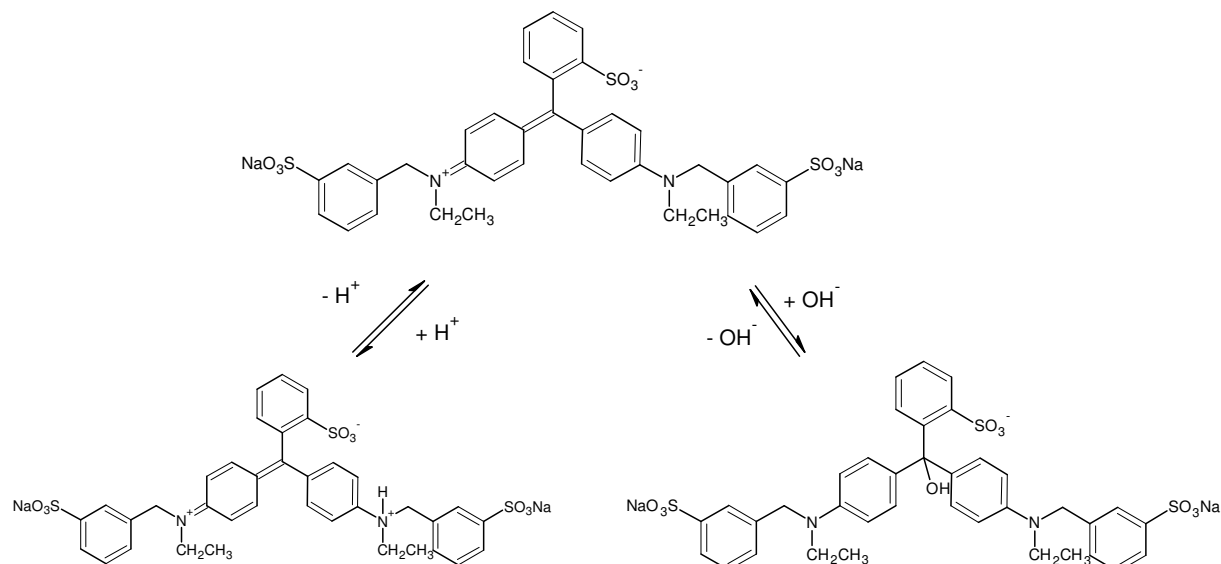


## Versuchsprotokoll

### pH-Abhängigkeit der Getränkfarben

Gruppe 12, Typ: Assiversuch

#### 1. Reaktionsgleichung



#### 2. Zeitbedarf

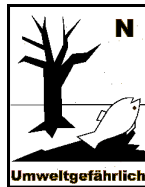
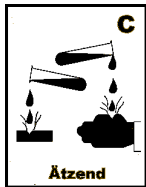
	Teil 1
Vorbereitung	30 min
Durchführung	30 min
Nachbearbeitung	5 min

#### 3. Chemikalien

Name	Summenformel	Gefahrensymbol	R-Sätze	S-Sätze	Einsatz in der Schule
Salzsäure (w = 0,37)	HCl	C	34, 37	26, 45	S I
Salzsäure (c = 1 mol/L)	HCl	-	-	-	S I
Essigsäure (c = 1 mol/L)	CH <sub>3</sub> COOH	-	-	-	S I

Wasser	H <sub>2</sub> O	-	-	-	S I
Ammoniak (w = 0,25)	NH <sub>3</sub>	C, N	34, 50	26, 36/37/39, 45, 61	S I
Natronlauge (c = 1 mol/L)	NaOH	C	34	26, 37/39, 45	S I
Brillantblau FCF	C <sub>37</sub> H <sub>34</sub> N <sub>2</sub> Na <sub>2</sub> O <sub>9</sub> S <sub>3</sub>	Xn	33	24/25	S I
Iso...	-	-	-	-	S I
Orange-Drink	-	-	-	-	S I
ACE-Drink	-	-	-	-	S I
Apfel-Kirsch- Drink	-	-	-	-	S I
Apfel-Zitrone- Pflaume-Drink	-	-	-	-	S I

### Gefahrensymbole



### 4. Materialien/Geräte

Reagenzglasständer, 42 Reagenzgläser, 12 Bechergläser, 6 Pipetten

### 5. Versuchsaufbau

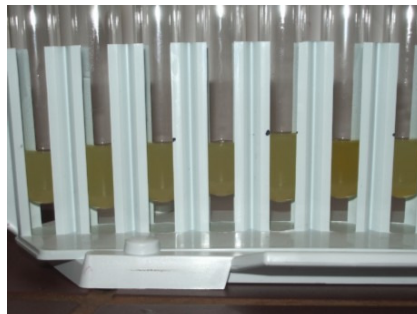


Abb. 1: Es werden sieben Reagenzgläser mit 3 mL Getränk befüllt. Das linke Reagenzglas verbleibt als Vergleichsprobe, die anderen werden je mit einem der sechs Reagenzien befüllt.

### 6. Versuchsdurchführung

Man gibt je 2-3 mL von jedem der fünf Getränke in jeweils 7 Reagenzgläser und versetzt je eine Probe mit je 3 Tropfen Salzsäure (W = 36 %), Salzsäure (c = 1 mol/L), Essigsäure (c = 1 mol/L), Wasser, Ammoniak (w = 25 %) und Natronlauge (c = 1 mol/L). Das jeweils erste Reagenzglas verbleibt als Vergleichsprobe. Man verfährt mit dem Farbstoff Brillantblau wie mit den Getränken.

## 7. Beobachtung

Bei Zugabe der Reagenzien zeigten sich teilweise Farbänderung, teilweise war jedoch keine Veränderung zu beobachten. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst:

Tabelle 1: Beobachtungen

Getränk	ohne Zusatz	Salzsäure (w = 36 %)	Salzsäure (c = 1 mol/L)	Essigsäure (c = 1 mol/L)	Wasser	Ammoniak (w = 25 %)	Natronlauge (c = 1 mol/L)
Iso-Drink	blass gelb	blass gelb	blass gelb	blass gelb	blass gelb	blass gelb	blass gelb
Orange-Drink	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb
ACE-Drink	orange	orange	orange	orange	orange	orange	orange
Apfel-Kirsch	rot	rot	rot	rot	rot	braun	braun
Apfel-Zitrone-Pflaume	blau	grün	blau	blau	blau	grün	blau
Brillantblau	blau	grün	heller blau	blau	blau	dunkelblau	dunkelblau

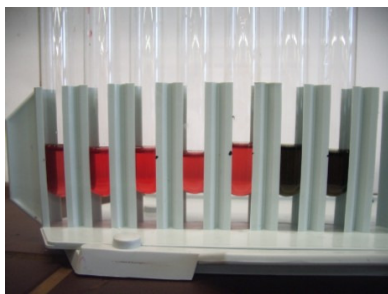


Abb. 2: Apfel-Kirsch Farbänderung in den Reagenzgläser mit Ammoniak und Natronlauge

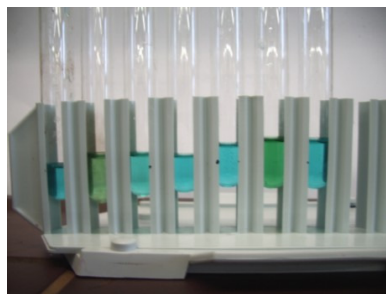


Abb. 3: Apfel-Zitrone-Pflaume Farbänderung in den Reagenzgläser mit konzentrierter Salzsäure und Ammoniak



Abb. 4 Brillantblau Deutliche Farbänderung in den Reagenzgläser mit konzentrierter Salzsäure, Ammoniak und Natronlauge

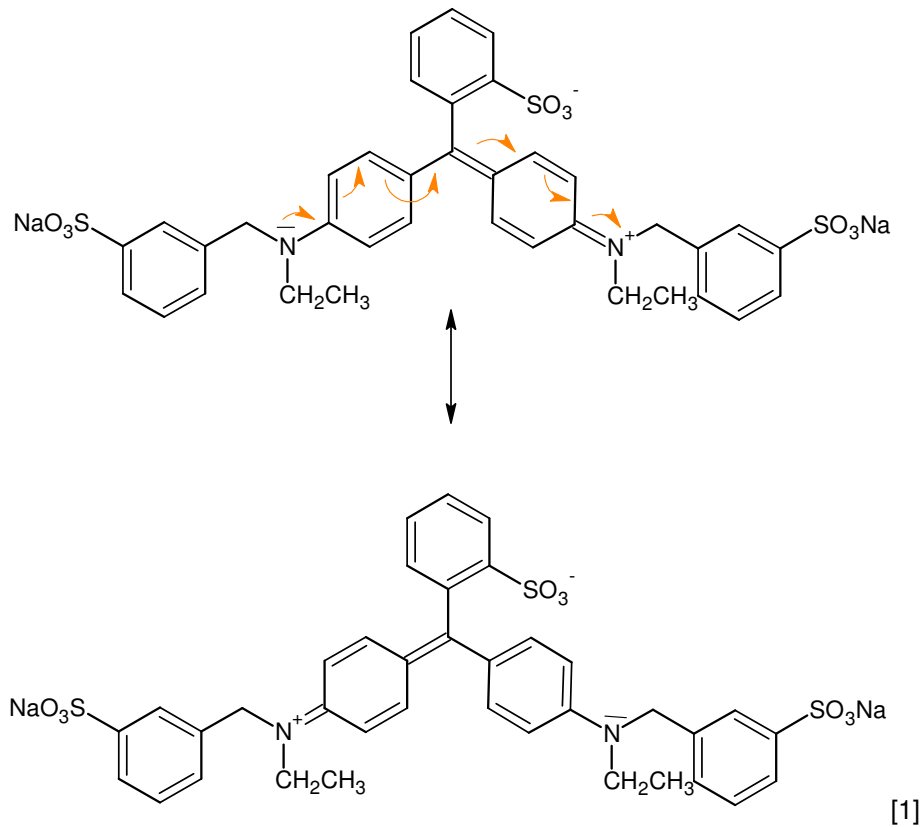
## 8. Entsorgung

Die Lösungen werden neutral im Abguss entsorgt, bis auf diejenigen, die mit Ammoniak-Lösung versetzt wurden. Diese werden in die Schwermetallabfälle gegeben.

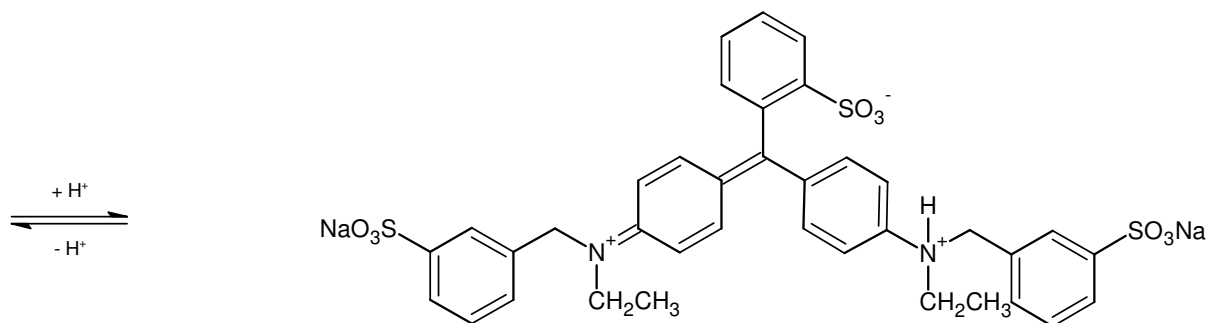
## 9. Fachliche Analyse

Vielen Getränken und Lebensmitteln werden Farbstoffe zugesetzt. Dieser Versuch soll zeigen, ob diese Farbstoffe bei wechselndem pH-Wert ihre Farbe wechseln, also als Indikatoren einsetzbar sind. Als Vergleichsprobe wird in der Vorschrift Brillantblau vorgeschlagen. Dieser Versuch zeigt nur eine deutliche Farbänderung bei dem Apfel-Kirsch-Getränk und dem Apfel-Zitrone-Pflaume-Getränk. Brillantblau zeigt eine deutliche Farbänderung im stark sauren Milieu und eine leichte Farbänderung im ammoniak-alischem und alkalischen Milieu.

Die Struktur des Farbstoffes Brillantblau kann durch zwei mesomere Grenzformeln wieder gegeben werden:

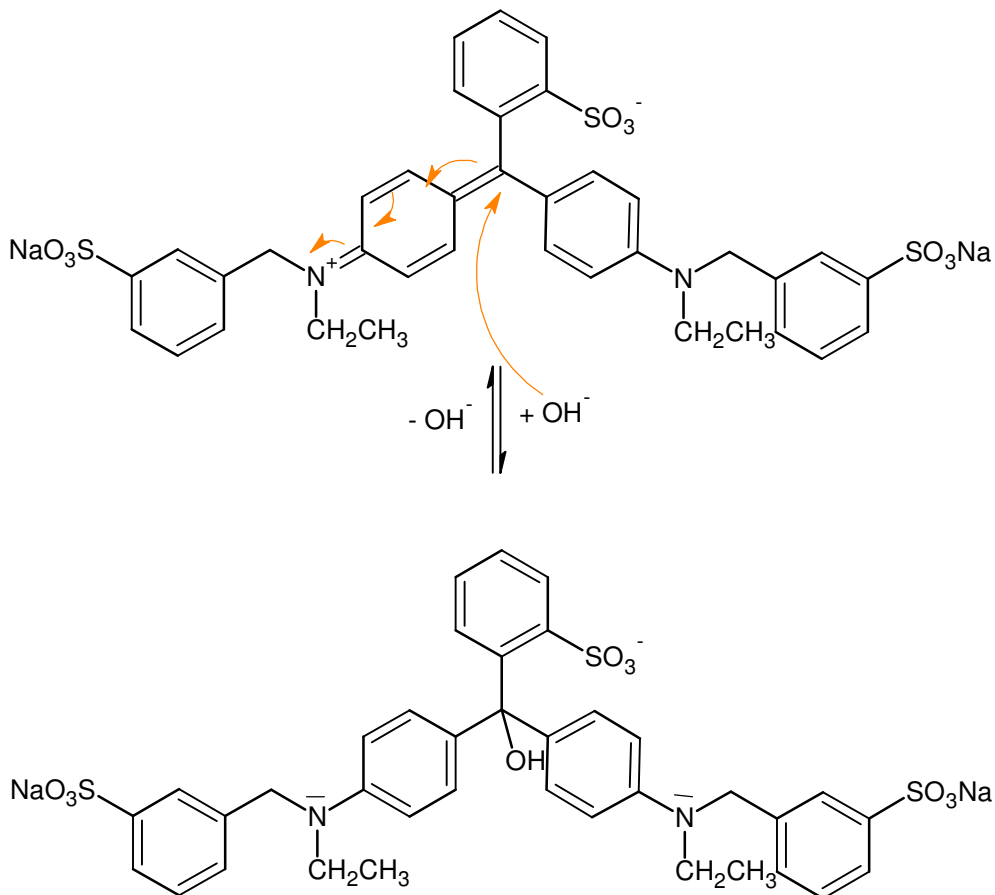


Wird Brillantblau mit Säure versetzt, so greift das Stickstoffatom mit dem freien Elektronenpaar das Wasserstoffatom an und bindet dieses.

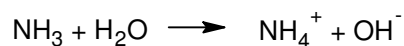


Das Stickstoffatom ist nun vierbindig und positiv geladen. Dadurch erstreckt sich die Mesomerie nicht mehr über das ganze Molekül, sondern reduziert sich auf das chinoide System. Das Absorptionsspektrum verschiebt sich dementsprechend in den kurzwelligen Bereich, wodurch die Farbänderung von blau nach grün zu erklären ist.

Im alkalischen Milieu greift das Sauerstoffatom der Hydroxid-Gruppe das zentrale Kohlenstoffatom des Triphenylmethanfarbstoffes Brillantblau an. Dadurch geht die chinoide Struktur verloren und es bildet sich eine benzoide. Auch hier ist die Farbänderung durch eine durch die Strukturänderung hervorgerufene Verschiebung des Absorptionsspektrums in den kürzerwelligen Bereich zu erklären.



Dieselbe Reaktion findet mit der Ammoniak-Lösung statt, denn sobald Ammoniak mit Wasser gemischt wird, welches in großen Mengen in den Getränken vorkommt, bilden sich Hydroxid-Ionen.



Da die Konzentration des Ammoniaks weit höher ist als die der Natronlauge, zeigt sich bei dem Apfel-Zitrone-Pflaume-Getränk beim Versetzen mit Ammoniak eine Farbänderung, beim Versetzen mit Natronlauge jedoch nicht. Im Vergleich dazu zeigt sich jedoch bei dem Apfel-Kirsch-Getränk auch eine Farbänderung beim Versetzen mit der Natronlauge. Schaut man sich die Inhaltsstoffe der beiden Getränke an, so fällt auf, dass das Apfel-Zitrone-Pflaume-Getränk den Farbstoff Brillantblau enthält, bei dem Apfel-Kirsch-Getränk jedoch angeblich keine Farbstoffe enthalten sind. Es lässt sich also nicht sagen welche Substanz für die Färbung des roten Getränkes beim Versetzen mit Ammoniak und Natronlauge verantwortlich ist. Beim Apfel-Zitrone-Pflaume-Getränk ist es hingegen eindeutig der Triphenylmethanfarbstoff Brillantblau.

Vor allem Lebens- und Genussmittel, die von Kindern konsumiert werden, werden Farbstoffe zugesetzt. Schon in der Zeit des Altertums färbte man Lebensmittel an. Hierfür benutzte man Pflanzenfarbstoffe. Im Mittelalter wurden schließlich auch Mineralfarben wie Ultramarin (schwefelhaltiges Natriumaluminiumsilicat) und Bleipigmente benutzt. Erst Ende des 19. Jahrhunderts

fand man heraus, dass viele dieser bisher benutzten Farbstoffe toxisch wirken oder Allergien hervorrufen. Deshalb wurde ihr Einsatz verboten. 1887 traten vermehrt Vergiftungsfälle auf. Aus diesem Grund beschloss man eine gesetzliche Regelung, die genau vorschrieb welche Lebensmittelfarbstoffe verwendet werden durften und welche nicht. Heute muss jedes Produkt, das solche Farbstoffe enthält entsprechend ausgezeichnet werden. Wenn auch die heute erlaubten Farbstoffe nicht toxisch sind, so rufen sie dennoch bei einigen Menschen Allergien hervor. Die meisten werden zwar über den Harn ausgeschieden, einige werden im Darm jedoch gespalten und zu Aminen reduziert, worauf einige Menschen sehr empfindlich reagieren. Deshalb wurden alle erlaubten Lebensmittelfarbstoffe mit E-Nummern versehen, die angeben, um welchen Farbstoff es sich handelt. Man unterscheidet synthetische und natürliche Farbstoffe. Chlorophylle, Anthocyane und die Carotine gehören z.B. zu den natürlichen Farbstoffen. Die meisten synthetischen Farbstoffe sind Azofarbstoffe, die durch Anfügen von Sulfonsäuregruppen wasserlöslich gemacht werden.

Lebensmitteln werden natürlich nicht nur Farbstoffe, sondern auch andere Zusatzstoffe, z.B. für die Konservierung, zugesetzt. Auch diese Substanzen sind in den E-Nummern aufgeführt. Für die Bewertung ihrer Toxizität gibt es den ADI-Wert (acceptable daily intake). Er beschreibt die Menge, die der Mensch täglich zu sich nehmen kann, ohne sich oder seine Nachkommen zu gefährden.

In diesem Versuch wurde gezeigt, dass der Lebensmittelfarbstoff Brillantblau (ein Triphenylmethanfarbstoff) auch als Indikatorfarbstoff verwendet werden kann. Dies beruht darauf, dass sich in den mesomeren Grenzformeln ein negativer Ladungsschwerpunkt an dem Stickstoffatom ergibt, welches am weitesten von den Elektronen liefernden Substituenten entfernt ist. Dieses Stickstoffatom kann gut protoniert werden. Dadurch verändert sich das Chromophor und entsprechend auch die Farbe.

Die Farbigkeit von Stoffen beruht immer auf den gleichen physikalisch-chemischen Gesetzmäßigkeiten. Sie entsteht, wenn ein Lichtquant einer bestimmten Energie aus dem sichtbaren Teil des Spektrums von einem Molekül absorbiert („aufgenommen“) wird. Wenn die Absorption dann stattfindet, wenn das so genannte polychromatische Licht, also Licht, das das ganze elektromagnetische Wellenspektrum umfasst, auf die Substanz trifft, so erscheint die Substanz in der Komplementärfarbe. Chlorophyll z.B. erscheint grün, weil es das rote Licht absorbiert. Moleküle absorbieren dann Licht, wenn die Energie des Lichtquants genau der Energiedifferenz zwischen dem höchsten besetzten Molekülorbital (HOMO) und einem nicht mit Elektronen besetzten Energiezustand bzw. Orbital entspricht. Durch die Energie  $h\nu$  wird das Elektron dann angeregt, also in den höheren Energiezustand angehoben.

Die Energie des sichtbaren Lichts entspricht genau dem Betrag, der notwendig ist, um delokalisierte  $\pi$ -Elektronen mit konjugierten Doppelbindungen vom HOMO zum LUMO (niedrigstes unbesetztes Molekülorbital) anzuregen. Moleküle mit Doppelbindungen, die nicht konjugiert sind, erscheinen demnach farblos, weil der Abstand zwischen LUMO und HOMO zu groß ist. Je größer die Anzahl der  $\pi$ -Elektronen in einem Molekül ist, umso weiter verschiebt sich die Lichtabsorption vom blauen in den roten Spektralbereich.

## 10. Didaktische Analyse

Nach dem Lehrplan für G9 kann dieser Versuch der Jahrgangstufe 13 (GK und LK) zugeordnet werden. Dort geht es um „Das chemische Gleichgewicht“, also auch um Säure-Base-Indikatoren. Die Schüler sollten in diesem Alter wissen was eine Säure und was eine Base ist. Ebenso sollten sie die Anwendung von Indikatoren kennen. Mit diesem Versuch kann gezeigt werden, dass in einigen Getränken Farbstoffe vorhanden sind, die als Säure-Base-Indikator benutzt werden können. Für den Versuch eignen sich nur stark gefärbte Getränke wie die beiden oben angegebenen oder auch Powerade. Es ist davon abzuraten den Versuch mit mehr als drei verschiedenen Getränken durchzuführen, da die Schüler schnell den Überblick verlieren können. Man könnte zwei Getränke wählen, bei denen die Farbwechsel gut zu beobachten sind und evt. eine Vergleichsprobe hinzu nehmen, die keinen Farbstoffe enthält, und somit keine Veränderung zeigt. Man könnte sich auch überlegen diesen Versuch von den Schülern zu Hause durchführen zu lassen, indem sie die Getränke beispielsweise mit Essigessenz oder Zitronensaft versetzen. Man sollte diese Variante nur vorher ausprobiert haben, damit sichergestellt ist, dass auch etwas zu beobachten ist.

Aufgrund der Menge der Getränke hat der oben beschriebene Versuch sehr lange gedauert. Wenn man sich jedoch auf auserwählte Getränke beschränkt und z.B. auch die stark verdünnte Salzsäure und das Wasser als Reagenzien weg lässt, ist dieser Versuch innerhalb kürzester Zeit durchzuführen. Bunte Getränke gibt es mittlerweile in jedem Supermarkt für wenig Geld zu kaufen und die Reagenzien sollten in jeder Schule vorhanden sein. Außerdem ist der Versuch in jeder Variante von den Schülern selber gut durchzuführen. Die Anwendung von Alltagsmaterialien sorgt sicherlich für angemessenes Interesse der Schüler.

## 11. Literatur

Versuchsquelle:

[1] Dauer, C., Pfeifer, P., Sauer oder alkalisch?, *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, 3/2008, Heft 105

Fachquellen:

[2] *Elemente Chemie II, Organische Chemie*, 1. Auflage, Klett-Verlag, Stuttgart, 2005

[3] *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](http://www.kultusministerium.hessen.de/irj/HKM_Internet?uid=3b43019a-8cc6-1811-f3ef-ef91921321b2))

[4] Fachinformationszentrum Chemie, <http://www.chemgapedia.de> (letzter Zugriff: 21.1.09, 15:09 Uhr)

[5] Mortimer, Charles E., *Chemie*, 7., korrigierte Auflage, Thieme, Stuttgart, 2001

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

[7] Vollhardt, K. Peter C., Schore, Neil E., *Organische Chemie*, Vierte Auflage, Wiley-VCH, Weinheim, 2005

[8] Wikimedia Foundation Inc., <http://de.wikipedia.org> (letzter Zugriff: 21.1.09, 15:09 Uhr)