

# Versuchsprotokoll: Fehling-Glucose




## Zeitaufwand:

Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 10 Minuten

Abbau/Entsorgung: 5 Minuten (bei angesetzten Lösungen)

## Chemikalien:

Chemikalie	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbol	Schul-einsatz
Kupfersulfat-Pentahydrat $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	22-36/38-50/53	22-60-61	 	SI + SII
Kalium-Natrium-Tartrat $\text{K}^+/\text{Na}^+ [\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6]^{2-}$	-	22-24/25	-	SI + SII
Natriumhydroxid NaOH	35	26-37/39-45		SI + SII
Glucose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	-	-		SI + SII

Herstellen der Fehling-Lösungen:

Fehling-1-Lösung: 3,5 g  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  in 50 mL Wasser lösen

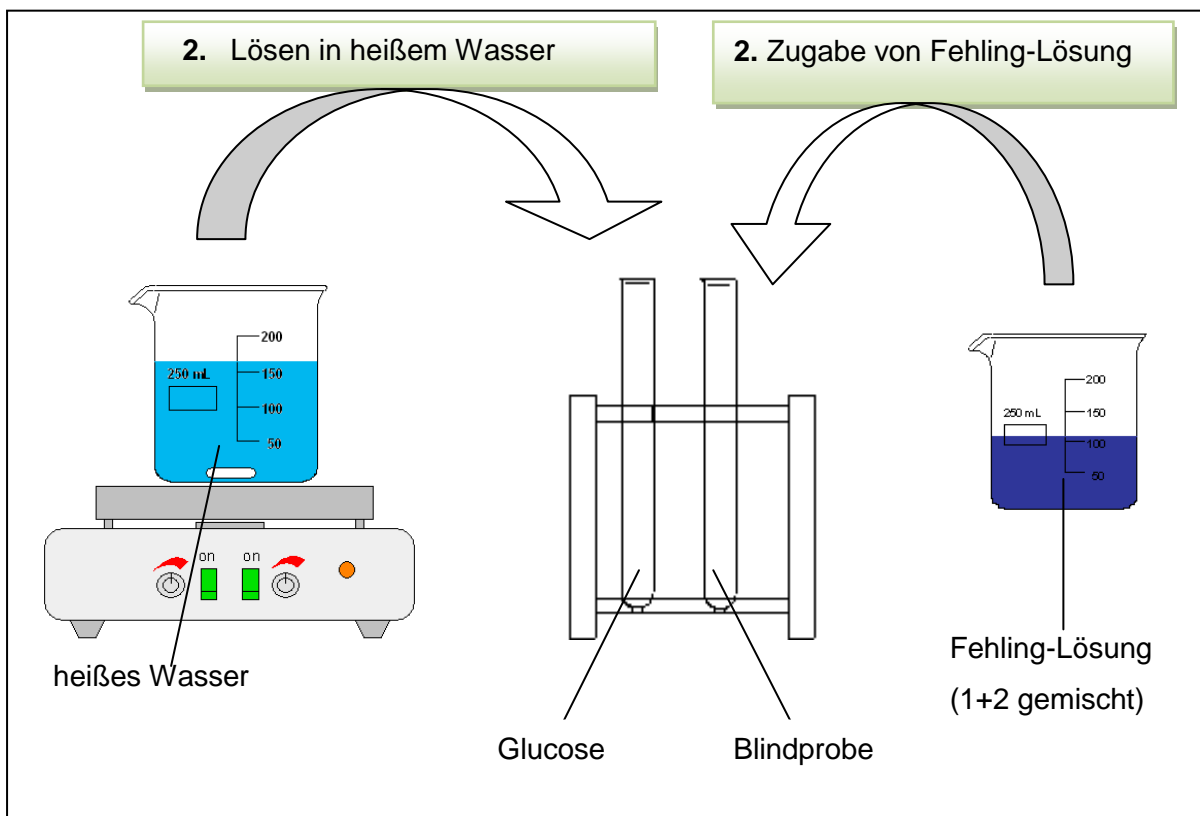
Fehling-2-Lösung: 17,5 g  $\text{K}^+$ -  $\text{Na}^+$ - Tartrat und 6,0 g NaOH in 50 mL Wasser lösen

Unmittelbar vor der Durchführung des Versuchs müssen Fehling-1-Lösung und Fehling-2-Lösung im Verhältnis 1:1 gemischt werden.

**Materialien:**

- Heizplatte
- Becherglas (2x)
- Reagenzgläser (2x)
- Schliffflaschen (2x) (für die Fehling-Lösungen)
- Reagenzglasgestell

**Versuchsaufbau:**



**Abb.1 Aufbau des Versuchs**

**Durchführung:**

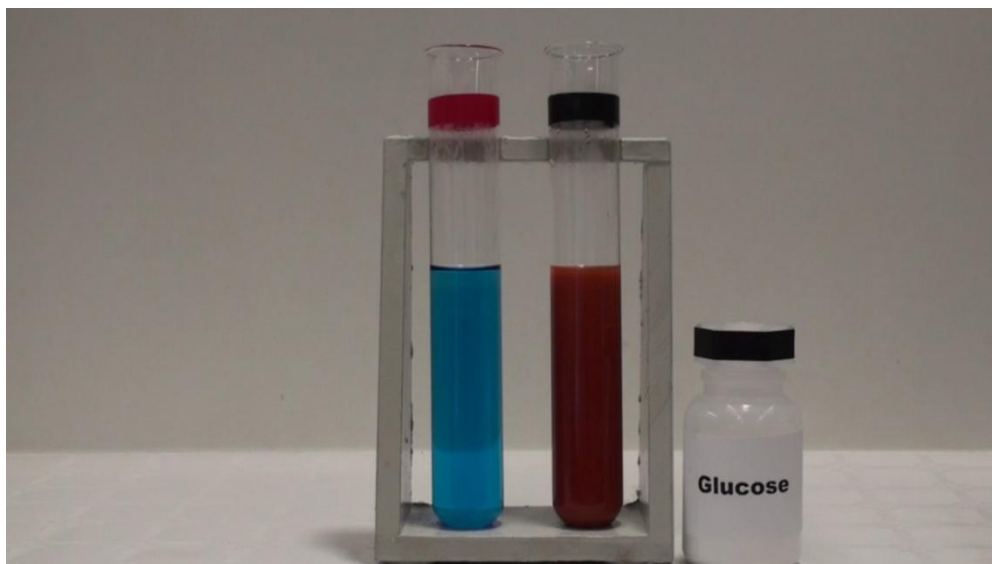
In eines der beiden Reagenzgläser wird etwas Glucose gegeben. Das zweite Reagenzglas bleibt leer und dient im diesem Versuch als Blindprobe. In beide Reagenzgläser wird nun heißes Wasser gefüllt und die Probe anschließend geschüttelt. Nun können die beiden Flüssigkeiten in den Reagenzgläsern mit Fehling-Lösung untersucht werden. Dazu werden zu den zu untersuchenden Lösungen 5-10 mL der zuvor gemischten Fehling-Lösung gegeben.

Sicherer ist es mit kalten Lösungen zu arbeiten und diese dann in ein warmes Wasserbad zu stellen. Die oben genannte Variante eignete sich jedoch besser zum Filmen.

**Entsorgung:**

Die mit Fehling-Lösung untersuchten Zuckerlösungen werden neutral in den Schwermetallabfall entsorgt.

**Beobachtung:**



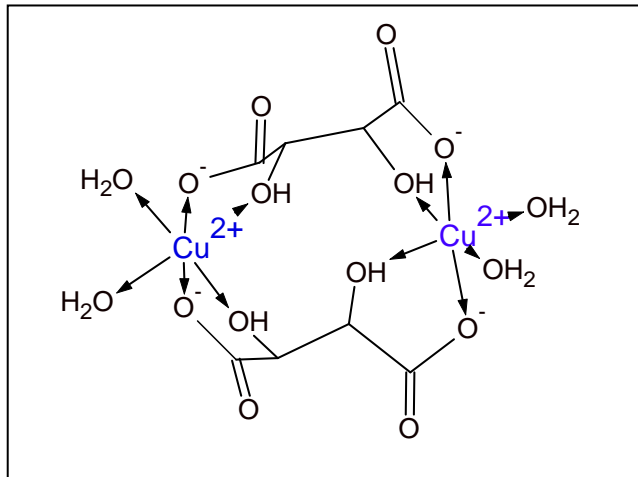
**Abb.2 Beobachtung des Versuchs**

Die Lösung von Glucose färbt sich nach der Zugabe von Fehling-Lösung von blau über gelblich-braun nach orange-rot, während bei der Blindprobe keine Farbveränderung zu erkennen ist.

**Auswertung:**

## 1. Fehling-Probe

Der Nachweis der Fehling-Probe beruht auf der leichten Oxidierbarkeit von Aldehyden, die durch Fehling-Reagenz zu Carbonsäuren oxidiert werden. Um die Aldehyd-Gruppe zu oxidieren, sind sowohl Kupfer(II)-Ionen wie auch Hydroxid-Ionen nötig. Es kann aber nicht mit alkalischen Kupfersalzlösungen gearbeitet werden, da in solchen Lösungen Kupferhydroxid ausfallen würde. Aus diesem Grund werden den Kupfer-Ionen der Fehling-2-Lösung Tartrat-Ionen zugegeben. Tartrat ist das Salz der Weinsäure. Zwei Tartrat-Ionen sind dazu in der Lage, zwei Kupfer(II)-Ionen zu komplexieren (s. Abb.3).<sup>1</sup>

Abb.3 Kupfer<sup>2+</sup>-Tartrat-Komplex

Dieser Komplex ist auch für die blaue Farbe des Gemisches der beiden Fehling-Lösungen verantwortlich. Es handelt sich dabei um Charge-Transfer-Komplexe zwischen den Kupfer-Ionen und den Tartrat-Ionen in dem entstandenen Komplex.<sup>2</sup>

Werden die Kupfer(II)-Ionen im Laufe der Reaktion jedoch zu Kupfer(I) reduziert, so können die Kupfer(I)-Ionen nicht mehr durch die Tartrat-Ionen komplexiert werden und es entsteht ein roter Cu<sub>2</sub>O-Niederschlag.

<sup>1</sup> RÖMPP Online, Stichwort "Fehlingsche Lösung" (letzter Zugriff 12.02.10)

<sup>2</sup> Holleman A. F. & Wiberg, E. (1995) S.1335

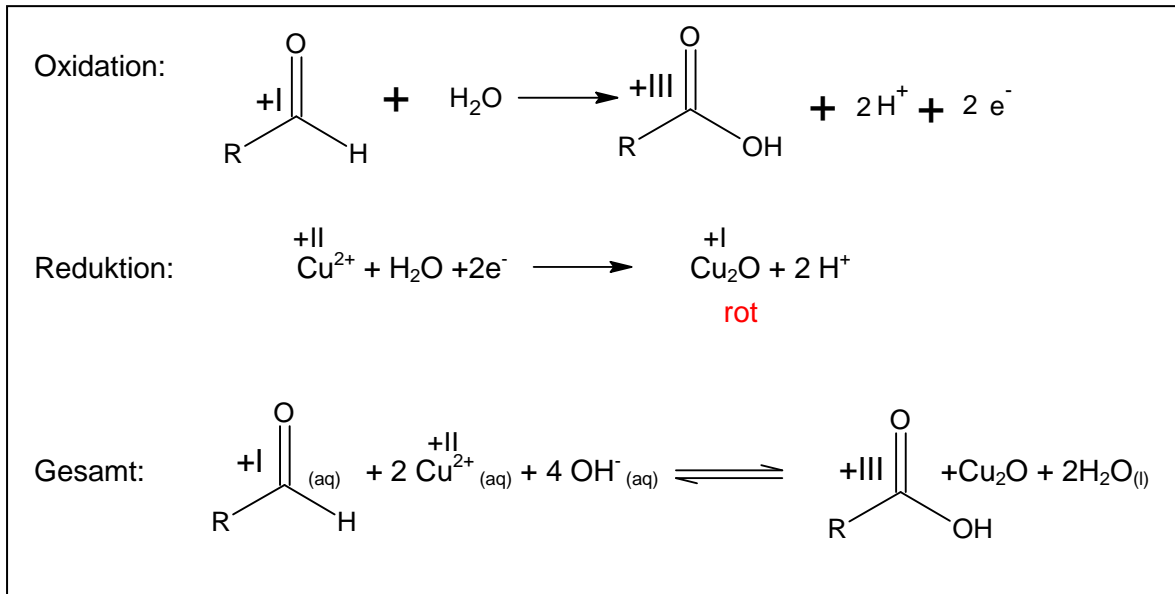


Abb.4 Ablaufende Redoxreaktion der Fehling-Probe

## 2. Warum ist der Nachweis mit Glucose positiv?

Wie bereits beschrieben und an den Reaktionsgleichungen erkennbar, ist für den positiven Nachweis der Zucker das Vorliegen einer Aldehydfunktion entscheidend. Wie durch Röntgenstrukturanalysen bewiesen wurde, kristallisiert Glucose ausschließlich als  $\alpha$ -D-Glucose aus.<sup>3</sup> In dieser ringförmigen Glucose existiert keine Aldehydgruppe und der Nachweis würde negativ ausfallen. Wird die Glucose jedoch in Lösung gegeben, so stellt sich ein Gleichgewicht zwischen  $\alpha$ - und  $\beta$ -Form der ringförmigen Glucose, sowie einer kleinen Menge des offenkettigen Aldehyds ein.<sup>4</sup>

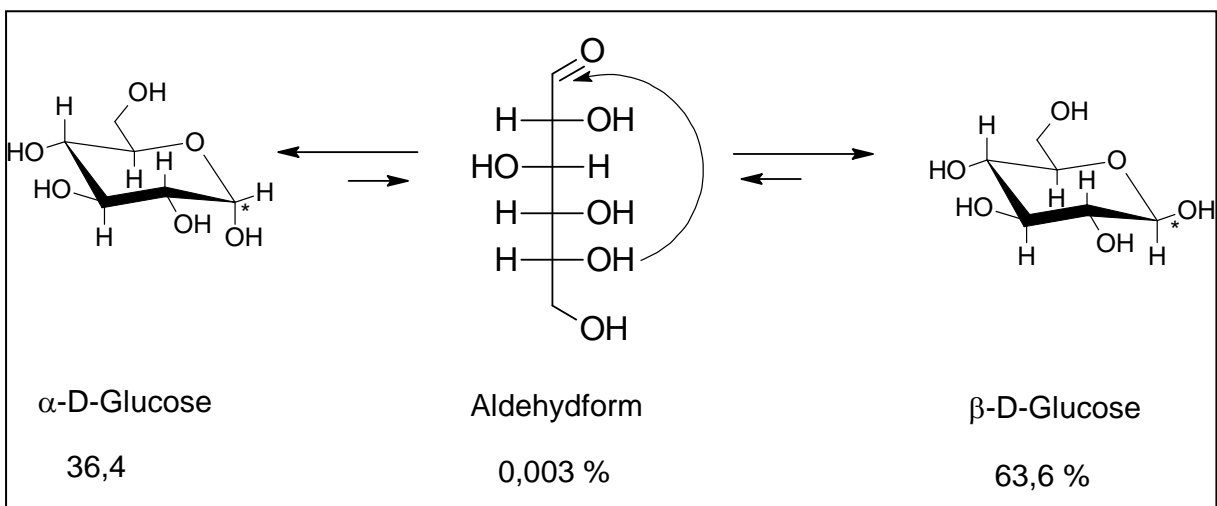


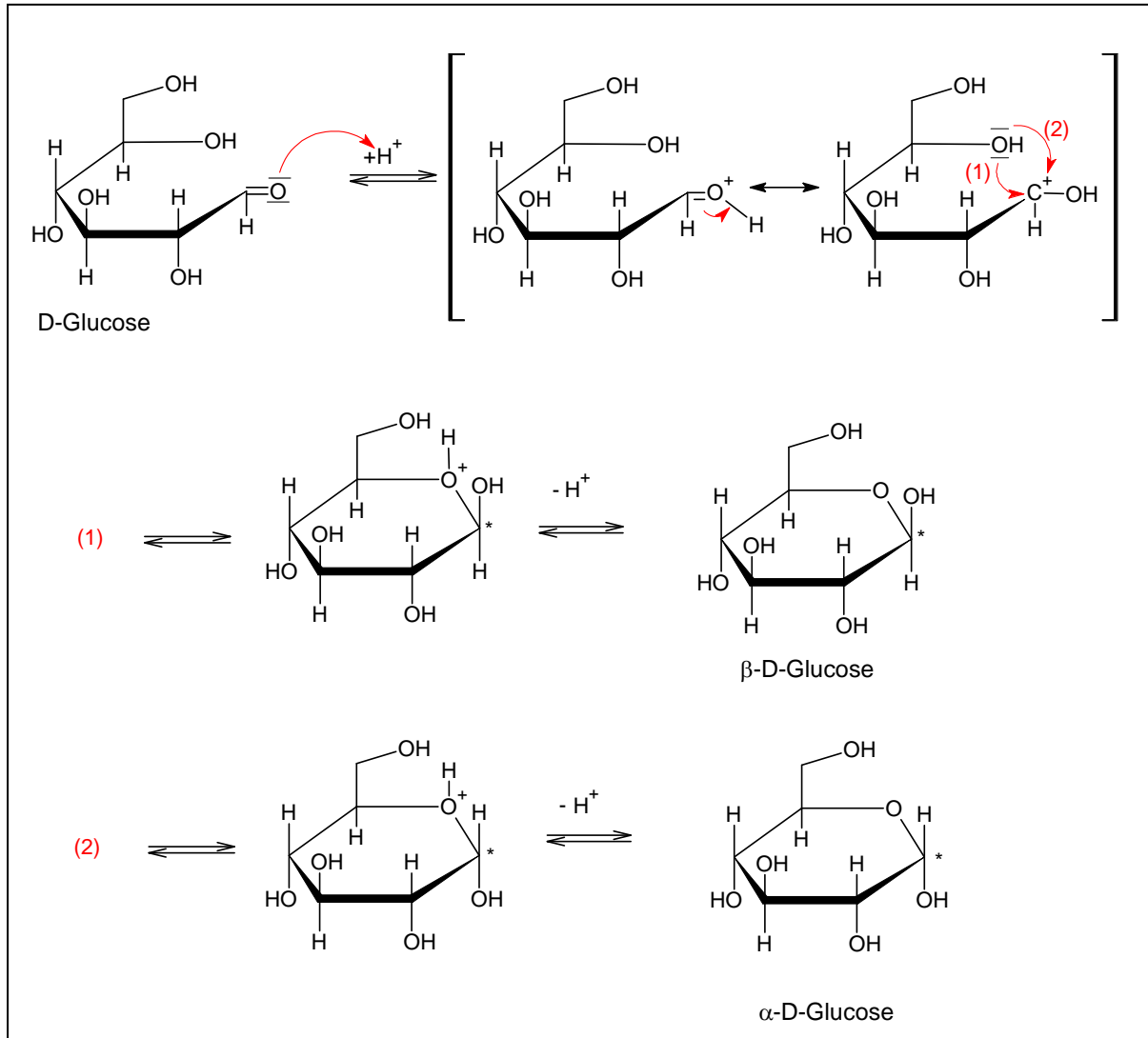
Abb.5 Die drei in Lösung vorkommenden Konformationen der Glucose

<sup>3</sup> Vollhardt, K.P.C. & Schore, N.E. (2005) S. 1267

<sup>4</sup> Vollhardt, K.P.C. & Schore, N.E. (2005) S. 1268

Wie in *Abb. 5* zu erkennen ist, kommt in Lösung auch das offenkettige Aldehyd zu einem geringen Anteil von 0,003 % vor. Dieser geringe Anteil an offenkettiger Glucose reicht für den positiven Fehling-Nachweis von Glucose aus, da nach der Oxidation dieses Aldehyds zur Carbonsäure nach dem Prinzip von Le Chatelier weitere ringförmige Glucose in die offenkettige Aldehydform übergeht.

Der Mechanismus, nach der die ringförmige Glucose gebildet wird, ist der einer reversiblen cyclischen Halbacetalbildung.<sup>5</sup>



**Abb.6 Cyclische Halbacetalbildung am Beispiel Glucose**

<sup>5</sup> Bruce, P.Y. (2007) S. 935

Abb.6 zeigt, dass der nucleophile Angriff des Sauerstoffatoms von zwei Seiten erfolgen kann, wodurch sowohl  $\alpha$ - als auch  $\beta$ -D-Glucose entstehen kann.

Diese zyklischen Halbacetale sind stabiler als die Hydroxycarbonylverbindungen, aus denen sie gebildet wurden. Trotzdem handelt es sich bei der Bildung von intramolekularen Halbacetalen, wie oben beschrieben, um eine Gleichgewichtsreaktion, weshalb der Zucker zu einem kleinen Anteil auch in der offenkettigen Form vorliegt.

In der Reaktion mit dem Fehling-Reagenz wird nun diese offenkettige Form der Glucose zur Gluconsäure oxidiert (Abb.7).

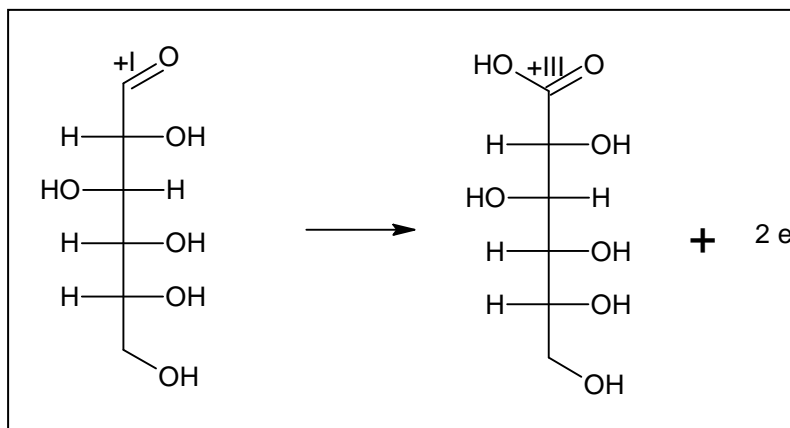


Abb. 7 Oxidation der Glucose zur Gluconsäure

**Didaktische Auswertung:**

**Einordnung in den Lehrplan:**

Im Lehrplan ist dieser Versuch in der Qualifikationsphase im Bereich „Kohlenstoffchemie II: Technisch und biologisch wichtige Kohlenstoffverbindungen“ einzuordnen. In diesem Bereich ist das Thema Kohlenhydrate ein genannter Schwerpunkt. Unter anderem soll auch auf Nachweisreaktionen der Kohlenhydrate eingegangen werden.

Die Fehling-Probe könnte schon im Bereich „Kohlenstoffchemie I: Kohlenstoffverbindungen und funktionelle Gruppen“ beim Thema Carbonylverbindungen/Alkanale behandelt werden. Zum Verständnis dieser Nachweisreaktion ist das Verstehen von Redoxreaktionen, die in der Einführungsphase E1 als fakultativer Unterrichtsinhalt behandelt werden, Voraussetzung.

**Einordnung des Versuchs:**

Der apparative Aufwand dieses Versuchs ist relativ gering, die Durchführung ist einfach und auch die verwendeten Chemikalien müssten an der Schule vorhanden sein. Laut „Hess-Giss“-Datenbank dürfen alle verwendeten Chemikalien uneingeschränkt von den Schülern

verwendet werden, so dass dieser Versuch auch als Schülerversuch durchgeführt werden kann.

Mit diesem Versuch der Fehling-Probe an dem Monosaccharid Glucose kann für die Schüler eine Brücke zwischen einem Nachweis einer bekannten funktionellen Gruppe, den Aldehyden und dem „neuen“ Stoff Glucose geschlagen werden. So kann anhand dieses Versuchs die Struktur von Zuckermolekülen erarbeitet werden. Des Weiteren kann anhand dieses Versuchs das Thema Redoxchemie wiederholt und gefestigt werden.

#### Literaturangaben:

*Bruice, P.Y. (2007). Organische Chemie (5. Auflage). München: Pearson Education Deutschland GmbH.*

*Mortimer C.E. & Müller U. (2003). Das Basiswissen der Chemie (8. Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.*

*Vollhardt, K.P.C. & Schore, N.E. (2005). Organische Chemie (4. Auflage). Weinheim: Wiley-VCH GmbH & Co KGaA.*

Elektronische Quellen:

*Hessisches Gefahrstoffinformationssystem Schule „HessGISS“- 2008/2009, Version 13.0*

#### Abbildungsverzeichnis:

Alle Abbildungen dieses Protokolls wurden selbst angefertigt.