I.B.14

Bausteine der Materie: Atome, Moleküle, Ionen

Auf der Suche nach dem tödlichen Salz – ein chemisches Mystery zum Ionennachweis

Ein Beitrag von Dirk Beyer

© kvkirillov/iStock/Getty Images Plus

© RAABE 2020

VORSCHAU

Im Rahmen einer komplexen Aufgabe zum Forschenden Lernen lösen die Schüler[1] ein gemeinsames Mystery. Ein Mordfall mit mehreren Verdächtigen sowie ein am Tatort gefundener unbekannter, kristalliner Feststoff stellen die örtlichen Ermittler vor ein Rätsel. Die Mitglieder der Lerngruppe werden zu forensischen Forschern ausgebildet und begeben sich mithilfe diverser Nachweisreaktionen auf die Suche nach dem unbekannten Salz und finden schließlich den Täter.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	8/9 (G8), 9 (G9)
Dauer:	6 Unterrichtsstunden (3 Doppelstunden)
Kompetenzen:	1. Erkenntnisgewinnung; 2. Methodik
Thematische Bereiche:	Ionen, Ionenbindung, Nachweisreaktionen
Medien:	Texte, Schülerexperimente, Bilder

[1] Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im weiteren Verlauf nur noch „Schüler" verwendet.

netzwerk lernen

zur Vollversion

Hintergrundinformationen

Der vorliegende Beitrag stellt eine Kombination aus verschiedenen fachdidaktischen und methodischen Herangehensweisen des Chemieunterrichts dar, in deren Zentrum der Ionenbegriff sowie **qualitative Nachweisreaktionen** diverser Anionen und Kationen den Schwerpunkt bilden. Mithilfe einer **Mystery-Aufgabe** werden die Schüler in die Grundlagen des Forschenden Lernens eingewiesen. Ziel ist es, einen fiktiven Mordfall zu lösen, in dem der einzige zielführende Hinweis ein unbekanntes Salz darstellt, welches von den Ermittlern am Tatort sichergestellt wurde. In einem mehrstufigen „Forschungsprozess" werden die Schüler zu Experten auf dem Gebiet der Ionen- Nachweisreaktionen ausgebildet. Sie formulieren Forschungsfragen und führen Nachweise an unterschiedlichen Ionenverbindungen durch. Nachdem sie die gängigen Nachweise verschiedener Kationen (Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+) und Anionen (OH^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, Cl^-, I^-, Br^-) kennengelernt haben, wird abschließend das am Tatort gefundene Salz untersucht. Mithilfe von (fach)sprachlichen Hilfen wird ein gemeinsamer Abschlussbericht verfasst und den Kriminalbeamten präsentiert. Dieser führt letztendlich zur Identifikation des Täters.

Die Chemie der Salze und Ionen in der Sekundarstufe I

Um die Nachweisreaktionen verschiedener Anionen und Kation zu verstehen, muss zunächst der Begriff des Ions sowie der Ionenbindung bekannt sein: Die Schüler kennen Salze als Reaktionsprodukte von Metallen mit Nichtmetallen (z. B. Alkali- und Erdalkalimetalle mit Halogenen) und sind mit dem Aufbau von Salzkristallgittern und den darin wirkenden elektrostatischen Wechselwirkungen vertraut. Auch der Lösungsvorgang eines Salzes in Wasser sowie die Begrifflichkeiten der Gitter-, Hydratationsenergie und Hydrathülle sind bekannt.

Neben den Grundlagen der Ionentheorie kennen die Schüler ebenfalls erste qualitative Nachweisreaktionen (z. B. Knallgasprobe, Glimmspanprobe, Kalkwasserprobe oder Indikatornachweise), sodass diese Begrifflichkeit ebenfalls klar ist.

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Forschendes Lernen im Chemieunterricht

Forschendes Lernen stellt einen wichtigen Bestandteil des modernen Chemieunterrichts dar. Mithilfe eines mehrstufig-kooperativen Lern- und Arbeitsprozesses durchläuft die Lerngruppe unterschiedliche Phasen und imitiert auf diese Weise einen „realen Forschungsprozess". Dieser besteht aus drei Hauptphasen und mehreren Subphasen. Nachdem die Problemfindung und Formulierung der Forschungsphase abgeschlossen sind, wird nach (experimentellen) Lösungsansätzen zur Beantwortung der Forschungsfrage gesucht. Dieser Teilprozess schließt die Hypothesenbildung, Planung eines konkreten Lösungsvorschlags, Durchführung und Dokumentation des Lösungsvorschlags sowie einer abschließenden Auswertung und finalen Ergebnisdokumentation und -präsentation mit ein. Den Schülern stehen während des Forschungsprozesses Mittel der Binnendifferenzierung zur Verfügung (sprachliche Hilfestellungen, Hilfekarten), sodass unterschiedliche Offenheitsgrade der Forschungsphasen individuell auf die Lerngruppe abgestimmt werden können.

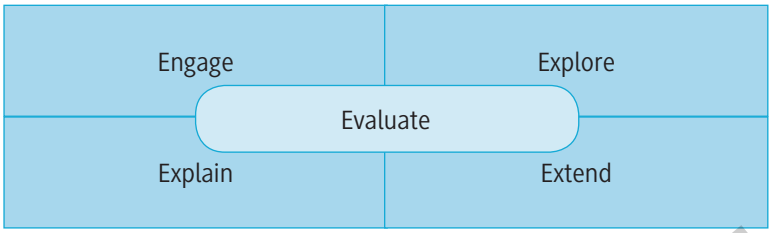
VORSCHAU

© RAABE 2020

zur Vollversion

Die Mystery-Methode

Mystery-Aufgaben stellen eine motivierende Methodik des Forschenden Lernens dar. Die Schüler werden in ein (in diesem Falle) **fiktives Szenario** eingebunden, das einer zentralen Leitfrage (→ „Wer ist der Mörder?“) unterliegt. Eine wichtige Grundlage bei der Konzeption und Verwendung von Mysteries im Chemieunterricht bildet der hohe Grad an (intrinsischer) Motivation der Schüler, den Fall (das Mystery) zu lösen. Dazu wird im Einstieg ein kognitiver Konflikt hervorgerufen, den die Schüler lösen wollen. Beim Einsatz spielt ein strukturierter Arbeits- bzw. Forschungsprozess eine entscheidende Rolle. Letzterer ist phasenbasiert und orientiert sich an dem **5E-**Modell des Forschenden Lernens (Lembens und Abels, 2015, 6 ff.):



Engage [Erkennen]	Die Lehrperson stellt das Phänomen (z. B. Mystery, Demonstrationsexperiment, Story) im Plenum vor und leitet die Vorwissensaktivierung der Lerngruppe an. (Lösungs-)Vorstellungen der Schüler sowie Ziele werden formuliert und die Bedeutung des Themas transparent gemacht. Abschließend wird eine gemeinsame Forschungsfrage erarbeitet.
Explore [Erkunden]	Fokus dieser Phase liegt auf dem kooperativen Arbeiten der Schüler. Sie planen gemeinsam ein Experiment/ein experimentelles Vorgehen, durch welches ein Lösungsansatz der Forschungsfrage erarbeitet werden soll. Die Lehrperson agiert als Lernbegleiter und Unterstützer.
Explain [Erklären]	Die Schüler fassen in Form eines Versuchsberichtes (mündlich/schriftlich) ihre Forschungsergebnisse zusammen und deuten ihre Daten. Die Lehrkraft ergänzt diese ggf. durch Impulsreferate, Fachtexte, Videosequenzen oder weitere Experimente.
Extend [Erweitern]	In Anlehnung an die vorherige Phase vertiefen die Schüler ihr (neues) Fachwissen. Es werden Folgefragen, Transferaufgaben und Nachbarthemen vertieft und weitere Differenzierungsangebote geschaffen.
Evaluate [Evaluieren]	Eine Evaluation des Forschungsprozesses kann abschließend oder phasenbegleitend durchgeführt werden. Wichtig ist die Reflexion besonders hinsichtlich des Arbeits- bzw. Forschungsprozesses sowie bezogen auf die Qualität der Ergebnisse.

Showmanship

Besonders im Hinblick auf die Bearbeitung von Mysterys im Chemieunterricht ist ein besonders motivierender Einstieg durch den Lehrer von entscheidender Bedeutung. Dieser muss die Schüler in eine packende Geschichte bzw. ein spannendes Szenario verwickeln und sie dazu bewegen, sich auf einen intrinsisch motivierten Lösungsansatz zu fokussieren. Diese dramatisch-schauspielerische Leistung wird didaktisch unter dem Begriff „Showmanship-Skills“ personalisiert.

© RAABE 2020

VORSCHAU

zur Vollversion

Auf einen Blick

Sv = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt Lv = Lehrerversuch Tx = Text

1. Stunde

Thema: Einführung in das Mystery, Besprechung des Mordfalls *(Engage-Phase)*

M 1 (Ab) Ein unbekanntes Salz – wer tötete Lady L.?

Benötigt: Internetzugang für Rechercheaufgabe (4)

2./3. Stunde

Thema: Qualitative Nachweise einzelner Anionen und Kationen *(Explore-Phase)*

M 2.1 (Sv/Lv) Forschen mit der Forscherbox

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Ammonium-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 2 min Durchführung: 2 min

Chemikalien:
- ☐ Ammoniumchlorid
- ☐ Natronlauge
- ☐ Wasser

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Bunsenbrenner
- ☐ Indikatorpapier
- ☐ Becherglas
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Oxonium-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 1 min Durchführung: 1 min

Chemikalien:
- ☐ verd. Salzsäure
- ☐ Universalindikator

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Natrium-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 2 min Durchführung: 2 min

Chemikalien:
- ☐ Natriumchlorid

Geräte:
- ☐ Spatel
- ☐ Bunsenbrenner
- ☐ Magnesia-Stäbchen
- ☐ Tüpfelplatte
- ☐ Tiegelzange
- ☐ Schutzbrillen

VORSCHAU

© RAABE 2020

zur Vollversion

Calcium-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 2 min Durchführung: 2 min

Chemikalien:
- ☐ Calciumphosphat

Geräte:
- ☐ Spatel
- ☐ Bunsenbrenner
- ☐ Magnesia-Stäbchen
- ☐ Tüpfelplatte
- ☐ Tiegelzange
- ☐ Schutzbrillen

Magnesium-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 2 min Durchführung: 3 min

Chemikalien:
- ☐ Magnesiumchlorid
- ☐ Titangelb-Lösung (c = 0,1%ig in Wasser)
- ☐ Wasser
- ☐ Salzsäure
- ☐ Natronlauge

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Becherglas
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Eisen-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 2 min Durchführung: 2 min

Chemikalien:
- ☐ Eisen(III)-sulfat
- ☐ Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung
- ☐ Wasser

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Hydroxid-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 1 min Durchführung: 1 min

Chemikalien:
- ☐ Universalindikator
- ☐ Natronlauge

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

© RAABE 2020

VORSCHAU

netzwerk lernen
zur Vollversion

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Nitrat-Ionen-Nachweis (Ringprobe)

Dauer: Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min

Chemikalien:
- ☐ Eisen(II)-sulfatlösung
- ☐ Kaliumnitrat
- ☐ konz. Schwefelsäure
- ☐ Wasser

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Sulfat-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min

Chemikalien:
- ☐ Natriumsulfat-Lösung
- ☐ Bariumchlorid-Lösung
- ☐ Salzsäure

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Phosphat-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 5 min Durchführung: 5 min

Chemikalien:
- ☐ Calciumphosphat
- ☐ Zirkonylchlorid-Lösung
- ☐ konz Salzsäure

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Carbonat-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 10 min Durchführung: 5 min

Chemikalien:
- ☐ Natriumcarbonat
- ☐ Bariumhydroxid-Lösung (c < 10 %)
- ☐ Salzsäure

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Bunsenbrenner
- ☐ Gummistopfen mit Gärröhrchen
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

VORSCHAU

© RAABE 2020

zur Vollversion

Chlorid-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 1 min Durchführung: 1 min

Chemikalien:
- ☐ Natriumchlorid
- ☐ Silbernitrat-Lösung
- ☐ Wasser

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Bromid-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 1 min Durchführung: 1 min

Chemikalien:
- ☐ Kaliumbromid
- ☐ Silbernitrat-Lösung
- ☐ Wasser

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

Iodid-Ionen-Nachweis

Dauer: Vorbereitung: 1 min Durchführung: 1 min

Chemikalien:
- ☐ Kaliumiodid
- ☐ Silbernitrat-Lösung
- ☐ Wasser

Geräte:
- ☐ ausreichende Anzahl an Pipetten
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Schutzbrillen

Die GBUs finden Sie auf der CD 70.

M 2.2 (Ab) Forscherkarten – Ionennachweise (ausgeschnitten, laminiert, in Umschlägen)
M 3 (Tx) Ionennachweise – Übersicht
M 4 (Ab) Euer Forschungsbericht
M 5 (Ab) Abschlussbericht für die Polizei
M 6 (Tx) Forschungsbericht – sprachliche Hilfe

Hausaufgabe: Ionennachweise lernen, Forschungsberichte beenden

© RAABE 2020

VORSCHAU

zur Vollversion

4. Stunde/5. Stunde

Thema:		Untersuchung des unbekannten Salzes
M 3	(Ab)	Ionennachweise – Übersicht
M 5	(Ab)	Abschlussbericht für die Polizei
M 6	(Ab)	Forschungsbericht – sprachliche Hilfe
Hausaufgabe:		Abschlussbericht fertigstellen

6. Stunde (optional)

Thema:		Story-Karten – wer tötete Lady L.?
M 7	(Ab)	Mystery-Karten

VORSCHAU

© RAABE 2020

zur Vollversion

Ein unbekanntes Salz – wer tötete Lady L.? M 1

Mysteriöser Mordfall

Jack Parker, Daily Post

In der gestrigen Nacht hat ein grausamer Mord das Team der Kriminalpolizei von New York in Erstaunen versetzt. Die 58-jährige Lady L. war in ihrer Villa überfallen und getötet worden. Die Villa in der Nähe von Manhattan liegt in einem von der Straße abgetrennten Waldstück, sodass es leider für den Mord, der sich etwa gegen drei Uhr morgens ereignete, keine Augenzeugen gibt. Die Leiche wurde gegen ca. 8 Uhr von der Putzhilfe, Mrs Hoover, gefunden. Eine nähere Durchsuchung von Haus und Umgebung ergab, dass der Computer, einige Akten und ihr gesamter Schmuck gestohlen wurden. Spuren eines gewaltsamen Eindringens in die Villa der Lady konnten nicht festgestellt werden. Die Mitarbeiter der Spurensicherung haben die Ermittlungen bereits aufgenommen und konnten den Kreis der möglichen Täter auf fünf Personen eingrenzen. Außerdem konnte am Tatort ein bis jetzt noch unbekannter farbloser (weißer) Feststoff sichergestellt werden. Dieser stammt vermutlich von den Schuhen des Täters.

Aufgaben

1. **Lies** die Meldung der Polizei aufmerksam **durch** und **markiere** wichtige Hinweise, die zur Ermittlung des Täters beitragen können [THINK].
2. **Vergleiche** die Ergebnisse mit einem Partner und überlegt gemeinsam, wie der unbekannte weiße Feststoff untersucht werden könnte. [PAIR]
3. **Erarbeitet** gemeinsam im Klassenplenum ein gemeinsames **Forschungskonzept:** (z. B.) Wie kann der unbekannte Stoff analysiert werden? Welche Untersuchungsverfahren sind bekannt? Wo gibt es nähere Informationen zur qualitativen Bestimmung von Ionenverbindungen?
4. **Führe** in Einzel- oder Partnerarbeit eine **Internetrecherche durch, ermittle** die Hauptbestandteile der aufgeführten Stoffe und **nenne** kurz deren Verwendung und Wirkungsweise.

Nach Aussage der Polizei wurden fünf Verdächtige verhört.

Mrs Hoover	Mrs Hoover – die Haushaltshilfe – kommt drei Mal wöchentlich zur Grundreinigung vorbei. Sie hat die Leiche von Lady L. gefunden, als sie gerade die Böden in Küche und Wohnzimmer reinigte. Bereits ihre französischen Vorfahren schworen auf „Eau de Javel" – denn der Fleck muss weg!
Mr Flower	Mr Flower ist bereits über 70 und arbeitet seit 50 Jahren im Haus und Garten des Anwesens. Sein Gehalt ist nicht groß, sodass er zusätzlich im Blumenladen seines Sohnes aushilft. Um seine Pflanzen in voller Blüte zu erleben, unterstützt er sie von Zeit zu Zeit mit etwas Superphosphat-Dünger.
Mr Brezel	Mr Brezel ist der Bäcker und Koch der Familie. Er arbeitet schon seit Jahren für die Lady, die Süßspeisen über alles liebte. In seinen Küchenschränken befindet sich immer ein Vorrat an Hirschhornsalz.
Miss Medicare	Miss Medicare ist die Privatkrankenschwester von Lady L., die aufgrund der häufigen Süßspeisen oft unter Magenbeschwerden gelitten hat. In ihrer Handtasche hat die Polizei eine Packung Maaloxan® sichergestellt.
Mr Tislar	Da Lady L. erstens NIE zu Fuß ging und zweitens keinen Führerschein hatte, wurde sie von ihrem Fahrer Mr Tislar stets chauffiert. Die Nachbarin (Mrs Smalltalk) berichtete sogar, dass beide ein heimliches Verhältnis hatten. Die Schmetterlinge im Bauch beruhigt er mit dem Hausmittel Kaisers Natron®.

© RAABE 2020

VORSCHAU

zur Vollversion

Forschen mit der Forscher-Box

M 2.1

© Talaj/iStock/Getty Images Plus

Salzproben in Petrischalen:

- ☐ Calciumphosphat
- ☐ Eisen(III)-sulfat
- ☐ Kaliumbromid
- ☐ Kaliumiodid
- ☐ Kaliumnitrat
- ☐ Natriumcarbonat
- ☐ Natriumchlorid

Bestandteile der Forscher-Box

- ☐ Schutzbillen
- ☐ Ammoniumchlorid-Lösung
- ☐ Bariumchlorid-Lösung
- ☐ Natriumsulfat-Lösung
- ☐ Bariumhydroxid-Lösung (c < 10 %)
- ☐ Eisen(III)-sulfat
- ☐ Kaliumhexacyanoferrat(II)-Lösung
- ☐ pH-Papier
- ☐ Titangelb-Lösung (c = 0,1%ig in Wasser)
- ☐ Universalindikator
- ☐ verd. Natronlauge
- ☐ verd. Salzsäure
- ☐ verd. Silbernitrat-Lösung
- ☐ Zirkonylchlorid-Lösung
- ☐ Spatel
- ☐ Magnesia-Stäbchen
- ☐ Bunsenbrenner
- ☐ Tiegelzange
- ☐ Gummistopfen mit Gärröhrchen
- ☐ Pipetten
- ☐ Becherglas
- ☐ Reagenzglas
- ☐ Reagenzglasständer
- ☐ Tüpfelplatte

Eine analytisch-chemische Grundausstattung wird von vielen Tatortermittlern und foren-sischen Chemikern nahezu immer in einem kleinen Koffer am Tatort verwendet. Neben Handschuhen, Schutzkleidung und Dokumentationsmaterialien befinden sich häufig Nachweisreagenzien darin, mit deren Hilfe unbekannte Stoffe schnellstmöglich identifi-ziert werden können.

© RAABE 2020

VORSCHAU

zur Vollversion

Aufgaben

Bearbeitet die folgenden Aufgaben in Forscherteams von max. 4 Schülern. Jeder Schüler erhält eine eigene Rolle während des Experiments.

Forschungsleiter Der Forschungsleiter kümmert sich um den geregelten Ablauf sowie der Dokumentation der Untersuchung.	**Sicherheitsexperte** Der Sicherheitsexperte ist für die Einhaltung der Sicherheitsregeln (Schutzbrillen!) verantwortlich. Er informiert die Gruppe über mögliche Gefahren im Umgang mit den Stoffen.
Moderator Der Moderator präsentiert die Ergebnisse im Plenum.	**Materialwart** Der Materialwart sorgt für die Aufbereitung und fachgemäße Entsorgung der Stoffe.

1. **Nehmt** aus dem Umschlag eine Forscherkarte und sucht in der Forscherbox nach den entsprechenden Nachweißreagenzien.
2. **Führt** nun zum jeweiligen Ion (Anionen- bzw. Kationen-Nachweis) eine Blindprobe **durch**. Entsprechende Salze liegen am Lehrerpult bereit. **Beachtet** sowohl bei den Nachweisreagenzien als auch bei den bekannten Salzen die **Hinweise zur Sicherheit.**
3. **Verwendet** im Anschluss an den Nachweis **Material M 4** und erstellt einen gemeinsamen Forschungsbericht.
4. **Expertenaufgabe:**
   Führe eine Internet- bzw. Literaturrecherche **durch** und versuche die genaue Reaktion hinter eurem Nachweis zu erklären (mit Reaktionsschema).

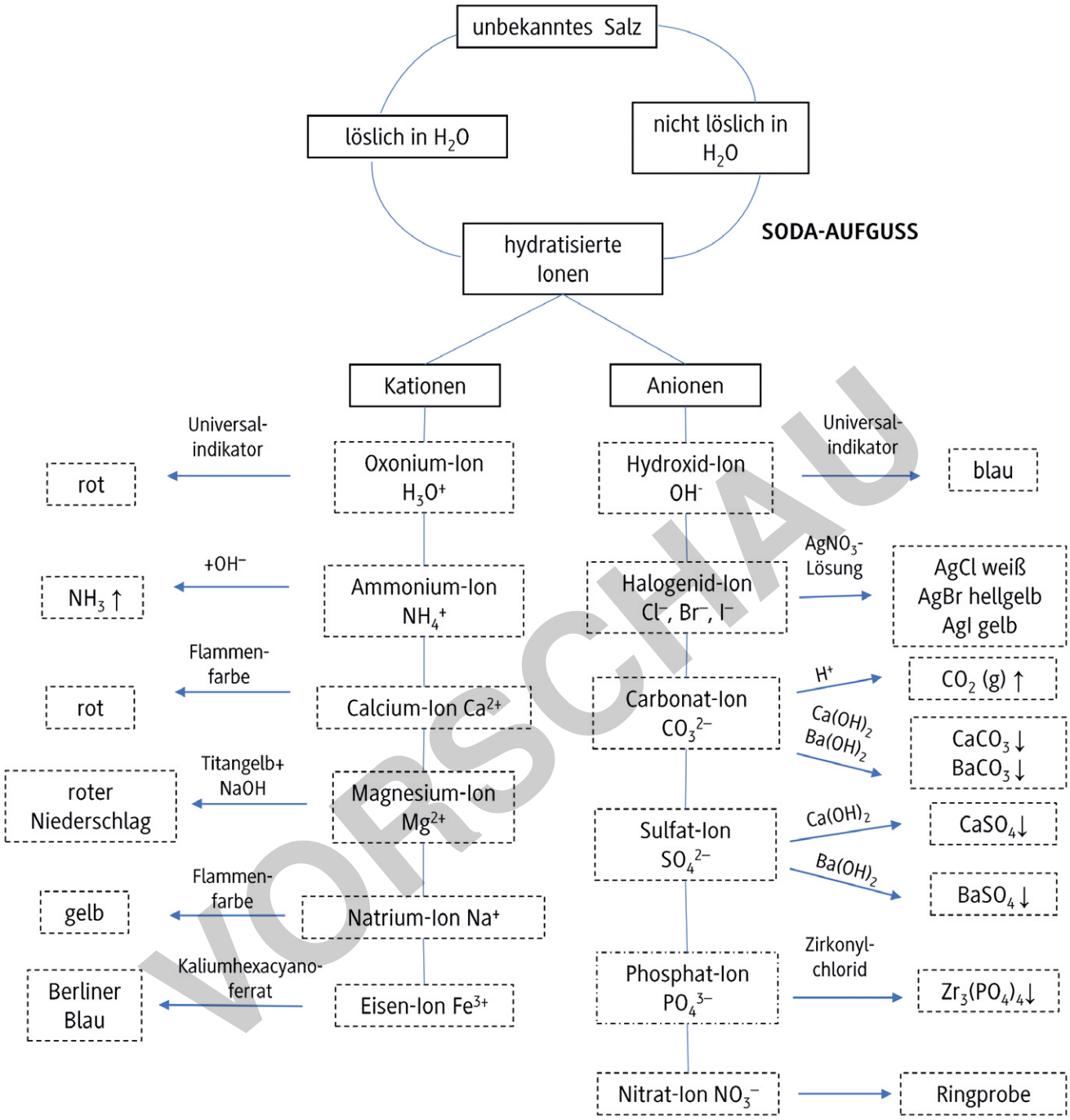
Glossar – wichtige Grundbegriffe der chemischen Analytik [Sprachliche Hilfen 1]	
Fachbegriff	**Definition**
Blindprobe	Vergleichsprobe
Nachweisreagenz	Reagenzien zum Nachweisen von Stoffen bzw. Ionen
Qualitative Analyse	Analyse, die das jeweilige Anion/Kation nachweist
Quantitative Analyse	Analyse, die die Menge (Masse/Konzentration) des jeweiligen Ions bestimmt

VORSCHAU

© RAABE 2020

zur Vollversion

M 3 Ionennachweise – Übersicht



VORSCHAU

© RAABE 2020

zur Vollversion