

Temperaturverhalten organischer Verbindungen



Die Schülerinnen und Schüler untersuchen in diesem Versuch das Temperaturverhalten von molekularen Stoffen (in diesem Versuch speziell organische Verbindungen). Dabei stellen sie fest, dass die Siedetemperatur bzw. Zersetzungstemperatur im Vergleich zu den meisten Metallen und Salzen niedrig ist. Diese niedrige Siede- bzw. Zersetzungstemperatur ist dabei charakteristisch für molekulare Stoffe.

Chemie

Organische Chemie

Grundlagen der Organik



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

PHYWE
excellence in science

Allgemeine Informationen

Anwendung

PHYWE
excellence in science

Versuchsaufbau

In diesem Versuch beobachten Schüler, dass es unter geeigneten Versuchsbedingungen bei (geeigneten) Verbindungen möglich ist, dass diese (teilweise) schmilzt, bevor sie sublimieren. Bei langsamen Erwärmen sublimiert Campher ohne zu Schmelzen und schlägt sich an den oberen kälteren Teilen des Reagenzglases wieder als Feststoff nieder. Durch sehr schnelles Aufheizen kann man die Substanz auch vor dem vollständigen Sublimieren schmelzen, wenn man die Energie schneller zuführt, als sie durch den Stofftransport durch das Sublimieren abgeführt werden kann. Dann wird der Sättigungsdampfdruck über dem Festkörper erreicht und die flüssige Phase kann existieren.

Sonstige Informationen (1/2)

PHYWE
excellence in science

Vorwissen



Die Schüler sollten bereits mit den Eigenschaften organischer Verbindungen vertraut sein.

Prinzip



Das Temperaturverhalten von chemischen Verbindungen ist ein wesentliches Merkmal, um Stoffe zu charakterisieren bzw. Stoffe in einzelne Gruppen einzuteilen. Grob kann man chemische Verbindungen in Salze, Metalle/Legierungen und molekulare Stoffe einteilen, wobei sich die drei Gruppen in ihrem Temperaturverhalten in der Regel stark unterscheiden. Daher lassen sich einzelne Stoffe in der Regel den unterschiedlichen Gruppen zuordnen.

Sonstige Informationen (2/2)

PHYWE
excellence in science

Lernziel



Die Schüler untersuchen in diesem Versuch das Temperaturverhalten von molekularen Stoffen (in diesem Versuch speziell organische Verbindungen). Dabei stellen sie fest, dass die Siedetemperatur bzw. Zersetzungstemperatur im Vergleich zu den meisten Metallen und Salzen niedrig ist. Diese niedrige Siede- bzw. Zersetzungstemperatur ist dabei charakteristisch für molekulare Stoffe.

Aufgaben



Die Schüler vergleichen die Siedetemperatur einer typischen, organischen Verbindung (z.B. Cyclohexan) mit typischen Metallen (z.B. Eisen, Sdp. 2.862°C / Kupfer Sdp. 2.652°C) und typischen Salzen (z.B. Natriumchlorid, Sdp. 1.413°C). Außerdem erhitzen sie Campher in einem Reagenzglas und betrachten, ob es einen Unterschied gibt, wenn Campher schnell oder langsam erhitzt wird. Weiterhin erhitzen sie in einem Reagenzglas Glucose und beobachten das, was geschieht, wenn Glucose nachdem sie geschmolzen ist, weiter erhitzt wird.

Sicherheitshinweise

PHYWE
excellence in science

- Während des Versuches müssen alle im Raum befindlichen Personen eine Schutzbrille tragen!
- Beachten Sie für die H- und P-Sätze bitte die zugehörigen Sicherheitsdatenblätter.
- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie

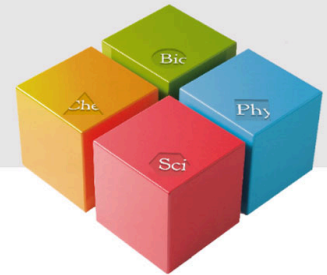
PHYWE
excellence in science

Organische Verbindungen enthalten immer das Element Kohlenstoff, wobei sich die Kohlenstoffatome mit weiteren Kohlenstoffatomen oder Atomen anderer Elemente durch kovalente Bindungen verbinden. Durch diese Atombindungen mit anderen Elementen wie Wasserstoff, Sauerstoff oder Halogene entstehen Moleküle. Daher sind die C-C- oder C-H-Bindungen bei normaler (Raum-) Temperatur beständig. Dennoch ist für viele organischen Verbindungen eine geringe Wärmebeständigkeit charakteristisch. Diese Verbindungen verbrennen oder verkohlen bereits beim Erwärmen auf wenige hundert Grad Celsius. Diese im Vergleich zu vielen Salzen und Metallen geringe thermische Stabilität ist auf den geringen polaren Charakter der C-C bzw. der C-H Bindungen zurückzuführen.

Obwohl neben Kohlenstoff nur wenige weitere Elemente wie Wasserstoff oder Sauerstoff der über hundert Elemente des Periodensystems an der Bildung organischer Verbindungen beteiligt sind, existieren mehrere Millionen verschiedene organische Verbindungen. Diese Besonderheit (im Vergleich zu anorganischen Verbindungen) liegt daran, dass sich die Kohlenstoffatome in organischen Verbindungen praktisch unbegrenzt zu Ketten, Ringen oder dreidimensionalen Gerüsten verbinden können. Darüber hinaus können Kohlenstoffatome untereinander Doppel- und Dreifachbindungen ausbilden.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Bunsenstativ, 210 x 130 mm, h = 750 mm	37694-00	1
2	Doppelmuffe, Kreuzklemme	37697-00	2
3	Stativklemme, Spannweite 80 mm mit Stellschraube	37715-01	2
4	Stativring, mit Muffe, d= 100 mm	37701-01	1
5	Drahtnetz mit Keramik, 160 x 160 mm	33287-01	1
6	Reagenzglas, Duran®, d = 16 mm, l = 160 mm, 10 Stück	36301-03	1
7	Reagenzglasgestell, 12 Bohrungen, d = 22 mm, Holz, 6 Abtropfstäbe	37686-10	1
8	Becherglas, Boro, niedrige Form, 400 ml	46055-00	1
9	Abdampfschale, 75 ml, Oben-d = 80 mm	32516-00	1
10	Laborthermometer, -10...+110°C, l=320mm, Tauchschaft 160mm	38060-00	1
11	Löffelspatel, Stahl, l = 150 mm	33398-00	1
12	Teclubrenner mit Nadelventil, für Erdgas, DIN-Ausführung	32171-05	1
13	Sicherheits-Gasschlauch, DVGW , lfd. Meter	39281-10	1
14	Anzünder für Erd- und Flüssiggas	38874-00	1
15	Schlauchschelle für d = 12-20 mm, 1 Stück	40995-00	2
16	Siedesteinchen, 200 g	36937-20	1
17	Holzspäne, 100 Stück	39126-10	1
18	Cyclohexan, 1000 ml	31223-70	1
19	D(+)-Glucose 250 g	30237-25	1
20	Kampfer, (+/-)-Campher, 100 g	31513-10	1



Aufbau und Durchführung

Aufbau und Durchführung (1/3)

Versuchsteil 1: Verhalten von Cyclohexan bei Temperaturänderung (1/2)

Gemäß der Abbildung rechts wird ein Bunsenstativ aufgebaut, an dem ein Drahtnetz gehalten wird. Das Drahtnetz sollte so angebracht werden, dass der Teclonbrenner das Drahtnetz von unten gut erwärmen kann. Auf dieses Drahtnetz wird ein Becherglas gestellt, das ca. zu 2/3 mit normalem Leitungswasser gefüllt ist.

Nun wird ein Reagenzglas ca. 2 cm hoch mit Cyclohexan und zwei Seidesteinchen befüllt und mit Hilfe einer Klemme am Stativ gehalten, so dass das Reagenzglas in das Becherglas mit dem Wasser eintaucht. Ein Thermometer, das in das Cyclohexan im Reagenzglas eintaucht, wird gemäß Abbildung 1 am Stativ befestigt.



Das Drahtnetz sollte so angebracht werden, dass der Teclonbrenner das Drahtnetz von unten gut erwärmen kann.

Aufbau und Durchführung (2/3)

PHYWE
excellence in science

Versuchsteil 1: Verhalten von Cyclohexan bei Temperaturänderung (2/2)

Nachdem der Aufbau abgeschlossen ist, wird das Wasserbad mit Hilfe des Gasbrenners so lange erhitzt, bis das Cyclohexan im Reagenzglas zu Sieden beginnt. Sobald das Cyclohexan zu Sieden beginnt, wird die Siedetemperatur am Thermometer abgelesen.

In einem weiteren Versuchsteil wird das Cyclohexan (nachdem es abgekühlt ist) aus dem Reagenzglas in eine Abdampfschale gegossen. Nun wird ein Holzspan am Gasbrenner entzündet und mit Hilfe des brennenden Holzspans das Cyclohexan entzündet. Dabei wird beobachtet, wie die Verbrennung abläuft.



Die Siedetemperatur wird am Thermometer abgelesen.

Aufbau und Durchführung (3/3)

PHYWE
excellence in science



Versuchsaufbau

Aufgabe 2 (2/2)

Versuchsteil 2: Verhalten von Campher und Glucose bei Temperaturänderung

Gemäß der Abbildung links wird ein Bunsenstativ aufgebaut und die Klemme so ausgerichtet, dass ein Reagenzglas schräg gehalten werden kann. Die Klemme bzw. das Reagenzglas sollte so positioniert werden, dass der Gasbrenner das Reagenzglas gut erhitzen kann. Nun wird ein Reagenzglas mit einem Löffel Campher beschickt, ein weiteres Reagenzglas wird mit einem Löffel Glucose beschickt und beide Reagenzgläser in ein Reagenzglasgestell gestellt.

Nun werden die beiden Reagenzgläser nacheinander aus dem Reagenzglasgestell entnommen, am Bunsenstativ schräg gehalten und mit dem Gasbrenner erhitzt. Dabei wird das Verhalten der beiden Stoffe bei Temperaturerhöhung untersucht.



Auswertung

Auswertung (1/8)

Beobachtung 1: Temperaturverhalten bei Cyclohexan

- Beim Erwärmen des Cyclohexans im Wasserbad wird beobachtet, dass das Cyclohexan bei etwa 80°C siedet.
- Beim Verbrennen des Cyclohexans in der Abdampfschale lässt sich beobachten, dass das Cyclohexan mit leuchtender Flamme brennt.

Beobachtung 2: Temperaturverhalten bei Campher und Glucose

- Beim Erwärmen von Campher im Reagenzglas (über dem Gasbrenner) lässt sich beobachten, dass Campher beim Erhitzen schmilzt und anschließend sublimiert. Bei genauer Betrachtung des Vorganges lässt sich erkennen, dass bei langsamen Erwärmen Campher ohne zu Schmelzen sublimiert und sich an den oberen kälteren Teilen des Reagenzglases wieder als Feststoff niederschlägt. Durch sehr schnelles Aufheizen kann man Campher auch vor dem vollständigen Sublimieren schmelzen.
- Beim Erwärmen von Glucose lässt sich hingegen beobachten, dass Glucose beim Erhitzen schmilzt und bei weiterem Erwärmen langsam verkohlt.

Auswertung (2/8)

Auswertung 1: Temperaturverhalten von Cyclohexan (1/2)

Siedetemperatur von Cyclohexan

Im Gegensatz zu (stark) ionischen Bindungen von anorganischen Salzen enthalten organische Verbindungen i. d. R. kovalente Bindungen, die wesentlich "schwächer" als ionische Bindungen sind. Die starke Ladungstrennung in anorganischen Salzen führt durch die elektrostatischen Kräfte zum Aufbau eines Kristallgitters, in dem keine einzelnen Moleküle erkennbar sind.

Im Gegensatz dazu führen kovalente Bindungen ohne starke Ladungstrennung zu (diskreten) Molekülen, die nur durch schwache zwischenmolekulare Kräfte miteinander verbunden sind. Schon bei niedrigen Temperaturen können die Moleküle sich gegeneinander verschieben - die Substanz schmilzt.

Bei weiterer Temperaturerhöhung werden die zwischenmolekulare Kräfte ganz überwunden und die Substanz beginnt zu Sieden und geht in den gasförmigen Zustand über, in dem die einzelnen Moleküle durch keine Wechselwirkung miteinander verbunden sind. Daher hat Cyclohexan auch eine niedrige Siedetemperatur von etwa 80°C.

Auswertung (3/8)

Auswertung 1: Temperaturverhalten von Cyclohexan (2/2)

Verbrennung von Cyclohexan

Organische Verbindungen sind endotherme, metastabile Verbindungen. Das heißt, sie können mit dem Sauerstoff der Luft unter Energieabgabe zu stabilen Endprodukten wie Kohlenstoffdioxid und Wasser oxidiert werden (wie bei der Verbrennung von Cyclohexan). Unter Normalbedingungen ist diese (Verbrennungs-)Reaktion gehemmt, es bedarf erst einer Aktivierung, um die Reaktion ablaufen zu lassen. In dem Versuchsbeispiel etwa durch das Zünden mit dem brennenden Holzspan.

Auswertung (4/8)

Auswertung 2: Temperaturverhalten von Campher und Glucose (1/2)

Sublimation bei Campher

Wie am Beispiel Cyclohexan erläutert, führt eine bereits "niedrige" Temperatur zum Verschieben einzelner Moleküle, wodurch die Substanz schmilzt. Der Aggregatzustand ist dabei abhängig von der Energie der einzelnen Moleküle. Da diese Energie immer statistisch verteilt ist, besitzen auch im festen Zustand einige Moleküle die Energie, die notwendig ist, um in den gasförmigen Zustand übergehen. Das bedeutet, dass über jedem Festkörper einer organischen Substanz auch ein gewisser Dampfdruck vorhanden ist. Wird durch Temperaturerhöhung der Dampfdruck des Feststoffes so groß, dass er den Luftdruck erreicht, geht die Substanz ohne zu Schmelzen in den gasförmigen Zustand über. Die Substanz (wie bei Campher) sublimiert. Bei langsamen Erwärmen sublimiert Campher ohne zu Schmelzen und schlägt sich an den oberen kälteren Teilen des Reagenzglases wieder als Feststoff nieder. Durch sehr schnelles Aufheizen kann man die Substanz auch vor dem vollständigen Sublimieren schmelzen, wenn man die Energie schneller zuführt, als sie durch den Stofftransport durch das Sublimieren abgeführt werden kann. Dann wird der Sättigungsdampfdruck über dem Festkörper erreicht und die flüssige Phase kann existieren.

Auswertung (5/8)

Auswertung 2: Temperaturverhalten von Campher und Glucose (2/2)

Verkohlung von Glucose

Wie bereits für Cyclohexan erläutert, führen kovalente Bindungen ohne starke Ladungstrennung zu (diskreten) Molekülen, die nur durch schwache zwischenmolekulare Kräfte miteinander verbunden sind. Schon bei niedrigen Temperaturen können die Moleküle sich gegeneinander verschieben - die Substanz schmilzt.

Durch den Einbau von Heteroatomen (in die Molekülstruktur) wie beispielsweise Sauerstoff werden organische Verbindungen polarisiert (Bildung von Partialladungen). Dadurch entwickeln sich aufgrund dieser Polarisierung Kohäsionskräfte zwischen den Molekülen, die größer sein können, als die Energie der kovalenten Bindung innerhalb eines Moleküls. Dies kann dazu führen, dass beim Erhitzen von Glucose schon vor der Verdampfung bereits die Zersetzung des Moleküls eintritt.

Auswertung (6/8)

PHYWE
excellence in science

Ziehe die Wörter in die richtigen Felder! Der Text bezieht sich auf Versuch 1.

Im Gegensatz zu (stark) ionischen Bindungen von anorganischen Salzen enthalten organische Verbindungen i. d. R. kovalente Bindungen, die wesentlich "schwächer" als [] Bindungen sind. Die starke Ladungstrennung in [] Salzen führt durch die elektrostatischen Kräfte zum Aufbau eines Kristallgitters, in dem keine einzelnen Moleküle erkennbar sind. Im Gegensatz dazu führen kovalente Bindungen ohne starke Ladungstrennung zu (diskreten) [], die nur durch schwache zwischenmolekulare Kräfte miteinander verbunden sind.

Molekülen

ionische

anorganischen

 Überprüfen

Auswertung (7/8)

PHYWE
excellence in science

Was wird beim Erwärmen des Cyclohexans im Wasserbad beobachtet?

- Beim Erwärmen des Cyclohexans im Wasserbad wird beobachtet, dass das Cyclohexan bei etwa 80°C fest wird.
- Beim Erwärmen des Cyclohexans im Wasserbad wird beobachtet, dass das Cyclohexan bei etwa 80°C siedet.
- Beim Erwärmen des Cyclohexans im Wasserbad wird beobachtet, dass das Cyclohexan bei etwa 140°C siedet.

 Überprüfen

Auswertung (8/8)

Was lässt sich beim erwärmen von Glucose beobachten?

- Beim Erwärmen von Glucose lässt sich beobachten, dass Glucose beim Erhitzen schmilzt und bei weiterem Erwärmen langsam wieder fest wird.
- Beim Erwärmen von Glucose lässt sich beobachten, dass Glucose beim Erhitzen schmilzt und bei weiterem Erwärmen langsam verkohlt.
- Keine der Antworten ist korrekt.
- Beim Erwärmen von Glucose lässt sich beobachten, dass Glucose bei etwa 80°C siedet.

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 18: anorganische und organische Salze	0/3
Folie 19: Cyclohexan	0/1
Folie 20: Glucose	0/1

Gesamtsumme  0/5

👁️ Lösungen

🔄 Wiederholen