

## 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 in NRW für die niedereingeführten G9-Jahrgang verpflichtend. Ebenso wie im Lehrplan der Sekundarstufe II ist dort die Komplexchemie nicht als obligatorisch vorgesehen. Vermutlich ist dies auf die 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 Chlorophyll, und zum anderen ist die Bedeutung der Komplexchemie, beispielsweise im Häm, im Chlorophyll, als Katalysator, nicht von der Hand zu weisen.

#### KOMPETENZPROFIL

- Klassenstufe:** 8–12
- Dauer:** 3–4 Unterrichtsstunden
- Kompetenzen:** 1. Was 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.
- Thematische Bereiche:** Bindungsarten, ionische Bindung, kovalente Bindung, Komplexverbindungen, Ligandenaustausch, Häm, Chlorophyll
- Medien:** 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 Zentralatom und den negativ geladenen Liganden) als auch durch das Konzept der Elektronenpaarbindungen (Liganden stellen freie Elektronenpaare zur Bindung an das Zentralatom(-kation) zur Verfügung) erforderlich 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 im Sekundarstufe 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 didaktisch reduziert. Wichtig sollte für alle erkennbar sein, dass grundsätzlich immer sechs Teilchen um ein zentrales Metallkation angeordnet werden können und dass diese austauschbar sind. Ebenfalls sollte hervorgehoben 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 Sachverhalte bzw. Basen als Lehrerversuch durchzuführen. Die Bearbeitung der Arbeitsblätter sollte in der Regel in der Unterrichtsstunde der Regel im Lehrerarbeit erfolgen. Um die Reihe auch in der Sek. I durchführen zu können, wurden gewisse 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 können sich kooperative Lernformen wie Lerntempoduelle, Think-Pair-Share oder Kleingruppenarbeit eignen. 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.

## 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

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



Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

### 2. Stunde

**Thema:** Austausch von Bindungspartnern – verdünnte 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    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 zinnanaloger Häm und Chlorophyll

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

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

## Der Kupfer-Chlorid-Komplex

M 1

Zur Bildung des Tetrachlorokupfer(II)-Komplexes ( $[\text{CuCl}_4]^{2-}$ ) wird ca. ein Gramm Kupfer(II)chlorid ( $\text{CuCl}_2$ ) in 11 ml konzentrierter Salzsäure gelöst. Diese Lösung wird im Folgenden als Maßlösung bezeichnet.



### So geht's

Wähle eine der drei Niveaustufen und **bearbeite** die entsprechenden Aufgaben.

#### Aufgabe 1

- Beschreibe** die Durchführung und die Beobachtungen des vorgeführten Versuches.
- Bestimme** die Position der Elemente in den verwendeten Verbindungen und **deute** deine Ergebnisse bezüglich der Bindungsart.
- Nenne** alle vorkommenden Ionen mit ihrer zugehörigen Ladung.
- Begründe** nun, welche und wie viele der vorhandenen Ionen sich um das Kupferkation anlagern können, und berücksichtige dabei die Bindungsart, die zwischen den Ionen der beteiligten Stoffe vorherrscht.



#### Aufgabe 2

- Analysiere** die vorhandene Bindungsart in den verwendeten Stoffen.
- Nenne** alle vorkommenden Ionen mit ihrer zugehörigen Ladung.
- Begründe** nun, welche und wie viele der vorhandenen Ionen sich um das Kupferkation anlagern können, und berücksichtige dabei die Bindungsart, die zwischen den Teilchen der beteiligten Stoffe vorherrscht.



#### Aufgabe 3

- Stelle** eine begründete Vermutung darüber auf, welche und wie viele Teilchen sich um das Kupferkation anlagern können, und berücksichtige dabei die Bindungsart, die zwischen den Teilchen der beteiligten Stoffe vorherrscht.
- Vergleiche** deine Ergebnisse mit denen deiner Mitschülerin oder einem Mitschüler, die/der ebenfalls fertig ist.



## M 2

## Der Kupfer-Chlorid-Komplex

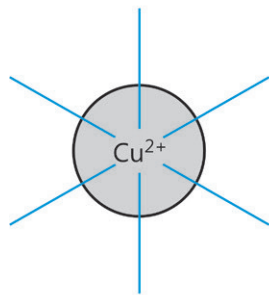
So geht's

Wähle eine der drei Niveaustufen und **bearbeite** die entsprechenden Aufgaben.

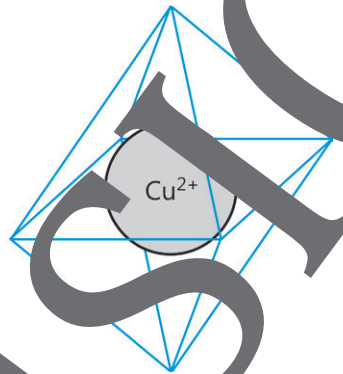


### Aufgabe 1

Zeichne in die Vorlage, die dir am passendsten erscheint, die von dir ermittelte Anzahl an Chlorid-Ionen ein.



© Wolfgang Zettlmeier



### Aufgabe 2

- Zeichne das Kupfer-Kation in der Mitte und verteile die Chlorid-Ionen gleichmäßig in einer dreidimensionalen Skizze um das Kupfer-Kation herum. Verbinde nun mit Linien die Anionen untereinander. Tipp: oben, unten links, rechts, vorne, hinten.
- Beschreibe (bzw. benenne falls möglich) die entstehende geometrische Form.



### Aufgabe 3

Zeichne an den Ecken einer tetraedrischen doppelseitigen Pyramide (Oktaeder) mit dem Kupfer-Kation in der Mitte die Chlorid-Ionen.

### Aufgabe für alle

Stelle **begründete Vermutungen an**, welche Bindungsart zwischen den einzelnen Teilchen vorliegt und warum diese Verteilung die einzig mögliche ist. Gehe bei der Begründung auch darauf ein, warum es unwahrscheinlich ist, dass das Chlorid sich trotz der Aquatisierung vom Kupfer-Kation entfernt.

## Von Grün zu Blau – der Ligandenaustausch (Teil 2)

M 5a

### Aufgaben

1. **Zeichne M 2** erneut, diesmal nur mit Wasser-Molekülen. Diese nun blaue Verbindung nennt man den HexaquoKomplex.
2. **Stelle begründete Vermutungen an**, was die Silben „Hex“ und „Aquo“ in der Bezeichnung bedeuten.
3. **Stelle einen Zusammenhang** zwischen der Farbveränderung und der Anzahl der ersetzten Chlorid-Ionen **her**.
4. **Stelle begründete Vermutungen an**, warum sich bei Zugabe von weiterer Salzsäure die Farbe nicht wieder zu Grün ändern lässt.

## Von Blau zu Blau – der Ligandenaustausch (Teil 2)

M 5b

Zur Bildung des Kupferhydroxids ( $[\text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}]$ ) wird in die verdünnte Maßlösung in Reagenzglas 11 vorsichtig tropfenweise Ammoniakwasser ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) hinzugegeben.



### So geht's

**Wähle** eine der drei Niveaustufen und **bearbeite** die entsprechenden Aufgaben.

#### Aufgabe 1

**Zeichne M 4** erneut, diesmal allerdings mit zwei Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-$ ) aus dem Ammoniakwasser ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ), die zwei Wasser-Moleküle ersetzen. Achte auch hier wieder darauf, dass das diesmal negativ geladene Sauerstoff-Atom zum Kupfer-Kation ausgerichtet ist.



#### Aufgabe 2

**Zeichne M 4** erneut und ersetze zwei Wasser-Moleküle durch Hydroxid-Ionen, die im Ammoniakwasser enthalten sind. Achte auch hier wieder auf die richtige Ausrichtung zum Kupfer-Kation.



#### Aufgabe 3

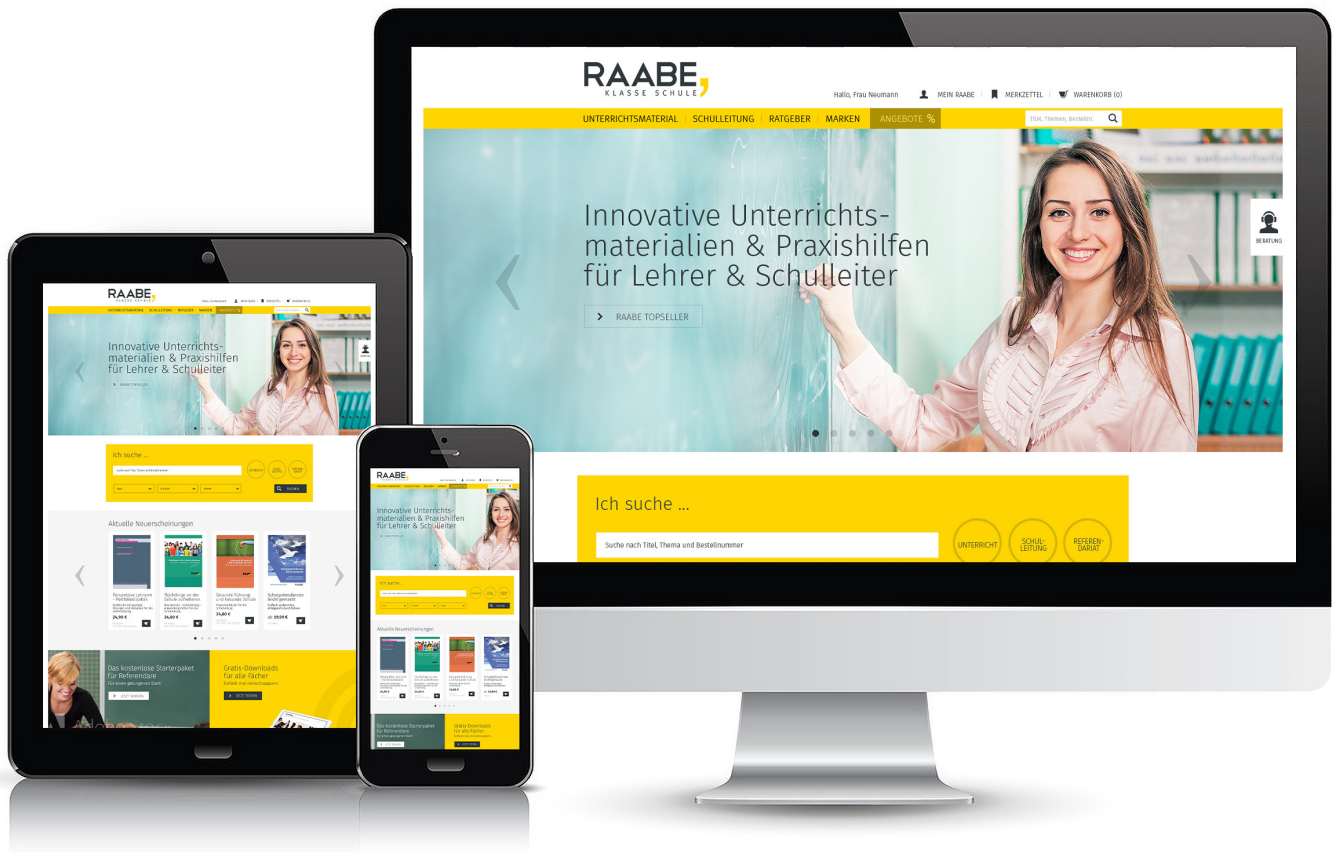
**Zeichne M 4** erneut und substituere zwei Wasser-Moleküle durch den Laugenanteil aus dem Ammoniakwasser. Achte auch hier wieder auf die richtige Ausrichtung.



### Aufgaben für alle

- a) **Erkläre**, warum nur maximal zwei Anionen sich in dieser Verbindung befinden.
- b) **Stelle einen Zusammenhang** zum Aggregatzustand **her**.
- c) **Benenne** die Verbindung.

## Der RAABE Webshop: Schnell, übersichtlich, sicher!



### Wir bieten Ihnen:



Schnelle und intuitive Produktsuche



Übersichtliches Kundenkonto



Komfortable Nutzung über  
Computer, Tablet und Smartphone



Höhere Sicherheit durch  
SSL-Verschlüsselung

**Mehr unter: [www.raabe.de](http://www.raabe.de)**