

# Einfache Destillation eines Toluen-Cyclohexan-Gemisches: picoSpin 45 oder picoSpin 80

## Einführung

Es gibt vier grundlegende Techniken für die Trennung und Aufreinigung der Bestandteile eines Flüssigkeitsgemisches: einfache Destillation, fraktionierte Destillation, Vakuumdestillation und Wasserdampfdestillation. Die optimale Destillationsmethode und der zu betreibende Aufreinigungsaufwand hängen vom jeweiligen Gemisch ab, insbesondere vom Unterschied der Siedepunkte der mischbaren Flüssigkeiten. Bei der Destillation wird das Gemisch erhitzt, wodurch eine Substanz verdampft. Beim Kochen unter Rückfluss reichert sich der niedriger siedende Bestandteil in der Dampfphase an, während die Dämpfe weiter kondensieren und sich im Destillationskopf weiter nach oben bewegen, wodurch das Gemisch aufgereinigt wird.

Die einfache Destillation ist die effizienteste Methode für Gemische, bei denen sich die Siedepunkte der flüssigen Bestandteile um mindestens 50 °C voneinander unterscheiden. Bei der Destillation des ersten Bestandteils wird die Temperatur des Dampfes gemessen, während dieser auf einem Thermometer direkt unterhalb des Seitenarms des Destillationskopfs kondensiert. Bei der einfachen Destillation ändert sich die Temperatur mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Zusammensetzung der siedenden Flüssigkeit im Verlauf der Destillation. Der Bereich, über den die Flüssigkeit aufgereinigt wird, ist daher nicht schmal. Die Temperatur der Destillationsflüssigkeit erreicht ein Plateau und fällt dann ab, bevor sie beim Einsetzen der Destillation des zweiten Bestandteils wieder ansteigt. Hier erreicht die Temperatur ein Plateau in der Nähe des Siedepunkts des Mischungsbestandteils mit dem zweit niedrigsten Siedepunkt, wodurch die zweite Fraktion destilliert wird. Der Prozess wiederholt sich für alle weiteren Bestandteile, bis nur noch die Flüssigkeit mit dem höchsten Siedepunkt im Destillierkolben zurückbleibt. Durch die genaue Steuerung der Destillationsgeschwindigkeit kann eine ausreichende Trennung herbeigeführt werden. Läuft die Destillation zu schnell ab, wird im Vergleich zu einer langsamen Destillation des Gemisches nur eine unzureichende Trennung der Bestandteile erreicht.

## Zielsetzung

In diesem Versuch sollen die Bestandteile eines Gemisches mittels einfacher Destillation getrennt werden. Dazu wird ein Gemisch aus mischbaren Flüssigkeiten in einem mit Destillationskopf, Thermometer und Kühler ausgestatteten Rundkolben erhitzt. Die große Oberfläche des Destillierkolbens sorgt dafür, dass genügend Wärmeenergie übertragen werden kann, um die Bestandteile des Gemisches zu destillieren. Unter typischen Siedebedingungen bildet sich während des Erhitzens der Lösung ein Gleichgewicht zwischen der Dampf- und Flüssigphase aus, wodurch der niedriger siedende Bestandteil in der Dampfphase separiert wird. Läuft die Destillation zu schnell ab, wird das Gleichgewicht durch die zusätzliche Wärme und einen Überschuss an Dampf gestört, so dass höher siedende Bestandteile in den frühen Fraktionen übergehen. Die Kondensationsgrenze wandert im weiteren Verlauf der Destillation an der kalten Oberfläche des Kolbens weiter nach oben, so dass diese erwärmt und der erste Bestandteil destilliert wird. Bei Erreichen des Thermometers wird die Temperatur der Dampfphase gemessen, kurz bevor diese in einem mit Luft oder Wasser gekühlten Kühler kondensiert und verflüssigt wird. Die kondensierte, reine Flüssigkeit fließt dann in den Vorlagekolben ab.

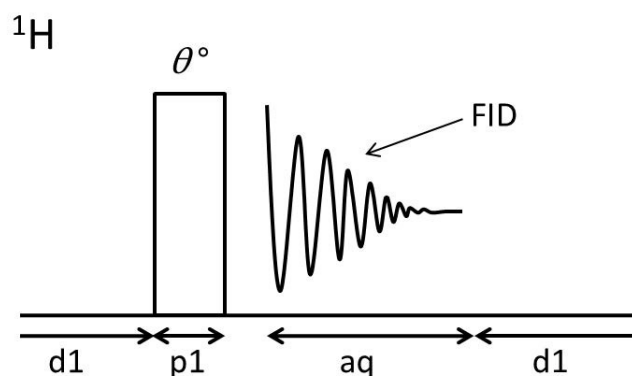
In diesem Versuch soll ein 50:50-Gemisch aus Cyclohexan und Toluol destilliert werden, wobei der niedriger siedende Bestandteil vom Gemisch abgetrennt werden soll. Anfangsgemisch, Destillat und Destillationsrückstand werden dann mit dem Thermo Scientific™ picoSpin™ 45 oder picoSpin™ 80 NMR-Spektrometer analysiert. Die Proben werden quantitativ bestimmt, indem die Resonanzsignale in den Spektren integriert werden, um die Molverhältnisse der Anfangsmischung, des Destillats und des Destillationsrückstands zu bestimmen und die Effizienz der von uns gewählten einfachen Destillation der flüssigen Proben zu bestimmen.

## Literaturverweise

Angelehnt an Williamson, K. L.; Minard, R.; Masters, K. M. *Macroscale and Microscale Organic Experiments*, 5th ed., Houghton Mifflin Co., 2007.

## Pulssequenz

In diesem Versuch verwenden wir einen einzelnen  $90^\circ$ -Standardpuls. Die Relaxationszeit ( $d1$ ) wird so angepasst, dass vor der Mittelung des nächsten FID-Signals eine maximale Signalintensität erhalten wird.



Sequenz:  $d1-[\theta^\circ-aq-d1]_{ns}$   
 $\theta^\circ$ : Anregungswinkel (Flipwinkel)  
 FID: Free induction decay  
 $d1$ : Relaxationszeit ( $\mu\text{s}$ ) für Spin-Gitter-Relaxation  
 $p1$ : Impulslänge des HF-Senders ( $\mu\text{s}$ )  
 $aq$ : Aufnahmedauer (ms)  
 $ns$ : Anzahl der Messungen (einzelne FIDs)

## Verfahren und Analyse

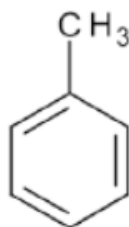
*Dauer:* 2 Stunden

*Schwierigkeitsgrad:* Einfach

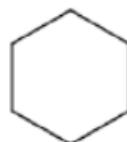
*Probe:* Cyclohexan, Toluol

*Geräte/Materialien:*

- picoSpin 45 oder picoSpin 80
- Cyclohexan ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ )
- Toluol ( $\text{C}_7\text{H}_8$ )
- Tetramethylsilan (TMS,  $(\text{CH}_3)_4\text{Si}$ )
- Einfache Destillationsapparatur
  - 100-ml-Rundkolben
  - 25-ml-Erlenmeyerkolben
  - Kühler
  - Dreiwegeaufsatz
  - Vakuumvorstoß
  - Klemmen (Kolben oder Keck)
  - Ringständer, Ringklemme, Eisenring
- Thermometer
- Thermometeraufsatz
- Siedesteine
- Mnova NMR Processing Suite
- picoSpin-Zubehörsatz:
  - Portstopfen
  - Spritzenportadapter
  - Ablaufschlaucheinheit
- 25-ml-Becherglas
- 1-ml-Polypropylenspritzen
- 22-G-Dispensiernadeln mit stumpfer Spitze
- 2-ml- und 7-ml-Fläschchen

**Moleküle**

Toluol



Cyclohexan

**Physikalische Daten**

Substanz	FM (g/mol)	Menge	Smp (°C)	Sdp	Dichte (g/ml)
Toluol	92,14	10 ml	-95	111	0,8669
Cyclohexan	84,16	10 ml	6,47	80,74	0,779
Tetramethylsilan (TMS)	88,22	3 Tropfen	-99	26-28	0,648
Chloroform-d (CDCl <sub>3</sub> ) mit 1 % TMS	120,384	1 ml	-64	61	1,50
Aceton-d <sub>6</sub> (Ac-d <sub>6</sub> ) mit 1 % TMS <sup>a</sup>	64,12	1 ml	-94	56	0,872

<sup>a</sup> Optionale NMR-Lösungsmittel

**Sicherheitshinweise**

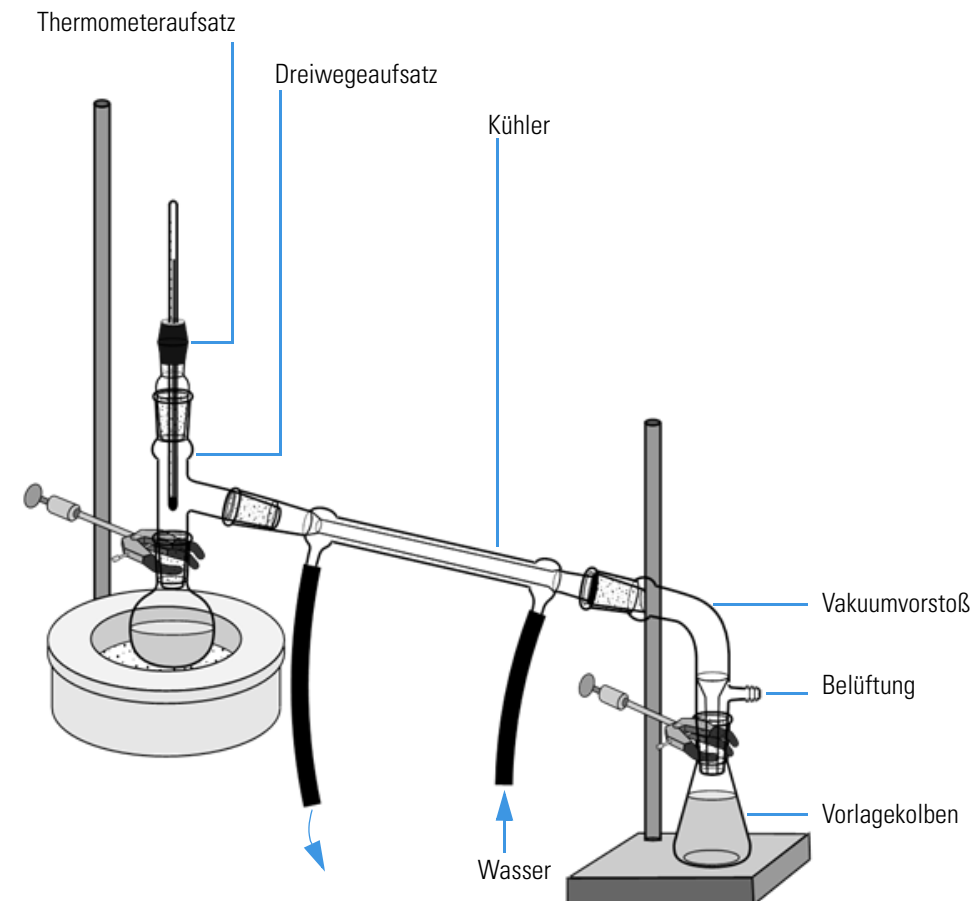
**HINWEIS** Stellen Sie sicher, dass alle Personen, die dieses System bedienen sollen, vorher die Anleitung zu Standort und Sicherheit gelesen haben.

## Versuchsablauf

### Durchführung der Reaktion

#### 1. Aufbau einer einfachen Destillationsapparatur

Einfache Destillationsapparatur



Als Heizquelle dient ein Sandbad.

2. Geben Sie ungefähr 10 ml Toluol, 10 ml Cyclohexan und einen Siedestein in einen 50-ml-Rundkolben.
3. Schwenken Sie das Gemisch und entnehmen Sie ein 0,25-ml-Aliquot für Probe 3; überführen Sie es in ein 2 -ml-Fläschchen.
4. Positionieren Sie das Thermometer so, dass die Spitze direkt unterhalb des Seitenarms im Dreivegeaufsatz sitzt.
5. Schließen Sie die Wasserkühlung an den Kühler an.
6. Stellen Sie ein Sammelfläschchen an den Auslass des Vakuumpvorstoßes.
7. Stellen Sie das Fläschchen in ein 25 -ml-Becherglas, das mit Eis gefüllt ist.

8. Regulieren Sie die Hitze, die dem Rundkolben zugeführt wird, indem Sie die gewünschte Menge heißen Sand anhäufen.  
  
Bei Beginn der Destillation steigen Dämpfe auf und kondensieren an der kalten Glasoberfläche.
9. Regulieren Sie die Siedegeschwindigkeit, indem Sie ggf. Sand entfernen, so dass nur ungefähr 2 Tropfen pro Minute in den Vorlagekolben tropfen.
10. Notieren Sie die Temperatur, wenn die ersten Tropfen Flüssigkeit übergehen.  
  
Diese Temperatur entspricht dem Siedepunkt des Cyclohexandestillats.
11. Sammeln Sie das Destillat, bis die Destillation von Cyclohexan abgeschlossen ist und die gemessene Temperatur abfällt (ungefähr 7 ml).  
  
Destillieren Sie nicht bis zur Trockenheit.
12. Schalten Sie das Sandbad aus.
13. Bereiten Sie die Proben für die NMR-Analyse vor.

### Probenvorbereitung

Für die Analyse werden mehrere Proben vorbereitet. Die Proben können unverdünnt analysiert werden. Da die chemischen Verschiebungen von Toluol und Cyclohexan bei der  $^1\text{H}$ -NMR-Spektroskopie bekannt sind, können wir diese Signale als interne Referenz für die chemische Verschiebung verwenden. Es können jedoch auch einige kleine Tropfen TMS (0 ppm) zu den Proben zugegeben werden. Die Anweisungen zur Probenvorbereitung und die dargestellten Spektren beruhen auf unverdünnten Proben, denen TMS zugegeben wurde.

**Probe 1:** Geben Sie ungefähr 0,20 ml Toluol in ein beschriftetes Fläschchen und geben Sie einige Mikrotropfen TMS hinzu. Verschließen Sie das Fläschchen und bewahren Sie es für die NMR-Analyse auf.

**Probe 2:** Geben Sie ungefähr 0,20 ml Cyclohexan in ein beschriftetes Fläschchen und geben Sie einige Mikrotropfen TMS hinzu. Verschließen Sie das Fläschchen und bewahren Sie es für die NMR-Analyse auf.

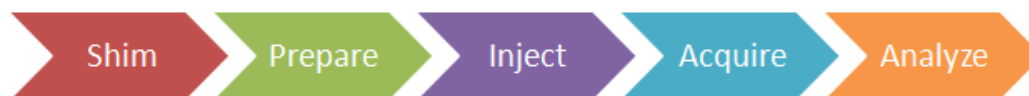
**Probe 3:** Geben Sie ungefähr 0,20 ml des Anfangsgemisches aus Toluol und Cyclohexan vom Rundkolben in ein beschriftetes Fläschchen und geben Sie einige Mikrotropfen TMS hinzu. Verschließen Sie das Fläschchen und bewahren Sie es für die NMR-Analyse auf.

**Probe 4:** Geben Sie ungefähr 0,20 ml Destillat vom Vorlagekolben in ein beschriftetes Fläschchen und geben Sie einige Mikrotropfen TMS hinzu. Verschließen Sie das Fläschchen und bewahren Sie es für die NMR-Analyse auf.

**Probe 5:** Geben Sie ungefähr 0,20 ml Destillat vom Rundkolben in ein beschriftetes Fläschchen und geben Sie einige Mikrotropfen TMS hinzu. Verschließen Sie das Fläschchen und bewahren Sie es für die NMR-Analyse auf.

## Instrumenteller Arbeitsablauf

Die Analyse von Proben läuft auf einem pioSpin NMR-Spektrometer im Allgemeinen wie folgt ab:



### Shimmen

Vergewissern Sie sich, dass das NMR-Spektrometer geschimmt und für die Proben bereit ist.

### Vor der Probenvorbereitung

1. Treiben Sie die Shimflüssigkeit aus der picoSpin-Kapillarkartusche mit Luft heraus.
2. Spülen Sie die Kartusche mit 0,1 ml Chloroform und treiben Sie das Lösungsmittel dann mit einem Luftstoß heraus.

Bei 7,24 ppm tritt im Probenspektrum u. U. ein kleines Signal von Chloroformrückständen auf, das zum Referenzieren des Spektrums verwendet werden kann.

3. Richten Sie das onePulse-Skript für die in der Pulsskripttabelle aufgeführten Parameter ein.

### Injektion

1. Ziehen Sie mit einer 1-ml-Einwegspritze aus Polypropylen, auf der eine Nadel mit stumpfer Spitze (22-G; 1,5 Zoll) aufgesetzt ist, ein 0,2-ml-Aliquot der Probe auf.
2. Injizieren Sie ungefähr die Hälfte der Probe.

Stellen Sie sicher, dass sich in der Kartusche keine Luftblasen mehr befinden, indem Sie die Ablaufleitung beobachten.

3. Verschließen Sie sowohl die Einlass- als auch die Auslassöffnungen mit PEEK-Stopfen.

### Datenaufnahme

1. Führen Sie das onePulse-Skript unter Verwendung der Werte aus der Parametertabelle aus.
1. Bereiten Sie nach Beendigung des onePulse-Skripts die Kartusche für den nächsten Anwender vor, indem Sie die Probe nach dem folgenden Protokoll aus der Kartusche her austreiben: Luft, Lösungsmittel, Luft.

**Pulsskript: onePulse**

Die Aufnahmeparameter gelten sowohl für picoSpin 45 als auch picoSpin 80 Spektrometer. Verwenden Sie die für das jeweilige System richtige Tx-Frequenz (tx) und Impulslänge (p1).

Parameter	Wert
tx frequency (tx)	Larmor-Frequenz für Proton (MHz)
scans (ns)	4
pulse length (pl)	gerätespezifische Impulslänge 90°
acquisition time (aq)	750 ms
rx recovery delay (r1)	500 µs
T1 recycle delay (d1)	6 s
bandwidth (bw)	4 kHz
post-filter atten. (pfa)	10 (11) <sup>a</sup>
phase correction (ph)	0 Grad (oder beliebiger Wert)
exp. filter (LB)	0 Hz
max plot points	400
max time to plot	250 ms
min freq. to plot	-200 Hz
max freq. to plot	+1000 Hz
zero filling (zf)	8192
align-avg. data	✓
live plot	✓
JCAMP avg.	✓
JCAMP ind.	nicht aktiviert

<sup>a</sup> Wählen Sie die pfa-Standardwerte des Spektrometers aus.



## Spektrenbearbeitung

Laden Sie die JCAMP-Spektrendateien herunter und öffnen Sie diese durch Importieren nach Mnova. Der FID wird einer automatischen Fourier-Transformation unterzogen und es wird ein Spektrum angezeigt. Verarbeiten Sie nun jedes Spektrum unter Verwendung der folgenden Einstellungen:

Funktion	Wert
Zero-filling (zf) & Linear Predict (LP)	16 k
Forward predict (FP)	From aq → 16 k
Backward predict (BP)	von -2 → 0
<b>Phase Correction (PH)</b>	PH0: manuelle Einstellung
	PH1:0
Apodization	
Exponential (LB)	0 Hz
First Point	0,5
Shift reference (CS)	manuelle Referenzierung
Peak Picking (pp)	manuelle Auswahl der Linien
Integration (I)	automatische Auswahl
Multiplet Analysis (J)	-

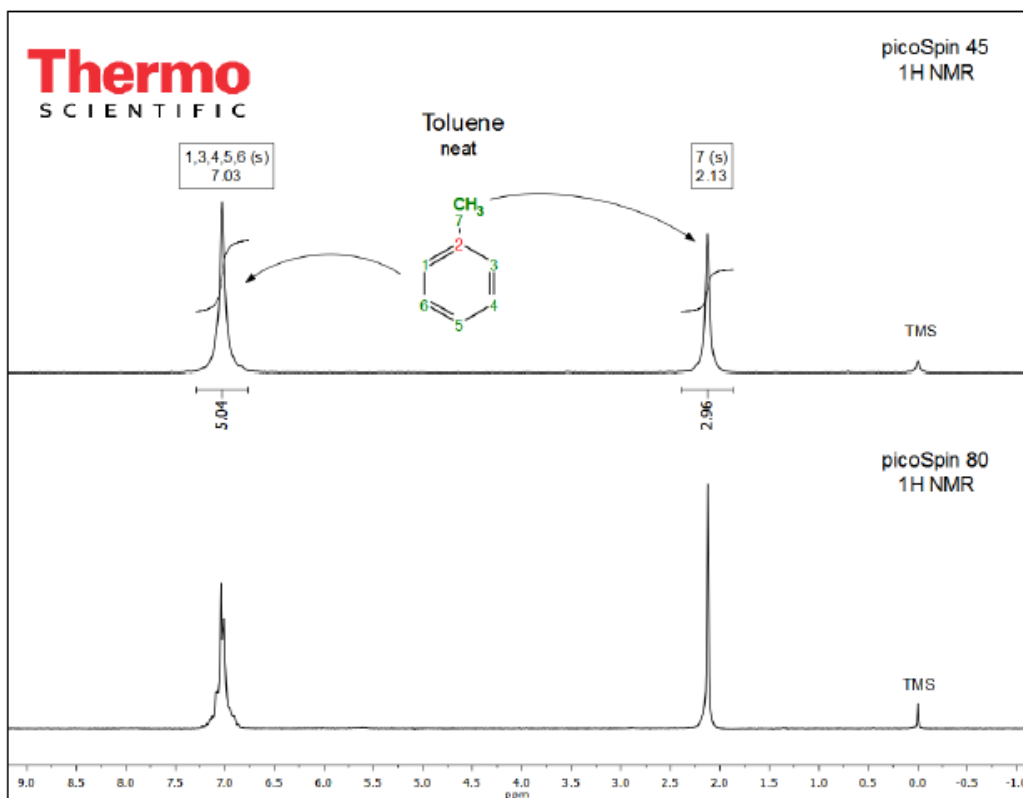
1. Importieren Sie jede Datei in den gleichen Arbeitsbereich von Mnova.
2. Führen Sie für jedes Spektrum eine manuelle Ph0-Phasenkorrektur durch.
3. Führen Sie mit dem TMS-Tool von Mnova für jedes Spektrum eine manuelle Referenzierung der Verschiebungen durch.
4. Weisen Sie das TMS-Signal (0 ppm), Restchloroformsignal (7,24 ppm), Cyclohexansignal (1,38 ppm) oder die Toluolsignale (2,09 oder 6,98 ppm) zu.
5. Identifizieren Sie alle in den Spektren vorhandenen Signale und weisen Sie diese zu.
6. Integrieren Sie alle von Toluol und Cyclohexan stammenden Signalgruppen und bestimmen Sie die relativen Molaritäten jedes Bestandteils des Anfangsgemisches, Destillats und Destillationsrückstands.
7. Speichern Sie das Mnova-Dokument, drucken Sie alle Spektren aus und kleben Sie diese in Ihr Laborjournal ein.

## Ergebnisse

Die 45-MHz- und 82-MHz- $^1\text{H}$ -NMR-Spektren von (unverdünntem) Toluol sind in [Abbildung 2](#) dargestellt. Das Spektrum zeigt zwei Signale: ein Tieffeldsignal bei 7,00 ppm von den fünf aromatischen Protonen ( $\text{C}_6\text{H}_5$ ) und ein zweites Hochfeldsignal bei 2,09 ppm, das von der Anregung der an den Phenylring gebundenen Methylgruppe ( $-\text{CH}_3$ ) stammt. Die Methylprotonen zeigen keine Kopplung, da keine benachbarten Protonen vorhanden sind. Im 45-MHz-Spektrum ist keine Spin-Spin-Kopplung für die Protonen des aromatischen Rings von Toluol sichtbar, bei 82 MHz sind jedoch geringfügige Unterschiede in den chemischen Verschiebungen der Ortho- (7,04 ppm), Meta- (7,08 ppm) und Para-Protonen (7,01 ppm) zu verzeichnen (siehe [Abbildung 3](#)). Die Integration der Signale ergibt ein zu erwartendes Protonenverhältnis von 5:3.

### Abbildung 2

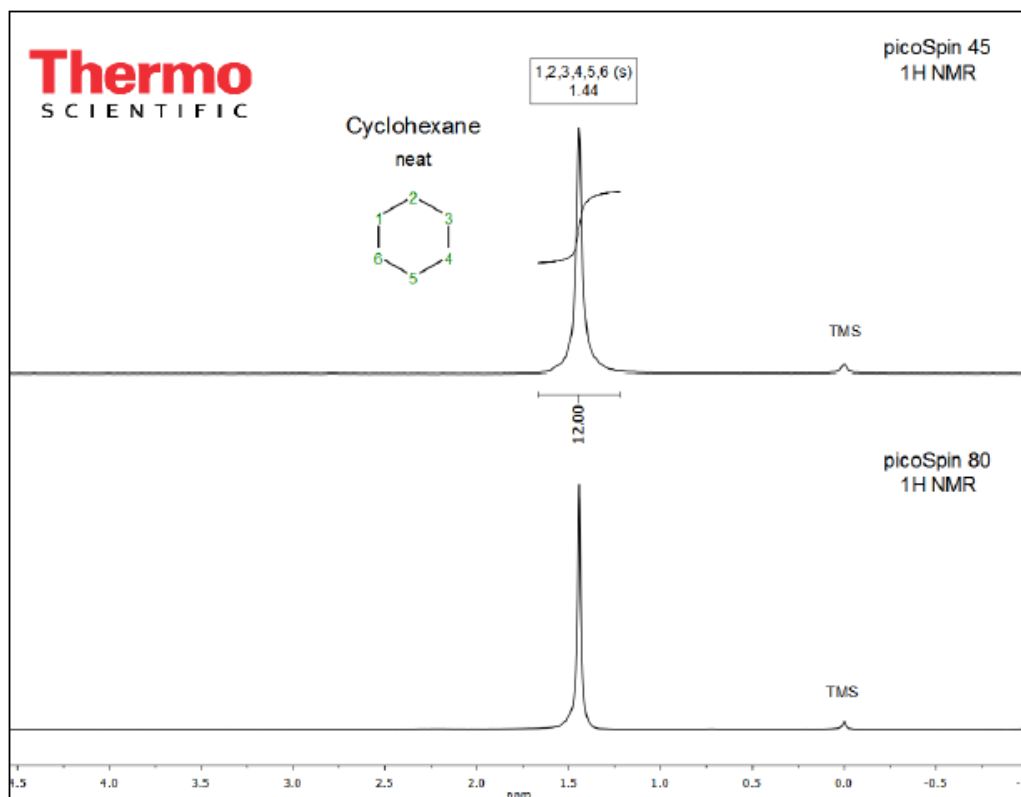
Gestaffeltes, vollständiges  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum für 45 MHz (oben) und 82 MHz (unten) von (unverdünntem) Toluol mit TMS



[Abbildung 3](#) enthält die 45-MHz- (oben) und 82-MHz-Spektren (unten) von unverdünntem Cyclohexan. Das Spektrum wird von einer einzelnen Resonanz bei 1,44 ppm beherrscht, das von den 12 äquivalenten Protonen des Cyclohexans stammt. Die Peakintegration ergibt den erwarteten Wert von 12.

**Abbildung 3**

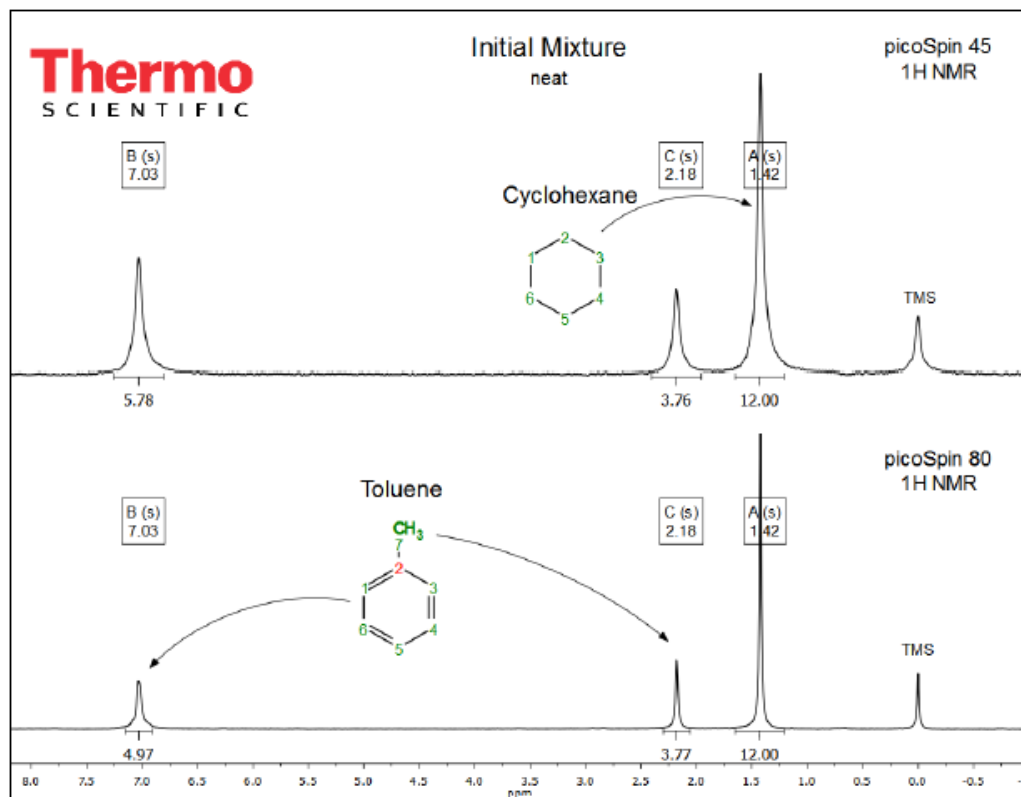
Gestaffeltes, vollständiges  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum für 45 MHz (oben) und 82 MHz (unten) von (unverdünntem) Cyclohexan mit TMS



In [Abbildung 4](#) können wir das erste Spektrum unseres Gemisches betrachten. Die Abbildung zeigt das  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum bei 45 MHz (oben) und 82 MHz (unten) des Anfangsgemisches aus Toluol und Cyclohexan. Die auf die verschiedenen Spezies rückführbaren Signale sind in den Spektren gekennzeichnet. Wir haben anfangs ungefähr die gleichen Volumina für die beiden Verbindungen abgemessen. Wenn wir die einzelnen Signale im 45-MHz-Spektrum integrieren und das Cyclohexansignal gegen 12 normalisieren (wir haben 12 chemisch äquivalente Protonen), erhalten wir ein Intensitätsverhältnis von 5,78:3,76:12,00. Handelte es sich bei der Probe genau um ein 50:50-Gemisch der beiden Bestandteile, würden wir ein Verhältnis von 5:3:12 erwarten. Zur Bestimmung des Molverhältnisses der beiden Bestandteile vergleichen wir die Integration der Methylgruppe von Toluol (3,76 bei 2,24 ppm) mit der Integration des Cyclohexansignals (12 bei 1,44 ppm): Das Verhältnis beträgt hier 3,76:12. Wenn wir dieses Verhältnis normalisieren, um zu berücksichtigen, dass die Methylgruppe von Toluol 3 Protonen und Cyclohexan 12 Protonen enthält, erhalten wir ein Verhältnis von 1,25:1. Dies entspricht einem Molverhältnis von 55 % Toluol zu 45 % Cyclohexan. Damit liegen wir schon sehr dicht am beabsichtigten Verhältnis von 50:50. Wir können die gleiche Vorgehensweise auch für das aromatische Signal anwenden, nur hier muss der relative Integrationswert für die 5 Protonen normalisiert werden, die das Signal umfasst. Auch das 82-MHz-Spektrum kann auf die gleiche Weise ausgewertet werden.

Abbildung 4

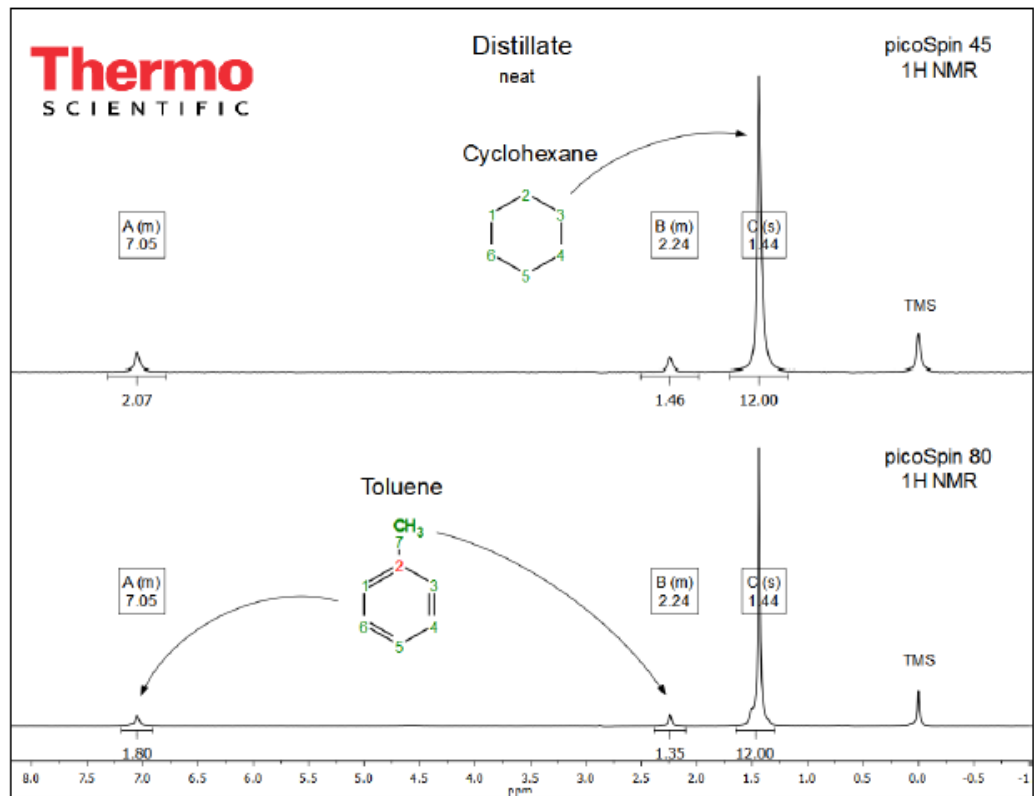
Gestaffeltes, vollständiges  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum für 45 MHz (oben) und 82 MHz (unten) vom anfänglichen Destillationsgemisch mit TMS



Das NMR-Spektrum des Destillats ist in [Abbildung 5](#) dargestellt. Das größte Signal bei 1,44 ppm kann eindeutig auf Cyclohexan zurückgeführt werden. Qualitativ betrachtet, sind die Toluolsignale deutlich kleiner, wenn wir sie mit der Größe im Spektrum des Anfangsgemisches vergleichen. Ein quantitatives Maß ermöglicht jedoch eine genauere Bestimmung des Molverhältnisses der Bestandteile im Destillat. Unter Verwendung der gleichen Vorgehensweise soll nun das relative Verhältnis des Methylprotonensignals von Toluol mit dem von Cyclohexan verglichen werden; es beträgt 1,46:12. Wenn wir das Ergebnis nun für die Anzahl der Protonen normalisieren, die in jedem Signal enthalten sind, erhalten wir vom 45-MHz-Spektrum ein normalisiertes Verhältnis von 0,49:1. Dies entspricht einem Molverhältnis von 33 % Toluol zu 67 % Cyclohexan. Bei Betrachtung erscheint die kleinere Spezies deutlich kleiner als die gerade berechneten 33 %. Das Cyclohexansignal umfasst jedoch 12 Protonen, wogegen das Methylgruppensignal nur auf 3 Protonen zurückzuführen ist. Außerdem lassen sich derartige Unterschiede visuell nur schwer normalisieren.

### Abbildung 5

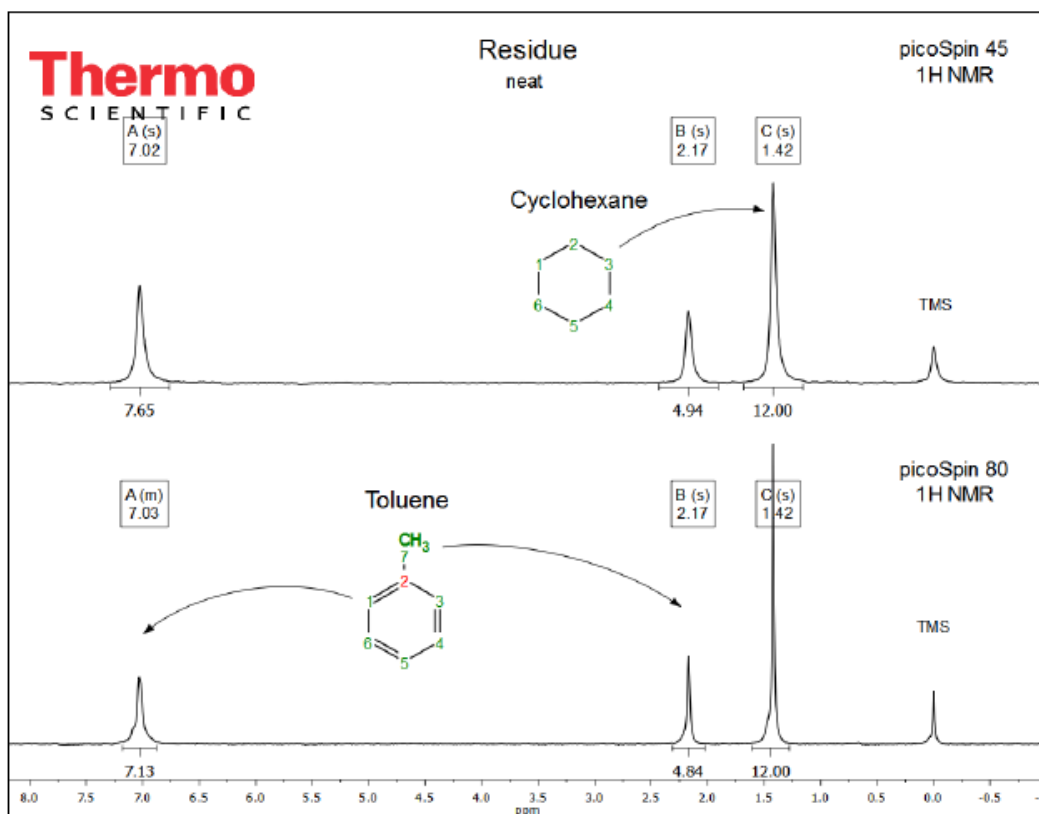
Gestaffeltes, vollständiges  $^1\text{H-NMR}$ -Spektrum für 45 MHz (oben) und 82 MHz (unten) von Destillat mit TMS



Abschließend soll nun das Spektrum des Destillationsrückstands ausgewertet werden (siehe [Abbildung 6](#)). Auf den ersten Blick ähnelt es sehr den in den Abbildungen 4 und 5 dargestellten Spektren. Die Signale von Toluol (7,00 ppm und 2,38 ppm) und Cyclohexan (1,44 ppm) lassen sich einfach zuweisen.

Abbildung 6

Gestaffeltes, vollständiges  $^1\text{H}$ -NMR-Spektrum für 45 MHz (oben) und 82 MHz (unten) von Destillat mit TMS



## Schlussfolgerungen

Die einfache Destillation ist durchaus effizient für Gemische, in denen sich die Siedepunkte der Bestandteile um etwa 75 °C unterscheiden. Die Siedepunkte unserer Probe betragen 88 °C für Cyclohexan und 111 °C für Toluol. Die beiden Bestandteile lassen sich mit der einfachen Destillation wegen der dichter beieinander liegenden Siedepunkte weniger effizient trennen und wir würden erwarten, dass eine höhere Konzentration von Toluol in der Dampfphase zusammen mit Cyclohexan kondensiert. Die quantitative Analyse des 45-MHz-Spektrums vom Rückstand ergibt ein normalisiertes Molverhältnis von 1,65:1, was einem Verhältnis von 62 % Toluol zu 38 % Cyclohexan entspricht.

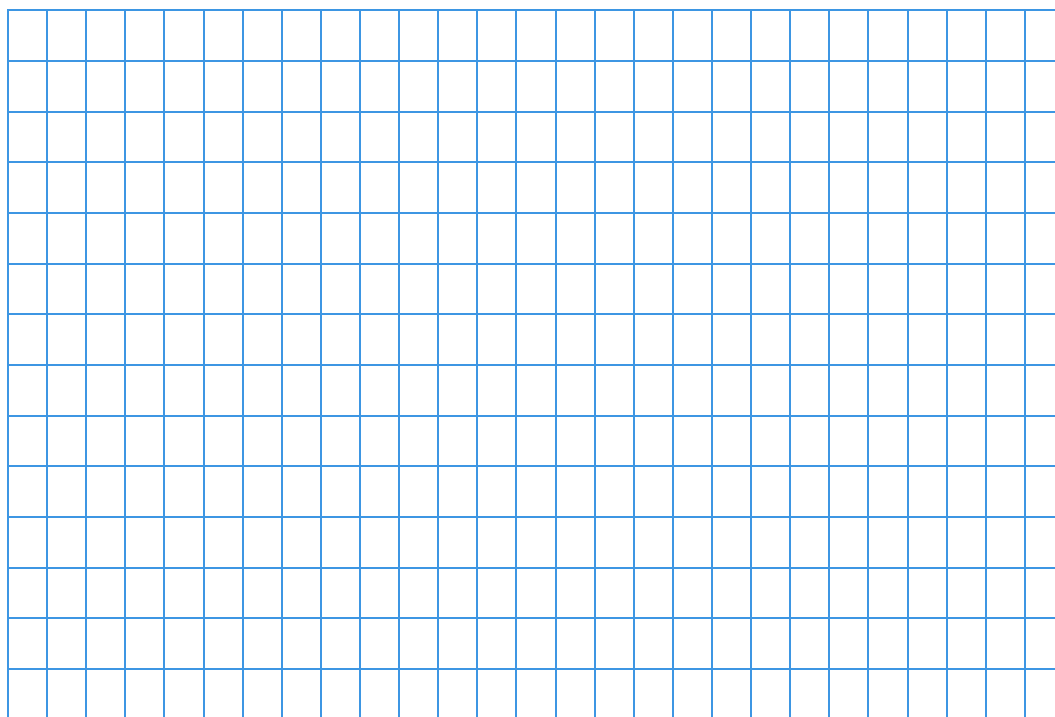
## Anmerkungen

Dieser Laborversuch ist mit keinen besonderen Herausforderungen verbunden.

**Tabelle 1**  $^1\text{H-NMR}$ -Spektraldaten

Abbildung	Verbindung	Signalgruppe	Chemische Verschiebung (ppm)	Nuklide	Multiplizität
2-6	TMS	$\text{Si}(\text{CH}_3)_4$	0	12 H	Singulett
2, 4-6	Toluol	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	2,24	3 H	Singulett
		$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$	7,08( <i>m</i> ), 7,04( <i>o</i> ), 7,01( <i>p</i> )	5 H	Singulett
3-6	Cyclohexan	$\text{C}_6\text{H}_{12}$	1,44	3 H	Singulett
	Chloroform	$\text{CHCl}_3$	7,24	1 H	Singulett
	Aceton	$\text{O}=\text{C}(\text{CH}_3)_2$	2,05	6 H	Singulett

## Eigene Beobachtungen



## Bestellinformationen

Um diesen Lehrplan von der Lehrplansammlung *picoSpin NMR-Spektroskopie: Beispiellehrpläne* nachzubestellen, verwenden Sie bitte die Bestellnummer **LP52593\_E 05/14M** „picoSpin-Lehrplan Nr. 5, Einfach Destillation eines Toluol-Cyclohexan-Gemisches“.

Wenden Sie sich für technischen Support an die folgende Adresse:

Thermo Fisher Scientific  
Im Steingrund 4-6  
D-63303 Dreieich  
Telefon: +49 6103 408 1014  
E-mail: [analyze.de@thermo.com](mailto:analyze.de@thermo.com)

Wenden Sie sich für weltweiten Support an die folgende Adresse:

Thermo Fisher Scientific  
Telefon: +1 608 273 5017  
E-mail: [support.madison@thermofisher.com](mailto:support.madison@thermofisher.com)

**Hinweis** Bitte halten Sie die Seriennummer des Spektrometers bereit, wenn Sie sich an uns wenden.