

Organisch-chemisches Grundpraktikum für Biologen

Universität zu Köln

WS 2008/2009

Versuchsvorschriften

erstellt von

**Felix Cleemann
Jens Adrio
Burkhard Koch
Stefan Schnippering**

1.) Tutorium zum organisch-chemischen Grundpraktikum für Studierende der Biologie im WS08/09

- Für Studierende mit dem Studienziel Bachelor handelt es sich um eine Wahlpflichtveranstaltung.
- Termine: 13.10.2008 -07.11.2008
jeweils Mo. 10 – 11.30 und Do. 12.30 – 14
- Betreuung: Miriam Drayss, Tel.: 0221 - 470 3086
miriam.drayss@uni-koeln.de
- Klausur/Fachprüfung:
Termin: Ende November
Eine zweistündige Klausur über den **Stoff vom Praktikum und OC I Vorlesung** sowie über Sicherheitsaspekte. Zum Bestehen dieser Klausur sind 50% der Punkte (60 Punkte) nötig.
Zugelassen ist jeder, der ein **vollständiges Protokollheft** vorweisen kann! (alle 8 Versuche müssen vom Assistenten unterzeichnet sein)
- Nachklausur/Wiederholungsfachprüfung: Ende des WS 2008/2009
(50% zum Bestehen nötig)

2.) Organisch-chemisches Grundpraktikum für Studierende der Biologie im WS08/09

- Dauer: **13.10.2008 – 07.11.2008**
Praktikum aus acht halbtägigen Versuchen.
- Voraussetzungen:
 1. In Köln für Biologie immatrikuliert.
 2. Abgeschlossener praktischer Teil des AC-Grundpraktikums.
 3. Teilnahme an der **Sicherheitsbelehrung** am 09.10.2008, 10.30 Uhr
- Anmeldung zum Praktikum
Donnerstag 10.07.2008, 13.00 Uhr Raum 125 in der gelben Etage
(Vorlage des **Studentenausweises** sowie **AC-Scheins**)
Als Entschuldigung für das Fehlen gelten ausschließlich attestierte Arztbesuche etc.

- Ablauf des Praktikums:
8 Praktikumstage à 4 Stunden
4 Gruppen: A: Montag 10.30-14.30 und Mittwoch 15.00-19.00
B: Dienstag 10.15-14.15 und Donnerstag 14.00-18.00
C: Dienstag 15.00-19.00 und Freitag 10.15-14.15
D: Mittwoch 10.15-14.15 und Freitag 15.00-19.00
Für die Gruppeneinteilung können Wünsche geäußert werden.
- Praktikumsanleitungen: Werden am Tag der Anmeldung verteilt.
- **Sicherheitsbelehrung: 09.10.2008, 10.30 Uhr (Anwesenheitspflicht!) im Kurt-Alder-HS.** Als Entschuldigung für das Fehlen gelten ausschließlich attestierte Arztbesuche etc.
- Sonstiges:
Mehr als ein Fehltag wird nicht akzeptiert. Fehlende Versuche müssen im nachfolgenden Jahr wiederholt werden.
Unwissenheit oder grobe Verletzungen der Sicherheitsbestimmungen führen zum Ausschluss vom jeweiligen Versuch (Fehltag!)
Verspätungen: max 20 min., sonst wird ein Fehltag angerechnet.
Protokollhefte sind bis spätestens **14.11.2008** dem zuständigen Assistenten vorzulegen, **danach werden keine Hefte mehr korrigiert**, unerledigte Versuche müssen im folgenden Jahr wiederholt werden.
- Scheine:
Ausstellung **eines** Chemie-Scheines für Studierende mit dem Studienziel Diplom (AC **und** OC) nach Erledigung aller Klausuren und ordnungsgemäßer Erledigung der Praktika (mit vollständigen Heften bei Einhaltung der Fristen). Für Studierende mit dem Studienziel Bachelor wird kein Schein ausgestellt.
- Praktikumsleiter: Ilona Jurkiewicz
ilona.jurkiewicz@uni-koeln.de
(Labor 419, Tel.: 0221/470-3294)
Sven Arenz (Labor 403, Tel.: 3274)

Theorie für die Antestate der Praktikumsversuche

Versuch 1: *Nucleophile Substitution: tert-Butylchlorid aus tert-Butanol*

Definition „Nucleophile Substitution“, S_N1 -, S_N2 -, S_{Ni} -Mechanismus, Energieprofile der S_N1 - und S_N2 -Reaktion, Nucleophilie, Basizität, Abgangsgruppen, Lösungsmittel (-klassen), ambidente Nucleophile (Nitrit, Cyanid), Stereochemie, Williamson'sche Ethersynthese, Veresterung, Aminierung, Gabriel-Synthese, Umsetzung von Alkoholen mit $SOCl_2$ (mit und ohne Pyridin).

Versuch 2: *Elektrophile aromatische Substitution: Naphtholorange durch Azokupplung*

Definition „Aromatizität“, Hückel-Regel, Beispiele für Aromaten und Antiaromaten, Halogenierung, Sulfonierung, Nitrierung, Friedel-Crafts-Alkylierung und Acylierung, Lewis-Säuren, Isoelektronizität, Diazotierung, Azokupplung, benzoide/chinoide Systeme, Sandmeyer-Reaktionen, mesomere/induktive Effekte von Substituenten, Zweitsubstitution, Oxidation, Reduktion und Umwandlung an den Seitenketten.

Versuch 3: *Redox-Reaktion: Phthalsäure aus o-Xylol*

Begriffsdefinition „Oxidation“ und „Reduktion“, Bestimmung von Ox.-Stufen, *Erlenmeyer-Regel*, Oxidation von Alkoholen, Reduktion von Aldehyden und Ketonen, Selektivität von $LiAlH_4$, $NaBH_4$ und DIBALH bei diversen funktionellen Gruppen, *Clemmensen-Reduktion*, *Wolff-Kishner-Reduktion*, Bishydroxylierung von Doppelbindungen (*cis* und *trans*).

Versuch 4: *Grignard-Synthese: Benzoesäure aus Brombenzol*

Carbonylverbindungen allgemein: Polarität, Reaktivität, (Abstufung und induktive/mesomere Effekte, andere Systeme mit reaktiven C=O Doppelbindungen), C-H-acide Verbindungen, Keto- und Enolform, Basen zur Deprotonierung, Derivate: Hydrate, Acetale/Ketale (auch als Schutzgruppen), Aminale, Cyanhydrine, Enamine und Imine, Oxime, Hydrazone, *Grignard-Reagenzien*, synthetische Möglichkeiten der *Grignard-Synthese*.

Versuch 5: *Reaktion von Carbonylverbindungen mit C-H-aciden Verbindungen:*

trans-Zimtsäure durch Malonestersynthese

S_N2 -Mechanismus (Addition/Eliminierung), Aldol-Addition, Aldol-Kondensation, Veresterung, Amidbildung, saure/basische Esterspaltung, *Claisen-Esterkondensation*, *Dieckmann-Kondensation*, *Knoevenagel-Reaktion* (und Decarboxylierung), *Strecker-Synthese*.

Versuch 6: *Synthese von 1,2,3,4,6-Penta-O-acetyl- β -D-glucopyranose bzw. von*

1,2,3,4,6-Penta-O-acetyl- α -D-glucopyranose

Namen: Aldosen, Ketosen, Pentosen und Hexosen, Pyranosen und Furanosen, D-/L-Form, Unterschied α/β -glycosidische OH-Gruppe, Glycosylierung, epimeres Zentrum, Mutarotation, DNA-Bausteine: Ribose und Deoxyribose, Spaltung *cis*-ständiger OH-Gruppen, Ketalisierung.

Versuch 7: *Hantzsch'sche Dihydropyridin-Synthese eines Nifedipin-Derivats*

Michael-Systeme (inkl. Synthese), Wiederholung Carbonyl-Chemie

Versuch 8: *DIELS-ALDER-Reaktion: [4+2]-Addukt von Maleinsäureanhydrid an Anthracen*

a) Eliminierungen:

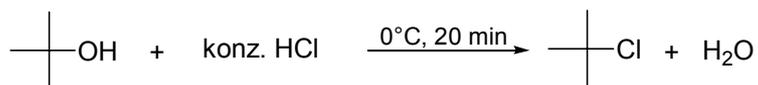
1,1-, 1,2- 1,3- und 1,4-Eliminierungen mit Beispielen, E_{1-} , E_{2-} und E_{1cb} -Mechanismus mit Stereochemie, Stereochemie der Eliminierung bei Cyclohexan-Derivaten, Energieprofil und Temperatureffekt, Eliminierungsbasen (DBU, DBN, $tBuOK$), *Hofmann-Eliminierung*, thermische Eliminierungen (Esterpyrolyse, *Tschugajeff*, *Cope-Eliminierung*), *Hofmann*- und *Saytzev-Produkte*.

b) *Diels-Alder-Reaktion*:

Charakteristika von Dien und Dienophil, Regioselektivität, endo-Regel.

Versuch 1

Nucleophile Substitution: *tert*-Butylchlorid aus *tert*-Butanol



Chemikalien: 14.1 ml (11.11 g, 150 mmol) *tert*-Butanol
40 ml (ca. 46 g, 450 mmol) konz. HCl
Na₂CO₃

In einem Scheidetrichter werden zu 46 g (40 ml) eiskalter konz. HCl 11.11 g (14.1 ml) *tert*-Butanol gegeben. Der Scheidetrichter wird mit einem Stopfen gut verschlossen und unter gelegentlichem Belüften 10 min lang intensiv geschüttelt. Dabei wird der Stopfen mit der Handfläche gesichert.

Nach Ablauf der Zeit wird der Trichter ruhig aufgehängt. Sobald eine Trennung der Phasen erfolgt ist, wird die untere in ein Becherglas abgelassen (Prüfen Sie, welche die organische Phase ist!). Die organische Phase wird mit etwa 10 ml Wasser durch Schütteln im Scheidetrichter gewaschen. Nach Abtrennen der organischen Phase wird solange Natriumcarbonat in kleinen Portionen zu dieser gegeben, bis beim Umschwenken des Gefäßes das Trockenmittel (Natriumcarbonat) aufgewirbelt wird. Nach Filtration wird das Produkt ausgewogen und der Brechungsindex bestimmt.

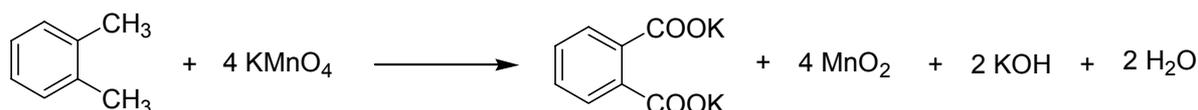
Ausbeute: 70-80%

Brechungsindex: $n_D^{20} = 1.3903$

Versuch 3

Redox-Reaktion:

Phthalsäure aus *o*-Xylol



Chemikalien: 1.10 g (10.0 mmol) *o*-Xylol; $d = 0.88 \text{ g/ml}$
6.32 g (40.0 mmol) KMnO_4
2.10 g (20.0 mmol) Na_2CO_3
5 ml Ethanol
5 ml konz. Salzsäure
75 ml Diethylether
 MgSO_4

In einem 250 ml Rundkolben werden 6.32 g Kaliumpermanganat und 2.10 g Natriumcarbonat in 75 ml Wasser gelöst. 1.10 g *o*-Xylol sowie einige Siedesteine werden hinzu gegeben und die violette Mischung für 90 Minuten zum Rückfluß erhitzt (Ölbadtemperatur ca. $160 \text{ }^\circ\text{C}$ → Thermometer!!!). Anschließend wird das Ölbad entfernt und nach leichtem Abkühlen vorsichtig 5 ml Ethanol zur Reaktionslösung zugegeben. Der gebildete Niederschlag wird abfiltriert, das Filtrat mit ca. 5 ml konz. Salzsäure angesäuert und dreimal mit jeweils 25 ml Diethylether im Scheidetrichter ausgeschüttelt. Die vereinigten Etherextrakte werden in einem Erlenmeyerkolben über (= mit) Magnesiumsulfat getrocknet und nach Entfernen des Magnesiumsulfats im Wasserbad zur Trockene eingedunstet. Zurück bleibt die Phthalsäure als farbloser Feststoff, von dem der Schmelzpunkt bestimmt wird.

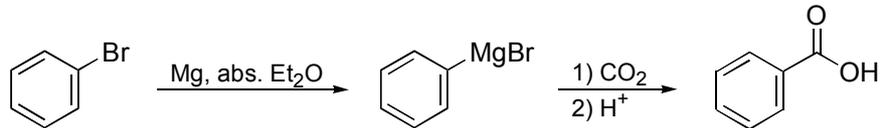
Ausbeute: 50%

Schmelzpunkt: $194 \text{ }^\circ\text{C}$

Versuch 4

Grignard-Synthese:

Benzoessäure aus Brombenzol



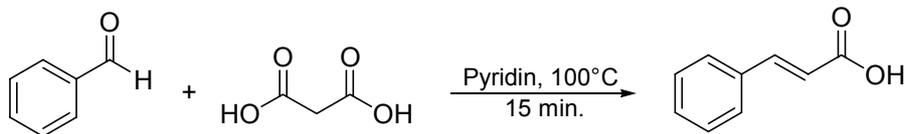
Chemikalien: 0.3 g (12.3 mmol) Magnesium
1.0 ml (1.49 g, 9.5 mmol) Brombenzol
ca. 10 - 20 ml abs. Diethylether
5 - 10 ml verd. Salzsäure
Iod, Trockeneis, Diethylether, Calciumchlorid, Petrolether

In einem trockenen Reagenzglas werden 0.3 g Magnesiumspäne zur Aktivierung mit einem Kriställchen Iod über einer Feuerzeugflamme oder mit einer Heißluftpistole erhitzt, bis sich violette Dämpfe bilden ("Anätzen" des Magnesiums). Nach vollständigem Abkühlen wird 1.0 ml (1.5 g) Brombenzol hinzu gegeben und die violette Lösung mit absolutem Diethylether überschichtet. Nach kurzer Zeit sollte sich die Reaktionsmischung entfärben und feine Bläschen aufsteigen. Die Reaktion führt dann zum Sieden des Ethers und ist nach etwa 10 min beendet. Der abgedampfte Ether wird mit weiteren 10 ml absolutem Diethylether ersetzt und die Mischung in ein Becherglas mit einigen kleinen Stücken Trockeneis gegossen. Sobald das Trockeneis nicht mehr vorhanden ist, wird die viskose Masse in 5 ml verdünnter Salzsäure gelöst und die erhaltene Lösung dreimal mit jeweils 15 ml Diethylether (nicht absolut) extrahiert. Die vereinigten etherischen Phasen werden über Calciumchlorid getrocknet, filtriert und die Lösung am Rotationsverdampfer bzw. über einem Wasserbad zur Trockene eingengt. Der ausgefallene Feststoff wird aus Petrolether umkristallisiert und schließlich der Schmelzpunkt bestimmt.

Schmelzpunkt : 120°C

Versuch 5

Reaktion von Carbonylverbindungen mit C-H-aciden Verbindungen: *trans*-Zimtsäure durch Malonestersynthese



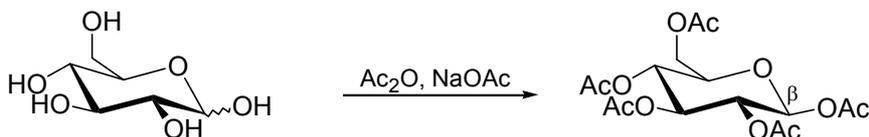
Chemikalien: 0.5 g (4.8 mmol) Malonsäure
1.0 ml (9.9 mmol) Benzaldehyd
0.5 ml (6.2 mmol) Pyridin
5 ml verd. NaOH
10 ml Diethylether
konz. HCl

In einem 25 ml-Rundkolben werden 0.5 g Malonsäure, 1.0 ml Benzaldehyd und 0.5 ml Pyridin vorgelegt und die Mischung 15 Minuten im siedenden Wasserbad erhitzt. Eine Gasentwicklung (CO₂↑) wird beobachtet. Zum Abtrennen des nicht umgesetzten Benzaldehyds von der entstandenen Zimtsäure wird das Reaktionsgemisch in 5 ml verd. NaOH aufgenommen und die Emulsion mit 10 ml Diethylether extrahiert. Die den Aldehyd enthaltende Etherschicht wird abgetrennt und verworfen. Die alkalische, wäßrige Phase wird mit konz. HCl angesäuert, wobei sich die Zimtsäure abscheidet. Der Niederschlag wird mit einem Büchner-Trichter abgesaugt bzw. abfiltriert, mit wenig Wasser gewaschen und vor der Schmelzpunktbestimmung im Vakuumexsiccator über CaCl₂ getrocknet.

Ausbeute: 50%
Schmelzpunkt: 135 - 136°C (trans)
68°C (cis)

Versuch 6

Synthese von 1,2,3,4,6-Penta-O-acetyl- α -D-glucopyranose bzw. von
1,2,3,4,6-Penta-O-acetyl- β -D-glucopyranose



Chemikalien: 1.0 g (12.2 mmol) Natriumacetat
 15 ml (16.2 g, 159 mmol) Essigsäureanhydrid
 2.0 g (10.1 mmol) Glucose-Monohydrat
 20 ml Ethanol
 Toluol, Aceton

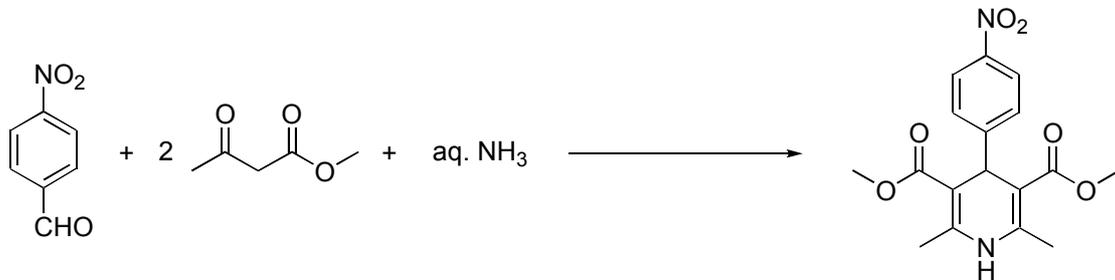
In einem 50 ml Rundkolben mit Siedesteinen werden 1.0 g wasserfreies Natriumacetat unter Erhitzen in 15 ml (16.2 g) Essigsäureanhydrid (140 °C, Siedepunkt von Ac_2O) gelöst. Nach Entfernen des Heizbades wird der noch heißen Lösung portionsweise und unter Rühren 2.0 g Glucose-Monohydrat so zugesetzt, dass die Lösung von sich aus weiter siedet. Nach Beendigung der Zugabe und nach Abkühlen des Reaktionsansatzes auf Raumtemperatur wird das Gemisch unter kräftigem Umschwenken in 50 ml Wasser gegossen und der dabei ausfallende Niederschlag abgesaugt und aus etwa 10 ml Ethanol umkristallisiert. Der Schmelzpunkt wird bestimmt und die Identität des Produkts (der Produkte?) mittels Dünnschicht-Chromatographie geprüft (Kieselgel, Laufmittel: Toluol : Aceton 3 : 1, Detektion: Besprühen mit einer Lösung von 5% H_2SO_4 (konz.) in Ethanol und anschließendem Erwärmen mit Heißluftfön).

Schmelzpunkt: 132 - 133°C

Literaturausbeute: 2.4 g (60%)

Versuch 7

Hantzsch'sche Dihydropyridin-Synthese eines Nifedipin-Derivats



Chemikalien: 0.76 g (5.0 mmol) 4-Nitrobenzaldehyd
 1.16 g (10.0 mmol) Acetessigsäuremethylester
 0.5 ml (8 mmol) 30%ige Ammoniaklösung
 Ethanol

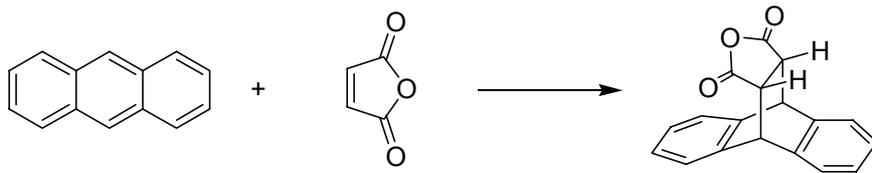
In einem 25 ml Rundkolben mit Rückflußkühler (Siedesteine) wird eine Lösung von 0.76 g 4-Nitrobenzaldehyd, 1.1 ml (1.16 g) Acetessigsäuremethylester und 0.5 ml 30%iger Ammoniaklösung in 10 ml Ethanol für 90 Minuten zum Rückfluß erhitzt und auf Eis gegossen. Es fällt ein gelber, pulveriger Niederschlag aus, der mit einem Büchner-Trichter absaugt und aus wenig (ca. 5 ml) Ethanol umkristallisiert wird. Die gelben Kristalle werden erneut abfiltriert und im Exsiccator getrocknet. Schließlich werden Schmelzpunkt und Ausbeute bestimmt.

Schmelzpunkt: 197°C

Versuch 8

DIELS-ALDER-Reaktion:

[4+2]-Addukt von Maleinsäureanhydrid an Anthracen



Chemikalien: 2.00 g (11.0 mmol) Anthracen
0.80 g (8.2 mmol) Maleinsäureanhydrid (MSA)
20 ml Toluol
Diethylether

In einem 100 ml Rundkolben werden 2.00 g Anthracen und 0.80 g MSA in 20 ml Toluol gelöst und für 30 min unter Rückfluss erwärmt. Im Anschluss wird die heiße Lösung in ein Becherglas gegossen und auf Raumtemperatur abgekühlt. Das auskristallisierte Produkt wird durch einen Büchner-Trichter abfiltriert und mit wenig Diethylether gewaschen. Nach Trocknung im Vakuumexsiccator wird der Feststoff ausgewogen und der Schmelzpunkt bestimmt.

Ausbeute: 90%
Schmelzpunkt: 262°C

Grundsätzliches

Anwendungsbereich

Diese Laborordnung findet Anwendung auf Laborkontainern, in denen nach chemischen, physikalischen oder physikalisch-chemischen Methoden präparativ, analytisch oder anwendungstechnisch gearbeitet wird. In diesen Bereichen können besondere Gefährdungen auftreten, sowohl durch den Umgang mit Gefahrstoffen als auch durch bestimmte Arbeitsverfahren. Die Allgemeine Laborordnung ist in den Arbeitsbereichen in geeigneter Weise bekanntzugeben; die Kennhinweise sollte durch Unterschrift bestätigt werden.

Gefährdung durch Gefahrstoffe

- Die Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen, kurz Gefahrstoffverordnung (GefStoffV), regelt den Umgang mit Gefahrstoffen.
- Gefahrstoffe im Sinne dieser Verordnung sind die in § 19 Abs. 2 Nr. 1 bis 3 des Chemikaliengesetzes bezeichneten Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse.
- Dies können feste, flüssige oder gasförmige Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse sein, die eine oder mehrere Gefahreigenschaften aufweisen, zum anderen auch Stoffe, bei deren Verwendung Gefahren auftreten können.
- Beim Umgang mit Gefahrstoffen ist der Fachverantwortliche verpflichtet, ein Verzeichnis aller Gefahrstoffe zu führen. Die Gefahrstoffverzeichnisse der Arbeitskreise befinden sich im Netzwerk unter *OC/Rakowatz/Sicherheit*. Das Gefahrstoffverzeichnis ist auf der Grundlage der TRGS 440 in Verbindung mit der Branchenregelung der Hochschulen zu erstellen und jährlich zu aktualisieren. Die TRGS sind unter der Internetadresse www.umwelt-online.de (Zugangsberechtigung für die Universität Köln liegt vor) einzusehen.
- Gemäß § 20 der Gefahrstoffverordnung besteht die Pflicht zur Erstellung und Beachtung von Betriebsanweisungen. In diesen Betriebsanweisungen werden die beim Umgang auftretenden Gefahren für Mensch und Umwelt, die erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln, das Verhalten im Gefährtnfall, Maßnahmen zur Ersten Hilfe und der Entsorgung festgelegt (TRGS 555). Die Betriebsanweisungen können stoffspezifisch und stoffgruppenpezifisch erstellt werden. Für CMT-Stoffe sind stoffspezifische Betriebsanweisungen erforderlich.
- Die Beschäftigten sind anhand dieser Betriebsanweisungen über die von den Stoffen und Zubereitungen ausgehenden Gefahren sowie über die Schutzmaßnahmen mindestens einmal jährlich arbeitsplatzbezogen zu unterweisen. Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen.
- Jugendliche sowie werdende und stillende Mütter müssen zusätzlich über Beschäftigungsbeschränkungen unterrichtet werden.
- Vor dem Umgang mit Gefahrstoffen und vor der Durchführung von Arbeitsverfahren, bei denen evtl. Gefahrstoffe freigesetzt werden können, muß das Gefährdungspotential ermittelt werden, und es sind die notwendigen Schutzmaßnahmen zu treffen.

Sonstige Gefährdungen

Gefährdungen können auch bei bestimmten Arbeitsverfahren auftreten. Beispiele dafür sind das Arbeiten unter Vakuum und der Umgang mit Druckgasflaschen. Für diese und andere Arbeitsverfahren sind die Schutzmaßnahmen in den "Richtlinien für Laborkontainer", den "Unfallverhütungsvorschriften", Sicherheitsregeln und Merkblättern der Unfallversicherungsträger sowie anderen gesetzlichen Regelwerken wie z.B. der Druckbehälterverordnung festgelegt. Diese

Regelwerke (bei Frau Rakowatz, Tel. 3258, einzusehen) sowie die Betriebsanweisungen für bestimmte Tätigkeiten sind zu beachten.

Weiterführende Literatur

Richtlinien für Laborkontainer (GUV 16.17), Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Gefahrstoffen im Hochschulbereich (GUV 19.17), Sicheres Arbeiten in chemischen Laborkontainern (GUV 50.04)

Gefahren für Mensch und Umwelt

Umgang mit Gefahrstoffen

- Der Umgang mit Gefahrstoffen umfaßt das Herstellen, Gewinnen und Verwenden, d. h. also das Gebrauchen, Verbrauchen, Be- und Verarbeiten, Abfüllen, Umfüllen, Mischen, Vermischen und das innerbetriebliche Befördern.
- Beim Umgang mit Gefahrstoffen ist besondere Umsicht geboten, da bei falscher Handhabung Gesundheits- und Brandgefahren auftreten können. Entstandene Schäden und Folgen sind nicht in jedem Fall sofort erkennbar.
- Der Umgang mit Stoffen, deren Ungefährlichkeit nicht zweifelsfrei feststeht, hat so zu erfolgen wie der Umgang mit Gefahrstoffen.
- Beim Umgang mit krebserzeugenden Stoffen der Kategorie 1 und 2 sind Straßen- und Arbeitskleidung getrennt voneinander aufzubewahren.

Beschäftigungsbeschränkungen, Erkrankungen, Schwangerschaften

- Die Beschäftigungsbeschränkungen für Jugendliche, werdende und stillende Mütter sowie gefährdige Arbeitnehmerinnen sind einzuhalten (§ 15 b GefStoffV).
- Schwerwiegende Erkrankungen (z.B. Diabetes mellitus, Epilepsie) sollen den Laborleitern vor Beginn der Arbeitsaufnahme mitgeteilt werden.
- Eine Schwangerschaft ist dem Laborleiter und den Kolleginnen und Kollegen im Arbeitsbereich so früh wie möglich mitzuteilen, damit die einschlägigen Schutzmaßnahmen für Mutter und Kind umgehend eingeleitet werden können.

Umweltgefahren

Gefahrstoffe wie Lösungsmittel, Öle etc. können zu einer Umweltgefährdung führen, wenn sie nicht ordnungsgemäß gehandhabt werden; sie dürfen nicht ins Abwasser gelangen. Die Hinweise auf den Verpackungen und die Informationen der Sicherheitsdatenblätter, besonders bezüglich der Wassergefährdungsklassen, sind zu beachten.

Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln

Technische Schutzmaßnahmen

- Der Umgang mit gasförmigen, staubförmigen oder leicht flüchtigen Gefahrstoffen erfordert grundsätzlich die Nutzung der notwendigen technischen Schutzeinrichtungen. Hierzu gehören funktionstüchtige Absaugungen, die Ausführung der Arbeit im Labortabzug und die Durchführung von Versuchen in geschlossenen Systemen, um das Einatmen von Dämpfen und

Stauben zu vermeiden. Aus der Apparatur austretende gasförmige Gefahrstoffe sind chemisch zu binden.

- Der Frontscheiber des Laborabzuges ist grundsätzlich geschlossen zu halten! Er darf nur zum Aufbau und zur Bedienung von Apparaturen soweit wie erforderlich geöffnet werden. Bei laufenden Versuchen sollte der Frontscheiber nach Möglichkeit nur soweit geöffnet werden, daß Gesicht und Hals noch von der Scheibe geschützt sind. Am Frontscheiber des Laborabzuges muß an gut sichtbarer Stelle ein Hinweiszettel mit der Aufschrift "Frontscheiber geschlossen halten" angebracht sein.
- Beim Aufbau von Apparaturen in Abzügen ist darauf zu achten, daß die Strömungsverhältnisse so wenig wie möglich beeinträchtigt werden. Heizbäder sind auf einer Hebebühne aufzubauen, um im Notfall ohne Veränderung des Aufbaus der Apparatur entfernt werden zu können.
- Der Aufbau von Apparaturen sollte in möglichst großen Abstand zu den Abluftöffnungen erfolgen; der Abstand von der Tischplatte soll mindestens 10 mm betragen, damit eine Luftströmung unter der Apparatur ermöglicht wird.
- Sicherheitseinrichtungen, z.B. Laborabzüge und Sicherheitsschranke, dürfen in ihrer Technik nicht verändert werden. Mindestens einmal jährlich wird zentral eine Überprüfung der Laborabzüge und Sicherheitsschranke durchgeführt.
- Sofern der Laborabzug nicht über eine Überwachungseinheit über die lufttechnische Funktion verfügt, sollte eine einfache qualitative Kontrollvorrichtung (Papierstreifen, Faden, o.ä.) im Blickfeld des Nutzers angebracht sein. Dies sagt jedoch nichts über die tatsächliche Luftmenge aus, sondern signalisiert lediglich, ob der Abzug grundsätzlich funktionstüchtig ist.
- Sollte am Laborabzug eine Störung auftreten, z.B. ein defekter Frontscheiber oder ein Ausfall der Abluft, sind die Arbeiten sofort einzustellen. Die Störung ist dem Laborleiter zu melden; die Arbeiten dürfen erst nach Beseitigung der Störung fortgesetzt werden.
- Körperbüscheln sind monatlich auf die Funktionsfähigkeit zu prüfen (Prüftabelle ist bei jeder Körperdusche angebracht).
- Bodencinläufe und Becken-Siphons sind mit Wasser gefüllt zu halten, um die Abwasserleitungen gegen den im Labor herrschenden Unterdruck zu verschließen.

Personenbezogene Schutzmaßnahmen

- Um den Kontakt von Gefahrstoffen mit Haut, Augen und Kleidung zu vermeiden, besteht beim Umgang mit diesen die Pflicht, den vorgeschriebenen Kittel aus Baumwolle als Arbeitskleidung und eine spezielle Schutzbrille zu tragen. Eine normale Brille ist als Schutzbrille nicht geeignet, Brillenträger benötigen entweder eine Schutzbrille mit korrigierten Gläsern oder eine sog. Überbrille.
- Es darf nur festes, geschlossenes und trittsicheres Schuhwerk getragen werden.
- Werden darüber hinaus beim Umgang mit Chemikalien weitere Schutzartikel wie Schutzhandschuhe benötigt, ist zu beachten, daß diese auch bei sorgfältiger Materialauswahl nicht in jedem Fall dauerhaften Schutz bieten können. Grundsätzlich gilt, daß sauberes Arbeiten und der sofortige Wechsel von Handschuhen nach Verschmutzung der beste Schutz vor Aufnahme von Gefahrstoffen durch die Haut ist.
- Zum Pipettieren müssen mechanische Einrichtungen benutzt werden. Das Pipettieren mit dem Mund ist verboten.

Essen, Rauchen, Trinken

Beim Umgang mit Gefahrstoffen besteht grundsätzlich ein Rauch-, Ess- und Trinkverbot.

Behältnisse und Kennzeichnung

- Von ungeeigneten, beschädigten und mangelhaft gekennzeichneten Behältern gehen Gefahren aus. Gefahrstoffe dürfen nicht in Behältnissen aufbewahrt oder gelagert werden, die zur Verwechslung mit Lebensmittel führen können. Die Behälter müssen aus Werkstoffen bestehen, die den zu erwartenden Beanspruchungen standhalten.
- Stoffe mit nicht bzw. nicht vollständig bekannten physikalischen, chemischen, toxikologischen und ökologischen Eigenschaften sind mit dem Hinweis "Stoff mit unbekannter Eigenschaft" bzw. mit dem Aufkleber "Achtung – noch nicht vollständig geprüfter Stoff" zu kennzeichnen.
- Standardflaschen für den Handgebrauch im Labor sind mit der aus geschriebenen Bezeichnung des Stoffes oder der Zubereitung und der gefährlichen Bestandteile der Zubereitung und den Gefahrensymbolen mit den zugehörigen Gefahrenbezeichnungen dauerhaft zu kennzeichnen. Die Etiketten sind mit einer Schutzfolie zu überziehen.
- Bei krebserzeugenden, erbgutverändernden und fortpflanzungsgefährdenden Stoffen der Kategorie 1 und 2 sind die R-Sätze im Volltext anzugeben (R45, R46, R60, R61).

Aufbewahrung von Gefahrstoffen

- Gefahrstoffe müssen grundsätzlich vor einem Zugriff für Unbefugte geschützt sein.
- Behältnisse mit Gefahrstoffen dürfen in Regalen, Schränken und anderen Einrichtungen nur bis zu einer solchen Höhe aufbewahrt werden, daß sie noch sicher entnommen und abgestellt werden können.
- Brennbare Flüssigkeiten dürfen an Arbeitsplätzen für den Handgebrauch nur in Behältnissen von höchstens einem Liter Nennvolumen aufbewahrt werden. Die Anzahl der Behältnisse ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken.
- Die Anzahl und das Fassungsvermögen der Behältnisse mit brennbaren Flüssigkeiten ist auf das unbedingt nötige Maß zu beschränken. Für Laboratorien, in denen ständig größere Mengen brennbarer Flüssigkeiten benötigt werden, ist das Bereithalten in nicht bruchsticheren Behältnissen bis zu 5 l bzw. in sonstigen Behältnissen bis zu 10 l Nennvolumen an geschützter Stelle zulässig. Als geschützte Stelle kann ein Sicherheitsstrank (nach DIN 12925, Teil 1) dienen.
- Sicherheitsschranke sind Sicherheitseinrichtungen und müssen funktionsfähig gehalten werden, d. h. daß mögliche Defekte (z.B. defekte Türschließer) repariert werden. Die Schranke werden einmal jährlich von einer Fachfirma gewartet.
- Kühl- und lagernde brennbare Flüssigkeiten sowie hochentzündliche und leichtentzündliche Gefahrstoffe dürfen nur in Kühlschränken oder Tiefkühltruhen aufbewahrt werden, deren Innenraum frei von Zündquellen ist. Die Kühlschränke sind mit einem Aufkleber "Nur Innenraum frei von Zündquellen" zu kennzeichnen.
- Defekte bzw. beschädigte Geräte oder Apparaturen sind sofort außer Betrieb zu nehmen und als nicht einsetzbar zu kennzeichnen. Nach Reinigung der Geräte ist die Reparatur zu veranlassen. Auslaufgefährdete Stoffe sind vor Umfüllarbeiten oder sonstigen Arbeiten durch geeignete Auffangwannen zu sichern.

Organisatorische Maßnahmen

- Offizielle Arbeitszeit: Montag – Freitag 8 – 19 Uhr, Samstag 8 – 12 Uhr. Für Arbeiten außerhalb der offiziellen Arbeitszeit ist eine Sondergenehmigung erforderlich, die bei den jeweiligen Professoren bzw. deren Stellvertretern einzuholen ist.

- Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter dürfen nur dann ihren Arbeitsplatz verlassen, wenn bei ihren laufenden Versuchen eine dauernde Überwachung mehr erforderlich ist oder wenn ein anderer, der über den Ablauf der Versuche unterwiesen ist, die Überwachung übernimmt.
- Alleinarbeit ist untersagt. Sollte dies nicht zu vermeiden sein, so hat der oder die Fachverantwortliche dafür Sorge zu tragen, daß der zur Sicherheit der allein arbeitenden Person erforderliche Sicht- bzw. Rückkontakt gewährleistet ist oder durch entsprechende Schutzmaßnahmen das Auftreten von gefährlichen Zuständen sicher verhindert wird.
- Arbeiten von Betriebsfremden im Labor, z.B. Handwerkern oder Reinigungspersonal, sind nur zulässig, wenn vorher auf Anweisung des Laborleiters mögliche Gefährdungen besichtigt wurden. Reinigungspersonal und Handwerker sind vor Aufnahme der Tätigkeit zu unterweisen.

Brandschutz

- Brandschutz- oder Rauchabschlüssen sind grundsätzlich geschlossen zu halten. Das Öffnen durch mechanische Hilfsmittel (z.B. Holzkeil oder Feuerlöcher) ist unzulässig.
- Im Brandfall können mit den in den Labors bereitgehaltenen CO₂-Feuerlöschern sowohl die nicht mit Wasser mischbaren Stoffe der (Gefahrenklasse A (z.B. Benzol, Diesel) wie die mit Wasser mischbaren Stoffe der (Gefahrenklasse B (z.B. Ethanol, Spiritus)(Gefahrenklassen der Verbindung brennbare Flüssigkeiten (VbF)) gelöscht werden. Alle Feuerlöcher, deren Plombe verletzt wurde, sind außer Betrieb zu nehmen und dem Verantwortlichen zu melden. Entleerte Feuerlöscher sind bei Herrn Remm (Tel.: 3080, Raum 120) gegen neue einzutauschen. Die Überprüfung und evtl. Befüllung der Feuerlöscher erfolgt durch die Abteilung U2.2 Sicherheits- und Umweltschutzabteilung, Tel.: 2874 o. 3538.
- Vorhandene Pulverlöscher können bei Glüh- und Schweißbränden eingesetzt werden. Metallbrände können ausschließlich mit Sand oder speziellem Metallbrandlöschpulver gelöscht werden.
- Brennende Ölbadier dürfen nicht mit Wasser oder CO₂ gelöscht werden.
- Flucht- und Rettungswege sind freizuhalten. Die Brandschutzordnung ist zu beachten.
- Ausrücker dürfen im Brandfall nicht benutzt werden.
- Vor jeder Arbeitsaufnahme ist sich mit den Standorten und den Funktionsweisen der Sicherheitsrichtungen vertraut zu machen. Hierzu zählen:
 - ⇒ Notrufeinrichtungen
 - ⇒ Flucht- und Rettungswege
 - ⇒ Signale bei Feueralarm
 - ⇒ Signale bei Ausfall/Teilausfall von Lüftungsanlagen
 - ⇒ Notabsperrovorrichtungen für Gas, Strom, Wasser
 - ⇒ Feuerlöscher und Löschdecken
 - ⇒ Notduschen
 - ⇒ Erste Hilfe Einrichtungen (Verbandkasten)

Verhalten im Gefahrenfall

Beim Auftreten gefährlicher Situationen, z.B. Feuer, Ausstreuen gasförmiger Stoffe, Auslaufen von gefährlichen Flüssigkeiten, ist die Unfallstelle sofort zu sichern, und es sind umgehend Sofortmaßnahmen, nötigenfalls die Absetzung des Notrufs, einzuleiten. Der Fachverantwortliche ist umgehend zu benachrichtigen. Die folgenden Anweisungen und die des Fachverantwortlichen sind einzuhalten:

- Ruhe bewahren.
- Schauen, denken, handeln – d.h. überstürztes, unüberlegtes Handeln vermeiden.
- Gefährdete Personen warnen und gegebenenfalls zum Verlassen des Gefahrenbereichs auffordern.
- Entstehungsbrände nur mit CO₂ bzw. Pulver oder Löschdecke bekämpfen.
- Der gleichzeitige Einsatz mehrerer Löscher ist effektiver als deren sukzessiver Einsatz. Wegen der Gefahr einer Rückzündung an heißen Gegenständen, z.B. heißen Stativen und anderen Teilen des Versuchsaufbaus sind gelöschte Brandherde bis zu deren Abkühlung zu beaufsichtigen.
- Sofern es im Gefährtenfall unter Berücksichtigung des Eigenschutzes und der Gegebenheiten möglich ist, sollten alle gefährdungsrelevanten Momente vor dem Verlassen des Arbeitsplatzes beseitigt werden. Das Gas ist abzudrehen, brennbare Flüssigkeiten sind zu entfernen. Das Kühlwasser muß weiterlaufen!

Grundsätze der richtigen Erste-Hilfe-Leistung

- **Grundsätzliches**
 - Bei allen Erste-Hilfe-Leistungen ist nach dem Grundsatz **schauen, denken, handeln** zu verfahren.
 - Bei allen Hilfeleistungen ist auf die eigene Sicherheit zu achten. Es ist so schnell wie möglich der notwendige NOTRUF abzusetzen.
 - Gefährdete Personen sind schnellstens zu warnen. Hilflösen Personen ist umgehend zu helfen, ggf. aus dem Gefahrenbereich zu retten und an die frische Luft zu bringen.
 - Verletzte Personen dürfen bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes nicht allein gelassen werden.
 - Die Grundsätze der richtigen Erste-Hilfe-Leistung kann den Plakaten und den Broschüren in den Erste-Hilfe-Kästen entnommen werden. Die Abteilung U2.2 Sicherheits- und Umweltschutzabteilung bietet außerdem Kurse zur Ausbildung von Ersthelfern an.
 - Personen, deren Kleidung brennt, sind sofort abzulöschen (auf den Boden werfen, herumwälzen, CO₂-Feuerlöscher, Löschdecke, Wasser).

Notrufnummern

- Notruf Feuerwehr, Notarzt, Krankentransportwagen: 01-112
- Notruf Polizei: 01-110
- Information bei Vergiftungen (Giftnotzentrale Bonn): 0228/2873211

Absetzen eines Notrufs

Beim Absetzen eines Notrufs darauf achten, daß folgende Angaben gemacht werden:

- Wo geschah es? (Institut, Straße, Hausnummer, Etage, Raum)
- Was geschah? (Art des Unfalls)
- Wieviel Verletzte?
- Welche Art von Verletzung?
- Am Telefon bleiben, falls noch weitere Fragen zu beantworten sind.

Gefährstoffkontakt, Unfall

Bei Unfällen mit Gefährstoffkontakt ist ein Arzt aufzusuchen, wenn die akute Wirkung oder eine mögliche spätere Wirkung dies sofort notwendig machen oder spätere Folgewirkung nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Dem Arzt ist die genaue Gefährstoffbezeichnung mitzuteilen und

nach Möglichkeit entsprechende Informationsblätter [Sicherheitsdatenblätter (www.uni-koeln.de/themen/Chemie/stoffe), Roempp] auszubändigen. Ethisches und Chemikalien sind sicherzustellen.

Haut: Körperduschen benutzen, mehrere Minuten gründlich mit Wasser waschen. Vorher die mit Chemikalien beschmutzte und durchtränkte Kleider entfernen und die Haut abduschen.

Augen: Bei gut geöffnetem Lidspalt mehrere Minuten (mind. 10 min) unter fließendem Wasser bzw. mit Augenspülflasche spülen - Arzt aufsuchen. Für **Kontaktlinsenträger** ist zu beachten, daß ebenfalls sofort - ohne Rücksicht auf die Kontaktlinsen - die Augen gespült werden. Sollte versucht werden, zuerst die Kontaktlinse zu entfernen, besteht die Gefahr, daß dadurch die Augen mehr geschädigt werden könnten als durch die Chemikalie selbst. Besser im Labor **keine** Kontaktlinsen tragen.

Verschlucken: Bei ätzenden Stoffen sofort und wiederholt Wasser trinken, Erbrechen vermeiden, Ansonsten Anweisungen der Vergiftungszentrale oder des Arztes abwarten.

Einatmen: Verunfallte Person aus dem Gefahrenbereich bringen. Zufuhr von viel Frischluft, für Ruhe und Wärme sorgen.

Verbrennungen: Kühlen mit Wasser, Gesicht- und Augenverbrennungen unverzüglich lassen, für ärztliche Behandlung sorgen.

Weitere Hinweise

- Jede Verletzung während der Beschäftigung, die nicht einem Arzt vorgeführt wird, ist im Verbandsbuch einzutragen und von einer zweiten Person gegenzuzeichnen zu lassen.
- Bei Arbeitsunfällen ist ggf. ein als Unfallarzt zugelassener Mediziner aufzusuchen. Der Vorgesetzte ist über jeden Unfall zu informieren und es ist ggf. innerhalb von drei Tagen eine Unfallanzeige zu stellen. Diese ist vom Institut über die Verwaltung der Universität an die "Ausfallungsbehörde für Unfallversicherung des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf" zu senden.
- Erste-Hilfe-Kästen sind regelmäßig vom Laborkostenpersonal auf Vollständigkeit und die Materialien auf Verfallsdaten zu überprüfen.
- Bei gesundheitlichen Gefährdungen am Arbeitsplatz ist sich an den Fachverantwortlichen zu wenden. Außerdem steht die Abt. 02.2 Sicherheits- und Umweltschutzangelegenheiten Tel.: 2874 o. 3538 beratend zur Verfügung.

Sachgerechte Entsorgung

Da vor der Abfallentsorgung die Abfallvermeidung steht, sind sowohl die Fachverantwortlichen als auch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die Versuche eigenständig durchführen, verpflichtet, ihre Abfallmengen durch Maßnahmen gezielter Einsparungen beim Chemikalieneinsatz, durch Vermeidung von Überbevorratung bei Laborchemikalien sowie durch eine vermehrte Wiederverwendung und Wiederaufbereitung von Abfällen und Alchemikalien zu verringern. Deshalb sollte vor der Neubestellung von Chemikalien im Gefahrstoffverzeichnis überprüft werden, ob der benötigte Stoff schon im Institut vorhanden ist. Näheres ist in der "Abfallentsorgungsschritte" zur Entsorgung überwachungsbedürftiger und besonders überwachungsbedürftiger Abfälle der Universität zu Köln beschreiben, die zu beachten ist.

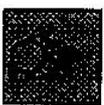
Anhang

Gefahrensymbole und Gefahrenbezeichnungen (gemäß Anhang I GHS/CLP)



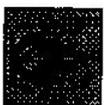
E

Explosionsgefährliche Stoffe (Gefahrensymbol E):
 R2: Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich
 R3: Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich



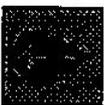
O

Brandfördernde Gefahrstoffe (Gefahrensymbol O):
 R7: Kann Brand verursachen
 R8: Feuergefahr bei Berührung mit brennbaren Stoffen
 R9: Explosionsgefahr bei Mischung mit brennbaren Stoffen



F+

Hoherentzündliche Stoffe (Gefahrensymbol F+):
 R12: Hoherentzündlich
 • Flüssige Stoffe und Zubereitungen, die einen Flammpunkt unter 0 °C und einen Siedepunkt (oder Siedebereich, einen Siedebeginn) von höchstens 35 °C haben; gasförmige Stoffe und Zubereitungen, die bei gewöhnlicher Temperatur und normalem Druck bei Lufterkontakt entzündlich sind.



F

Leichtentzündliche Stoffe (Gefahrensymbol F):
 R11 Leichtentzündlich
 Feste Stoffe und Zubereitungen, die durch kurzzeitige Einwirkung einer Zündquelle leicht entzündet werden können und nach deren Entfernung weiterbrennen oder weiterplumen können; flüssige Stoffe und Zubereitungen, die einen Flammpunkt unter 21 °C haben, aber nicht hochentzündlich sind.

R15 Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
 Stoffe und Zubereitungen, die bei Berührung mit Wasser oder feuchter Luft hochentzündliche Gase in gefährlicher Menge (Mindestmenge 1 L/kg/h) entwickeln.
R17 Selbstentzündlich an der Luft
 Stoffe und Zubereitungen, die sich bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft ohne Energiezufuhr entzünden und schließlich entzündend können.



T+

R10 Entzündlich
 Flüssige Stoffe und Zubereitungen, die einen Flammpunkt von mindestens 21 °C und höchstens 55 °C haben.
Sehr giftige Gefahrstoffe (Gefahrensymbol T+):
 R28 Sehr giftig beim Verschlucken
 R27 Sehr giftig bei Berührung mit der Haut
 R26 Sehr giftig beim Einatmen
 R39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens



T

- Giftige Gefahrstoffe** (Gefahrensymbol T):
R25 Giftig beim Verschlucken
R24 Giftig bei Berührung mit der Haut
R39 Ernste Gefahr irreversiblen Schadens
R48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition



Xn

- Gesundheitsschädliche Gefahrstoffe** (Gefahrensymbol Xn):
R22 Gesundheitsschädlich beim Verschlucken
R21 Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut
R20 Gesundheitsschädlich beim Einatmen
R40 Irreversibler Schaden möglich
R48 Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition



C

- Ätzende Gefahrstoffe** (Gefahrensymbol C):
R35 Verursacht schwere Verätzungen
R34 Verursacht Verätzungen



Xi

- Reizende Gefahrstoffe** (Gefahrensymbol Xi):
R36 Reizt die Augen
R37 Reizt die Atmungsorgane
R38 Reizt die Haut
R41 Gefahr ernster Augenschäden



N

- Umweltgefährliche Gefahrstoffe** (Gefahrensymbol N):
R50 Sehr giftig für Wasserorganismen
R51 Giftig für Wasserorganismen
R52 Schädlich für Wasserorganismen
R53 Kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben
R54 Giftig für Pflanzen
R55 Giftig für Tiere
R56 Giftig für Bodenorganismen
R57 Giftig für Bienen
R58 Kann längerfristig schädliche Wirkung für die Umwelt haben
R59 Gefährlich für die Ozonschicht

Sensibilisierend

- R42** Sensibilisierung durch Einatmen möglich
R43 Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
 Die R-Sätze finden sich meist neben den Gefahrensymbolen "Xn" und "Xi".

Krebserzeugend

- Kategorie 1, Kennzeichnung: T; R45 Kann Krebs erzeugen und T; R49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen**
 Stoffe, die beim Menschen bekanntermaßen krebserzeugend wirken. Es sind hinreichend Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen

der Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und der Entstehung von Krebs vorhanden.

Kategorie 2, Kennzeichnung: T; R45 Kann Krebs erzeugen und T; R49 Kann Krebs erzeugen beim Einatmen

Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichend Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, dass die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff Krebs erzeugen kann.

Kategorie 3; Kennzeichnung: Xn; R40 Irreversibler Schaden möglich
 Stoffe, die wegen möglicher krebserregender Wirkung beim Menschen Anlaß zur Besorgnis geben, über die jedoch nicht genügend Informationen für eine befriedigende Beurteilung vorliegen. Aus geeigneten Tierversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um einen Stoff in Kategorie 2 einzustufen.

Kategorie 1, Kennzeichnung: T; R46 Kann vererbare Schäden verursachen

Stoffe, die auf den Menschen bekanntermaßen erbgutverändernd wirken. Es sind hinreichende Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen der Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und vererbaren Schäden vorhanden.

Kategorie 2, Kennzeichnung: T; R46 Kann vererbare Schäden verursachen

Stoffe, die als erbgutverändernd für den Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichende Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, daß die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff zu vererbaren Schäden führen kann.

Kategorie 3, Kennzeichnung: Xn; R40 Irreversibler Schaden möglich
 Stoffe, die wegen möglicher erbgutverändernder Wirkung auf den Menschen zu Besorgnis Anlaß geben. Aus geeigneten Mutagenitätsversuchen liegen einige Anhaltspunkte vor, die jedoch nicht ausreichen, um den Stoff in Kategorie 2 einzustufen.

Reproduktionsstoxisch (Fortpflanzungsgefährdend)

Kategorie 1, Kennzeichnung: T; R60 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen und T; R61 Kann das Kind im Mutterleib schädigen

Stoffe, die beim Menschen die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) bekanntermaßen beeinträchtigen. Es sind hinreichend Anhaltspunkte für einen Kausalzusammenhang zwischen Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff und einer Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit vorhanden.

Kategorie 2, Kennzeichnung: T; R60 Kann die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen und T; R61 Kann das Kind im Mutterleib schädigen

Stoffe, die als beeinträchtigend für die Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen angesehen werden sollten. Es bestehen hinreichend Anhaltspunkte zu der begründeten Annahme, daß die Exposition eines Menschen gegenüber dem Stoff zu einer

Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit führen kann.
Kategorie 3. Kennzeichnung: Xn; R62 Kann möglicherweise die Fortpflanzungsfähigkeit beeinträchtigen und Xn; R63 Kann das Kind im Mutterleib möglicherweise schädigen
 Stoffe, die wegen möglicher Beeinträchtigung der Fortpflanzungsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Menschen zu Besorgnis Anlass geben.

R-Sätze (Bezeichnungen der besonderen Gefahren)

R 1	In trockenem Zustand explosionsgefährlich
R 2	Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen explosionsgefährlich
R 3	Durch Schlag, Reibung, Feuer oder andere Zündquellen besonders explosionsgefährlich
R 4	Bildet hochempfindliche explosionsgefährliche Metallverbindungen
R 5	Beim Erwärmen explosionsfähig
R 6	Mit und ohne Luft explosionsfähig
R 7	Kann Brand verursachen
R 8	Feuergefährlich bei Berührung mit brennbaren Stoffen
R 9	Explosionsgefährlich bei Mischung mit brennbaren Stoffen
R 10	Entzündlich
R 11	Leichtentzündlich
R 12	Hochentzündlich
R 14	Reagiert heftig mit Wasser
R 15	Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
R 16	Explosionsgefährlich in Mischung mit brandfördernden Stoffen
R 17	Selbstentzündlich an der Luft
R 18	Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Dampf-Luftgemische möglich
R 19	Kann explosionsfähige Peroxide bilden
R 20	Gesundheitsschädlich beim Einatmen
R 21	Gesundheitsschädlich bei Berührung mit der Haut
R 22	Gesundheitsschädlich beim Verschlucken
R 23	Giftig beim Einatmen
R 24	Giftig bei Berührung mit der Haut
R 25	Giftig beim Verschlucken
R 26	Sehr giftig beim Einatmen
R 27	Sehr giftig bei Berührung mit der Haut
R 28	Sehr giftig beim Verschlucken
R 29	Entwickelt bei Berührung mit Wasser giftige Gase
R 30	Kann bei Gebrauch leicht entzündlich werden
R 31	Entwickelt bei Berührung mit Säure giftige Gase
R 32	Entwickelt bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase
R 33	Gefahr kumulativer Wirkung
R 34	Vermacht Verätzungen
R 35	Vermacht schwere Verätzungen
R 36	Reizt die Augen
R 37	Reizt die Atmungsorgane
R 38	Reizt die Haut
R 39	Ernste Gefahr irreversiblen Schadens

R 40	Irreversibler Schaden möglich
R 41	Gefahr ernster Augenschäden
R 42	Sensibilisierung durch Einatmen möglich
R 43	Sensibilisierung durch Hautkontakt möglich
R 44	Explosionsgefährlich bei Erhitzung unter Einschluss möglich
R 45	Kann Krebs erzeugen
R 46	Kann erhebbare 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 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

Hinweise auf besondere Gefahren, Kombination der R-Sätze

R 14/15	Reagiert heftig mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
R 15/29	Reagiert mit Wasser unter Bildung hochentzündlicher Gase
R 20/21	Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 20/22	Gesundheitsschädlich beim Einatmen und beim 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, Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 26/27/28	Sehr giftig beim Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
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	Giftige; ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen
R 39/24	Giftige; 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 Berührung mit der Haut
R 39/23/25	Giftig: ernste Gefahr irreversiblen Schadens durch Einatmen und 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, Verschlucken und Berührung mit der Haut
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, Verschlucken und bei Berührung mit der Haut
R 40/20	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen
R 40/21	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut
R 40/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Verschlucken
R 40/20/21	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und bei Berührung mit der Haut
R 40/20/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens durch Einatmen und Verschlucken
R 40/21/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens bei Berührung mit der Haut und durch Verschlucken
R 40/20/21/22	Gesundheitsschädlich: Möglichkeit irreversiblen Schadens Einatmen, Verschlucken und bei Berührung mit der Haut
R 42/43	Sensibilisierung durch Einatmen und Hautkontakt möglich
R 48/70	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 bei Berührung mit der Haut
R 48/20/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und Verschlucken
R 48/21/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 48/20/21/22	Gesundheitsschädlich: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
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 Berührung mit der Haut
R 48/23/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen und Verschlucken

R 48/24/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition Berührung mit der Haut und Verschlucken
R 48/23/24/25	Giftig: Gefahr ernster Gesundheitsschäden bei längerer Exposition durch Einatmen, Verschlucken und Berührung mit der Haut
R 50/53	Sehr giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben
R 51/53	Giftig für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben
R 52/53	Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkung haben

S-Sätze (Bezeichnungen der besonderen Sicherheitsratschläge)

S 1	Unter Verschluss aufbewahren
S 2	Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen
S 3	Kühl aufbewahren
S 4	Von Wohnplätzen fernhalten
S 5	Unter ... aufbewahren (geeignete Flüssigkeit vom Hersteller angeben)
S 6	Unter ... aufbewahren (nerertes Gas vom Hersteller angeben)
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 fernhalten
S 14	Von ... fernhalten (inkompatibel Substanzen vom Hersteller angeben)
S 15	Vor Hitze schützen
S 16	Von Zündquellen fernhalten - nicht rauchen
S 17	Von brennbaren Stoffen fernhalten
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 angeben)
S 24	Berührung mit der Haut vermeiden
S 25	Berührung mit den Augen vermeiden
S 26	Bei Berührung mit den Augen 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 angeben)
S 29	Nicht in die Kanalisation gelangen lassen
S 30	Niemals Wasser hinzugeben
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	Flußboden und verunreinigte Gegenstände mit ... reinigen (vom Hersteller angeben)
S 41	Explosions- und Brandgefahr nicht einatmen
S 42	Beim Räuchern/Verprühen geeignetes Atemschutzgerät anlegen (geeignete Bezeichnung(en) vom Hersteller angeben)

S 43	Zum Löschen ... (vom Hersteller anzugeben) verwenden (wenn Wasser die Gefahr erhöht, antugen: "Kein Wasser verwenden")
S 45	Bei Unfall oder Unwohlsein sofort Arzt hinzuziehen (wenn möglich, dieses Etikett vorzeigen)
S 46	Bei Verschütten 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 im gut gelüfteten Bereich verwenden
S 52	Nicht großflächig für Wohn- und Aufenthaltsräume verwenden
S 53	Exposition vermeiden - vor Gebrauch besondere Anweisungen einholen
S 56	Diesem Stoff und seinem Behälter der Problematikentsorgung zuführen
S 57	Zur Vermeidung einer Kontamination der Umwelt geeignete Behälter verwenden
S 59	Information zur Wiederverwendung/Wiederverwertung beim Hersteller/Lieferanten erfragen
S 60	Dieser Stoff 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 Verschütten kein Erbrechen herbeiführen. Sofort ärztlichen Rat einholen und Verpackung oder Etikett vorzeigen
S 63	Bei Unfall durch Einatmen: Verunfällen an die frische Luft bringen und ruhigstellen
S 64	Bei Verschütten Mund mit Wasser ausspülen (nur wenn Verunfallter bei Bewusstsein ist)

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	Behälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort aufbewahren
S 3/9/14	Behälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort entfernt von ... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermeiden 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 vermeiden werden muß, sind vom Hersteller anzugeben)
S 3/9/49	Nur im Originalbehälter an einem kühlen, gut gelüfteten Ort entfernt von ... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermeiden werden muß, sind vom Hersteller anzugeben)
S 3/14	Behälter an einem kühlen Ort, entfernt von ... aufbewahren (die Stoffe, mit denen Kontakt vermeiden 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 7/147	Behälter dicht geschlossen und nicht bei Temperaturen über ... °C aufbewahren (vom Hersteller anzugeben)
S 20/21	Bei der Arbeit nicht essen, trinken, rauchen
S 24/25	Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden
S 29/56	Nicht in die Kanalisation gelangen lassen
S 36/37	Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen
S 36/37/39	Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe, Schutzkleidung und Schutzhilfen/Gesichtsschutz tragen
S 36/39	Bei der Arbeit geeignete Schutzkleidung und Schutzhilfen/Gesichtsschutz tragen
S 37/39	Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzhilfen/Gesichtsschutz tragen
S 47/49	Nur im Originalbehälter bei einer Temperatur von nicht über ... °C (vom Hersteller anzugeben) aufbewahren

Versuchsprotokoll

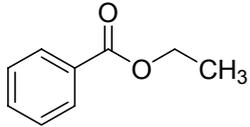
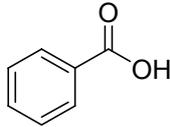
Überschrift

Versuchsnummer

Versuchsname

Datum

Reaktionsgleichung

A	+	B	$\xrightarrow{\text{Lösungsmittel, Temperatur}}$	C	
Bsp.:					
	+	KOH	$\xrightarrow{\text{H}_2\text{O, Ethanol Rückfluss}}$		+ EtOH

Summenformel

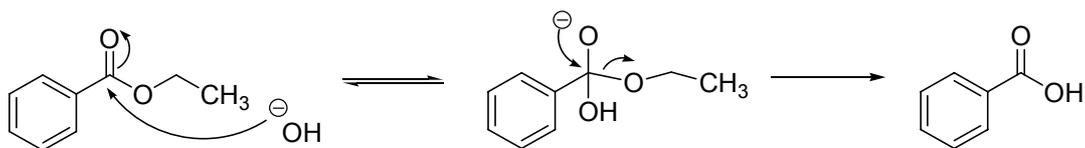
C ₉ H ₁₀ O ₂	HKO	C ₇ H ₆ O ₂	
---	-----	--	--

Allgemein: C_xH_y und die restlichen Atome in alphabetischer Reihenfolge!!!

Molmasse

150.17 g/mol	56.11 g/mol	122.12 g/mol	
--------------	-------------	--------------	--

Reaktionsmechanismus



Wie „klappen“ die Elektronen?!!! Bitte **immer** die Reaktionspfeile zeichnen!!!

Ansatzgröße + R/S-Sätze aller Chemikalien

1.00 g **A** (6.66 mmol, 1.00 eq)

R-Sätze A

S-Sätze A

1.30 g **B** (23.3 mmol, 3.50 eq)

R-Sätze B

S-Sätze B

Volumen Lösungsmittel

R/S-Sätze Lösungsmittel

Für R/S-Sätze siehe www.acros.com

Versuchsdurchführung

In einem 50 ml Rundkolben mit Rückflusskühler wurden 1.00 g (6.66 mmol, 1.00 eq) Benzoessäureethylester **A** und 1.30 g (23.3 mmol, 3.50 eq) Kaliumhydroxid **B** in 2.50 ml Wasser und 5.00 ml Ethanol 4 h unter Rückfluss erhitzt. Der Alkohol wurde anschließend am Rotationsverdampfer entfernt, der Rückstand in Wasser gelöst und unter Eiskühlung solange tropfenweise mit konz. Salzsäure versetzt, bis pH 1 erreicht wurde. Die wässrige Phase wurde dann 5 mal mit je 10.0 ml Ether extrahiert, die vereinigten organischen Phasen mit wenig gesättigter NaCl-Lösung gewaschen, über MgSO₄ getrocknet und am Rotationsverdampfer zur Trockene eingeeengt. Übrig blieb ein leicht gelber Feststoff, der aus Methanol umkristallisiert wurde.

Es wurden 630 mg eines weißen Feststoffs erhalten.

Keine Abschrift der Versuchsvorschrift!!! Falls die Versuchsdurchführung von der Versuchsvorschrift abweicht, werden die Veränderungen übernommen.

Ausbeuteberechnung

*Ins Protokollheft bitte auch den **Rechenweg** hinschreiben!!*

Erzielte Ausbeute: 630 mg (5.16 mmol, 77%)

Theoretische Ausbeute: x mg (x mmol, x%)

Literatur Ausbeute: x mg (x mmol, x%) Das ist die, die im Skript steht!

Analytik

- z.B. Schmelzpunkt (gemessen + Literaturwert)
- Brechungsindex (gemessen + Literaturwert)
- R_f-Wert (gemessen + Literaturwert)

Werden Protokolle nicht in diesem Format abgegeben, müssen sie ausnahmslos neu geschrieben werden!