Das Molekülbausystem

Karten zu grundlegenden Strukturen von R.S. Lowrie, Studiendirektor, Oxford School

Einführung
Das Molekülbausystem ermöglicht es Ihnen, Molekül- und Kristallstrukturen zu bauen, und so Aufgaben zu Struktur und Stereochemie zu lösen. Die Atome bestehen aus Kunststoffkernen, die über Sprossen im jeweils richtigen Bindungswinkel verfügen. Die Kerne haben unterschiedliche Farben, je nach Element, und die Bindungswinkel sind wo nötig aufgestempelt. Atombindungen werden aus Kunststoffhalmen hergestellt, die auf die erforderliche Länge zugeschnitten werden. Kovalente Bindungen werden gewöhnlich mit grünen Halmen dargestellt; weiße Halme können für andere Dinge verwendet werden, zum Beispiel für Wasserstoffbindungen. Mehrfachbindungen können mit biegsamen Halmen dargestellt werden.

Die Modelle auf diesen Karten können recht gut mit den Bindungen darstellenden Halmen in nur drei Längen dargestellt werden. Wobei kurz, mittellang und lang heißt: 2 cm, 3,5 cm bzw. 5 cm lang. Die wenigen Ausnahmen von dieser Regel sind alle im Text hervorgehoben.

Um mit größerer Genauigkeit zu bauen, müssen die Schüler einen geeigneten Maßstab wählen, zum Beispiel 3 cm = 100 pm (1 pm = 10-12 m), und dann ihre eigenen Bindungslängen berechnen, indem sie die Bindungsradien der Atome (siehe Tabelle 1) addieren, die die Verbindung eingehen, und diese in cm umwandeln. Die zuzuschneidende Halmlänge ist dann 1 cm kürzer, um die Radien der Atomkerne zu berücksichtigen.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Beispiel :
Berechnung der „H-N“ – Bindungslänge

Maßstab	3 cm = 100 pm	
Bindungsradien	H	30 pm
	N	70 pm
	100 pm	

Bindungslänge 3 cm
Halmlänge (3 - 1) cm = 2 cm

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Tabelle I

Element		*Farbe des Atomkerns*	*van-der-Waals-Radien (pm)*	*Bindungsradien Einfach-bindungen (pm)*	*Doppel-bindungen (pm)*	*Dreifach-bindungen (pm)*
Wasserstoff	H	weiß	100	30	-	-
Kohlenstoff	C	schwarz	170	77	67	62
Stickstoff	N	blau	160	70	62	55
Sauerstoff	O	rot	140	67	55	-
Schwefel	S	gelb	185	100	95	-
Metalle	M	silber	versch.	versch.	-	-
Halogene	Hal	grün	versch.	versch.	-	-

Tabelle II **Kennbuchstaben für die Formen der Atomkerne sind im Bausatz zu finden**

Atomtyp	*Kennbuchstabe*	*Anzahl der Halme*	*Form des Atommodell und Bindungswinkel*
Einwertig	a	1	
Zweiwertig	b	2	
	c	2	
	d	2	
Dreiwertig	j	3	
Tetraederförmig	k	4	
Oktaederförmig	l	6	
mit 12 Koordinaten	q	12	

Der Atomkern mit 12 Koordinaten ist aus drei Teilen zusammengesetzt. Zwei sehen so aus; sie haben drei Sprossen und werden q?-Bausteine genannt. Der andere Teil sieht so aus; er hat sechs Sprossen und wird q^6-Bausteine genannt.

Die Elementfarbe und die Form der auf den Karten verwendeten Atomkerne wird durch ein Symbol und einen hochgestellten Buchstaben angegeben, z.B. steht C^k für einen tetraederförmigen Kohlenstoffatomkern (schwarz).

Grundlegende Strukturen 26

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Schwefel

Sie brauchen:

8 gelbe Schwefelbausteine, S^c **8 grüne Halme, 3,5 cm**

Schwefelkristalle

Sie haben zwei Schwefel-Kristallformen kennengelernt, die als a-Schwefel (orthorhombisch) und b-Schwefel (monoklin) bezeichnet werden. Kristalle werden gebildet, wenn Atome oder Moleküle sich *gleichförmig* zusammenschließen. In Schwefelkristallen werden gleichförmige Moleküle gebildet, die jeweils acht Atome enthalten.

F1 Schreiben Sie die chemische Formel eines Schwefelmoleküls auf.

Verbinden Sie Ihre acht Schwefelatome mit den grünen Halmen zu einem Ring, wie in Abbildung 1. Wenn Kristalle gebildet werden, hat der Ring eine regelmäßige Form, wie eine Krone. Das Kristall enthält mehrere gleichförmige Reihen dieser kronenförmigen Moleküle.

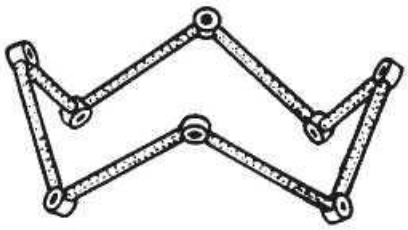


Abbildung 1 Schwefelmolekül

Geschmolzener Schwefel

Am Anfang, als Sie Schwefel nur gerade über seinen Schmelzpunkt erhitzten, wurde er orange-gelb und dünnflüssig. Hierbei trennen sich die Schwefelringe voneinander und verziehen sich, brechen aber nicht auseinander. Versuchen Sie, Ihren Ring zu verformen, ohne Bindungen zu brechen, das heißt, ohne Halme auszustecken.

Als Sie den Schwefel weiter erhitzten, wurde er dickflüssiger und dunkler. Zu diesem Zeitpunkt fangen einige Bindungen an zu brechen, und es bilden sich kurze, verhedderte Ketten. Lösen Sie einen der Halme in Ihrem Modell und betrachten Sie die entstehende Zickzack-Kette.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

F2 Warum wird die Flüssigkeit durch diese Veränderung dickflüssiger?

Eine weitere Erhitzung führt dazu, daß noch mehr Bindungen brechen, so daß sich kürzere Ketten bilden.

F3 Welche Veränderungen haben Sie in der Flüssigkeit beobachtet, als Sie zum Kochen gebracht wurde? Wie sind diese Veränderungen durch die Veränderung der Molekülstrukturen zu erklären?

Plastischer Schwefel

Wenn kochender Schwefel plötzlich abgekühlt wird, verbinden sich die gebrochenen Bindungen wieder, haben aber nicht genügend Zeit, um geordnete Ringe zu bilden. Stattdessen entstehen sehr lange, verhedderte Ketten aus Schwefelatomen.

Um ein Modell von plastischem Schwefel zu bauen, verbinden Sie Ihre Atome wieder zu einer Zickzack-Kette, dann verbinden Sie Ihre Kette mit der einiger MitschülerInnen.

F4 Was geschieht mit den Ketten, wenn ein Stück plastischer Schwefel gedehnt wird?

Wenn Sie ein Stück plastischen Schwefel etwa einen Tag lang aufbewahren, wird er hart und dehnt sich nicht mehr.

F5 Beschreiben Sie, was mit den Schwefelatomen geschieht, wenn plastischer Schwefel aushärtet.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Diamant und Graphit

Sie brauchen:

für Diamant
30 Kohlenstoffbausteine, C^k
40 grüne Halme, 3,5 cm

für Graphit
23 Kohlenstoffbausteine, C^j
26 grüne Halme, 3,5 cm
5 weiße Halme, 5,0 cm

Diamant und Graphit sind Formen des Elements Kohlenstoff. Sie haben dieselben Atome, aber die Atome sind in der jeweiligen Form in einer anderen Struktur angeordnet. Um ein Modell eines Teils eines Diamantkristalls zu bauen, brauchen Sie die Kerne mit vier Sprossen; für Graphit brauchen Sie die Kerne mit drei Sprossen. Beide werden als Riesen- oder Makromoleküle bezeichnet.

Diamant

Stecken Sie mit 3,5 cm langen grünen Halmen einen Ring aus sechs viersprossigen Kohlenstoffkernen zusammen. Sie müssen so angeordnet sein, , daß sie einen 'gewellten' Ring bilden, wobei jedes zweite Atom - wie in Abbildung 1 - höher ist als die benachbarten Atome. Bauen Sie jetzt weitere Atomringe, die genauso gewellt sind, und bringen Sie an den nach oben zeigenden Sprossen der oberen Atome Halme an, wie in Abbildung 2. Bauen Sie ein weiteres Sechseck, wie in Abbildung 3, und bringen Sie dies an den nach oben zeigenden Halmen aus Abbildung 2 an. Bauen Sie als nächstes Abbildung 4, dann verbinden Sie die Schichten miteinander, so daß Sie Abbildung 5 erhalten. Sie haben ein kleines Stückchen eines Diamantkristalls gebaut - sehen Sie, wie die Randatome immer noch Sprossen übrig haben, die in Wirklichkeit mit weiteren Kohlenstoffatomen verbunden wären, und so weiter bis zur Kristallkante.

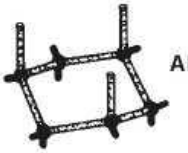


Abbildung 1

Abbildung 4

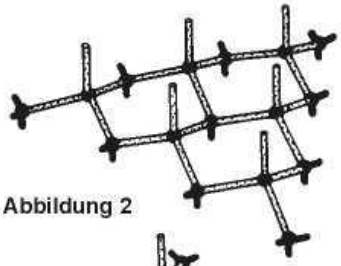


Abbildung 2

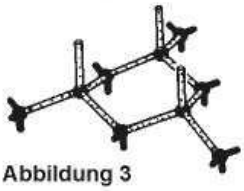


Abbildung 3

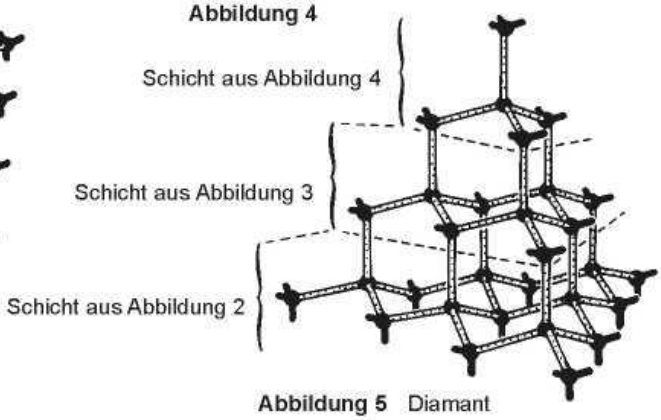


Abbildung 5 Diamant

F1 *Was für eine Gesamtform hat dieses Modell?*

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Graphit

Stecken Sie mit 3,5 cm langen grünen Halmen einen Ring aus sechs dreisprossigen Kohlenstoffkernen zusammen. Beachten Sie, daß der Ring diesmal - anders als beim Diamant - flach ist. Bauen Sie drei miteinander verbundene Ringe, wie in Abbildung 6.

Graphit ist eine Struktur aus flachen, zweidimensionalen Atomschichten. Nehmen Sie viele dreisprossige Kerne, um eine große Schicht zu bauen (Sie können Ihr Modell mit dem eines/r NebensitzerIn zusammenbauen), und bauen sie ein sechseckiges Netz (Abbildung 7).

Abbildung 6

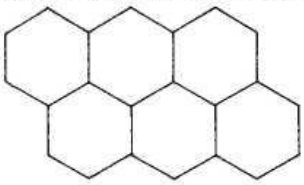


Abbildung 7

Ein Graphitkristall besteht aus vielen solchen Schichten übereinander. Der Abstand zwischen den Schichten ist größer als der zwischen benachbarten Atomen innerhalb einer Schicht. Die Kräfte, die eine Schicht an der anderen halten, sind viel schwächer, als die Kräfte, die innerhalb einer Schicht ein Atom am Nachbaratom halten. Um zu veranschaulichen, wie eine Schicht schwach an die nächste angebunden ist, nehmen Sie einige 5 cm lange weiße Halme und verbinden Sie eine Schicht mit einer anderen, indem Sie die weißen Halme durch die Mittellöcher der dreisprossigen Kerne schieben (Abbildung 8). Dabei ist eine wichtige Sache zu beachten - im Graphitkristall überlappen sich nicht alle Atome einer Schicht mit denen in der nächsten Schicht. Stattdessen liegen die Schichten wie in Abbildung 9 übereinander.

F2 *Warum ist Graphit ein weicherer Stoff als Diamant?*

F3 *Finden Sie heraus, was mit Graphit passiert, wenn er sehr stark zusammengedrückt wird. Bieten Ihre Diamant- und Graphitmodelle eine Erklärung für diesen Effekt?*

Eine wichtige Tatsache sollten Sie nicht vergessen: obwohl die 'Graphitatome' unseres Modells (mit drei Sprossen) anders *aussehen* als die 'Diamantatome' (mit vier Sprossen), sind sie in Wirklichkeit dasselbe Element, und dasselbe Atom, nämlich Kohlenstoff. Sie sind nur unterschiedlich gemacht, damit sie auf unterschiedliche Art und Weise miteinander verbunden werden können.

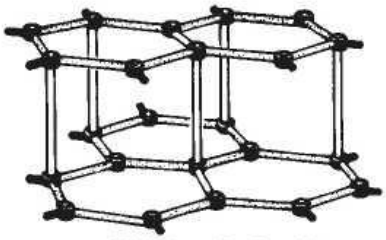


Abbildung 8 Graphit

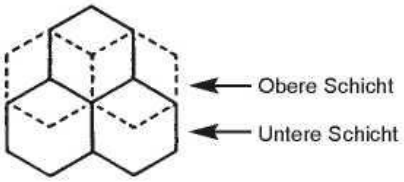


Abbildung 9

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Amorphe Gefüge

Sie brauchen:

Für Kohlenstoff und Phosphor
30 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^k
50 grüne Halme, 3,5 cm

für Glas
10 schwarze Siliciumbausteine (C^k verwenden)
20 rote Sauerstoffbausteine, O^d
20 grüne Halme, 3,5 cm

Das Wort "amorph" bedeutet "formlos". Wenn ein Stoff ohne eine gleichförmige Anordnung von Atomen fest wird, bildet er keine Kristalle. Stattdessen wird er zu einem Glas, oder zu einem Pulver mit Teilchen von ungleichmäßiger Form.

F1 *Beschreiben Sie, wie eine Glasscheibe bricht: bricht sie geraden Linien entlang in gleichbleibender Richtung?*

Amorpher Kohlenstoff

Wenn Kohlenstoff sehr schnell gebildet wird (zum Beispiel wenn Ruß gebildet wird), haben die Atome nicht genug Zeit, sich in einer regelmäßigen Form anzuordnen. Dies können Sie zeigen, indem Sie *schnell* aus allen Ihren Kohlenstoffstrukturen, C^k, und so vielen Bindungen, wie Sie brauchen, ein Gefüge bauen. Versuchen Sie, jede Sprosse zu nutzen und mit einem anderen Atomkern zu verbinden, und setzen Sie die Halme nicht so stark unter Spannung, daß sie knicken.

F2 *Beschreiben Sie die Form Ihres Modells. Ist es ungleichförmig oder symmetrisch?*

Roter Phosphor

Roter Phosphor hat eine amorphe Struktur, mit ungleichförmigen Schichten. Jeder Phosphoratomkern hat drei Bindungen, über die er pyramidenförmig mit den Nachbarkernen verbunden ist, und dies kann mit C^k-Kernen, bei denen eine Sprosse freigelassen wird, abgebildet werden (Abbildung 1).

Abbildung 1

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Bauen Sie ein Modell mit so vielen Atomen wie möglich, und denken Sie immer daran, eine Sprosse frei zu lassen. Wenn ein dauerhaftes Modell erstellt werden soll, ist es einfacher, die vierte Sprosse jedes Atomkerns abzuknipsen, bevor mit dem Zusammenbau begonnen wird.
Die einzige Regel, die es zu beachten gilt, ist, daß möglichst jeder Atomkern mit drei anderen verbunden sein muß. Das Ergebnis ist eine ungleichförmige Struktur.

Glas
Glas ist die Bezeichnung für eine ganze Reihe komplexer anorganischer amorpher Gefüge. Die Grundbausteine sind Silicium und Sauerstoff, vorhanden in Form von Siliciumoxid oder Kieselsäure, SiO_2. Aus fast purem Siliciumoxid kann man ein Glas mit einem sehr hohen Schmelzpunkt herstellen.

Verbinden Sie schwarze C^k-Kerne, die Silicium darstellen, mit roten Sauerstoffkernen, O^d, und verwenden Sie dazu möglichste alle Bindungen. Setzen Sie die Halme nicht so stark unter Spannung, daß sie knicken, sie sollen natürliche Positionen einnehmen. Sie haben ein Modell von Siliciumglas erstellt.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Kochsalz - Natriumchlorid

Sie brauchen:

für das Natriumchlorid-Kristall

13 silberne Metallbausteine, M^l (für Natrium-Ionen)

14 grüne Halogenbausteine, Hal^l(für Chlorid-Ionen)

54 grüne Halme, 3,5 cm

für das Natrium-Ion in Wasser

12 weiße Wasserstoffbausteine, H^b

6 rote Sauerstoffbausteine, O^k

1 silberner Metallbaustein, M^l

12 weiße Halme, 3,5 cm

6 weiße Halme, 5 cm

Festes Natriumchlorid

Sehen Sie sich zuerst ein paar Kochsalzkristalle durch ein Vergrößerungsglas an.

F1 Welche Form haben sie?

Nehmen Sie vier Natrium-Ionen und vier Chlorid-Ionen und bauen Sie einen Würfel daraus. Achten Sie darauf, daß Sie nie zwei gleiche Ionen miteinander verbinden. Sie brauchen 12 Halme, und das Ergebnis sollte wie Abbildung 1 aussehen.

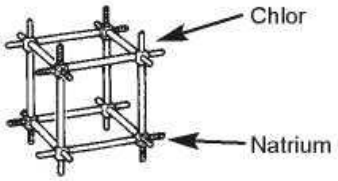


Abbildung 1

Sie haben ein Modell eines winzigen Stückchens eines Natriumchloridkristalls gebaut. Bietet das Modell eine Erklärung für die Form des Kristalls? Benutzen Sie Ihre restlichen Natrium- und Chlorid-Ionen und erweitern Sie das Modell wie in Abbildung 2.

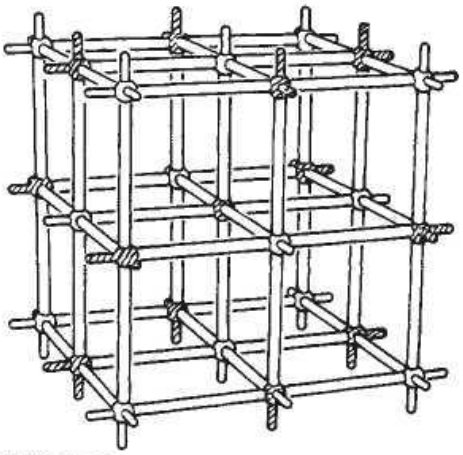


Abbildung 2

Wenn Sie ein Modell eines größeren Kristalls bauen möchten, bauen Sie Ihr eigenes Modell mit dem Ihrer MitschülerInnen zusammen. Achten Sie darauf, immer unterschiedliche Ionen miteinander zu verbinden!

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Was passiert, wenn sich Salz in Wasser löst?

Zur Beantwortung dieser Frage, bauen Sie zuerst einmal ein Modell eines Wassermoleküls, H_2O. Nehmen Sie zwei Wasserstoffatome und ein Sauerstoffatom und verbinden Sie sie mit den grünen Halmen wie in Abbildung 3. Bauen Sie sechs solche Moleküle.

Wenn Salz in Wasser hineingegeben wird, lösen sich Ionen vom Kristall und verbinden sich lose mit den Wassermolekülen. Die weißen Halme werden zur Darstellung dieser schwachen Kräfte verwendet. Entfernen Sie ein Natrium-Ion von Ihrem Kristallmodell und bringen Sie sechs weiße Halme daran an. Nun bringen Sie wie in Abbildung 4 sechs Wassermoleküle daran an.

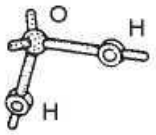


Abbildung 3

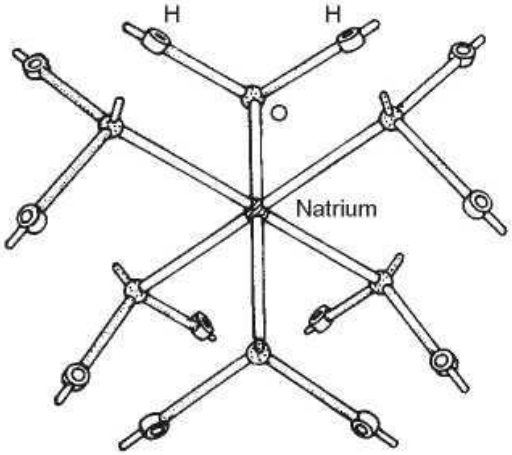


Abbildung 4

Wassermoleküle können sich auf ähnliche Weise an Chlorid-Ionen anheften, aber die Moleküle sind über ihre Wasserstoffatome miteinander verbunden. Versuchen Sie, ein Modell eines gelösten Chlorid-Ions zu bauen. Wenn die Ionen gelöst sind, lassen Sie sich nicht so leicht miteinander verbinden, um ein Kristall zu bilden, da sie alle von Wassermolekülen umgeben sind.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Metalle

Sie brauchen:

13 flache silberne Metallbausteine, M^{q6}

20 silberne Metallbausteine M^{q3}

36 grüne Halme, 3,5 cm

F1 *Wie viele Pfennigstücke können um ein in der Mitte liegendes Pfennigstück herumgelegt werden, so daß sie ihn alle berühren? (Probieren Sie es aus!)*

Wenn Sie Kugeln statt Pfennigstücke verwenden, werden Sie feststellen, daß Sie nicht mehr als zwölf Kugeln so plazieren können, daß sie eine in der Mitte befindliche Kugel gleicher Größe berühren. Dasselbe gilt für die Atome in einem Metall.

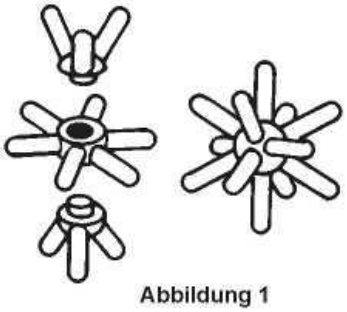


Abbildung 1

In unserem Modellbausatz sind die Metallbausteine deshalb mit zwölf Sprossen dargestellt. Sie werden sehen, daß jedes Atom aus drei Teilen aufgebaut ist, ein Teil mit sechs Sprossen und zwei Teile mit drei Sprossen, die hineingesteckt werden können (Abbildung 1).

Für den Bau eines Modells eines Metallgefüges ist es einfacher, mit den sechssprossigen Teilen zu beginnen und Modelle von Atomschichten zu bauen, und dann die dreisprossigen Teile später hinzuzufügen. Nehmen Sie alle Ihre sechssprossigen Teile und verbinden Sie sie wie in Abbildung 2.

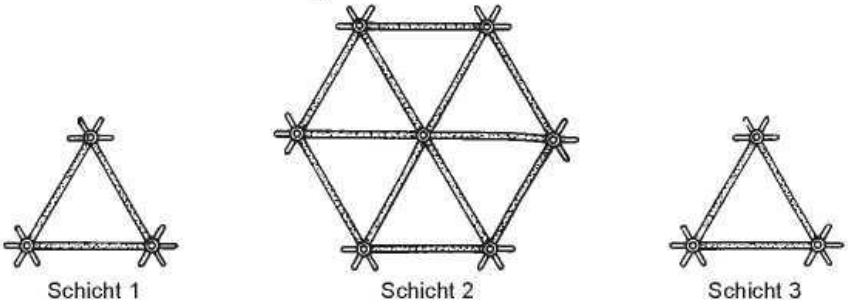


Abbildung 2

Abbildung 2 stellt drei Schichten von Metallatomen dar. Benutzen Sie die dreisprossigen Teile und noch ein paar Halme, um Schicht 1 und 2 miteinander zu verbinden (Abbildung 3). Sie werden feststellen, daß die dreisprossigen Teile in ihren Steckplätzen gedreht werden

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

können. Bringen Sie nun Schicht 3 an, um das in Abbildung 4 gezeigte Gebilde zu bauen. Wenn Sie fertig sind, sollten Sie keine Halme oder dreisprossigen Teile mehr übrig haben.

F2 *Sehen Sie sich das Mittelatom des Modells an. Mit wie vielen Atome ist es verbunden?*

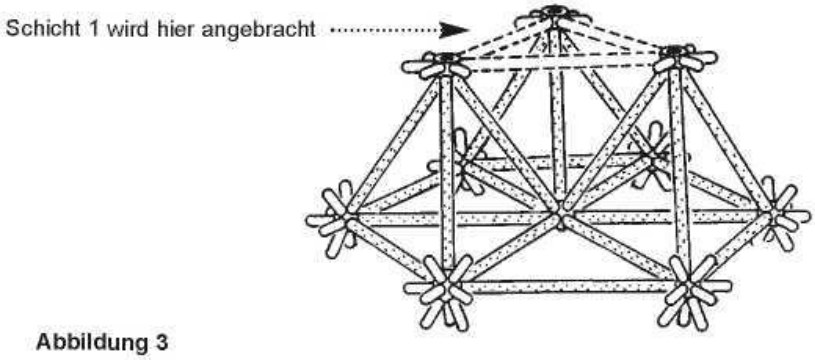


Abbildung 3

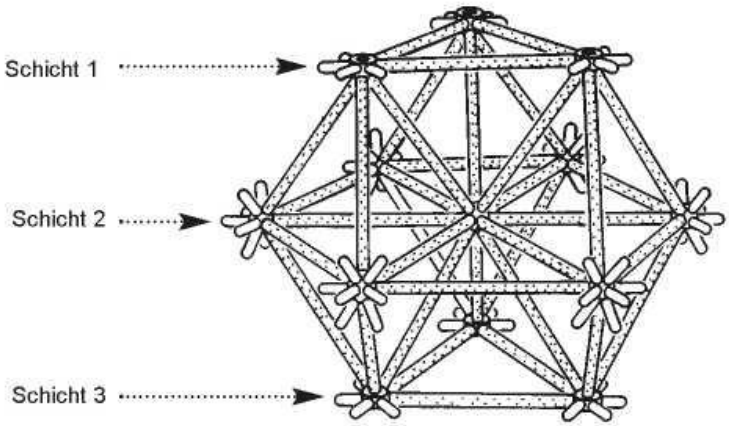


Abbildung 4

Bitten Sie Ihren Lehrer, Ihnen zu zeigen, wie man ein 'Blasenfloß' baut. Hier stellen die Blasen eine Schicht von Atomen in einem Metallgefüge dar. Beachten Sie, wie sie gleichförmige Muster bilden.

F3 *Wie viele Blasen berühren in der Regel eine bestimmte Blase? Ist es dieselbe Anzahl, wie die Anzahl der Atome, die ein Atom in einer Schicht eines Metallgefüges berühren?*

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Erdöl

Sie brauchen:

für Abbildung 1 - 4

70 weiße Wasserstoffbausteine, H^a

31 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^k

97 grüne Halme, 3,5 cm

für Abbildung 5 und 6

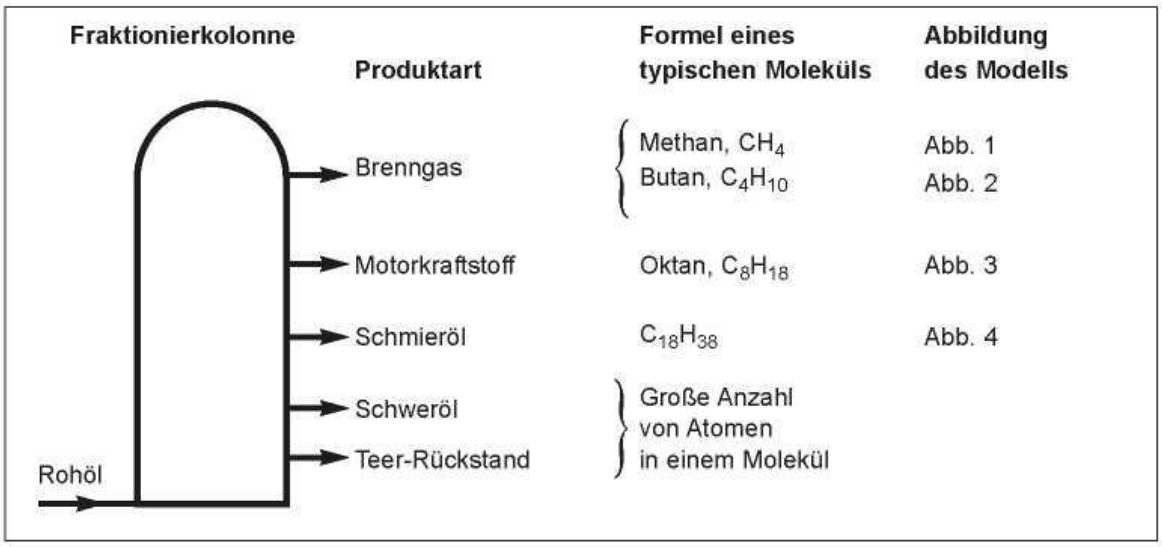
20 weiße Wasserstoffbausteine, H^a

10 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^k

28 grüne Halme, 3,5 cm

4 biegsame Halme, 3,5 cm

Sie haben gelernt, daß Rohöl eine Mischung aus Kohlenwasserstoffen ist, die jeweils eine unterschiedliche Anzahl von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen in ihren Molekülen haben. Der einfachste Kohlenwasserstoff ist Methan, CH_4; Methan ist der Hauptbestandteil von Erdgas, z.B. von Nordseegas. Die untenstehende Abbildung zeigt einige typische Produkte der Fraktionierung von Rohöl. Bauen Sie die Modelle aus Abbildung 1 - 4.



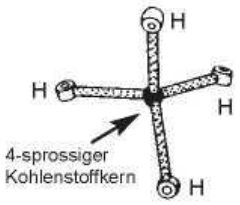


Abbildung 1 Methan, CH_4

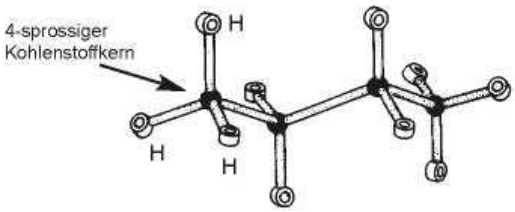


Abbildung 2 Butan, C_4H_{10}

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

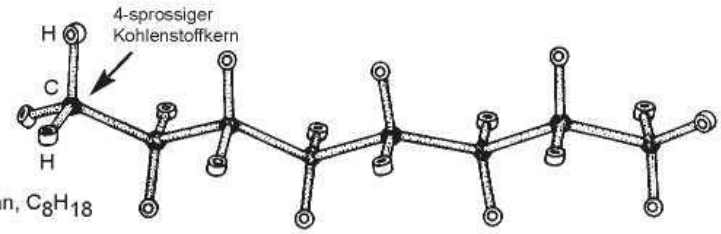


Abbildung 3 Oktan, C_8H_{18}

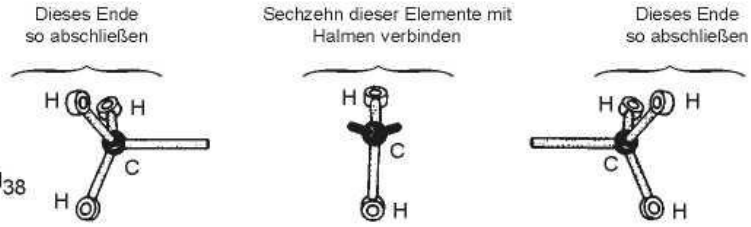


Abbildung 4 $C_{18}H_{38}$

Erdöl-Cracken

Der Begriff 'Cracken' steht für das Aufspalten eines großen Moleküls in kleinere Fragmente. Rohöl enthält zu viele große Moleküle (Schmieröl etc.) und nicht genug kleinere Moleküle (Motorkraftstoff). Eine typische Gleichung für ein Crackverfahren ist:

$C_{18}H_{38}$	$\longrightarrow$	C_8H_{18} Oktan	+	C_8H_{16} Okten	+	C_2H_4 Ethen
(Abb. 4)		(Abb. 3))		(Abb. 5)		(Abb. 6

Beachten Sie, daß bei der Anfertigung des Okten-Modells die beiden Kohlenstoffatome am Ende der Kette mit einem Paar weißer *biegsamer* Halme verbunden werden. Diese Bindung ist reaktionsfähig, und wird "Doppelbindung" genannt (siehe auch Karte 6). Dieselbe Bindungsart verbindet die Kohlenstoffatome in Ethen (Abbildung 6).

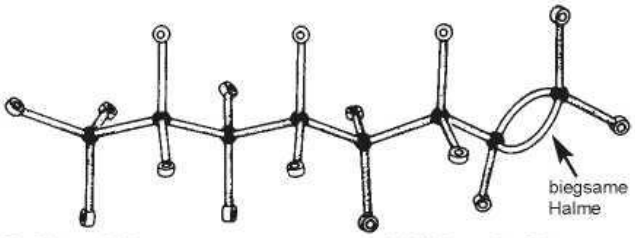


Abbildung 5 Oktan C_8H_{16}

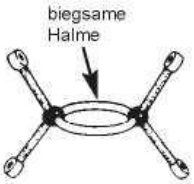


Abbildung 6 Ethen

Bauen Sie die in Abbildung 3, 4, 5 und 6 gezeigten Modelle, um das 'Cracken' zu veranschaulichen.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Polymere

Sie brauchen für Abbildung 1 - 5:

- **28 weiße Wasserstoffbausteine, H^a**
- **2 rote Sauerstoffbausteine, O^a**
- **2 rote Sauerstoffbausteine, O^d**
- **2 grüne Halogenbausteine, Hal^a (für Brom)**
- **16 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^k**
- **46 grüne Halme, 3,5 cm**
- **4 biegsame weiße Halme, 3,5 cm**

Polymerisation

Sie haben bereits einen Stoff kennengelernt, dessen Moleküle polymerisieren, nämlich Ethen (siehe Karte 5). Der Grund dafür, daß Ethen polymerisieren kann, ist, daß seine beiden Kohlenstoffatome aufgrund der Doppelbindung, mit der sie verbunden sind, zusätzliche Bindekräfte haben.

Ein bekannter Test, um herauszufinden, ob eine Doppelbindung zwischen zwei Kohlenstoffatomen besteht, ist nachzusehen, ob der Stoff Bromwasser, $Br_2(aq)$, entfärbt. Dieser Test funktioniert, weil Bromatome sich an die Doppelbindung anhängen können und die Struktur in Abbildung 2, Dibromethan bilden. Bauen Sie ein Modell von Dibromethan.

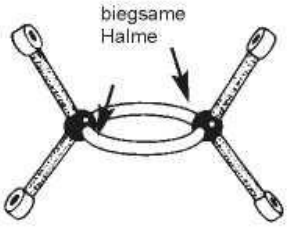


Abbildung 1 Ethen

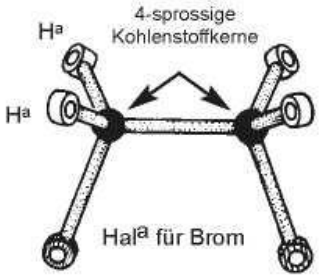


Abbildung 2 Dibromethan

Polyethylen

Die Vorsilbe "Poly-" bedeutet "viele". Polyethylen besteht aus sehr vielen Ethenmolekülen, die zu einer langen Kette zusammengeschlossen sind. Wenn sich die Moleküle miteinander verbinden, bilden die Kohlenstoffatome je vier Verbindungen und werden seht stabil. Um ein Polyethylenmodell anzufertigen, bauen Sie zuerst viele Butan, C_2H_4-Teile (etwa 8 Stück). Verwenden Sie dazu viersprossige Atomkerne (Abbildung 3). Dann verbinden Sie sie alle miteinander. Sie können Ihr eigenes Modell mit dem Ihrer NebensitzerInnen zusammenbauen.

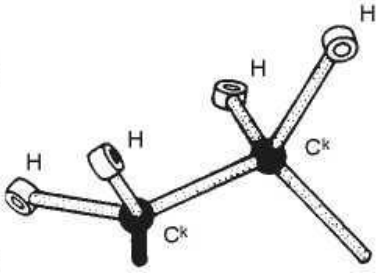


Abbildung 3 Ein Ethenmolekül, bereit zu Polyethylen zusammengebaut zu werden.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Perspex

Sie haben wahrscheinlich das Experiment durchgeführt, bei dem "Perspex"-Stückchen in einem Reagenzglas erhitzt werden. Perspex ist ein Polymer, und die beim Erhitzten erhaltene Flüssigkeit nennt sich "Monomer". Geben Sie ein wenig Bromwasser in einen Teil des flüssigen Destillats.

F1 *Wird das Bromwasser entfärbt? Was sagt das über die im Monomer vorhandenen Bindungen aus?*

F2 *Aus welcher physikalischen Eigenschaft folgern Sie, daß das Destillat kleinere Moleküle enthält als das ursprüngliche "Perspex"?*

Wenn Sie das flüssige Monomer, vermischt mit einer kleinen Menge eines Katalysators (gewöhnlich Lauroylperoxid) ein paar Stunden lang stehen lassen, wird es wieder fest und bildet wieder das Polymer.

Abbildung 4 zeigt, wie ein Modell des "Perspex"-Monomers angefertigt wird. Sein richtiger Name ist Methacrylsäuremethylester. Beachten Sie die Doppelbindung, die aus biegsamen 3,5 cm langen Halmen gebaut wird, und zwei der Kohlenstoffatome miteinander verbindet.

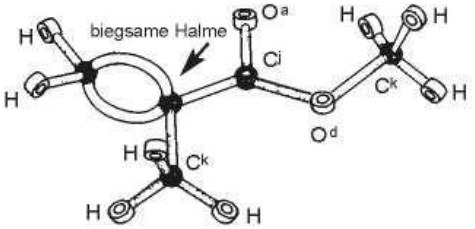
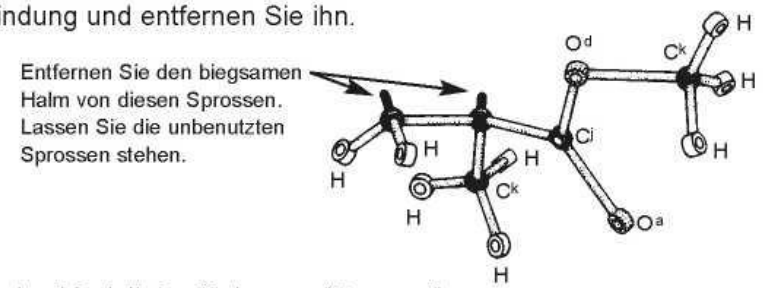


Abbildung 5 zeigt, wie Sie das "Perspex"-Monomer, nachdem es vom Katalysator aktiviert wurde, darstellen können: Lösen Sie einfach einen der beiden biegsamen Halme der Doppelbindung und entfernen Sie ihn.



Um nun das Modell des Polymers "Perspex" zu bilden, bauen Sie zwei oder drei dieser Monomer-Einheiten (Sie können sich mit ein oder zwei MitschülerInnen zusammentun), und setzen Sie sie zu einer langen Kette zusammen, wie in Abbildung 6.

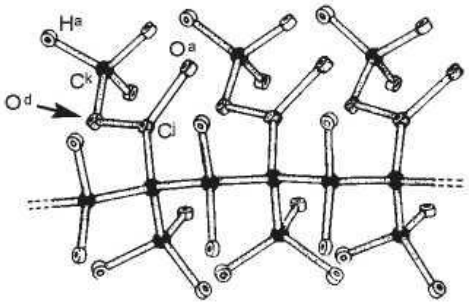


Abbildung 6 Perspex-Polymer

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Säuren und Basen

Sie brauchen:

- 20 weiße Wasserstoffbausteine, H^a
- 1 roter Sauerstoffbaustein, O^a
- 1 roter Sauerstoffbaustein, O^d
- 2 rote Sauerstoffbausteine, O^k
- 3 grüne Halogenbausteine, Hal^a (für Chlor)
- 3 blaue Stickstoffbausteine, N^k
- 1 schwarzer Kohlenstoffbaustein, C^j
- 1 schwarzer Kohlenstoffbaustein, C^k
- 23 grüne Halme, 3,5 cm

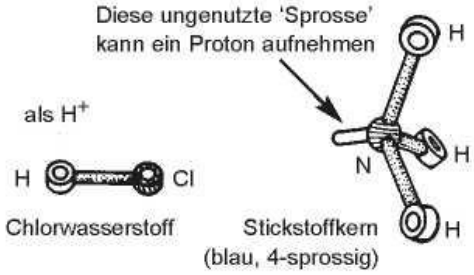
Eine Säure ist ein Stoff, der ein Proton, H^+ ,abgeben kann; eine Base ist ein Stoff, der ein Proton aufnehmen kann. Im Modellbausatz wird ein Proton durch einen weißen, einsprossigen Wasserstoffkern dargestellt.

Damit ein Stoff eine Base sein und Protonen aufnehmen kann, muß er Atome mit einer oder mehreren ungenutzten 'Sprossen' haben, an die Protonen angeschlossen werden können.

Denken Sie daran, daß nicht alle Stoffe mit Wasserstoffatomen als Säure wirken können: Methan CH_4 (Karte 5) verliert zum Beispiel keine Protonen und ist deshalb keine Säure. Noch verhalten sich alle Stoffe, deren Moleküle ungenutzte 'Sprossen' haben, automatisch als Basen.

Ein Beispiel für eine Säure

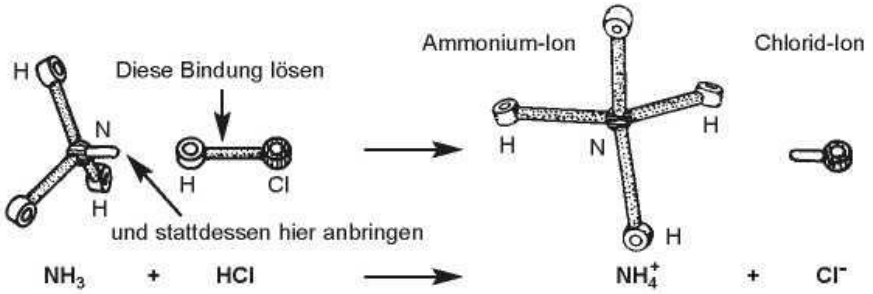
Chlorwasserstoff, HCl, das "Salzsäuregas", das entsteht, wenn konzentrierte Schwefelsäure mit Kochsalz reagiert, ist ein Protonenspender und deshalb eine Säure.



Ein Beispiel für eine Base

Ammoniak, NH_3, ist ein gasförmiger Stoff, der aufgrund einer ungenutzten 'Sprosse' (die die zusätzliche Bindungsfähigkeit darstellt) Protonen in sein Stickstoffatom aufnehmen kann. Es ist eine Base.

Die Reaktion zwischen einer Säure und einer Base - Protonenübertragung

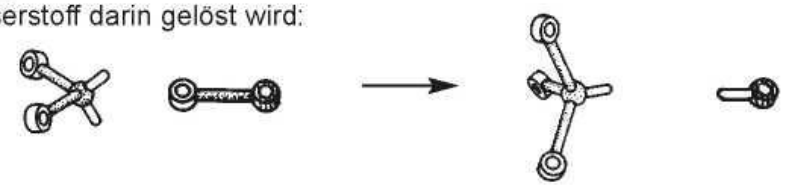


Fertigen Sie Modelle von Ammoniak und Chlorwasserstoff an: veranschaulichen Sie die obige Reaktion, indem Sie ein Proton (Wasserstoff-Atomkern) übertragen.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

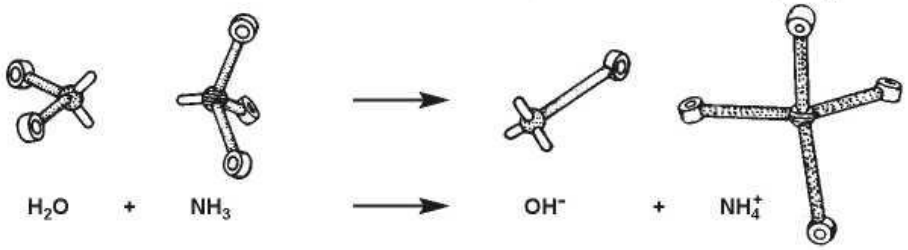
Wasser ist ein amphoterer Stoff

Ein Stoff, der sich sowohl als Säure, als auch als Base verhalten kann, das heißt ein Stoff, der je nach der Reaktion ein Proton entweder aufnehmen oder abgeben kann, wird *amphoter* genannt. Wasser ist so ein Stoff. Wasser kann ein Proton aufnehmen, wenn Chlorwasserstoff darin gelöst wird:



H_2O + HCl → H_3O + Cl^-

Auf ähnliche Weise kann Wasser ein Proton verlieren, wenn Ammoniak (NH_3) darin gelöst wird:



H_2O + NH_3 → OH^- + NH_4^+

Fertigen Sie Modelle an, um diese Reaktionen mit Wasser zu veranschaulichen.

Das Oxonium-Ion H_3O^+

Das Ion H_3O^+, das gebildet wird, wenn Wasser ein Proton aufnimmt, wird Oxonium-Ion genannt. Wenn die Konzentration dieses Ions in einer wäßrigen Lösung größer ist als die Konzentration von reinem Wasser, sagt man die Lösung ist "sauer", da sie einen PH-Wert unter 7 hat.

Ethansäure (Essigsäure), eine einfache organische Säure, CH_3 CO_2 H^+

Die Abbildung unten stellt eine Ethansäure dar; bauen Sie ein Modell davon.

F1 *Sagen Sie vorher, was geschieht, wenn Ethansäure in Wasser gelöst wird. Verwenden Sie Modelle von Ethansäure und Wasser, um die Reaktion, die abläuft, zu veranschaulichen.*

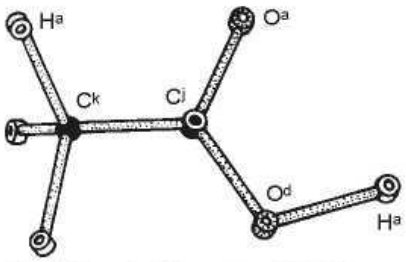


Abbildung 1 Ethansäure-Modell

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Seifen und Reinigungsmittel

Sie brauchen für Abbildung 1 - 4 und 6:

- **47 weiße Wasserstoffbausteine, H^a**
- **4 rote Sauerstoffbausteine, O^a**
- **7 rote Sauerstoffbausteine, O^d**
- **2 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^j**
- **20 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^k**
- **1 gelber Schwefelbaustein, S^k**
- **79 grüne Halme, 3,5 cm**

Natürlich vorkommende Öle und Fette

Natürlich vorkommende Öle und Fette, wie zum Beispiel Rizinusöl, bestehen aus einer Mischung ähnlicher Moleküle, die jeweils aus *Alkohol* und *Fettsäuren* zusammengesetzt sind. Ein Alkohol kann als eine Verbindung beschrieben werden, die Kohlenstoff enthält, mit einer oder mehreren *Hydroxylgruppen*, -OH, die an das Molekül angeschlossen sind (Abbildung 1). Eine Fettsäure ist eine Kohlenstoffverbindung mit einer angehängten *Karbonsäuregruppe*, $-CO_2H$, (Abbildung 2).

Fertigen Sie Modelle dieser beiden Gruppen von Atomen an.

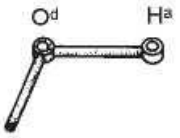


Abbildung 1 Eine Hydroxylgruppe

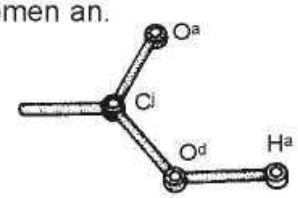


Abbildung 2 Eine Karbonsäuregruppe

Glyzerin, $CH_2OH.CHOH.CH_2OH$

Der Alkohol, der die Basis der meisten natürlich vorkommenden Öle bildet, ist Glyzerin und enthält drei Hydroxylgruppen. Fertigen Sie ein Modell eines Glyzerinmoleküls an (Abbildung 3).

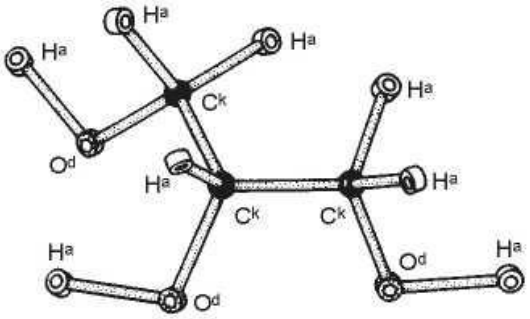


Abbildung 3 Glyzerin

Eine typische Fettsäure

Stearinsäure, $CH_3.(CH_2)_{16}.CO_2H$, ist ein Beispiel für eine Fettsäure, die in vielen Ölen und Fetten vorkommt. Um ein Modell anzufertigen, bauen Sie sechzehn CH_2- Gruppen wie in Abbildung 4 und verbinden Sie sie zu einer langen Kette. Bauen Sie eine CH_3-Gruppe, und bringen Sie sie als Abschluß an ein Kettenende an, und schließen Sie das andere Ende mit einer CH_2H- Gruppe ab.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

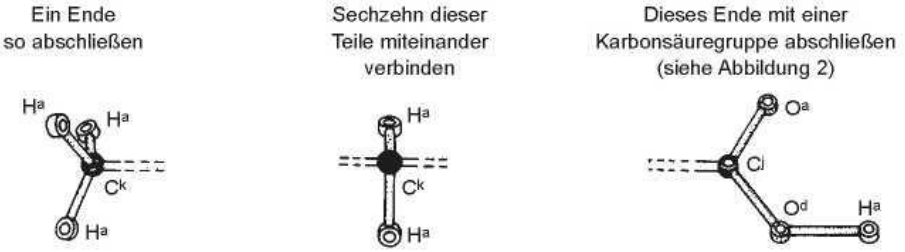


Abbildung 4 Die Karbonsäuregruppe wird "hydrophil" genannt, der Rest des Moleküls "hydrophob"

Durch die Wirkung wäßrigen Natriumhydroxids auf ein Öl oder Fett entsteht eine Mischung aus Glyzerin und das Natriumsalz der Fettsäure. Natriumhydroxid enthält Natrium-Ionen, Na^+, und Hydroxid-Ionen, OH^-. Das Hydroxid-Ion ist eine starke Base (siehe Karte 7), und empfängt deshalb ein Proton von der Karboxylgruppe, wobei es eine negativ geladene Gruppe, $-CO_2^-$, zurückläßt.

Abbildung 5 zeigt die Struktur eines typischen Moleküls in einem natürlich vorkommenden Öl. Der Einfachheit halber sind nicht alle Atome abgebildet. Kombinieren Sie zur Anfertigung eines Modells Ihr Stearinsäuremodell mit denen von einem oder zweien Ihrer MitschülerInnen, und verbinden Sie sie miteinander wie in der Abbildung.

Abbildung 5

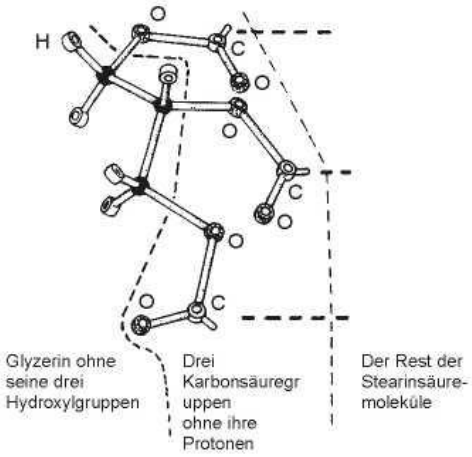
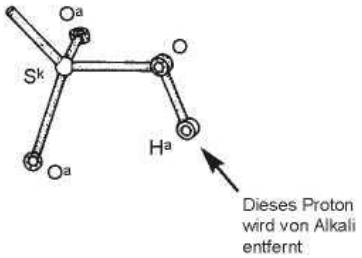


Abbildung 6 Eine Sulfosäuregruppe



Wie ein Reinigungsmittel wirkt

Ein Reinigungsmittel besteht aus Molekülen, die ein hydrophiles (d.h. wasseranziehendes) und ein hydrophobes (d.h. wasserabweisendes) Ende haben (Abbildung 4). Das hydrophobe Ende zieht Schmutzteilchen, Öl und Fett an, während das hydrophile Ende vom Wasser angezogen wird, das zum Waschen benutzt wird. So wird Öl und Schmutz aufgelöst und vom Reinigungsmittel in der Schwebe gehalten.

Moderne synthetische Reinigungsmittel wirken auf dieselbe Weise wie normale Seife, aber das hydrophile Ende des Moleküls ist eine Sulfosäuregruppe, $-SO_3^-$, statt einer Karbonsäuregruppe, $-CO_2^-$ (Abbildung 6). Fertigen Sie eine lange Kohlenwasserstoffkette an (z.B. eine, die zuvor für Stearinsäure verwendet wurde) und bringen Sie eine Sulfosäuregruppe daran an. Die Leistungsfähigkeit von Seifen und Reinigungsmitteln hängt in hohem Maße von der Länge des hydrophoben 'Schwanzes' ab.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

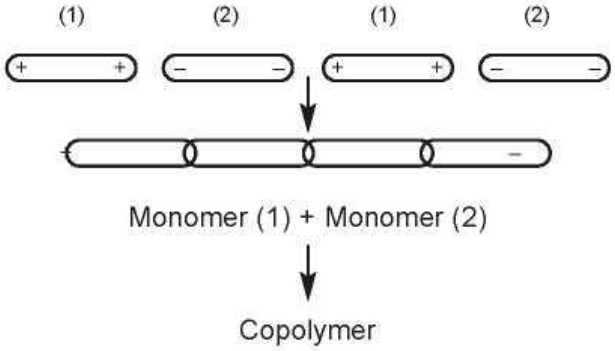
Nylon – ein Copolymer

Sie brauchen für Abbildung 1- 4:

- **24 weiße Wasserstoffbausteine, H^a**
- **2 rote Sauerstoffbausteine, O^a**
- **2 blaue Stickstoffbausteine, N^j**
- **2 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^j**
- **10 schwarze Kohlenstoffbausteine, C^k**
- **2 grüne Halogen bausteine, Hal^a (für Chlor)**
- **40 grüne Halme, 3,5 cm**

Copolymerisation

"Nylon" ist ein Oberbegriff für eine Gruppe ähnlicher Polymere, genannt Copolymere, in denen zwei unterschiedliche Monomereinheiten abwechselnd miteinander verbunden sind. Man kann sich vorstellen, daß der Prozeß deshalb stattfindet, weil die positiv geladenen Enden des Moleküls eines Monomers die negativ geladenen Enden des anderen anziehen, z.B.:



Die Herstellung von Nylon

Bei der Herstellung von Nylon im Labor haben Sie vermutlich 1.6 Diaminhexan als Monomer (1) und Hexan-1.6-Diolchlorid als Monomer (2) verwendet. (1) ist wasserlöslich, und (2) ist in Tetrachlorkohlenstoff lösbar. Wenn die beiden Lösungen miteinander in Kontakt gebracht werden, bilden sich an ihrer Schnittstelle sofort die Polymere.

Um ein Modell von 1.6-Diaminhexan zu bauen, nehmen Sie einen viersprossigen Kohlenstoffkern und bringen Sie mit 3,5 cm langen grünen Halmen zwei weiße Wasserstoffkerne daran an. Bauen Sie sechs solche CH_2-Gruppen, und verbinden Sie sie mit Halmen zu einer Zickzack-Kette. Nehmen Sie jetzt einen dreisprossigen Stickstoffkern und bringen Sie zwei Wasserstoffkerne daran an, um eine NH_2-Gruppe daraus zu machen.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Bauen Sie zwei solche Gruppen und bringen Sie an beiden Enden der Kohlenwasserstoffkette eine an. Abbildung 2 zeigt das fertige Modell von 1.6-Diaminhexan.

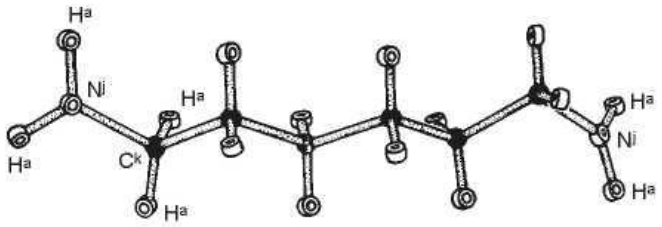
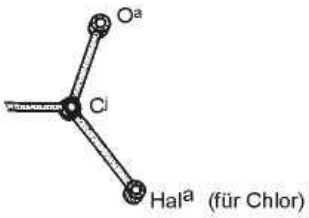


Abbildung 1 $H_2N.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.NH_2$



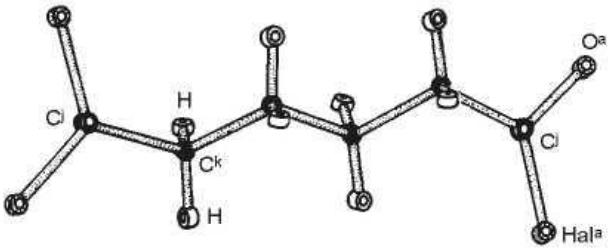


Abbildung 2

Abbildung 3 $ClCO.CH_2.CH_2.CH_2.COCl$

Um ein Modell eines Hexan-1.6-Diolchlorid-Moleküls anzufertigen, gehen Sie folgendermaßen vor. Bauen Sie wie oben beschrieben vier CH_2- Einheiten, und verbinden Sie sie mit Halmen zu einer Zickzack-Kette. Bauen Sie nun zwei COCl-Gruppen, die wie in Abbildung 2 aufgebaut sind. Für jede Gruppe wird ein dreisprossiger schwarzer Kohlenstoffkern, ein einsprossiger roter Sauerstoffbaustein und ein einsprossiger grüner Chlorkern (Halogen) benötigt.

Als nächstes bringen Sie an beiden Enden der Kohlenwasserstoffkette eine COCl-Gruppe an, um die in Abbildung 3 gezeigte Struktur fertigzustellen.

Bei der Polymerisation entwickelt sich Hydrochlorgas, HCl (g), und eine Verbindung entsteht. Verbinden Sie, wie in Abbildung 4 gezeigt, zwei Monomere miteinander. Sie werden feststellen, daß Sie einen Halm übrig haben, mit dem Sie das Chlorwasserstoffmolekül bauen können.

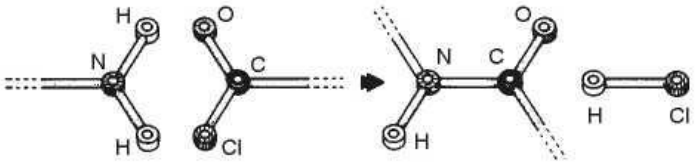


Abbildung 4

Wenn Sie sich mit ein paar MitschülerInnen zusammentun, können Sie mehrere Monomereinheiten miteinander verbinden, um ein langkettiges Nylonmolekül anzufertigen.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Wasser und Eis

Sie brauchen:

12 weiße Wasserstoffbausteine, H^a (für das Komplex-Ion)

24 weiße Wasserstoffbausteine, H^b (für Wasser und Eis)

18 rote Sauerstoffbausteine, O^k

1 silberner Metallbaustein, M^l

36 grüne Halme, 2 cm

30 weiße Halme, 3,5 cm

Wasser ist so ein alltäglicher Stoff, daß wir seine Eigenschaften für selbstverständlich halten, aber in Wirklichkeit ist es höchst eigenartig in seinem Verhalten. Es ist ein außergewöhnlich gutes Lösemittel, hat einen erstaunlich hohen Schmelz- und Siedepunkt für seine geringe Molekülmasse, verfügt über eine ungewöhnlich hohe Oberflächenspannung und dehnt sich aus, wenn es gefriert.

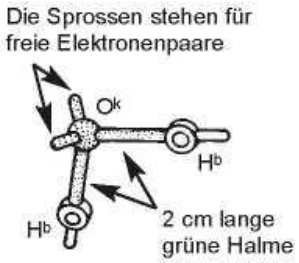


Abbildung 1

Diese bemerkenswerten Eigenschaften treten auf, weil das Wassermolekül gekrümmt ist und so starke elektrische Kräfte erzeugt. Damit die Wassermoleküle eine praktische Größe für die folgenden Übungen haben, schneiden Sie statt den üblichen 3 cm langen Halmen 2 cm lange Halme zu. Verwenden Sie viersprossige rote Sauerstoffkerne statt den normalen zweisprossigen Kernen, und verwenden Sie zweisprossige weiße Wasserstoffkerne. Bauen Sie mehrere Modelle wie in Abbildung 1.

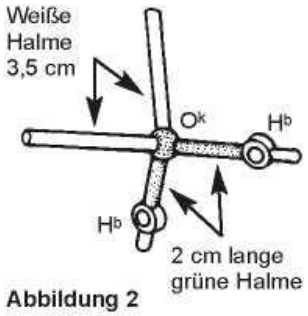


Abbildung 2

Die beiden freien Sprossen des Sauerstoffkerns sind wichtig: jede Sprosse repräsentiert ein zusätzliches Elektronenpaar, das vom Sauerstoff-Atomkern 'absteht'. Diese Elektronenpaare werden freie Elektronenpaare genannt und spielen eine wichtige Rolle in der Wasserchemie. Sie sind negativ geladen und können deshalb positiv geladene Wasserstoffatome anderer Wassermoleküle anziehen.

Wasser kann man sich wie einen Tetraeder (eine dreiseitige Pyramide) mit zwei positiv und zwei negativ geladenen Ecken vorstellen. Bringen Sie zwei weiße Halme mit der normalen Länge von 3,5 cm an den freien Sprossen an und achten Sie auf die entstehende Tetraederform (Abbildung 2).

F1 *Wasser hat einen hohen Siedepunkt. Was sagt dies darüber aus, wie stark die Kräfte zwischen seinen Molekülen sind?*

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Wasser in flüssigem Zustand

Getrennte Moleküle gibt es nur im Wasserdampf; in flüssigem Wasser sind benachbarte Wassermoleküle lose miteinander verbunden. Diese Verbindungen zwischen den Molekülen lösen und bilden sich stets neu. Verbinden Sie mehrere Wassermoleküle miteinander, und achten Sie darauf, daß der weiße Halm eines Moleküls immer mit der freien Sprosse des Wasserstoffmoleküls eines anderen Moleküls verbunden wird. Die weißen Halme repräsentieren die schwachen Kräfte zwischen den Molekülen, die oft *Wasserstoffbindung* oder *Wasserstoffbrückenbindung* genannt werden.

Eis

Ein richtiges Eisgefüge zu bauen, erfordert viel Sorgfalt, und in der Gitter-Broschüre, Abschnitt 8*, wird dazu eine genauere Anleitung gegeben. Um einen Anfang zu machen, können Sie versuchen, die hexagonale Käfigstruktur in Abbildung 3 nachzubauen.

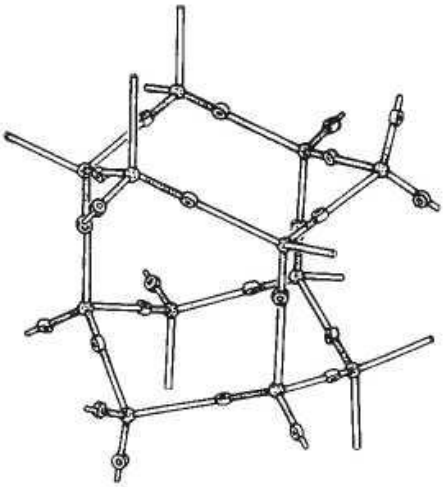


Abbildung 3 Eis

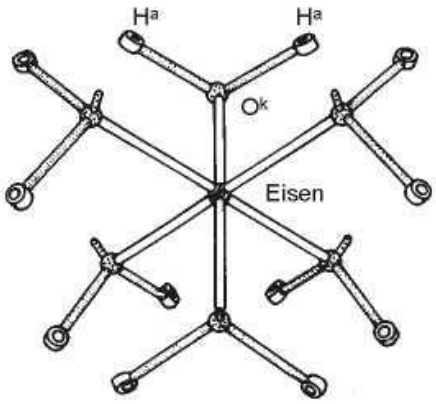


Abbildung 4

Komplex-Ionen

Wasser ist deshalb so ein gutes Lösemittel für ionische Stoffe, weil es Bindungen mit Ionen eingehen kann (siehe Natriumchlorid, Karte 3). Viele Metall-Ionen gehen recht starke Bindungen mit Wasser ein. Nehmen Sie einen sechssprossigen Metallkern (silbergrau) und bringen Sie wie in Abbildung 4 sechs Wassermoleküle daran an. Dieses Modell stellt ein Ion wie zum Beispiel $Fe(H_2O)_6^{2+}$ dar, oft abgekürzt als $Fe^{2+}(aq.)$.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Grundlegende Strukturen

Anmerkungen und Antworten zu den Fragen

Hinweis für den Lehrer: Im Kartensatz "Grundlegende Strukturen" werden Strukturen mit unterschiedlichen Bindungsarten beschreiben. Es wurde nicht der Versuch unternommen, im Text zwischen Ionenbindungen, kovalenten und metallischen Bindungen zu unterscheiden, da der Autor der Ansicht ist, daß das Thema Bindungen insgesamt auf eine fortgeschrittenere Stufe verschoben werden sollte. Die grünen Halme stellen einfach Linien dar, die benachbarte Atomkerne in einer Struktur verbinden, und nur im Falle kovalenter Strukturen können die Halme als Bindungen betrachtet werden.

Starre weiße Halme werden verwendet, um folgende Bindungsverhältnisse darzustellen:

a. Van der Waalssche Kräfte zwischen Graphitschichten, und
b. Wasserstoffbindungen

Biegsame weiße Halme werden zur Darstellung von Mehrfachbindungen verwendet.

Karte 1

F1 S_8

F2 Die kurzen Schwefelatomketten 'verheddern' sich

F3 Wenn die Flüssigkeit erhitzt wird, bekommt sie eine dunklere Farbe und wird zähflüssiger. Die erhöhte Viskosität (Zähflüssigkeit) ist darauf zurückzuführen, daß die Ketten sich miteinander verbinden und sich mehr 'verheddern'. Eine weitere Erhitzung führt dazu, daß die Flüssigkeit wieder dünnflüssiger wird: die Ketten brechen jetzt auseinander, das heißt sie werden kürzer, und sie werden gleichzeitig beweglicher aufgrund der erhöhten kinetischen Bewegung der Moleküle.

F4 Die verhedderten Ketten werden etwas länger, da sie beim Strecken in einem gewissen Maß gerade gezogen werden. Auch tendieren sie dazu, aneinander entlangzurutschen, so daß die ursprüngliche Form nicht wiederhergestellt wird, wenn die Ziehkraft aufhört.

F5 Die Atome ordnen sich allmählich wieder in Form von S_8-Ringen an. Diese Ringe bilden mikroskopische Kristalle orthorhombischen Schwefels. Dieser Prozeß dauert bei Raumtemperatur mehrere Stunden.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Karte 2

F1 Tetraederförmig

F2 Graphit ist ein schuppenförmiger Stoff, weil die Lagen in seinem Gefüge nur durch relativ schwache Van der Waalssche Kräfte verbunden sind und übereinanderrutschen können.

F3 Unter extremem Druck verwandelt sich Graphit in Diamant. Bei der Untersuchung der Diamantstruktur kommt zum Vorschein, daß es Sechseck-Schichten innerhalb der tetraederförmigen Anordnung gibt. Dieser Punkt wird in der Gitter-Broschüre in Abschnitt 2 umfassender erklärt.

Karte 2A

F1 Ein Glas bricht im Gegensatz zu einem Kristall entlang bogenförmiger Linien. Normales Glas ist bei der Herstellung amorph. In gehärtetem Glas ist ein gewisser Grad an Kristallinität vorhanden, aber auch hier breiten sich die Bruchlinien in beliebiger Richtung aus.

F2 Ein schnelles Zusammenfügen eines Kristallgitters führt fast zwangsläufig zu einer unregelmäßigen Struktur.

Karte 3

F1 Kubisch

Hinweis:

Die für Na^+ (aq) angegebene Struktur und Formel sind nur Näherungswerte. Bei der Formel $Na(H_2O)$# ist keine genau oktaedrische Form nachgewiesen.

Karte 4

Hinweis für den Lehrer:

Der Modellbau kann vereinfacht werden, indem 5 cm lange oder noch längere Halme verwendet werden.

F1 Sechs

F2 Zwölf

F3 Sechs. Dies ist dieselbe Anzahl, wie in einer Atomschicht in einer dichtest gepackten Metallstruktur.

Karte 5

Hinweis für den Lehrer: Im Text dieser Karte wird zur Verwendung von 3,5 cm langen Halmen zur Darstellung von C-H und von C-C Verbindungen geraten. Wenn zwischen kurzen C-H und langen C-C Verbindungen unterschieden werden soll, werden folgende Längen vorgeschlagen: 3,5 cm für die C-H Verbindung und 5,0 cm für die C-C Verbindung.

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com

Karte 6

F1 Ja. Folglich enthält das Monomer eine C=C Doppelbindung.

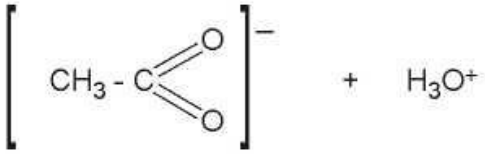
F2 Es ist dünnflüssig (und flüchtig), während das Polymer fest (und nicht flüchtig) war.

Hinweis für den Lehrer:

Für die Darstellung von C-Br Verbindungen können 5 cm lange Halme verwendet werden, falls dies gewünscht wird.

Karte 7

F1 Ein Proton wird von der Ethansäure auf das Wasser übertragen, und es ergibt sich:



Es ist vorzuziehen, die Doppelbindung der Carbonylgruppe wegzulassen; im Acetat-Ion haben beide C-O Verbindungen einen Bindungsgrad von 1?, und dies ist unmöglich mit Halmen darzustellen.

Carte N° 9

Karte 9

Hinweis für den Lehrer: Streng genommen ist die Konfiguration der N-Atome in 1.6-Diaminhexan pyramidenförmig, (N^k mit freier Sprosse) nicht planar. Die planare Konfiguration, N^j, trifft allerdings auf die Verbindung -NH-C(=O)- zu, da hier das freie Elektronenpaar des Stickstoffs delokalisiert ist. Um den Modellbau zu vereinfachen, wird überall die Verwendung von N^j empfohlen.

Karte 10

F1 Die Kräfte müssen relativ groß sein. Wasserstoffbindungen sind vorhanden.

Vom selben Autor und als Ergänzung dieser Karten erschienen:

Organische und anorganische Chemie, Atombausatz und Broschüre für die Oberstufe

Gitter, Atombausatz und Broschüre für die Oberstufe

Biochemie, Atombausatz und Broschüre für die Oberstufe

© Alle Rechte vorbehalten – web: www.conatex.com – Email: info@conatex.com