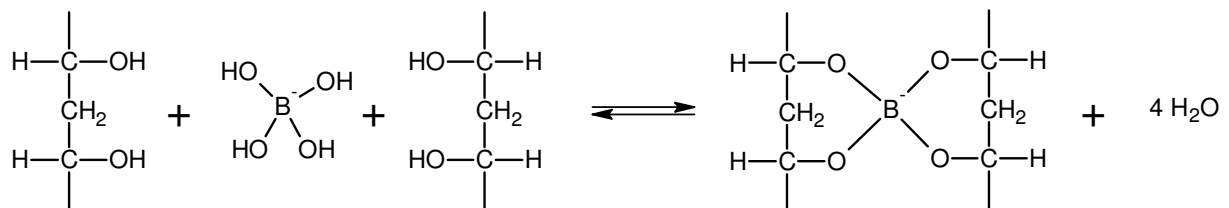


Versuchsprotokoll

Springende Bällchen

Gruppe 13, Typ: Assiversuch

1. Reaktionsgleichung



2. Zeitbedarf

	Teil 1
Vorbereitung	2 min
Durchführung	5 min
Nachbearbeitung	1 min

3. Chemikalien

Name	Summenformel	Gefahrensymbol	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
Borax	Na ₂ B ₄ O ₇	Xn	-	24, 25	S I
Wasser	H ₂ O	-	-	-	S I
Ponal	-	-	-	-	S I

Gefahrensymbole



4. Materialien/Geräte

Porzellanschale, Teelöffel,

5. Versuchsaufbau

(vergessen Fotos zu machen)

6. Versuchsdurchführung

Man gibt in die Porzellanschale eine kleine Spatelspitze Borax und verrührt dieses in einem Teelöffel Wasser. Nun gibt man einen halben Teelöffel Ponal hinzu und knetet dieses ein, bis ein zähe Masse entstanden ist. Anschließend nimmt man die zähe Masse zwischen die Finger und knetet diese zu einer Kugel, die man schließlich auf den Boden wirft.

7. Beobachtung

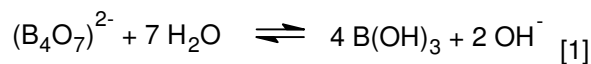
Das Borax löst sich nicht ganz vollständig in dem Wasser. Gibt man das weiße zähflüssige Ponal hinzu und knetet dieses ein, entsteht schon nach wenigen Sekunden eine weiße zähe Masse, die nach einigem Kneten und Formen zu einer Kugel in der Hand härter wird. Wirft man die Kugel auf den Boden, springt sie einige Zentimeter hoch.

8. Entsorgung

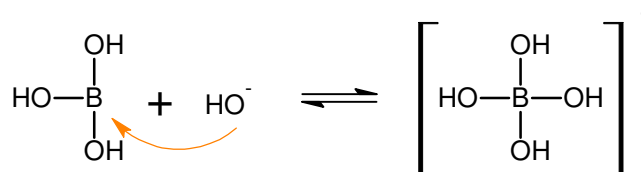
Das springende Bällchen wird im Haushaltsmüll entsorgt.

9. Fachliche Analyse

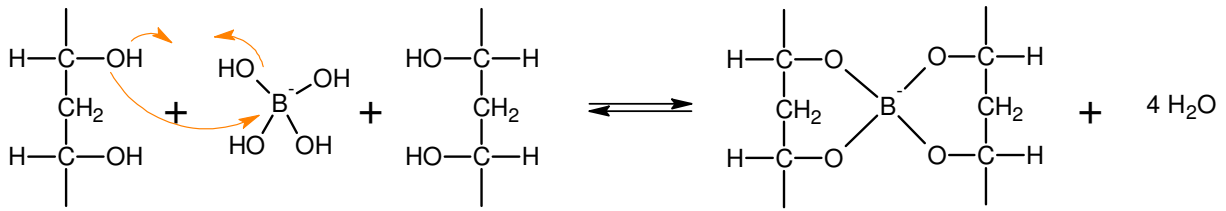
Borax ist in kaltem Wasser nicht gut löslich. Die beiden Substanzen reagieren zu Borsäure und zwei Hydroxid-Ionen.



Die entstandene Borsäure addiert eine der beiden Hydroxid-Gruppen und es bildet sich das Anion $[\text{B}(\text{OH})_4]^-$.



Ponal besteht hauptsächlich aus Polyvinylacetat, enthält aber auch Polyvinylalkohol. Dieser wird in einer Kondensationsreaktion durch das Bor-Anion vernetzt. Die Hydroxy-Gruppe des Bor-Anions spaltet sich vom Bor-Atom ab und bildet mit dem Wasserstoffatom der Hydroxy-Gruppe des Polyvinylalkohols Wasser. Das übrig bleibende Sauerstoffatom greift hingegen das Bor-Atom an. (Die Struktur von Polyvinylalkohol variiert stark. Deshalb wird die Reaktion hier an einem Beispiel vorgestellt).



Das so entstandene Raumnetzwerk ist in Wasser nicht mehr löslich. Es handelt sich um ein Elastomer, also einen Kunststoff, der bei niedrigen Temperaturen hart und teilweise spröde ist, bei Raumtemperatur jedoch weich und elastisch. Bei einwirkenden Kräften (Druck oder Zug) verändern Elastomere ihre Form, kehren anschließend jedoch wieder in ihren Ausgangszustand zurück. Die Moleküle innerhalb dieses Kunststoffes sind weitmaschig vernetzt und liegen in einer Art Knäuel vor.

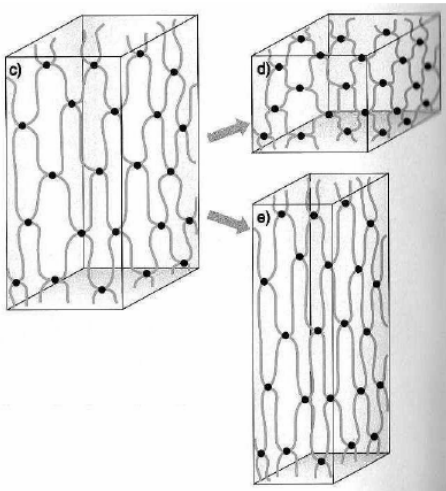


Abb. 1: Strukturen eines c) Elastomeren, d) eines Elastomeren bei Druck und e) eines Elastomeren bei Zug^[2]

Die Reaktion, nach der das springende Bällchen entsteht, wird als Polykondensation bezeichnet. Beide beteiligten Moleküle besitzen mehrere funktionelle Gruppen, in diesem Fall bei beiden die Hydroxid-Gruppen. In einer Kondensationsreaktion wird Wasser freigesetzt. Die Polykondensation zeichnet sich durch das Abspalten kleinerer Moleküle aus, was heißt, dass die Monomere mindestens zwei funktionelle Gruppen besitzen müssen, um mindestens eine lineare Ketten bilden zu können. Bei mehr als zwei funktionellen Gruppen entstehen verzweigte oder vernetzte Polymere. Eines der bekanntesten Reaktionsprodukte der Polykondensation ist Nylon.

Bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts standen dem Menschen nur die Naturstoffe wie z.B. Holz und Leinen für Werkzeuge und anderen Gebrauchsgegenstände zur Verfügung. Doch schon die Herstellung von Glas und Legierungen zeigt, dass der Mensch sich bemühte Werkstoffe mit bestimmten Eigenschaften zu entwickeln. 1859 pergamentierte man Papier und stellte so *Vulkanfiber*, ein Verbundmaterial für Dichtungen und Maschinenteile her. 1869 entdeckte J.W. Hyatt, dass man aus Cellulosenitrat und Campher das so genannte *Celluloid*, einen Elfenbeinersatz, herstellen kann. Er nutzte es für die Herstellung von Billardkugeln. 1884 wurde *Celluloid* dann von G. Eastman als Trägermaterial für Rollfilme eingesetzt.

Ab 1892 wurde in England durch die Umsetzung von Cellulose mit Natronlauge und Kohlenstoffdisulfid die Textilfaser *Viskose* produziert. Im Laufe der Zeit entwickelte man aus *Viskose* das *Cellophan*, eine dünne und transparente Verpackungsfolie. 1897 wurde aus Casein (Milchweiße) und Formaldehyd *Galalith* hergestellt, was für Knöpfe und Messergriffe verwandt wird. Der erste vollsynthetische Werkstoff wurde 1902 von L.H. Baekeland aus Phenol und Methanal gewonnen, das Bakelit, und ab 1910 als Massenkunststoff produziert. Es wurde vor allem für Radiogehäuse benutzt und da es ein guter Stromisolator ist, fand es als Universalwerkstoff in der Elektroindustrie Anwendung.

Der heute viel verwendete Begriff „Makromoleküle“ wurde um 1920 von H. Staudinger geprägt. Mit der Entwicklung der Petrochemie, die als Grundstoff Kohle und Erdöl benutzt, fand er heraus, dass Kunststoffe hauptsächlich aus langen Kettenmolekülen bestehen, deren Bausteine die Struktureinheiten ihrer Edukte enthalten. Diese Einheiten, aus denen die Makromoleküle, oder auch Polymere genannt, bestehen, werden als Monomere bezeichnet.

Ab 1930 wurden viele neue Kunststoffe entwickelt, so z.B. auch 1933 das Plexiglas durch O. Röhm. Das erste unzerbrechliche Glas entwickelte W.H. Carothers aus Adipinsäure und 1,6-Diaminohexan: *Nylon*, als erste echte Synthesefaser. Ab 1937 wurde das schon 1912 entdeckte Polyvinylchlorid (PVC) im Großmaßstab hergestellt. Die Entwicklung des Polyethens zog sich ähnlich lange hin: bereits 1933 synthetisierte man das Hochdruckpolyethylen (PE-LD) mit einer geringen Dichte (LD für low density), welches weicher ist als das erst 1953 entwickelte Niederdruckpolyethylen mit einer hohen Dichte (HD für high density).

Nach dem zweiten Weltkrieg fand man heraus, dass Kunststoffe in sehr vielen Bereichen einsetzbar sind. Deshalb stieg die Kunststoffproduktion stark an. So z.B. auch die Herstellung von Polyurethanen (PU), die für Schuhsohlen, Lacke und wasserdurchlässige Beschichtungen für Textilien verwendet werden. 1957 wurde außerdem das Polypropylen, welches für Verpackungen und Haushaltsgegenstände benutzt wird, hergestellt. Je nach Bedarf werden immer neue Kunststoffe hergestellt, je nachdem für welchen Anwendungsbereich der Mensch einen neuen Werkstoff sucht.

10. Didaktische Analyse

Dieser Versuch ist in Jahrgangstufe 12 nach G9 einzuordnen unter das Thema „Kohlenstoffchemie II: Technisch und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen“ in dessen Block es auch im synthetische Makromoleküle, also die Kunststoffe geht. Mit diesem Versuch kann der Aufbau von Makromolekülen veranschaulicht werden. Da ein Gegenstand dabei entsteht, den jeder Schüler aus seinen Kindertagen gut kennt, wird der Versuch sicherlich interessanter, als wenn ein Kunststoff hergestellt wird, mit dem die Jugendlichen weniger in Verbindung kommen. Insgesamt dauert der Versuch nicht sehr lange, es werden keine außergewöhnlichen Chemikalien verwendet und er ist sehr leicht durchzuführen. Aus diesen Gründen kann der Versuch auch von den Schülern selber durchgeführt werden. Man kann den Flummi je nach Bedarf auch noch mit Lebensmittelfarbe anfärben.

Das Thema Kunststoffe bietet sich übrigens gut an, um stilleren Schülern eine Gelegenheit zu bieten ihre mündlichen Noten durch ein Referat zu verbessern.

11. Literatur

Versuchsquelle:

[1] Brückmann, J., Arndt, E., Freitag, D., Gerhards, M., *Novitäten bei den Riesen*, Praxis der Naturwissenschaften, 7/56, 2007

Fachquellen:

[2] Chemie heute SI, Baden-Württemberg, Schroedel-Verlag, 2007

[3] Elemente Chemie II, Organische Chemie, 1. Auflage, Klett-Verlag, Stuttgart, 2005, *Geschichte der Kunststoffe*

[4] *Lehrplan Chemie für die Jahrgangsstufen G7 bis G12* des hessischen Kultusministeriums, 2005 (http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2)

[5] Unfallkasse Hesse (UKH), Hessisches Kultusministerium, *Hessisches GefahrstoffInformations System Schule (HessGISS)*, Version 11.0, 2006/2007