

## Siedeanalyse von Benzin

### Versuchsziele

- Eine Siedeanalyse (Destillation) beobachten und verstehen.
- Wichtige Punkte einer Siedekurve von Benzin bestimmen.
- Rückschlüsse auf die Zusammensetzung von Benzin ziehen.
- Zusammenhang zwischen Struktur, chemischer Verbindungen und daraus resultierenden Eigenschaften als Kraftstoff erkennen.

### Grundlagen

Benzin gehört zu den Kraftstoffen, deren Verbrennungsenergie in Verbrennungsmotoren (Ottomotoren) unmittelbar in mechanische Arbeit umgewandelt wird.

Kraftstoffe sind Kohlenwasserstoffe mit verschiedenen, unterschiedlich langen, geraden, verzweigten oder ringförmigen Kohlenwasserstoffketten. Relativ kurzkettige Moleküle vergasen besser und sind dadurch für ein besseres Kaltstartverhalten der Motoren erforderlich. Langkettige Moleküle sind hingegen energiereicher und sorgen für einen niedrigeren Kraftstoffverbrauch.

Benzine können sich in ihrer Zusammensetzung dieser Kohlenwasserstoffe und somit in ihrer Siedetemperatur sehr unterscheiden. Daher lassen sich über den Siedeverlauf

eines Benzins Rückschlüsse über die Zusammensetzung und das Verhalten eines Kraftstoffes im Motor schließen. Dabei werden die Benzinfraktionen in verschiedene Untergruppen, sogenannte Spezialbenzine, unterteilt. So siedet z. B. Petrolbenzin zwischen 40 und 70 °C und Normalbenzin zwischen 65 und 90 °C.

Um den Siedepunkt einer Flüssigkeit zu bestimmen, wird diese in einer Destillationsapparatur erhitzt. Dabei verdampft die Flüssigkeit zunächst an der Oberfläche und geht von der flüssigen in die Gasphase über. Wenn nach einiger Zeit der Dampfdruck der Flüssigkeit mit dem Außendruck übereinstimmt, kann die gesamte Flüssigkeit verdampfen. Die Flüssigkeit beginnt zu sieden. Tritt dieser Fall ein, ist die Siedetemperatur der Flüssigkeit erreicht. Gemessen wird diese im aufsteigenden Dampf. Dies ist wichtig, da der heiße Dampf




Abb. 1: Versuchsapparatur zur Siedepunktbestimmung von Benzin.

an diesem Punkt gerade so warm ist, dass er nicht kondensiert. Er befindet sich im Gleichgewicht mit der siedenden Flüssigkeit. In der Destillationsapparatur wird dieser Dampf durch den Kühler wieder in die flüssige Phase überführt und kann abgeleitet werden.

In diesem Versuch ist die zu untersuchende Flüssigkeit Benzin. Anhand der aufgenommenen Siedekurve können Rückschlüsse über dessen Zusammensetzung gezogen werden. Dafür wird die Siedetemperatur in Abhängigkeit vom abdestillierten Volumen gemessen. Da das Volumen der Probenmenge 100 ml beträgt, können die aufgefangenen Destillatmengen unmittelbar in Vol-% abgelesen und für die Charakterisierung von Benzinen wichtige Siedepunkte bestimmt werden.

## Gefährdungsbeurteilung

Benzin ist leicht entzündlich. Daher alle Flammen löschen. Da Siedeverzug möglich ist, unbedingt Siedesteinchen verwenden. Versuch unter dem Abzug durchführen und Dämpfe nicht einatmen.

Benzin	
	<p><b>Gefahrenhinweise</b></p> <p>H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.</p> <p>H304 Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein.</p> <p>H315 Verursacht Hautreizungen.</p> <p>H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.</p> <p>H411 Giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.</p> <p>H361f Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen.</p> <p>H373 Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition</p> <p>H302 Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.</p> <p>H410 Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.</p> <p><b>Sicherheitshinweise</b></p> <p>P101 Ist ärztlicher Rat erforderlich, Verpackung oder Kennzeichnungsetikett bereithalten.</p> <p>P102 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.</p> <p>P103 Vor Gebrauch Kennzeichnungsetikett lesen.</p> <p>P210 Von Hitze fernhalten. Nicht rauchen.</p> <p>P260 Dampf/Aerosol nicht einatmen.</p> <p>P262 Nicht in die Augen, auf die Haut oder auf die Kleidung gelangen lassen.</p> <p>P243 Maßnahmen gegen elektrostatische Aufladungen treffen.</p> <p>P301+P330+P331 BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.</p>
<p><b>Signalwort:</b> Gefahr</p>	

	P403+P233 Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren
--	---

## Geräte und Chemikalien

1	Pocket-CASSY 2 Bluetooth.....	524 018
1	CASSY Lab 2 .....	524 220
1	NiCr-Ni-Adapter S, Typ K.....	524 0673
1	Temperaturfühler NiCr-Ni, 1,5 mm, Typ K...529 676	
1	Destillierbrücke nach Claisen 250 mm .....	665 338
1	Rundkolben Boro 3.3, 250 ml, NS 19/26 .....	664 301
1	Untersettring für Rundkolben, 250 ml.....	667 072
1	Schliffklemme Kunststoff, NS 19/26 .....	665 391ET10
2	PVC-Schlauch 7 mm Ø, 1 m .....	604 501
2	Schlauchschele 8...12 mm .....	604 460
1	Messzylinder 100 ml, Kunststofffuß.....	665 754
1	Schutzrohre für Temperaturfühler, Satz 5 ...	666 194
1	Heizhaube 250 ml, regelbar .....	666 6523
1	Laborboy II (Laborhebestativ) .....	300 76
2	Magnet-Hafttafel, 500 mm.....	666 4659
2	Halter, magnetisch, Gr. 2, 11...14 mm.....	666 4662
2	Halter, magnetisch, Gr. 3, 18...22 mm.....	666 4663
1	Profilrahmen C50, zweizeilig, für CPS.....	666 425
1	Siedesteine, 100 g.....	661 091
1	Benzin, 90...110 °C, 250 ml.....	670 8200
1	Benzin, 100...140 °C, 500 ml.....	670 8210
1	Schliff-Fett, 60 g .....	661 082
Zusätzlich erforderlich:		
1	PC mit Windows XP/Vista/7/8	
Für eine kabellose Messung zusätzlich nötig:		
1	Akku für Pocket-CASSY 2 Bluetooth.....	524 019
1	Bluetooth-Dongle.....	524 0031

## Versuchsaufbau und –vorbereitung

### Aufbau der Apparatur

Aus der Destillierbrücke nach Claisen, einem 250-ml-Kolben, einem 100-ml-Messzylinder, dem Temperaturfühler mit Schutzrohr, einem Laborboy und einer Heizhaube wird auf den Magnet-Hafttafeln eine Apparatur zur Destillation aufgebaut (siehe Abb. 1). Dabei darauf achten, dass alle Glasverbindungen ausreichend mit Schliff-Fett gefettet werden. Zusätzlich die Glasverbindungen mit einer Schliffklemme sichern. Die Destillierbrücke mit Schläuchen und Schlauchklemmen an einen Wasserhahn unter Gegenstrom anschließen. Der Temperaturfühler darf keinen Kontakt zur Innenwand der Destillationsapparatur haben und wird über den Temperaturadapter S und das Pocket-CASSY mit einem Computer verbunden. Den Messzylinder so installieren, dass das Destillat an der Innenwand herabläuft, da dies das Ablesen der Volumina erleichtert.

### Versuchsdurchführung


1. [Einstellungen in CASSY Lab 2 laden.](#)
2. Den Kolben abnehmen, auf dem Untersettring platzieren und mit Hilfe des Messzylinders mit 100 ml Benzin (z. B. 90 – 110 °C) und 3 – 4 Siedesteinchen befüllen. Anschließend die Heizhaube durch Hochkurbeln des Laborboys unter dem gefüllten Kolben platzieren.

*Hinweis: Auch Benzin von der Tankstelle kann verwendet werden.*

3. Den Wasserhahn leicht aufdrehen um die Destillation zu kühlen.

4. Die Heizhaube auf „Maximum“ einschalten und das Benzin aufheizen. Es sollte gleichmäßig sieden. Im Gefahrfall kann

die Heizquelle mit Hilfe des Laborboys schnell entfernt werden.

5. Als Siedebeginn diejenige Temperatur durch Drücken auf den Knopf des Pocket CASSY bzw. in der Software  aufnehmen, bei der der erste Tropfen Destillat in den Messzylinder fällt. Die Geschwindigkeit der Destillation ggf. durch Verringern der Temperatur („Minimum“ oder Herabsenken des Laborboys) auf einen Durchsatz von max. 3 Tropfen/ Sekunde einstellen.

6. Anschließend jeweils die Siedetemperatur festhalten, sobald weitere 5 ml Destillat sich im Messzylinder angesammelt haben, d.h. übergegangen sind.

7. Sobald 95 ml Destillat aufgefangen sind, das Erhitzen beenden, indem die Heizhaube ausgeschaltet und abgesenkt wird. Die Messung ist nun abgeschlossen und kann mit einem weiteren Benzin wiederholt werden.

### Beobachtung

Bei der Destillation geht durch das Erhitzen des Benzins die Flüssigkeit von der flüssigen Phase in die Gasphase über. Trifft der heiße Dampf auf das kalte Glas des Kolbens, kondensiert er und es bilden sich kleine Flüssigkeitströpfchen. Je länger die Flüssigkeit erhitzt wird, desto mehr Dampf bildet sich und kondensiert am Kolbenglas. Die Flüssigkeitströpfchen werden größer und fließen zurück in das Benzin. Mit der Zeit steigt der heiße Dampf immer höher, da das Glas des Kolbens und der Dampf wärmer werden.

Nach einiger Zeit kondensiert der Dampf am Schutzglas und erhitzt den Temperaturfühler. Diese Temperaturerhöhung wird aufgenommen. Sie entspricht der Siedetemperatur des Benzins. Der Dampf strömt nun in die Destillierbrücke nach Claisen und wird dort durch das Kühlwasser kondensiert, geht also in die flüssige Phase über, und fließt in den Messzylinder.

### Auswertung

Die Auswertung erfolgt in CASSY Lab 2. Dafür ist ein Diagramm vorbereitet. Im Diagramm „Siedetemperatur“ wird zunächst der Temperaturverlauf der Destillation betrachtet (Abb.2). Die Siedetemperatur des Benzins steigt stetig an.

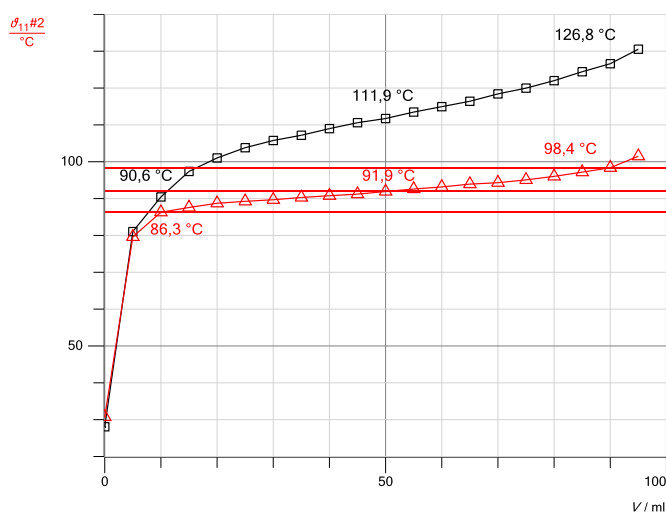


Abb. 2: Siedekurven verschiedener Benzine. Rot: Benzin 90 - 110 °C, schwarz: Benzin 100 - 140 °C.

Da das Volumen der Probenmenge 100 ml beträgt, können die aufgefangenen Destillatmengen unmittelbar in Vol-% abgelesen werden. Durch das Setzen waagerechter Markierungen durch die 10-Vol-%, 50-Vol-% und 90-Vol-%-

Messwerte (im Diagramm mit der rechten Maustaste das Kontextmenü öffnen,  $\oplus$  → Markierung setzen,  $\ominus$  → waagerechte Linie) bzw. durch direktes Ablesen aus der Tabelle können die zugehörigen Siedetemperaturen bestimmt werden (Tab.1).

Tab. 1: Temperaturen wichtiger Siedepunkte von Benzin.

Benzin	Siedetemperatur (°C)		
	10-Vol-%	50-Vol-%	90-Vol-%
90 – 110 °C	86,3	91,9	98,4
100 – 140 °C	90,6	111,9	126,8

### Ergebnis

Je niedriger die Siedetemperatur des 10-Vol-%-Punktes liegt, also jener Punkt an dem 10 % des Benzins verdampft sind, umso mehr flüchtige Bestandteile enthält das Benzin. Zu große Anteile können bei Wärme zur Dampfblasenbildung in den Kraftstoffleitungen, bei Kälte zur Eisbildung im Vergaser führen. Eine hochliegende Siedetemperatur des 50-Vol-%-Punktes bedeutet, dass das Benzin einen großen Anteil an schwerflüchtigen Komponenten besitzt. Diese können u. a. zu unvollständiger Verbrennung im Zylinder des Otto-Motors und somit zu schlechter Dauerleistung führen. Der Mittelwert der Siedetemperatur aus 50-Vol-%-Punkt und 90-Vol-%-Punkt gibt die sogenannte „Siedekennziffer“ des Benzins an (Tab.2).

Tab. 2: Siedekennziffern unterschiedlicher Benzine.

Benzin	Siedekennziffer (°C)
90 – 110 °C	$(91,9 \text{ °C} + 98,4 \text{ °C})/2 = 95,2 \text{ °C}$
100 – 140 °C	$(111,9 \text{ °C} + 126,8 \text{ °C})/2 = 119,4 \text{ °C}$

Der an Kfz-Tankstellen erhältliche Winterkraftstoff ist aufgrund seiner niedrigeren Siedeverlaufkurve im Vergleich zu Sommerkraftstoff mit einer geringeren Siedekennziffer gekennzeichnet.

Da die 10-Vol-%-Siedetemperatur des Benzins 90 – 110 °C im Vergleich zum Benzin 100 – 140 °C niedriger liegt, deutet dies auf mehr flüchtige Bestandteile, also mehr kurzketten Kohlenwasserstoff-Moleküle, hin. Das Benzin 100 – 140 °C beinhaltet hingegen einen größeren Anteil hochsiedender Moleküle, was auch durch die höhere 50-Vol-%-Siedetemperatur beobachtet werden kann. Das Benzin 90 – 110 °C ist durch die Siedekennziffer 96,7 °C und das Benzin 100 – 140 °C durch die Siedekennziffer 121,3 °C charakterisiert.

Analog können weitere Benzine untersucht und diese anhand ihrer Siedekurven verglichen werden.

### Reinigung und Entsorgung

Die aufgefangenen Destillate und Reste in entsprechend gekennzeichneten und mit Warnhinweisen versehenen Braunglasflaschen mit entlüftendem Stopfen in einem Schrank mit Absauganlage sammeln, falls weitere Versuche durchgeführt werden sollen. Alternativ im Behälter für organische, halogenfreie, mit Wasser nicht mischbare Flüssigkeiten entsorgen.