

# Einführungspraktikum

zu den

## Arbeitsmethoden in der Organischen Chemie

### Versuche und Übungen

#### Kapitel 9: Chromatographie

##### Dünnschichtchromatographie (DC)

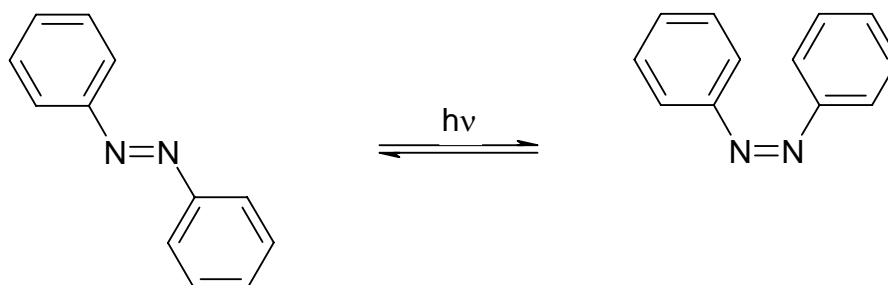
- DC-Trennung von *cis*- und *trans*-Azobenzol. Isomerisierung von *trans*-Azobenzol in *cis*-Azobenzol (Vers. 9.1)
- DC-Trennung eines Gemisches von synthetischen Farbstoffen (Vers. 9.2)
- DC-Chromatographie von Pflanzenfarbstoffen – Spinat-Extrakt (Vers. 9.3)
- DC-Trennung und Nachweis von Aminosäuren (Vers. 9.4)
- DC-Trennung von Fumarsäure und Maleinsäure (Vers. 9.5)

##### Säulenchromatographie

- Säulenchromatographische Trennung von 2,4-Dinitrophenol und Tetraphenylcyclopentadienon (Vers. 9.6)
- Säulenchromatographische Trennung eines Gemisches von *trans*-Azobenzol, 4-Methoxyazobenzol und Sudan I (Vers. 9.7)
- Säulenchromatographische Trennung von *trans*-Azobenzol und 2,4-Dinitrophenol (Vers. 9.8)

**Hinweis:** Vor Beginn der Versuche muss das Kapitel 9 in den „Arbeitsmethoden in der organischen Chemie“ durchgearbeitet werden.

### Versuch 9.1 DC-Trennung von *cis*- und *trans*-Azobenzol. Isomerisierung von *trans*-Azobenzol in *cis*-Azobenzol



*trans*-Azobenzol

Schmp. 68 °C

[T, N] R 45-20/22-48/22-50/53-68

S 53-45-60-61

Lösungsmittel	Sdp. [°C]	Gefahrensymbol	Sicherheitsdaten
Cyclohexan	81	<b>F, Xn, N</b>	R 11-38-50/53-65-67 S 9-16-33-60-61-62
Toluol	111	<b>F, Xn</b>	R 11-20 S 16-25-29-33

Von einer Lösung von ca. 50-100 mg *trans*-Azobenzol in 1 ml Toluol werden auf einer Kieselgel-DC-Alufolie (5x10 cm) zwei gleiche Proben mit einer Glaskapillare aufgetragen. nach dem Trocknen wird eine Probe mit Alufolie abgedeckt, die andere Probe wird 1-2 h dem Sonnenlicht ausgesetzt oder 30 min mit einer UV-Lampe belichtet. Hierauf wird die DC-Platte in der DC-Kammer mit einer Mischung von 3 Teilen Cyclohexan und 1 Teil Toluol als Fließmittel entwickelt. Wenn die Lösungsmittelfront nahezu am oberen Rand angekommen ist, wird die DC-Platte entnommen, die Lösungsmittelfront markiert und getrocknet. Ein Vergleich der Chromatogramme zeigt in beiden Fällen einen Fleck in der Nähe des Startpunkts (*trans*-Azobenzol), die belichtete Platte zeigt einen zweiten Fleck,  $R_F \cong 0.7$ , bei dem es sich um das bei der Belichtung durch Isomerisierung von *trans*-Azobenzol gebildete *cis*-Azobenzol handelt.

## Versuch 9.2 DC-Trennung eines Gemisches von synthetischen Farbstoffen

Verbindung		Gefahren- symbol	Sicherheitsdaten
Bromkresolgrün	Farbstoff <b>1</b>	—	—
Methylrot	Farbstoff <b>2</b>	—	—
Patentblau V	Farbstoff <b>3</b>	—	—
Sudanblau II	Farbstoff <b>4</b>	—	—
Sudanbrot 7B	Farbstoff <b>5</b>	—	—
Dichlormethan		<b>Xn</b>	R 40 S 23-24-/25-36/37
Toluol		<b>F, Xn</b>	R 11-20 S 16-25-29-33

Informieren Sie sich über die Struktur der Farbstoffe!

In 10 ml Dichlormethan wird jeweils eine Spatelspitze der 5 Farbstoffe gelöst. Auf einer mit Kieselgel beschichteten Alufolie (5x10 cm) wird mit einer Glaskapillare eine Probe dieser Lösung aufgetragen. Daneben wird eine Analysenprobe aufgebracht (enthält nicht alle 5 Farbstoffe). Hierauf wird die DC-Platte in der DC-Kammer mit einer Mischung von 3 Teilen Dichlormethan und 1 Teil Toluol als Fließmittel entwickelt. Wenn die Lösungsmittelfront den oberen Rand der DC-Folie erreicht hat, wird sie aus der DC-Kammer entnommen, die Front markiert und im Abzug getrocknet.

Die 5 Farbstoffe treten auf dem Chromatogramm von unten nach oben in folgender Reihenfolge auf: 3, 1, 2, 4, 5.

Man bestimme die  $R_F$ -Werte der Farbstoffe und vergleiche mit den Farbstoffen der Analysenprobe.

## Versuch 9.3 DC- Chromatographie von Pflanzenfarbstoffen – Spinat-Extrakt

Lösungsmittel	Sdp. [°C]	Gefahrensymbol	Sicherheitsdaten	
Aceton	77	<b>F, Xi</b>	R 11-36-66-67	S 9-16-26
Ligroin (Petroleumbenzin)	100–140	<b>F, Xn, N</b>	R 11-38-51/53-66-67	S 9-16-23-24-33-61-62
2-Propanol	82	<b>F, Xi</b>	R 11-36-67	S 7-16-24-26

### Herstellung des Spinat-Extrakts:

2-3 frische Spinatblätter werden mit etwas gereinigtem Seesand und einer Spatelspitze  $\text{CaCO}_3$  (zur Neutralisation der Pflanzensäuren!) in einer Reibschale zerrieben. Man gibt 15 ml Aceton zu, verreibt und lässt im Dunkeln (der Extrakt ist lichtempfindlich!) 5 min in einem Eisbad stehen. Es wird hierauf nochmals gründlich verrieben und auf einem Hirsch-Trichter abgesaugt.

### Dünnschichtchromatographie:

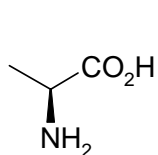
Der dunkelgrüne Extrakt wird auf die Startlinie einer DC-Kieselgel-Alufolie (5x20 cm) konzentrierend (d. h. mehrfach nacheinander) aufgetragen. Das Chromatogramm wird mit einem Gemisch aus Ligroin (100-140 °C), 2-Propanol und Wasser (v/v = 400:40:1) in einem dunklen Raum entwickelt. Nach ca. 2 h hat die Solvensfront den oberen Rand der DC-Folie erreicht. Die Solvensfront und die farbigen Flecken werden sofort mit einem Bleistift markiert und die  $R_F$ -Werte bestimmt.

Reihenfolge der Farbstoffe mit abnehmendem  $R_F$ -Wert:

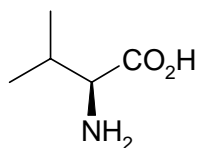
Gelbrotes  $\beta$ -Carotin > Phäophytin a > blaugrünes Chlorophyll a >  
gelbgrünes Chlorophyll b > gelbes Xanthophyll

Es ist zügiges Arbeiten erforderlich, da die Farbstoffe im Licht schnell verblassen.

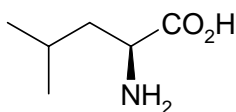
## Versuch 9.4 DC-Trennung und Nachweis von Aminosäuren



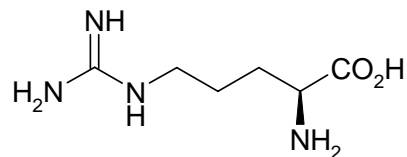
(+)-L-Alanin  
(Ala)



(+)-L-Valin  
(Val)



(-)-L-Leucin  
(Leu)



(+)-L-Arginin  
(Arg)

Lösungsmittel	Sdp. [°C]	Gefahrensymbol	Sicherheitsdaten
1-Butanol	118	<b>Xn</b>	R 10-22-37/38-41-67 S 7/9-13-26-37/39-46
Essigsäure	118	<b>C</b>	R 10-35 S 23-26-45
Ethanol	78	<b>F</b>	R 11 S 7-16

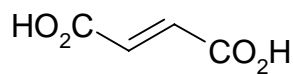
Je 15 mg der obigen Aminosäuren werden jeweils in 5 ml Wasser gelöst und mit 5 ml Ethanol versetzt.

Durch Zusammengeben von je 3 ml dieser Lösungen erhält man ein Gemisch der 4 Aminosäuren. Auf der Startlinie der Kieselgel-DC-Alufolie (12x20 cm) trägt man jetzt 2 Proben der Mischung und eine Probe jeder Aminosäure auf und konzentriert durch mehrmaliges Auftragen.

Das Chromatogramm wird mit einem Gemisch aus 1-Butanol, Essigsäure und Wasser (v/v = 4:1:1) entwickelt. Wenn die Lösungsmittelfront fast den oberen Rand der DC-Folie erreicht hat, wird die Folie entnommen, die Lösungsmittelfront wird mit Bleistift markiert. Die Folie wird im Abzug mit einem Föhn getrocknet, kurz (aus ca. 20 cm Entfernung) mit Ninhydrin-Lösung besprüht und mit dem Föhn erwärmt. Nach ca. 1 min indizieren blaue Farbstoff-Flecken die Aminosäuren, die  $R_F$ -Werte werden bestimmt. Die Aminosäuren-Gemische werden mit Hilfe der mitgelaufenen reinen Aminosäuren identifiziert.

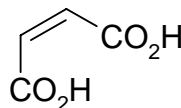
$R_F$ -Werte im angegebenen Lösungsmittel-Gemisch: Alanin (0.22), Valin (0.32), Leucin (0.44), Arginin (0.6).

## Versuch 9.5 DC-Trennung von Fumarsäure und Maleinsäure



Fumarsäure  
 Schmp. 286 °C

[Xi] R 36, S 26



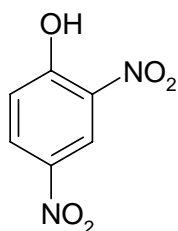
Maleinsäure  
 Schmp. 130 °C

[Xn] R 22-36/37/38, S 26-28-37

Lösungsmittel	Sdp. [°C]	Gefahrensymbol	Sicherheitsdaten
Ethanol	78	<b>F</b>	R 11 S 7-16
2-Propanol	82	<b>F, Xi</b>	R 11-36-67 S 7-16-24-26
Triethylamin	90	<b>F, C</b>	R 11-20/21/22-35 S 3-16-26-29-36/37/39-45

Jeweils 10 mg Fumarsäure und Maleinsäure werden in je 10 ml Ethanol gelöst. 5 ml dieser Lösungen werden gemischt. Auf einer Kieselgel-DC-Alufolie (8x20 cm) werden auf der Startlinie je 1 ml der reinen Säuren und des Gemisches aufgetragen (konzentrierendes Auftragen). Das Chromatogramm wird mit einem Gemisch aus 2-Propanol, Triethylamin und Wasser (v/v = 95:5:1) entwickelt. Wenn die Solvensfront kurz vor dem oberen Rand der DC-Folie angekommen ist, wird die Folie entnommen und die Solvensfront mit Bleistift markiert. Die trockene Folie wird mit einer kurz zuvor hergestellten 1:1-Mischung aus 1-proz. wässriger  $\text{KMnO}_4$ - und 2-proz. wässriger  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -Lösung besprüht. Es bilden sich braune Flecken. Bestimmen Sie die  $R_F$ -Werte (Maleinsäure läuft schneller als Fumarsäure).

## Versuch 9.6 Säulenchromatographische Trennung von 2,4-Dinitrophenol und Tetraphenylcyclopentadienon

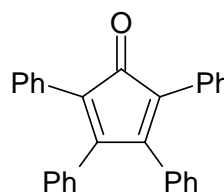


2,4-Dinitrophenol (gelb)

Schmp. 114 °C

[T,N] R 23/24/25-33-50/53

S 28-37-45-61



Tetraphenylcyclopentadienon (weinrot)

Schmp. 219-221 °C

R -

S -

Lösungsmittel	Sdp. [°C]	Gefahrensymbol	Sicherheitsdaten
Cyclohexan	81	<b>F, Xn, N</b>	R 11-38-50/53-65-67 S 9-16-33-60-61-62
Essigsäureethylester	77	<b>F, Xn</b>	R 11-36-66-67 S 16-26-33

Eine Mischung von 100 mg Tetraphenylcyclopentadienon und 100 mg 2,4-Dinitrophenol, gelöst in 2 ml Ethylacetat soll chromatographisch getrennt werden.

### Präparation der Säule:

Die Chromatographiesäule mit Hahn (Ø 2cm, Länge 30 cm) wird mit einer NS 14-Klammer senkrecht mit dem Hahn nach unten so an einer Stativstange befestigt, dass man noch bequem einen 250 ml Erlenmeyerkolben darunter stellen kann. In die Verjüngung der Säule zum Hahn wird ein kleiner Wattebausch eingebracht, der das Auslaufen der Säulenfüllung verhindern soll. Dazu wird der Wattebausch mit einem Glasstab in die Säule eingebracht und durch kurzes Anlegen eines Wasserstrahlvakuums über den geöffneten Hahn und verschließen der oberen Öffnung mit dem Handballen, der dann mehrmals ruckartig entfernt wird, nach unten gebracht. Danach wird der Auslaufhahn geschlossen und die Säule zu etwa 1/3 mit der aufstehenden Laufmittelmischung (Cyclohexan/Ethylacetat 1:1) gefüllt und ein leerer 250 ml Erlenmeyerkolben untergestellt. Es muss darauf geachtet werden, dass sich keine Luftblasen im Wattebausch oder am Auslauf festsetzen.

In einem 250 ml Becherglas wird nun aus 30 g Kieselgel (=75 ml, mit dem Messzylinder abmessen!) und 70 ml der Laufmittelmischung (Cyclohexan/Ethylacetat 1:1) durch Rühren mit dem Glasstab eine Suspension hergestellt.

Dieser dünne Brei wird nun langsam durch einen Trichter (mit breitem Auslauf) in die zu 1/3 gefüllte Säule eingegossen, dabei wird der Auslaufhahn soweit geöffnet, dass das Laufmittel in dem Maß ausläuft, wie die Suspension oben zufließt. Dabei darf die Säule nie trocken laufen! Das ausgeflossene Laufmittel kann zum Ausspülen des Becherglases verwendet werden.

Um Risse und Luftblasen in der Säule zu verhindern, wird während des Absetzens der Säulenfüllung gleichmäßig von allen Seiten an die Säule geklopft.

Zum Schluss wird die Säulenfüllung vorsichtig mit einer etwa 0,5–1 cm dicken Seesandschicht abgedeckt.

### **Chromatographie:**

Das Laufmittel in der Säule wird langsam soweit abgelassen, dass die Oberkante des Flüssigkeitsspiegels bündig mit der Oberkante der Seesandschicht ist. Danach werden 2 ml des aufstehenden Farbstoffgemisches mit der Messpipette entnommen, in ein Präparategläschen gegeben und von dort mit einer Tropfpipette vorsichtig rundum entlang der Innenwand der Säule auf die Seesandschicht aufgetragen. Das Präparateglas und die Tropfpipette werden zum Schluss mit etwas Laufmittel nachgespült.

Nun wird der Säulenhahn vorsichtig geöffnet und das Laufmittel tropfenweise abgelassen bis der Flüssigkeitsspiegel gerade wieder die Seesandoberkante erreicht hat. Dann wird mit etwa 2 Pipettenfüllungen nachgespült, wieder abgelassen und nochmals nachgespült, bis die Substanz völlig auf die Säule aufgezogen ist.

Zur Entwicklung des Chromatogramms werden nun etwa 75 ml Laufmittel (Cyclohexan/Ethylacetat 1:1) portionsweise nachgefüllt und ein konstanter Auslauf von etwa 2–3 ml/Minute eingestellt. Dabei darf die Säule nie trocken laufen!

Die auf der Säule zuerst laufende weinrote Bande enthält das Tetraphenylcyclopentadienon. Das zunächst farblose Eluat wird in einem Erlenmeyerkolben aufgefangen und verworfen. Sobald die weinrote Zone in die Nähe des Auslaufs kommt, wird auf ein neues Auffanggefäß gewechselt und diese Fraktion aufgefangen.

Das 2,4-Dinitrophenol wird gleichzeitig als gelbe Bande entwickelt: Sobald eine Farbänderung am Auslauf beobachtet werden kann (nach etwa 50 ml weinroter Fraktion), wechselt man auf ein neues Auffanggefäß und eluiert das Dinitrophenol mit ca. 200 ml reinem Ethylacetat. Bei Unsicherheit beim Fraktionswechsel kann auch ein "Zwischenlauf" genommen werden. Nach dem Verbrauch der 200 ml Ethylacetat wird die Entwicklung der Chromatographie abgebrochen.

### **Reinheitskontrolle:**

Alle erhaltenen Fraktionen und eine Probe der Substanzmischung werden auf eine DC-Platte (Kieselgel 60 mit Fluoreszenzindikator) getüpfelt und in einer Chromatographiekammer mit Cyclohexan/ Ethylacetat (1:1) entwickelt. Die Substanzflecken sind unter der UV-Lampe (254 nm) sichtbar und werden mit einem weichen Bleistift markiert.

### **Isolierung**

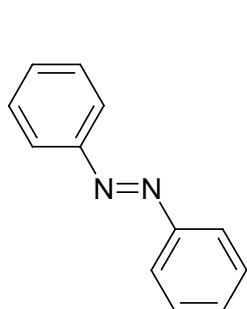
Die erhaltenen reinen Fraktionen werden in je einen tarierten NS 29-Rundkolben geeigneter Größe (100 oder 250 ml) gefüllt und das Lösungsmittel jeweils am Rotationsverdampfer abdestilliert. Zur Entfernung von Lösungsmittelresten wird der Destillationskolben am Arbeitsplatz direkt an die Vakuumleitung angeschlossen und der Destillationsrückstand etwa 1 h im Vakuum getrocknet. Anschließend werden die Kolben zurück gewogen und Masse der erhaltenen Produkte berechnet.

### **Recycling und Entsorgung:**

Die abdestillierten und übrig gebliebenen Lösungsmittel (Etylacetat und die Mischung Cyclohexan/ Ethylacetat) werden in den aufgestellten Recycling-Sammelbehälter "Lösungsmittel Chromatographie – Cyclohexa/Ethylacetat" gegeben.

Die Chromatographiesäule lässt man trocken laufen und stellt sie mit geöffnetem Hahn nach oben senkrecht in den Abzug, darunter wird eine Kristallisierschale gestellt. Das belegte Kieselgel rieselt beim Trocknen in die Kristallisierschale und kann danach in den aufgestellten Sammelbehälter für "Kieselgelabfall aus der Chromatographie" gegeben werden. Das Tetraphenylcyclopentadienon und Dinitrophenol wird mit etwas Aceton in den Sammelbehälter für halogenfreien organischen Sonderabfall gespült.

## Versuch 9.7 Säulenchromatographische Trennung eines Gemisches von *trans*-Azobenzol, 4-Methoxyazobenzol und Sudan I



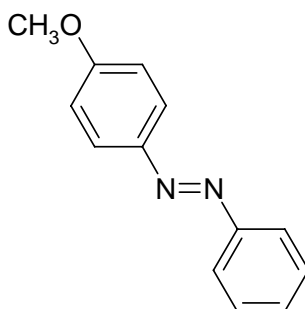
*trans*-Azobenzol (1)

Schmp. 68 °C

[T, N]

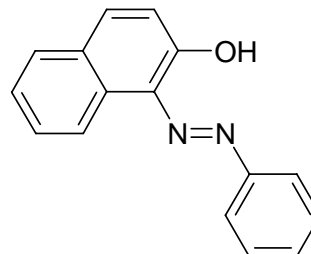
R 45-20/22-48/22-50/53-68

S 53-45-60-61



4-Methoxyazobenzol (2)

Schmp. 55 °C



Sudan I (3)

Schmp. 132 °C

[Xn]

R 40-43-53-68

S 22-36/37-46-61

**Hinweis:** 4-Methoxyazobenzol ist offiziell nicht eingestuft. Aus der strukturellen Ähnlichkeit zu Azobenzol sollte diese Einstufung übernommen werden.

Lösungsmittel	Sdp. [°C]	Gefahrensymbol	Sicherheitsdaten
Cyclohexan	81	<b>F, Xn, N</b>	R 11-38-50/53-65-67 S 9-16-33-60-61-62
Toluol	111	<b>F, Xn</b>	R 11-20 S 16-25-29-33

### Präparation der Säule:

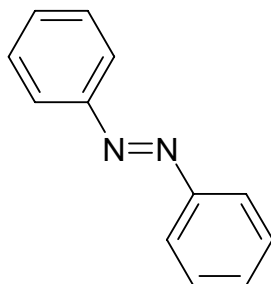
75.0 g Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (neutral, Aktivitätsstufe I) werden mit 3 ml Wasser klumpenfrei vermischt und in einer geschlossenen Flasche 2 h stehen lassen. Jetzt liegt das Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> in der Aktivitätsstufe II vor.

Das Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wird mit ca. 75 ml Cyclohexan/Toluol (v/v = 4:1) aufgeschlämmt und über einen Pulvertrichter in die Säule eingefüllt (Ø 2 cm, Höhe 50 cm). Damit keine Risse oder Hohlräume entstehen, wird die Säule kontinuierlich von allen Seiten „angestoßen“ (z. B. mit einem Korkring). Wenn sich das Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gesetzt hat, lässt man das Solvens soweit abfließen, bis es noch etwa 1 cm über der Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Oberfläche steht.

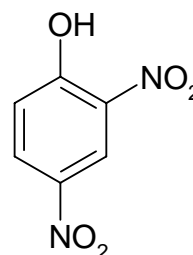
### Chromatographie:

Farbstofflösung: Je 200 mg der Farbstoffe 1-3 werden zusammengegeben, in der Wärme in der eben notwendigen Menge des Solvens-Gemisches Cyclohexan/Toluol (4:1) gelöst und mit einer Pipette an der Innenwand kreisend auf die Säule aufgebracht. Das Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sollte hierbei nicht aufgewirbelt werden. Durch Öffnen des Hahns der Säule lässt man die Farbstoff-Mischung aufziehen. Jetzt wird die Säule mit dem Solvens-Gemisch Cyclohexan/Toluol bis auf etwa 10 cm aufgefüllt und ein Tropftrichter mit dem Solvensgemisch aufgesetzt (siehe Arbeitsmethoden, Kap. 9, Abb. 9.14). Die sich entwickelnden Farbstoffzonen werden in *Erlenmeyer*kolben aufgefangen. Der am langsamsten laufende Farbstoff wird mit Essigsäure-ethylester eluiert. Die Lösungen werden am Rotationsverdampfer bis zur Trockene eingengt und an Hand der Schmelzpunkte identifiziert.

## Versuch 9.8 Säulenchromatographische Trennung von *trans*-Azobenzol und 2,4-Dinitrophenol



*trans*-Azobenzol (1)  
 Schmp. 68 °C  
 [T, N]  
 R 45-20/22-48/22-50/53-68  
 S 53-45-60-61



2,4-Dinitrophenol  
 Schmp. 114 °C  
 [T, N]  
 R 23/24/25-33-50/53  
 S 28-37-45-61

Lösungsmittel	Sdp. [°C]	Gefahrensymbol	Sicherheitsdaten
Cyclohexan	81	<b>F, Xn, N</b>	R 11-38-50/53-65-67    S 9-16-33-60-61-62
Essigsäureethylester	77	<b>F, Xi</b>	R 11-36-66-67    S 16-26-33

### Präparation der Säule:

30 g Kieselgel 60 werden mit ca. 50 ml Cyclohexan/Essigsäureethylester (v/v = 1:1) aufgeschlämmt und über einen Pulvertrichter in die Säule eingefüllt (Ø 2–3 cm, Höhe 30–40 cm). Damit keine Risse oder Hohlräume entstehen, wird die Säule kontinuierlich von allen Seiten „angestoßen“ (z. B. mit einem Korkring). Wenn sich das Kieselgel gesetzt hat, bringt man eine etwa 0.5–1 cm dicke Schicht Seesand auf und lässt anschließend das Solvens soweit abfließen, bis es noch knapp über der Seesand-Oberfläche steht.

200 mg Azobenzol und 200 mg 2,4-Dinitrophenol werden in 2 ml Cyclohexan/Essigsäureethylester (v/v = 1:1) gelöst.

### Chromatographie:

Die Farbstofflösung wird mit einer Pipette an der Innenwand kreisend auf die Säule aufgebracht. mit einer Pipette an der Glaswand zulaufen und zieht sie auf dem Kieselgel auf. Der Seesand sollte hierbei nicht aufgewirbelt werden. Durch Öffnen des Hahns der Säule lässt man die Farbstoff-Mischung aufziehen. Jetzt wird die Säule mit dem Solvens-Gemisch Cyclohexan/Essigsäureethylester (v/v = 1:1) bis auf etwa 10 cm aufgefüllt und ein Tropftrichter mit dem Solvensgemisch aufgesetzt (siehe Arbeitsmethoden, Kap. 9, Abb. 9.14). Die sich entwickelnden Farbstoffzonen werden in Erlenmeyerkolben aufgefangen. Wenn die schnell laufende orangefarbene Zone aus der Säule ausgetreten ist wird die gelbe Zone des 2,4-Dinitrophenols mit reinem Essigsäureethylester eluiert (ca 150 ml). Die Lösungen werden am Rotationsverdampfer bis zur Trockene eingedunstet. Ausbeute und Schmelzpunkt der Produkte werden bestimmt.

### **Recycling und Entsorgung:**

Die abdestillierten Lösungsmittel (Essigsäureethylester und die Mischung Cyclohexan/Essigsäureethylester) werden zusammen mit der nicht verbrauchten Solvensmischung in den aufgestellten Recycling-Sammelbehälter „Lösungsmittel Chromatographie: Cyclohexan/Essigsäureethylester“ gegeben.

Die Chromatographiesäule lässt man trockenlaufen und stellt sie mit geöffnetem Hahn nach oben senkrecht in den Abzug, darunter wird eine Kristallisierschale gestellt. Das belegte Kieselgel rieselt beim Trocknen in die Kristallisierschale und kann danach in den aufgestellten Sammelbehälter für „Kieselgelabfall aus der Chromatographie“ gegeben werden. Das Azobenzol und Nitrophenol werden mit etwas Aceton in den Sammelbehälter für halogenfreien organischen Sonderabfall gespült.