_{12}$ und Hexan C_6H_{14}	30–70 °C	0,63–0,68	organischen Lösemitteln	-20 °C
Testbenzin (Superbenzin)	Kohlenwasserstoff- gemisch	ca. 135 °C	0,75	organischen Lösemitteln	21–55 °C
Trichlorethylen (Trichlorethen)	CHCl=CCl_2	87 °C	1,47	organischen Lösemitteln	keiner (nicht entzündlich)
Tetrachlorkohlenstoff (Tetrachlormethan)	CCl_4	77 °C	1,6	organischen Lösemitteln	keiner (nicht entzündlich)
Terpentin	$\text{C}_{16}\text{H}_{16}$	155 °C	0,86	organischen Lösemitteln	30 °C
Universalverdünner	Gemisch aus z.B. Toluol, Ethylacetat etc.			organischen Lösemitteln	ca. 0 °C

Bemerkungen	MAK	Toxizität	Anwendungsbeispiele	Erkennungsmerkmale
hochentzündlich; ausgezeichnetes Lösemittel	500 ppm	mäßige Reizwirkung auf Schleimhäute; Augenreizung bei direkter Einwirkung; Einatmen von Dämpfen gesundheits-schädlich	Entfetten; Lösemittelklebungen von PS-Kunststoffen; Reinigung von Arbeitsgerät für Zwei-Komponenten-Harz (GFK, EP, PUR)	farblose, mit Wasser mischbare Flüssigkeit; süßlicher Geruch; Dämpfe schwerer als Luft
krebserzeugend; nicht im Unterricht verwenden!	kein MAK (TRK 1 ppm)	starke Giftwirkung auf die Blut bildenden Organe; Reizwirkung auf Schleimhäute; narkotisch; Hautresorption; krebserzeugend	Entfetten; Lösemittel für Gummiklebstoffe	farblose, stark Licht brechende Flüssigkeit; Dämpfe viel schwerer als Luft
Ottokraftstoff enthält Benzol; nicht als Lösemittel verwenden!	kein MAK	reizt Augen und Atemwege	Betriebsstoff für Ottomotore	leichter als Wasser; Dämpfe z. T. schwerer als Luft
leichtentzündlich; sonst unproblematisches Reinigungs- und Lösemittel	1000 ppm		Entfetten; Reinigungsmittel; Brennstoff für Kocher	farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit mit typischem Geruch (Vergällungsmittel)
leicht flüchtig	200 ppm	narkotische Wirkung; Schleimhautreizung; längerer Hautkontakt auch mit Dämpfen kann zu Hautreizung führen	Entfetten von Metall und Kunststoffen; für Lösemittelklebung von PS-Kunststoffen	farblose, wenig wasserlösliche Flüssigkeit; leicht flüchtig; acetonähnlicher Geruch
ersetzt Methylenchlorid, welches als krebserzeugend erkannt wurde	19 ppm	reizt in höherer Konzentration die Augen und Atemwege	Löse- und Reinigungsmittel für Kunststoffe	farblose bis leicht gelbliche Flüssigkeit mit fischartigem Geruch
entzündlich	20 ppm	toxische Wirkung nicht bekannt; Dämpfe reizen Augen, Haut und Atemwege	Lösemittel für ungesättigte UP-Harze	farblose, stark Licht brechende Flüssigkeit; süßlicher Geruch
hochentzündlich	50 ppm	narkotische Wirkung; Leber- und Nierenschäden möglich	Entfettung; Fleckentfernung	farblose, wasserunlösliche Flüssigkeit; benzinartiger Geruch; Dämpfe schwerer als Luft
leichtentzündlich enthält Benzol	kein MAK (Stoffgemisch)	reizt Augen, Haut und Atemwege	Entfettung; Fleckentfernung; Betriebsstoff für Ottomotoren	Flüssigkeit leichter als Wasser; Dämpfe leichter als Luft
krebserzeugend; nicht im Unterricht verwenden!	kein MAK (TRK 50 ppm)	Dämpfe erzeugen Rausch; bei längerer Einwirkung auch Sucht; bei Zersetzung über 120 °C Phosgenbildung; Hautresorption	Entfettung; Fleckentfernung	flüchtige, gesundheits-schädliche Flüssigkeit; chloroformartiger Geruch; Dämpfe schwerer als Luft
umweltgefährlich; nicht im Unterricht verwenden!	10 ppm)	Aufnahme durch die Haut und durch Einatmen; Leber- und Nierenschäden möglich; krebserzeugend	Industriechemikalie; früher Fleckentferner; Feuerlöschmittel; Entfettung	stark flüchtige Flüssigkeit; sehr giftig; unangenehmer, süßlicher Geruch
entzündlich	100 ppm	reizt Haut und Schleimhäute	Verdünnungsmittel für Farben	gelbliche, wasserunlösliche Flüssigkeit; typischer Geruch
leichtentzündlich	kein MAK (Stoffgemisch)	narkotische Wirkung; Giftwirkung abhängig von der Zusammensetzung	Lösemittel für Farben und Lacke	farblos bis gelblich; Geruch wie Terpentin

ppm = parts per million

MAK = maximale Arbeitsplatz-Konzentration

TRK = technische Richt-Konzentration

1. Stoff-/Zubereitungs- und Firmenbezeichnung

Bezeichnung des Stoffes oder der Zubereitung

Artikelnummer: 100013
Artikelbezeichnung: Aceton reinst DAB, Ph Eur, BP, Ph Franc, NF

Angaben zum Hersteller/Lieferanten

Firma: E. Merck · 64271 Darmstadt · Germany · Tel. 0 61 51 / 72-0
Auskunft gebender Bereich: SFC/M PLM-TM · Tel. 0 61 51 / 72 78 42 · Fax 0 61 51 / 72 68 63
Notrufnummer: 0 61 51 / 72 24 40 · Fax 0 61 51 / 72 77 80

2. Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

Synonyme

Dimethylketon; Propanon

CAS-Nr.: 67-64-1 EG-Index-Nr.: 606-001-00-8
MG: 58,08 EINECS-Nummer: 200-662-2
Summenformel: CH_3COCH_3

3. Mögliche Gefahren

Leichtentzündlich

4. Erste-Hilfe-Maßnahmen

Nach Einatmen: Frischluft. Ggf. Atemspende oder Gerätebeatmung.

Nach Hautkontakt: Mit reichlich Wasser abwaschen. Kontaminierte Kleidung entfernen.

Nach Augenkontakt: Mit reichlich Wasser ausspülen. Augenarzt hinzuziehen.

Nach Verschlucken: Viel Wasser trinken lassen, Erbrechen vermeiden (Aspirationsgefahr!). Arzt hinzuziehen. Nachgabe von: Aktivkohle (20–40 g in 10%iger Aufschwemmung). Laxans: Natriumsulfat (1–2 EL/ 1/4 l Wasser). Keine Milch. Keine verdaulichen Öle.

5. Maßnahmen zur Brandbekämpfung

Geeignete Löschmittel:

Wasser, Pulver, Schaum.

Besondere Gefahren:

Brennbar. Dämpfe schwerer als Luft. Mit Luft Bildung explosionsfähiger Gemische möglich. Von Zündquellen fern halten. Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.

6. Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen:

Dämpfe/Aerosole nicht einatmen. In geschlossenen Räumen für Frischluft sorgen.

Verfahren zur Reinigung/Aufnahme:

Mit flüssigkeitsbindendem Material z.B. Chemizorb® aufnehmen. Der Entsorgung zuführen. Nachreinigen.

Zusätzliche Hinweise:

Nicht in Kanalisation gelangen lassen.

7. Handhabung und Lagerung

Handhabung:

Keine weiteren Anforderungen.

Lagerung:

Dicht verschlossen. An gut belüftetem Ort. Von Zünd- und Wärmequellen entfernt. Unter Lichtschutz. Bei Zimmertemperatur (Empfohlen: +15 bis +25 °C).

8. Expositionsbegrenzung und persönliche Schutzausrüstungen

Grenzwerte für den Arbeitsschutz:

MAK Aceton: 500 ml/m³ bzw. 1200 mg/m³,
Schwangerschaft: vgl. MAK-Liste Abschnitt II c
BAT Aceton: 40 mg/l (Harn), Parameter: Aceton

Persönliche Schutzausrüstung:

Atemschutz: erforderlich bei Auftreten von Dämpfen/Aerosolen. Filter A

Augenschutz: erforderlich

Handschutz: erforderlich

Angaben zur Arbeitshygiene:

Kontaminierte Kleidung sofort wechseln. Vorbeugender Hautschutz. Nach Arbeitsende Hände und Gesicht waschen.

9. Physikalische und chemische Eigenschaften

Form: flüssig

Farbe: farblos

Geruch: charakteristisch

pH-Wert: nicht verfügbar

Viskosität: dynamisch (32 °C) 0,32 mPa*s

Schmelztemperatur: -95 °C

Siedetemperatur: 56 °C

Zündtemperatur: 540 °C

Flammpunkt: -20 °C

Explosionsgrenze untere: 2,5 Vol.-%

obere: 13 Vol.-%

Dampfdruck: (20 °C) 233 mbar

Dichte: (20 °C) 0,79 g/cm³

Löslichkeit in Wasser: (20 °C) löslich

Log P(o/w): -0,24

DIN 51794
DIN 51755

10. Stabilität und Reaktivität**Zu vermeidende Bedingungen:**

Erhitzung.

Zu vermeidende Stoffe:

Alkalihydroxide, Halogene, Halogenkohlenwasserstoffe / Alkalihydroxide, Halogen – Halogenverbindungen, Oxidationsmittel (u. a. CrO_3 , Peroxidverbindungen, Salpetersäure, Nitriersäure), Halogenoxide, Alkalimetalle, Nitrosylverbindungen, Metalle, Ethanolamin.

Gefährliche Zersetzungsprodukte:

Peroxide

Weitere Angaben:

lichtempfindlich; luftempfindlich; Lösemittel;
ungeeignete Werkstoffe: verschiedene Kunststoffe.
In dampf-/gasförmigem Zustand mit Luft explosionsfähig.

11. Angaben zur Toxikologie**Akute Toxizität:**

LD_{50} (oral, Ratte): 5800 mg/kg

Weitere toxikologische Hinweise:

Nach Einatmen von Dämpfen: Schleimhautreizungen. In hohen Dosen: Kopfschmerzen, Speichelfluss, Übelkeit, Erbrechen, Schwindel, Narkose. Nicht auszuschließen: Koma.
Nach Augenkontakt: Gefahr der Hornhauttrübung.
Nach Verschlucken: Magen-Darm-Störungen, Kopfschmerzen, Speichelfluss, Übelkeit, Erbrechen, Schwindel, Narkose, Koma.

12. Angaben zur Ökologie**Verhalten in Umweltkompartimenten:**

Verteilung: $\log P(o/w)$: $-0,24$

Ökotoxische Wirkungen:

Biologische Effekte:

Fischtoxizität: *Leuciscus idus* LC_{50} : 7505 mg/l

Arthropoden: *Daphnia magna* LC_{50} : 12 100 mg/l / 48 h

Weitere Angaben zur Ökologie:

Abbaubarkeit: BSB_5 : 1,76 g/g; CSB : 2,07 g/g; ThSB : 2,2 mg/l.

Bei sachgemäßer Handhabung und Verwendung sind keine ökologischen Probleme zu erwarten.

13. Hinweise zur Entsorgung**Produkt:**

Es liegen keine einheitlichen Bestimmungen zur Entsorgung von Chemikalien bzw. Reststoffen in der EG vor. Chemikalien, die als Reststoffe anfallen, sind in der Regel Sonderabfälle. Deren Beseitigung ist durch entsprechende Gesetze bzw. Verordnungen der EG-Mitgliedsländer sowie in der Bundesrepublik Deutschland auch durch die Bundesländer geregelt. Bitte nehmen Sie mit der zuständigen Stelle (Behörde oder Abfallbeseitigungsunternehmen) Kontakt auf, die über die Entsorgung informiert.

14. Angaben zum Transport**Verpackung:**

Entsorgung gemäß den behördlichen Vorschriften. Kontaminierte Verpackungen sind wie der Stoff zu behandeln. Sofern nicht behördlich geregelt, können nicht kontaminierte Verpackungen wie Hausmüll behandelt oder einem Recycling zugeführt werden.

Landtransport ADR/RID und GGVS/GGVE:

GGVS/GGVE-Klasse: 3 Ziffer und Buchstabe: 3B
 ADR/RID-Klasse: 3 Ziffer und Buchstabe: 3B
 Bezeichnung des Gutes: 1090 ACETON

Binnenschifftransport ADN /ADNR
 nicht geprüft

Seeschifftransport IMDG /GGVSee

IMDG /GGVSee-Klasse: 3.1 UN-Nummer: 1090 Verpackungsgr.: II
 EmS: 3-06 MFAG: 300
 Richtiger technischer Name: ACETONE

Lufttransport ICAO-TI und IATA-DGR

ICAO/IATA-Klasse: 3 UN-/ID-Nummer: 1090 Verpackungsgr.: II
 Richtiger technischer Name: ACETONE

Die Transportvorschriften sind nach den internationalen Regulierungen und in der Form, wie sie in Deutschland (GGVS/GGVE) angewendet werden, zitiert. Mögliche Abweichungen in anderen Ländern sind nicht berücksichtigt.

15. Vorschriften**Kennzeichnung nach EG-Richtlinien:**

Symbol:	F	
Bezeichnung:	Leichtentzündlich	
R-Sätze:	11	Leichtentzündlich.
S-Sätze:	9-16-23-33	Behälter an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren. Von Zündquellen fern halten – nicht rauchen. Dampf nicht einatmen. Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.
EWG-Nummer:	200-662-2	EWG-Kennzeichnung

16. Sonstige Angaben**Deutsche Vorschriften:**

Wassergefährdungsklasse 0 (im Allgemeinen nicht wassergefährdende Stoffe)
(KBwS-Einstufung)

VbF (Verordnung
brennbare Flüssigkeiten) B

Lagerklasse VCI 3 A

Merkblatt BG-Chemie M017 Lösemittel
M051 Gefährliche chemische Stoffe

Andere nationale Vorschriften:

Schweizer Giftklasse: 5

Änderungsgrund:

Allgemeine Überarbeitung.
Änderung der Transporteinstufung.

Die Angaben stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse und dienen dazu, das Produkt im Hinblick auf die zu treffenden Sicherheitsvorkehrungen zu beschreiben. Sie stellen keine Zusicherung von Eigenschaften des beschriebenen Produkts dar.



Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff-
Industrie (Hrsg.):

Kunststoffe – Werkstoffe unserer Zeit.

Frankfurt a.M., 5. Auflage, 1993

Die Verbände der Kunststoffindustrie hal-
ten eine große Anzahl von Unterrichtsmat-
terialien bereit, die auf Anforderung zuge-
schickt werden.

Verband Kunststoffherzeugende
Industrie e.V./Süddeutsches Kunststoff-
zentrum (Hrsg.):

Kunststoffe im Dialog.

Frankfurt a.M., 1995

Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff
Industrie e.V.

Karlstraße 21, 60329 Frankfurt a.M.,

Tel. 0 69 / 25 56 13 03

Süddeutsches Kunststoffzentrum

Frankfurter Straße 15–17, 97082 Würzburg

	Seite
A	
ABS	6, 13
Aceton	23
Acrylnitrilbutadienstrol	6
Adhäsion	18
Alpolit	6
Alterung	7
Amine	24, 36
Anpressdruck	12
Anreißen und brechen	10
Anschmelzen	18
Araldit	6
B	
Bakelit	6
Baysilon	6
Bearbeitungsspuren	11
Beckopox	6
Benzoylperoxid (BP)	35
Beschleuniger	7, 8, 22, 24
Biegen	14
Bindemittel	12
Bohren	10
C	
Chlorwasserstoffabspaltung (HCl)	13
Co-Beschleuniger	22
Cobaltnaphtenat	8, 22
Cupran	20, 23, 24, 36
D	
DD-Lack	22
Deckschichtharz	22, 23
Deformationen	17
Degalan	6
Depolymerisierung	13
Desmodur	6
Desmophen	6
Drehen	11
Duromere	5, 12
E	
Edistir	6
Einkomponenten-Schäume	19, 36
Elaste	5
Elastomere	5
Entformen	21
EP-Harze	6, 24, 36
Epoxidharz	6, 36
Epoxidkleber	18
Erste Hilfe	35
F	
Feinstaubfiltermasken	12, 24
Flächenheizstrahler	15, 16
Fluor-Polymere	18
Formbau	22
Formkasten	15, 16
Formmaterialien	21
Formteil	16

	Seite
Fräsen	11
Füllstoffe	12
G	
GE-Silicones	6
Gefahrstoffverordnung	9
Gewindeschneiden	11
GFK	6, 21, 23
GFUP	6, 21, 23
Gießharze	28, 29, 35, 36
Glasfasermatte, Glasfasern	12, 23
Glasfaserverstärkte Kunststoffe	21
Granulate	7
H	
Handbrause	35
Handlaminierverfahren	23
Härter	7, 8, 22, 24, 35
Heizelementschweißen	17
Hostafon	6
Hostalen	6
Hostalen PP	6
Hostalit	6
I	
Inserts	12
Integralschaum	19
Isocyanat	20
Isolierungen	19
K	
Kaltschweißen	18
Keramin	6
Kernlochbohrung	11
Kleben	18
Klebepistole	18
Klebstoffe	7, 18, 36
Kontaktkleber	18
Kunstharz	12
Kunststoffe, flüssig	7, 8
L	
Lagerung, Kunststoffe und Hilfsmittel	7
Laminierharze	35, 36
Leguval	6
Lochsägen	11
Lösemittel	5, 7, 8, 18
Lösemittelkleber	18
Luparen	6
Lupolen	6
Lupranol	6
Luran	6
M	
MEKP-Härter	22
Melamin-Formaldehydharz	6
Methylethylketonperoxid (MEKP)	22, 35
MF	6
Mipolam	6
Modler	22
Montageklebungen	19

	Seite
N	
Negativ-Form	21, 23
Nylon	6
P	
PA	6
Palatal	6
Paraffinlösung	23
PE	6, 13
Perlon	6
Peroxide	7, 8, 23
PF	6
Phenol-Formaldehydharz	6
Photooxidation	7
Pigmente	12
Plattenware	7
Plexiglas	6
PMMA	6, 10, 11, 18
Polieren	12
Polyamid	6, 18
Polyäthylen	6
Polymethylmethacrylat	6
Polyol	20, 36
Polyol-Toluylendiisocyanat (TDI)	20
Polypropylen	6
Polystyrol	6
Polytetrafluorethylen	6
Polyurethanharz (PU-Harze)	6, 19
Polyvinylalkohol	19
Polyvinylchlorid	6
Positiv-Form	21
PP	6
Profile	7
PS	6, 10, 13, 15
PS-Derivate	10
PTFE	6
PU	6
PU-Harze	20, 36
PU-Schäume	20, 36
PVC	6
PVC-Halbzeuge	13
R	
Raspeln und feilen	10
Raumlüftung	17, 18, 19, 20, 26, 28, 29, 36
Reaktionsbeschleuniger	8
Resamin	6
Resarit	6
Resopal	6
Reste	8
Rütapox	6
S	
Sägen	11
Schäume	19, 20
Scheibenroller	23
Schleifen	11
Schmelzklebstoffe	19
Schutzbrille	10, 20, 22, 24, 26, 28, 29, 35, 36

	Seite
Schutzhandschuhe	14, 15, 16, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 26
Schutzmaßnahmen	8, 12, 16, 17, 20, 26
Schweißen, Schweißzusatzstoff	17
Selbstzersetzung	8
SI	6
Silikogener Staub	12
Silikon	6
Sondermüll	8
Spanabfluss	10
Spanende Bearbeitung	10
Standzeiten	12
Staubabsaugung	12
Streckziehen	14
Styroflex	6
Styrol	21, 35
Styropor	6
Surformfeilen	10
T	
Teflon	6, 18
Thermomere	5
Thermoplaste	5
Tiefziehen	14
Topfzeit	22
Trennlack	22
Trennmittel	20
Trennwachs	22
U	
Ultramid	6
Ungesättigte Polyesterharze	6
UP-Harze	6, 7, 8, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 35
Urafen	6
UV-härtende Kleber	18
V	
Vakuum-Prinzip	15
Vakuumpumpe	15, 16
Verbrennungen	35
Verformung, Backofen, Heizplatte	14
Vergilbung	7
Verschäumen von PU-Harzen	19, 20
Versprödung	7
Verstärkungsmaterialien	12
Verunreinigungen	7
Vestolen / Vestolen P	6
Vinylchlorid (VC)	13
Vorschubgeschwindigkeiten	11
W	
Wackersilon	6
Wärmeleitfähigkeit	10
Warmformen	13
Warmgasschweißen	17
Z	
Zellulosederivate	5
Zersetzungsprodukte	11
Zwei-Komponenten-Kleber	18
Zwei-Komponenten-Schäume	36

Überreicht und zu beziehen durch den zuständigen Unfallversicherungsträger:

Baden-Württemberg

Unfallkasse Baden-Württemberg,
Hauptsitz Stuttgart:
Augsburger Straße 700, 70329 Stuttgart,
Postanschrift: 70324 Stuttgart,
Tel. (07 11) 93 21-0, Fax (07 11) 93 21-500,
Sitz Karlsruhe:
Waldhornplatz 1, 76131 Karlsruhe,
Postanschrift: 76128 Karlsruhe,
Tel. (07 21) 60 98-1, Fax (07 21) 60 98-52 00

Bayern

Bayerischer Gemeindeunfallversicherungs-
verband, Ungererstraße 71, 80805 München,
Postanschrift: 80791 München,
Tel. (0 89) 3 60 93-0, Fax (0 89) 3 60 93-135

Bayerische Landesunfallkasse,
Ungererstraße 71, 80805 München,
Postanschrift: 80791 München,
Tel. (0 89) 3 60 93-0, Fax (0 89) 3 60 93-135

Unfallkasse München,
Müllerstraße 3, 80469 München,
Postanschrift: 80313 München,
Tel. (0 89) 2 33-2 80 94, Fax (0 89) 2 33-2 64 84

Berlin

Unfallkasse Berlin,
Culemeyerstraße 2, 12277 Berlin-Marienfelde,
Postfach 48 05 84, 12254 Berlin,
Tel. (0 30) 76 24-0, Fax (0 30) 76 24-11 09

Brandenburg

Unfallkasse Brandenburg,
Müllroser Chaussee 75, 15236 Frankfurt,
Postanschrift: Postfach 11 13, 15201 Frankfurt,
Tel. (03 35) 52 16-0, Fax (03 35) 54 73 39

Feuerwehr-Unfallkasse Brandenburg,
Müllroser Chaussee 75, 15236 Frankfurt,
Postanschrift: Postfach 11 13, 15201 Frankfurt,
Tel. (03 35) 52 16-0, Fax (03 35) 54 73 39

Bremen

Unfallkasse Freie Hansestadt Bremen,
Walsroder Straße 12-14, 28215 Bremen,
Tel. (04 21) 3 50 12-0, Fax (04 21) 3 50 12-14

Hamburg

Landesunfallkasse Freie und Hansestadt
Hamburg, Spohrstraße 2, 22083 Hamburg,
Postanschrift: Postf. 76 03 25, 22053 Hamburg,
Tel. (0 40) 2 71 53-0, Fax (0 40) 2 70 69 87

Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord,
Landesgeschäftsstelle Hamburg
Berliner Tor 49, 20099 Hamburg,
Tel. (0 40) 3 09 04 92 89, Fax (0 40) 3 09 04 91 81

Hessen

Unfallkasse Hessen,
Leonardo-da-Vinci-Allee 20, 60486 Frankfurt,
Postanschrift: Postf. 10 10 42, 60010 Frankfurt,
Tel. (0 69) 2 99 72-440, Fax (0 69) 2 99 72-588

Mecklenburg-Vorpommern

Unfallkasse Mecklenburg-Vorpommern,
Wismarsche Straße 199, 19053 Schwerin,
Tel. (03 85) 51 81-0, Fax (03 85) 51 81-111

Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord, Lan-
desgeschäftsstelle Mecklenburg-Vorpommern,
Bertha-von-Suttner-Straße 5, 19061 Schwerin,
Tel. (03 85) 30 31-700, Fax (03 85) 30 31-706

Niedersachsen

Braunschweigischer
Gemeinde-Unfallversicherungsverband,
Berliner Platz 1C, 38102 Braunschweig,
Postanschrift: Postfach 15 42,
38005 Braunschweig,
Tel. (05 31) 2 73 74-0, Fax (05 31) 2 73 74-40

Gemeinde-Unfallversicherungsverband
Hannover, Am Mittelfelde 169, 30519 Hannover,
Postanschrift: Postf. 81 03 61, 30503 Hannover,
Tel. (05 11) 87 07-0, Fax (05 11) 87 07-188

Landesunfallkasse Niedersachsen,
Am Mittelfelde 169, 30519 Hannover,
Postanschrift: Postf. 81 03 61, 30503 Hannover,
Tel. (05 11) 87 07-0, Fax (05 11) 87 07-202

Gemeinde-Unfallversicherungsverband
Oldenburg, Gartenstraße 9, 26122 Oldenburg,
Postanschrift: Postfach 27 61, 26017 Oldenburg,
Tel. (04 41) 77 90 90, Fax (04 41) 7 79 09 50

Feuerwehr-Unfallkasse Niedersachsen,
Aegidientorplatz 2 a, 30159 Hannover,
Postanschrift: Postfach 280, 30002 Hannover,
Tel. (05 11) 98 95-431, Fax (05 11) 98 95-433

Nordrhein-Westfalen

Rheinischer Gemeindeunfallversicherungs-
verband, Heyestraße 99, 40625 Düsseldorf,
Postanschrift: Postf. 12 05 30, 40605 Düsseldorf,
Tel. (02 11) 28 08-0, Fax (02 11) 28 08-219

Gemeindeunfallversicherungsverband
Westfalen-Lippe,
Salzmannstraße 156, 48159 Münster,
Postanschrift: Postfach 59 67, 48135 Münster,
Tel. (02 51) 21 02-0, Fax (02 51) 21 85 69

Landesunfallkasse Nordrhein-Westfalen,
Ulenbergstraße 1, 40223 Düsseldorf,
Tel. (02 11) 90 24-0, Fax (02 11) 90 24-180

Feuerwehr-Unfallkasse Nordrhein-Westfalen,
Provinzialplatz 1, 40591 Düsseldorf,
Postanschrift: 40195 Düsseldorf,
Tel. (02 11) 97 79 89-0, Fax (02 11) 97 79 89-29

Rheinland-Pfalz

Unfallkasse Rheinland-Pfalz,
Orensteinstraße 10, 56626 Andernach,
Postanschrift: 56624 Andernach,
Tel. (0 26 32) 9 60-0, Fax (0 26 32) 9 60-311

Saarland

Unfallkasse Saarland,
Beethovenstraße 41, 66125 Saarbrücken,
Postanschrift: Postfach 20 02 80, 66043 Saar-
brücken,
Tel. (0 68 97) 97 33-0, Fax (0 68 97) 97 33-37

Sachsen

Unfallkasse Sachsen,
Rosa-Luxemburg-Straße 17a, 01662 Meißen,
Postanschrift: Postfach 42, 01651 Meißen,
Tel. (0 35 21) 7 24-0, Fax (0 35 21) 7 24-111

Sachsen-Anhalt

Unfallkasse Sachsen-Anhalt,
Käseperstraße 31, 39261 Zerbst,
Postanschrift: 39258 Zerbst,
Tel. (0 39 23) 7 51-0, Fax (0 39 23) 7 51-333

Feuerwehr-Unfallkasse Sachsen-Anhalt,
Carl-Miller-Straße 7, 39112 Magdeburg,
Tel. (03 91) 5 44 59-0, 6 22 48 73 u. 6 22 48 13,
Fax (03 91) 5 44 59-22

Schleswig-Holstein

Unfallkasse Schleswig-Holstein,
Seekoppelweg 5a, 24113 Kiel,
Tel. (04 31) 64 07-0, Fax (04 31) 64 07-250

Hanseatische Feuerwehr-Unfallkasse Nord,
Landesgeschäftsstelle Schleswig-Holstein,
Sophienblatt 33, 24114 Kiel,
Postanschrift: 24097 Kiel
Tel. (04 31) 6 03-21 13, Fax (04 31) 6 03-13 95

Thüringen

Unfallkasse Thüringen,
Humboldtstraße 111, 99867 Gotha,
Postanschrift: Postfach 10 03 02, 99853 Gotha,
Tel. (0 36 21) 7 77-0, Fax (0 36 21) 7 77-111

Feuerwehr-Unfallkasse Thüringen,
Magdeburger Allee 4, 99086 Erfurt (Tivoli),
Tel. (03 61) 55 18-200, Fax (03 61) 55 18-221

Eisenbahn-Unfallkasse

Rödelheimer Straße 49, 60487 Frankfurt/Main,
Tel. (0 69) 4 78 63-0, Fax (0 69) 4 78 63-151

Unfallkasse Post und Telekom

Europaplatz 2, 72072 Tübingen,
Postanschrift: Postfach 27 80, 72017 Tübingen,
Tel. 0180 5 00 16 32, Fax (0 70 71) 9 33-43 98

Unfallkasse des Bundes

Weserstraße 47, 26382 Wilhelmshaven,
Postanschrift: Postf. 180, 26380 Wilhelmshaven,
Tel. (0 44 21) 4 07-0, Fax (0 44 21) 4 07-406

Die jeweils aktuellen E-Mail- und Internet-Adressen der hier aufgelisteten Unfallversicherungsträger finden Sie auf der Homepage des Bundesverbandes der Unfallkassen: www.unfallkassen.de unter der Rubrik „Ihr Unfallversicherungsträger“.

Hinweis:

Seit Oktober 2002 ist das BUK-Regelwerk „Sicherheit und Gesundheitsschutz“ neu strukturiert und mit neuen Bezeichnungen und Bestellnummern versehen. In Abstimmung mit dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften wurden sämtliche Veröffentlichungen den Kategorien „Unfallverhütungsvorschriften“, „Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz“, „Informationen“ und „Grundsätze“ zugeordnet.

Bei anstehenden Überarbeitungen oder Nachdrucken werden die Veröffentlichungen auf die neuen Bezeichnungen und Bestellnummern umgestellt. Dabei wird zur Erleichterung für einen Übergangszeitraum von ca. 3 bis 5 Jahren den neuen Bestellnummern die bisherige Bestellnummer angefügt.

Des Weiteren kann die Umstellung auf die neue Bezeichnung und Benummerung einer so genannten Transferliste entnommen werden, die u.a. im Druckschriftenverzeichnis und auf der Homepage des Bundesverbandes der Unfallkassen (www.unfallkassen.de) veröffentlicht ist.