



# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Komplexchemie – zu komplex für den Lehrplan?*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



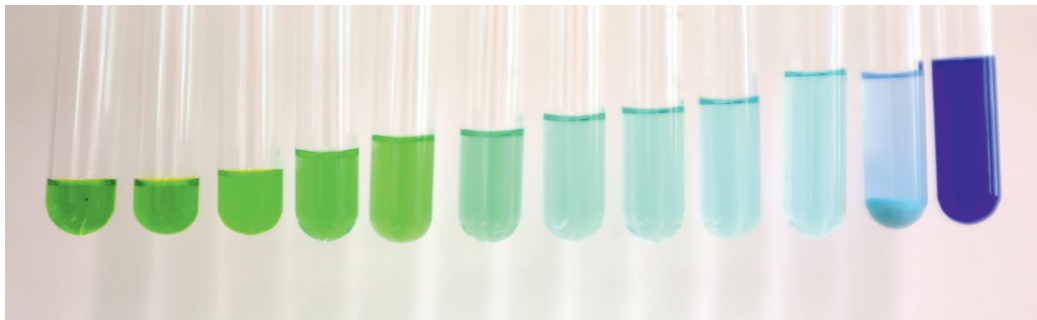
## II.G.2

### Komplexchemie

# Komplexchemie – zu komplex für den Lehrplan?

Ein Beitrag von Jochen Hermanns und André Fiscoeder-Bierbaum

Illustrationen von Wolfgang Zettlmeier



Im Sommer des Jahres 2019 wurde der Kernlehrplan Chemie SI in NRW für den wiedereingeführten G9-Jahrgang verpflichtend. Ebenso wie im Lehrplan der Sekundarstufe II ist dort die Komplexchemie nicht als obligatorisch vorgesehen. Vermutlich nicht zuletzt aufgrund der häufig giftigen Komplexe, wie die von Nickel und Chrom. Doch eigentlich ist diese Entscheidung als sehr bedauerlich zu bewerten, denn es gibt zum einen viele im Unterricht verwendbare und durchaus schülergeeignete Komplexe wie Kupferkomplexe und Chlorophylle, und zum anderen ist die Bedeutung der Komplexchemie, beispielsweise im Häm, im Chlorophyll oder als Katalysator, nicht von der Hand zu weisen.

---

#### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	8–12
<b>Dauer:</b>	3–4 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	1. Das zur Lösung vorgegebener Aufgaben und Problemstellungen erforderliche chemische Fachwissen eigenständig auswählen, anwenden und neu erworbene chemische Konzepte in vorhandenes Wissen eingliedern und auf variable Problemsituationen übertragen. 2. Hypothesen zu chemischen Fragestellungen auf der Grundlage fachlicher Konzepte formulieren. 3. Bewertungen und Entscheidungen auf Grundlage des chemischen Fachwissens begründen.
<b>Thematische Bereiche:</b>	Bindungsarten, ionische Bindung, kovalente Bindung, Komplexverbindungen, Ligandenaustausch, Häm, Chlorophyll
<b>Medien:</b>	Arbeitsblätter in gestuften Schwierigkeiten, Experimente

---

## Hintergrundinformationen

Die Komplexchemieverbindungen besitzen eine große Bedeutung für die Biologie (Chelatkomplexe), Technik (Komplekxkatalysatoren) und Forschung. Komplexverbindungen bestehen aus einem meist metallischen Zentralteilchen. Dies kann sowohl ein ungeladenes Metall-Atom als auch ein positiv geladenes Metall-Ion (Kation) sein. Um dieses Zentralteilchen sind die sogenannten Liganden symmetrisch angeordnet, welche entweder elektrisch neutral oder negativ (Anionen) geladen sind. Hierbei ist zu beachten, dass das Zentralatom sowohl von gleichen als auch verschiedenen Liganden umgeben sein kann. Auch ist es möglich, dass Komplexverbindungen ebenfalls Komplexe als Bausteine enthalten.

Dieser Beitrag berücksichtigt verschiedene Komplexverbindungen des Kupfers, da dieses Nebengruppenmetall den Schülerinnen und Schülern bereits aus dem vorhergehenden Chemieunterricht bekannt ist (bspw.: Nachweisreaktion von Wasser).

Ein weiterer Bezug zum Chemieunterricht ergibt sich durch die Beschreibung und Analyse der Bindungen der Liganden. Diese scheint zunächst sowohl durch das Konzept der Ionenbindungen (elektrostatische Kräfte zwischen dem positiv geladenen Zentralkation und den negativ geladenen Liganden) als auch durch das Konzept der Elektronenpaarbindungen (Liganden stellen freie Elektronenpaare zur Bindung an das Zentralatom(-kation) zur Verfügung) erfolgen zu können. Der Verlauf der Unterrichtsreihe soll es den Schülerinnen und Schülern ermöglichen, zu erkennen, dass keines der beiden Konzepte die Koordination der Liganden vollständig beschreibt.

## Hinweise zur Didaktik und Methodik

Diese Reihe lässt sich sowohl in der Sek. I als auch in der Sek. II durchführen. In der Sek. I wurde diese Reihe bereits mehrfach getestet, um nach der Einführung der Bindungsarten in der achten Klasse diese vergleichend zu untersuchen. Der Komplexbegriff war dabei mehr ein Nebenprodukt, viele Dinge wurden dazu auch didaktisch reduziert. Jedoch sollte für alle erkennbar sein, dass grundsätzlich immer sechs Teilchen um ein zentrales Metallkation angeordnet werden können und dass diese austauschbar sind. Ebenfalls sollte erkannt werden können, dass Chlorid-Anionen ebenso wie Hydroxid-Anionen Ionenbindungen ausbilden können und somit einen Kontext zum Lehrplan aufweisen. Auch auffällig ist, dass Ammoniak-Moleküle und Wasser-Moleküle keine Ladung besitzen, aber trotzdem vom Kupferkation angezogen werden. Die dafür notwendigen Stoff-Eigenschaftsbeziehungen sind ebenfalls lehrplanbezogen.

Die Sozialformen sind hier einfach gehalten. Die geschilderten Experimente sind aufgrund der konzentrierten Säuren bzw. Basen als Lehrerversuch durchzuführen. Die Bearbeitung der Arbeitsblätter kann in der Regel in Partnerarbeit erfolgen. Um die Reihe auch in der Sek. I durchführen zu können, wurden gestufte Schwierigkeiten eingeführt, die von den Schülern selbst nach Kenntnisstand gewählt werden können. Manchmal sind die einfachen Formulierungen für die Sek. II angemessen, beispielsweise bei Wiederholern oder Schülern, die vorher im Auslandsjahr waren. Zur Auswertung haben sich kooperative Lernformen wie Lerntempoduelle, Think-Pair-Share oder Kleingruppenarbeiten bewährt. Die oben beschriebenen entscheidenden Ergebnisse sollten abschließend noch einmal in einer Plenumsphase zusammengefasst werden und können dann in der anschließenden Erweiterung (Häm und Chlorophyll) überprüft werden.

## Durchführung

### 1. Stunde

Es hat sich als praktisch herausgestellt, die Einheit (egal, ob in der Sek. I oder Sek. II) nicht mit dem Hinweis auf Komplexe einzuläuten. Das liegt zum einen daran, dass Komplexe nicht offiziell in allen Lehrplänen verankert sind, zum anderen aber auch daran, dass die Komplexbindung als Ergebnis der kurzen Reihe im Vergleich zu den anderen bekannten Bindungsarten erarbeitet wird. So scheint es zunächst ungewöhnlich, nicht mit der Planung eines Experiments oder dem Erfahrungshorizont der Schüler zu beginnen, sondern rein phänomenologisch.

Führen Sie dazu den ersten Versuch, das Lösen von Kupfer(II)chlorid in konzentrierter Salzsäure, als Lehrerversuch durch. Dabei wird als Beobachtung die grüne Färbung einer farblosen Lösung festgestellt. In Einzelarbeit werden nun die Aufgaben von **M 1** je nach gewünschter Schwierigkeit bearbeitet. Die achte Klasse hat dafür etwa 20 Minuten benötigt, die Oberstufe kam dabei mit 5–10 Minuten aus. Die größte Hürde dabei waren die dreidimensionalen Zeichnungen. Weisen Sie ggf. dazu auf den Tipp „oben, unten, vorne, hinten, links, rechts“ hin.

Sie können die Ergebnisse im Think-Pair-Share-Verfahren oder 2-4-8-alles besprechen. Bei wenig Zeit ist auch eine Plenumsphase möglich. Wichtig ist, dass allen die Lage der später als Liganden bezeichneten Chlorid-Anionen vertraut ist, weil diese in der Reihe lediglich ausgetauscht werden.

### 2. Stunde

Nun wird die Lösung entsprechend verdünnt. Dazu wird die ursprüngliche Lösung auf zehn Reagenzgläser gleichmäßig verteilt und entsprechend der Vorgabe verdünnt. Dabei sind ein zunehmender Verlust der Grünfärbung sowie die Zunahme einer Blaufärbung proportional zur zugegebenen Wassermenge beobachtbar. Die im Anschluss zu bearbeitenden Aufgaben analog zur ersten Stunde zeigen, dass außer Wasser kein Reagenz zugefügt wurde und somit dieses ausschlaggebend ist. Der erste Ligandenaustausch von Chlorid-Anionen durch Wasser-Moleküle wurde durchgeführt. Hierbei ist es wichtig, dass deutlich wird, wie das Kupferkation mit dem Liganden verbunden ist. Beim Chlorid kann zunächst die Ionenbindung wiederholt oder thematisiert werden, schwierig wird die Diskussion über die Bindung mit dem ungeladenen Wasser-Molekül. Hier sollte die Ausrichtung des partiell negativen Sauerstoff-Atoms zum Kupfer-Kation verdeutlicht werden. Wird die Bedeutung des freien Elektronenpaares nicht erkannt, kann sie zusätzlich thematisiert werden. Denkbar ist auch, nur die Bedeutung dazu zu verdeutlichen und noch nicht auf die neue Bindungsart einzugehen, sondern dies bei der Analogie mit der Tetraminbildung zu besprechen.

### 3. Stunde

Da die Lösung sehr stabil ist, kann sie bis zur nächsten Stunde – und darüber hinaus – ohne Probleme aufbewahrt werden. Nun kann sie im Lehrerversuch mit Ammoniaklösung langsam versetzt werden. Hier ist die Stoffminimierung ebenso wie die Exposition minimal. Dabei erkennen die Schüler den Ausfall eines weißen Niederschlags. In den Aufgaben wird auf die hier eindeutige stabile Ionenbindung eingegangen, die zur Bildung des Kupferhydroxids führt. Man könnte nun in der Sek. II die Stabilität von Chloriden im Vergleich zu Hydroxiden wiederholend anhand des Löslichkeitsproduktes thematisieren.





Der recht kurze Versuch geht nahtlos über in den vorletzten Teil, die Zugabe eines Überschusses an Ammoniakwasser. Dabei löst sich unter Umschwenken der Niederschlag auf und geht in den bekannten tiefblauen klaren Tetraminkomplex über. In einem letzten Schritt kann festgestellt werden, dass Verdünnen des Komplexes nicht zur Aufhellung der Lösung führt – der Komplex also stabil bleibt.

Zum Schluss wird mithilfe der Aufgaben thematisiert, dass sich die Teilchen, die sich um das Kupfer-Kation anlagern, unterschiedlich stabil binden. Diese unterschiedliche Stärke sollte abschließend thematisiert werden. Dabei werden die Ionen eindeutig identifiziert, aber der Grund, warum Wasser und Ammoniak sich ebenfalls anlagern können, bleibt oft diffus. Erarbeiten Sie daher spätestens jetzt die Bedeutung des Elektronenpaares, das vom Kupfer-Kation angezogen wird und die neu erarbeitete Komplexbindung bildet.

### 4. Stunde

In der abschließenden Unterrichtsstunde dieser Reihe soll den Schülerinnen und Schülern die Alltagsbedeutung von Komplexverbindungen aufgezeigt werden. Hierzu werden die Komplexe Hämoglobin und Chlorophyll in einer arbeitsteiligen Gruppenarbeit näher untersucht. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten die bisher vermiedenen Begriffe des Zentralatoms und des Liganden eigenständig und übertragen das bisher erlangte Wissen auf die beiden neuen Komplexe. Abschließend ermöglichen verschiedene Ansätze eine unterschiedlich intensive Auseinandersetzung mit dem Sauerstofftransport des Hämoglobins.

#### Erklärung zu Differenzierungssymbolen

	<p>Finden Sie dieses Symbol in den Lehrerhinweisen, so findet Differenzierung statt. Es gibt drei Niveaustufen, wobei nicht jede Niveaustufe extra ausgewiesen wird.</p>	
 <p>grundlegendes Niveau</p>	 <p>mittleres Niveau</p>	 <p>erweitertes Niveau</p>

# Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt    Lv = Lehrerversuch

## 1. Stunde



**Thema:** Saure farbige Metallsalzlösungen

**M 1 (Lv)** Der Kupfer-Chlorid-Komplex



### Herstellung der Salzlösung

**Dauer:** Vorbereitung: 5 min    Durchführung: 5 min

**Chemikalien:**  Kupfer(II)chlorid (1 g)   
 Salzsäure (konz.) (11 ml) 

**Geräte:**  Schutzbrille  
 Reagenzglas  
 Waage



Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

**M 2 (Ab)** Der Kupfer-Chlorid-Komplex

## 2. Stunde

**Thema:** Austausch von Bindungspartnern – Verdünnung der Salzlösung

**M 3 (Lv)** Von Grün zu Blau – der Ligandenaustausch (Teil 1)



### Verdünnung der Kupferlösung

**Dauer:** Vorbereitung: 5 min    Durchführung: 5 min

**Chemikalien:**  Lösung aus **M 1**  
 Wasser

**Geräte:**  Schutzbrille  
 11 Reagenzgläser mit Gestell  
 10 ml Messpipette mit Peleusball



**M 4 (Ab)** Von Grün zu Blau – der Ligandenaustausch (Teil 1)

### 3. Stunde



**Thema:** Austausch von Bindungspartnern – Zugabe von Ammoniakwasser

**M 5a** (Ab) Von Grün zu Blau – der Ligandenaustausch (Teil 2)

**M 5b** (Ab) Von Blau zu Blau – der Ligandenaustausch (Teil 3)



#### Austausch von Hydroxid-Ionen durch Ammoniak-Moleküle (Teil 1)

**Dauer:** Vorbereitung: 2 min Durchführung: 5 min

**Chemikalien:**

- Lösung aus **M 3**
- Ammoniaklösung (konz.)

**Geräte:**

- Schutzbrille
- 2 Reagenzgläser mit Lösung aus **M 3**
- Pipette

**M 6** (Lv) Von Blau zu Blau – der Ligandenaustausch (Teil 4)

#### Austausch von Hydroxid-Ionen durch Ammoniak-Moleküle (Teil 2)

**Dauer:** Vorbereitung: 2 min Durchführung: 5 min

**Chemikalien:**

- Lösung aus **M 5b**
- Ammoniaklösung (konz.)

**Geräte:**

- Schutzbrille
- 2 Reagenzgläser mit Lösung aus **M 5b**
- Pipette

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.



Die GBUs finden Sie auf der CD 70.



### 4. Stunde

**Thema:** Vertiefung anhand von Häm und Chlorophyll

**M 7a** (Ab) Vertiefung – wichtige Komplexe aus dem Alltag – Hämoglobin

**M 7b** (Ab) Vertiefung – wichtige Komplexe aus dem Alltag – Chlorophyll



# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Komplexchemie – zu komplex für den Lehrplan?*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)

