

Wagenschein-Tagung 2023

Fachhochschule
Nordwestschweiz

Chemie - Entdecken und verstehen

nach Martin Wagenschein



Thema des Vortrags

Unterrichtssequenz: „Was ist Feuer?“

Dieser Unterrichtsentwurf ist in einer ausführlicheren Variante beschrieben und mit zahlreichen Fotos und Zeichnungen dokumentiert in:



Zitate

„Narrenpossen sind eure allgemeine Bildung und alle Anstalten dazu. Daß ein Mensch etwas ganz entschieden verstehe, vorzüglich leiste, wie nicht leicht ein anderer in der nächsten Umgebung, darauf kommt es an.“

(Johann Wolfgang von Goethe: Wilhelm Meisters Wanderjahre)

„Der Rucksack, den wir unseren Schülern überfüllen, reißt; es läuft unten aus, was wir oben fleissig einfüllen, und zwar läuft die schwere Substanz aus, und die leichten Verpackungen bleiben als Attrappen zurück, ohne von der Öffentlichkeit durchschaut zu werden.“

(Martin Wagenschein - Naturphänomene sehen und verstehen - Stuttgart, Klett, 1980 - S. 70)

Mit der Unterrichtssequenz: „Was ist Feuer?“ soll gezeigt werden, wie man die Hinweise der Zitate in den ersten 10-20 Stunden Chemieunterricht berücksichtigen kann.

Der Vortrag legt dar, wie der Chemieunterricht genetisch und exemplarisch gestaltet werden kann. Die sokratische Gesprächsführung im Unterricht wird nicht berücksichtigt.

Gliederung



1. Was ist Feuer?

Kapitel 1: Wie sieht eine Kerzenflamme aus?

Kapitel 2: Was brennt in der Kerzenflamme?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammzonen?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Kapitel 5: Chemie und chemische Reaktionen



2. Elemente der Wagenschein Didaktik



3. Besondere didaktische Merkmale

1. Was ist Feuer?

Lernziele

Affektiv / emotionale Lernziele

Lernende werden auf die Grundfrage der Chemie aufmerksam: **Wie können neue Stoffe entstehen?**

Kognitive Lernziele

- › Lernende können zwischen den drei Aggregatzuständen unterscheiden und anhand von Beispielen verdeutlichen, dass durch die Änderung des Aggregatzustands keine Stoffumwandlung stattfindet. (WD 2 Konzeptwissen/KP 2 Verstehen)
- › Lernende können anhand von Beispielen aufzeigen, dass ein Stoff und seine Eigenschaften untrennbar miteinander verbunden sind. (WD 2 Konzeptwissen/KP 2 Verstehen)
- › Lernende können erklären, warum in der Regel nur gasförmige Stoffe brennen. (WD 2 Konzeptwissen/KP 2 Verstehen)
- › Lernende können aufschreiben, woraus die Flammenzonen bestehen. (WD 1 Faktenwissen/KP 1 Remembern)
- › Lernende können, mithilfe von chemischen Wortgleichungen, aufschreiben, was in den Flammenzonen geschieht. Sie können schriftlich festhalten, wie diese Vorgänge zusammenhängen. (WD 3 Prozesswissen/KP 4 Analysieren)
- › Lernende können in eigenen Worten, anhand von mindestens drei Beispielen darlegen, dass im Verlauf von chemischen Reaktionen neue Stoffe gebildet werden. (WD 2 Konzeptwissen/KP 2 Verstehen)
- › Lernende können Verbrennungen, die ähnlich wie die Wachverbrennung ablaufen, mit chemischen Wortgleichungen beschreiben. (WD 3 Prozesswissen/KP 3 Anwenden)

1. Was ist Feuer?



Kapitel 1: Wie sieht eine Kerzenflamme aus?

Durch genaues Betrachten der Kerzenflamme und einfache Experimente können die drei Flammenzonen definiert werden.

Flammenkern

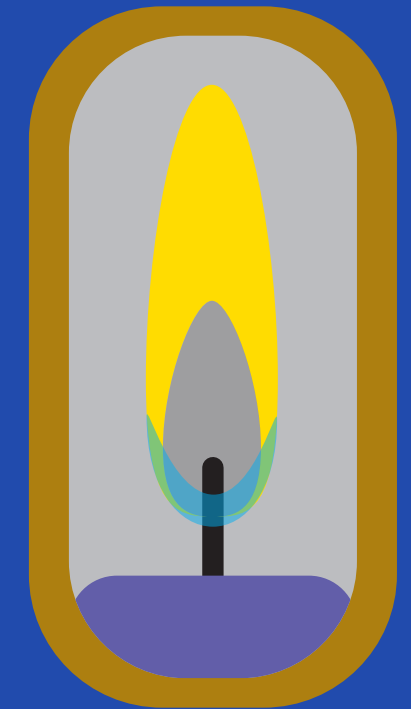
- › innerer, unterer Bereich der Flamme
- › umhüllt den Docht
- › ist durchsichtig und farblos

Flammenmantel

- › äußerer, oberer Bereich der Flamme
- › umhüllt den oberen Teil des Flammenkerns
- › ist undurchsichtig und gelb

Flammensaum

- › äußerer, unterer Bereich der Flamme
- › umhüllt den unteren Teil des Flammenkerns
- › ist durchsichtig und blau
- › die Übergänge von der einen zur anderen Zone sind fließend.



1. Was ist Feuer?

Kapitel 2: Was brennt in der Kerzenflamme?

Experiment 1: Docht verbrennen

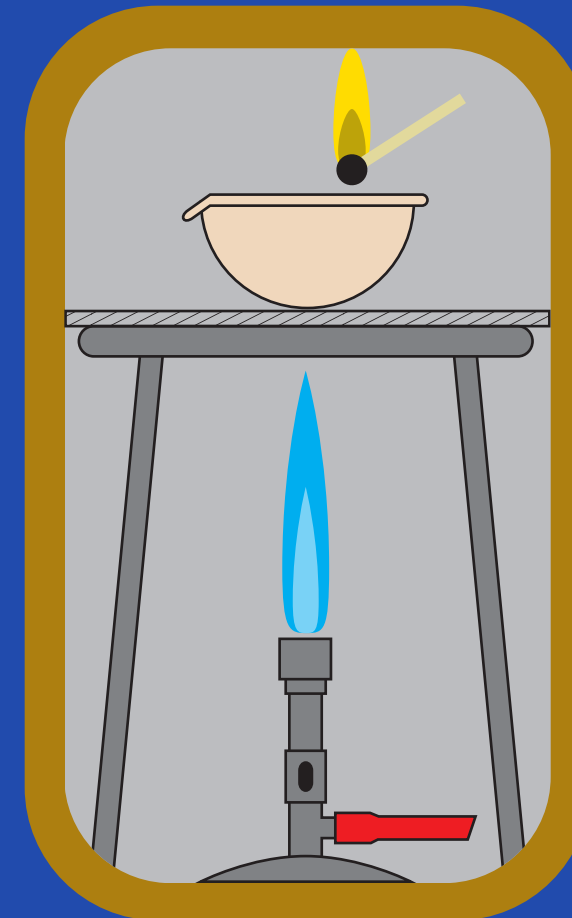


Ergebnis: Ein Stück Docht (4 cm) brennt in einigen Sekunden ab.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 2: Was brennt in der Kerzenflamme?

Experiment 2: Festes und flüssiges Wachs in Kontakt mit brennendem Streichholz bringen.



Ergebnis: Festes und flüssiges Wachs brennen nicht.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 2: Was brennt in der Kerzenflamme?

Experiment 3: Gasförmiges Wachs entzünden



Ergebnis: Gasförmiges Wachs brennt

1. Was ist Feuer?

Kapitel 2: Was brennt in der Kerzenflamme?

Experiment 4: Docht im flüssigen Wachs



Ergebnis: Im Docht steigt flüssiges Wachs nach oben.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 2: Was brennt in der Kerzenflamme?

Auswertung der Experimente

1. Brennbarkeit

- › Festes Wachs brennt nicht
- › flüssiges Wachs brennt nicht
- › gasförmiges Wachs brennt

2. Bedeutung des Doctes

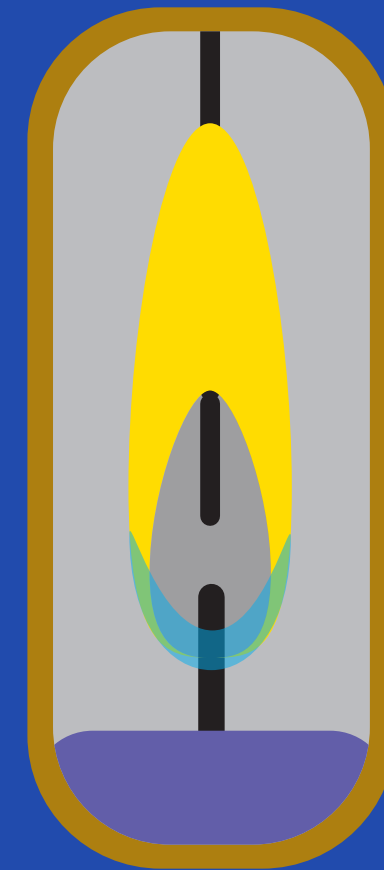
- › Hat die Funktion einer Flüssigwachs-Leitung
- › Transportiert flüssiges Wachs aus dem Wachssee in das heiße Innere der Flamme, dort verdampft es und verbrennt.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Experimente zur Erforschung der Flammenzonen

Experiment 1: Dünner Metallgegenstand hinter der Flamme



Ergebnis: Der Flammenmantel ist undurchsichtig,
der Flammenkern ist durchsichtig,
der Flammensaum ist durchsichtig

1. Was ist Feuer?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Experimente zur Erforschung der Flammenzonen

Experiment 2: Tochterflamme



Ergebnis:

Schlussfolgerung:

Der Flammenkern besteht aus Wachsgas

Da Wachsgas durchsichtig und farblos ist, ist auch der Flammenkern durchsichtig und farblos.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Experimente zur Erforschung der Flammenzonen

Experiment 3: Reagenzglas im Flammenmantel



Ergebnis: Der Flammenmantel leuchtet gelb, aber am Reagenzglas scheidet sich schwarzer Ruß ab.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Experimente zur Erforschung der Flammenzonen

Experiment 4: Glühendes Platin



Ergebnis:

Glühen bedeutet nicht zwangsläufig verbrennen. Ein Stoff kann durchaus zum Glühen gebracht werden, ohne dass er sich dabei verändert.

Schlussfolgerung:

Der Flammenmantel ist gelb und undurchsichtig, weil in ihm feste schwarze Rußpartikel glühen.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Bestätigungsexperiment zum Flammenmantel
Experiment 5: Rußrauch in der Brennerflamme



Ergebnis: Der aus dem Flammenmantel abgeleitete Rußrauch kann in einer blauen Brennerflamme zum Glühen gebracht werden.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Experimente zur Erforschung der Flammenzonen

Experiment 6: Reagenzglas im Flammenmantel



Ergebnis: Der Flammenmantel leuchtet gelb, aber am Reagenzglas scheidet sich schwarzer Ruß ab.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Experimente zur Erforschung der Flammenzonen

Experiment 7: Gelbe und blaue Brennerflamme



Ergebnis: Bei geschlossener Luftzufuhr leuchtet die Brennerflamme gelb und sieht ähnlich aus wie die Kerzenflamme.
Bei geöffneter Luftzufuhr ist die gesamte Flamme blau und durchsichtig.

1. Was ist Feuer?



Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Schlussfolgerungen zu Experiment 7: Gelbe und blaue Brennerflamme

Zur leuchtenden (gelben) Flamme:

- › In der gelben Flamme erhält nur der Flammensaum ausreichend Luft.
- › Denn beim Flammensaum strömt Luft von außen in den heißen, nach oben steigenden Gasstrom hinein.
- › Nur beim Flammensaum findet eine unmittelbar vollständige Verbrennung statt, sodass kein Ruß gebildet werden kann.
- › Umso weiter die Luft in der Flamme aufsteigt, desto mehr wird sie „verbraucht“.
- › Im Flammenmantel herrscht somit Luftmangel. Bei Luftmangel entsteht Ruß, der in den heißen Gasen gelb glüht.

1. Was ist Feuer?



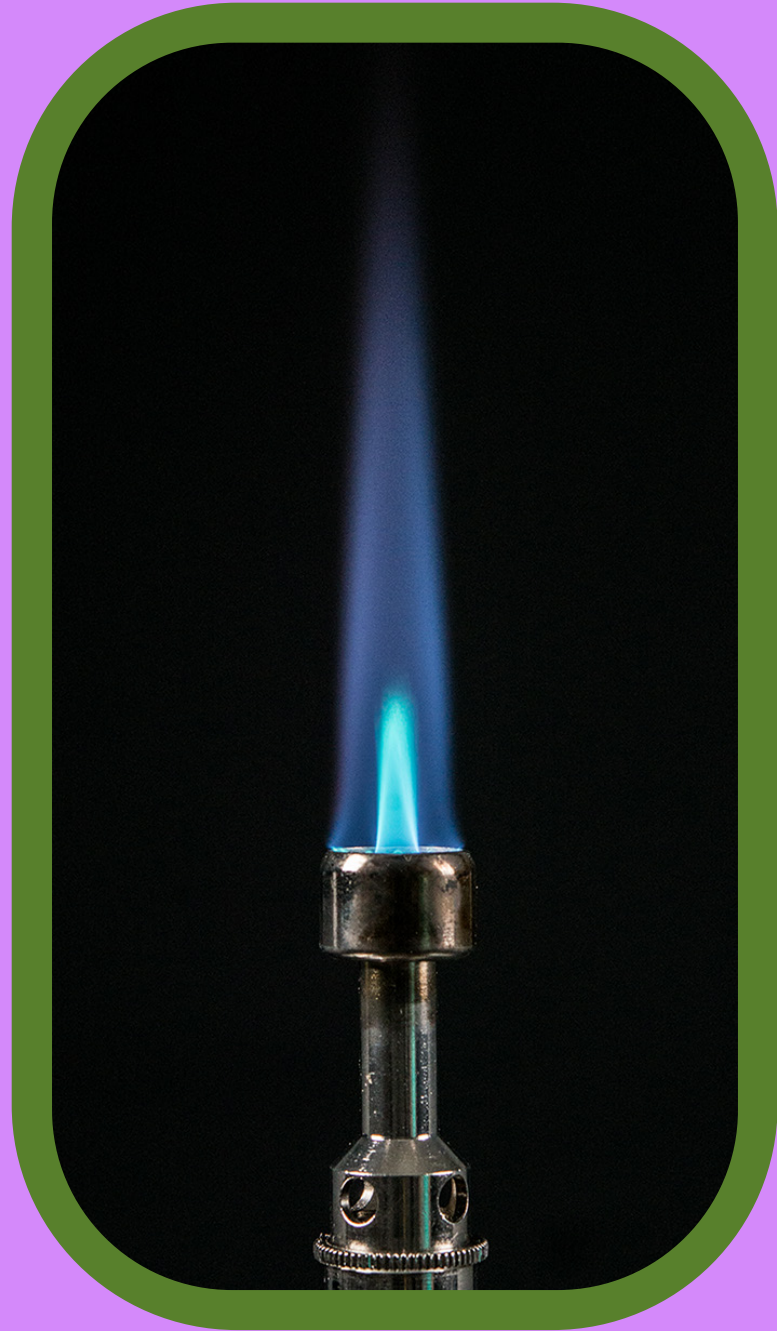
Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Schlussfolgerungen zu Experiment 7: Gelbe und blaue Brennerflamme

Zur nichtleuchtenden (blauen) Flamme:

- › In der nicht-leuchtenden Flamme strömt Luft aus dem Inneren des Gasbrenners in die Flamme.
- › Es kann sich kein durchsichtiger Flammenkern aus Brennergas bilden.
- › Denn im Flammeninneren und im Flammenrand steht genug Luft für eine vollständige Verbrennung zur Verfügung.
- › Bei einer unmittelbar vollständigen Verbrennung werden keine Rußpartikel gebildet. Die Flamme ist daher innen und außen blau.

1. Was ist Feuer?



Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Zwischenergebnis zum Flammensaum

Bei ausreichend Luftzufuhr findet eine sofortige, vollständige Verbrennung von Wachsgas statt. Es gilt:

- › Rußpartikel können nicht gebildet werden, da der dafür erforderliche Kohlenstoff sofort verbrennt.
- › Da die gelbe Flammenfarbe von glühenden Rußpartikeln stammt, können Zonen mit rascher, vollständiger Verbrennung nicht gelb sein.
- › Zonen mit schneller, vollständiger Verbrennung sind blau. Warum das so ist, können wir mit den Mitteln der einfachen Schulchemie nicht erklären.
- › Mit einfacher Schulchemie kann man auch nicht erklären, woraus die blauen Zonen bestehen.

1. Was ist Feuer?



Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Zwischenergebnis zum Flammenmantel

Bei Luftmangel findet eine unvollständige Verbrennung statt. Es gilt:

- › Bei Luftmangel können in einer Kerzenflamme nicht alle Stoffe sofort verbrannt werden. Es bildet sich Kohlenstoff der sich zu Rußpartikeln zusammenlagert.
- › Diese Rußpartikel glühen in der heißen Flamme und strahlen dabei gelbes Licht ab.
- › Zonen mit langsamer, unvollständiger Verbrennung sind gelb.

1. Was ist Feuer?



Kapitel 3: Woraus bestehen die Flammenzonen?

Auswertung der Experimente

Flammenkern: Der Flammenkern besteht aus durchsichtigem, farblosem Wachsgas.

Flammenmantel: > Bei der unvollständigen Verbrennung von Wachsgas entstehen Kohlenstoffteilchen.
> Diese Teilchen glühen in der heißen Flamme und strahlen dabei gelbes Licht ab.

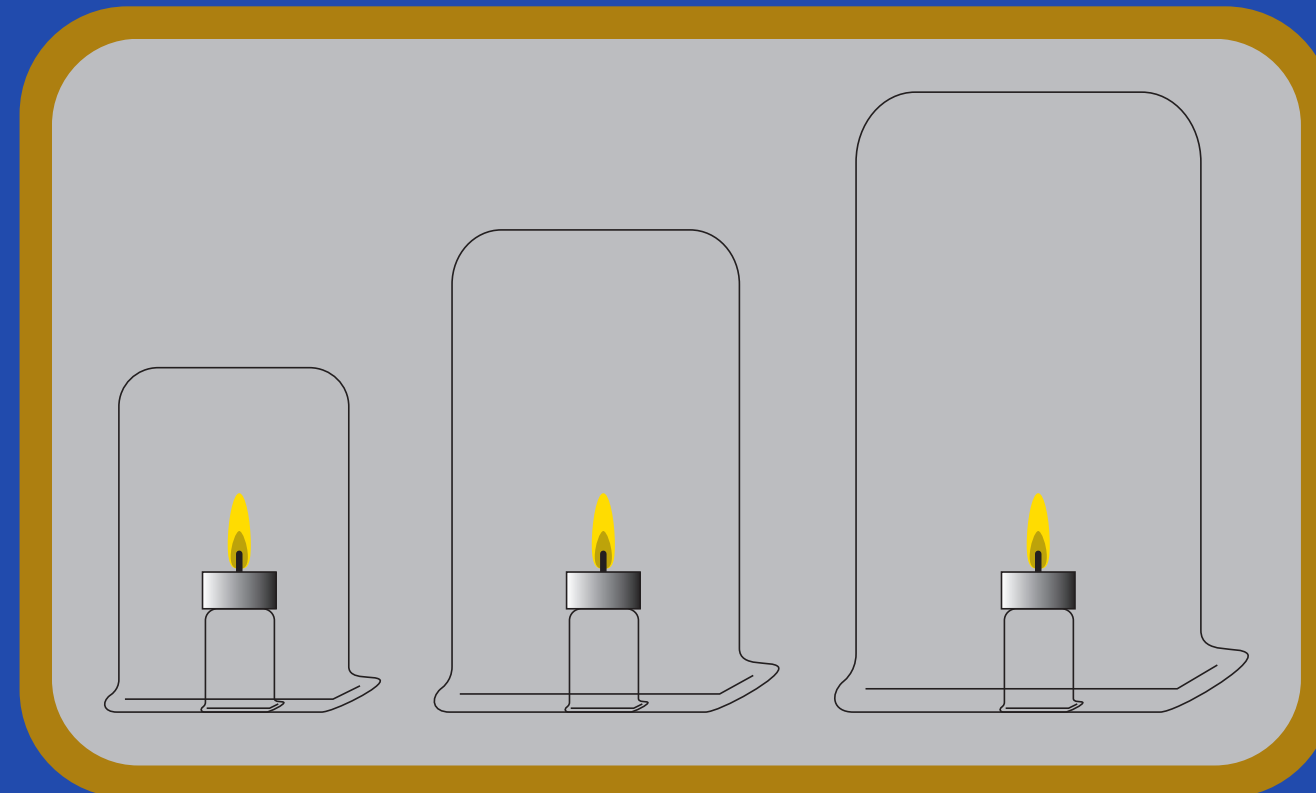
Flammensaum: > Nur im blauen Flammensaum ist ausreichend Luft für eine rasche, vollständige Verbrennung von Wachsgas vorhanden.
> Woraus der Flammensaum besteht, können wir mit einfacher Schulchemie nicht beantworten.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Die Bedeutung der Luft

Experiment 1: Kerze unter Bechergläsern



Ergebnis:

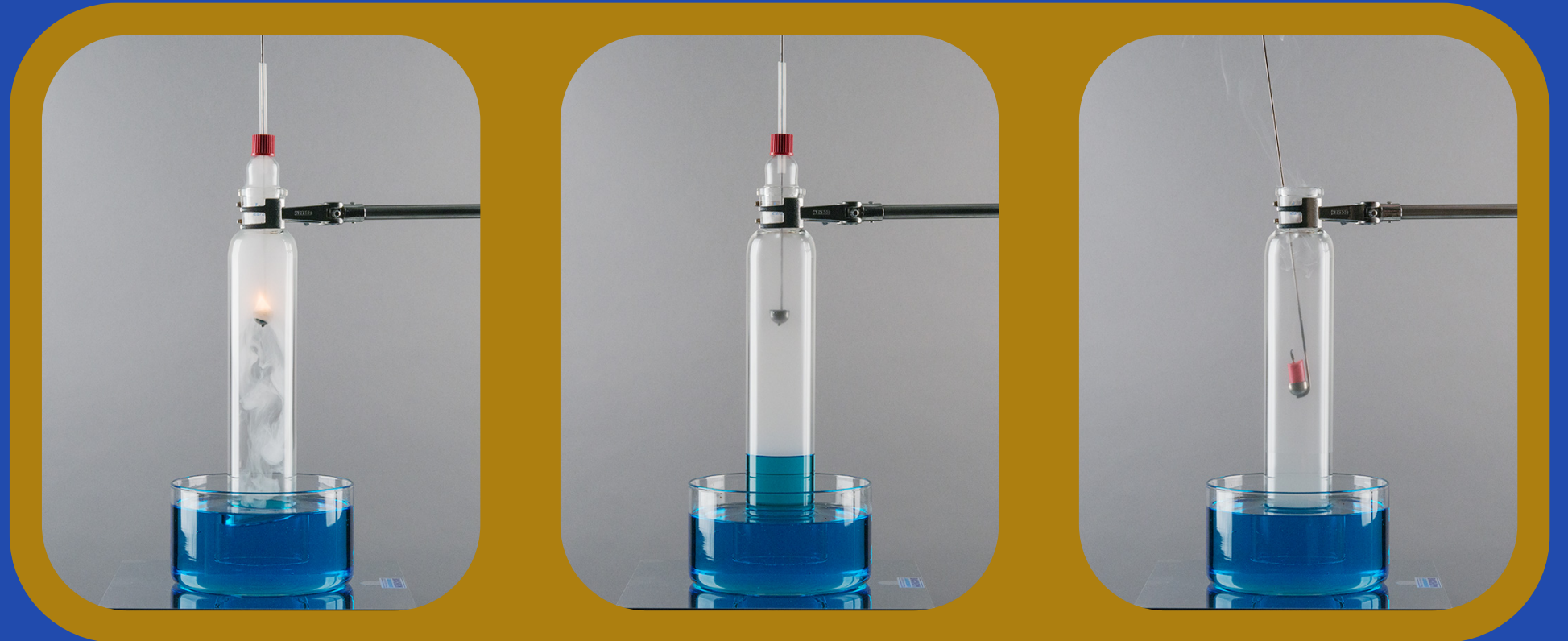
- › Für die Verbrennung von Wachsgas ist Luft erforderlich.
- › Je mehr Luft zur Verfügung steht, umso länger brennt die Kerzenflamme.
- › Wenn die Luft „verbraucht“ ist, erlischt die Flamme.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Die Bedeutung der Luft

Experiment 2: Phosphorverbrennung im abgeschlossenen Raum



- Ergebnis:**
- › Luft besteht zumindest aus 2 Gasen von denen eines (Sauerstoff) die Verbrennung fördert.
 - › Sauerstoff (ca. 20 % der Luft) verschwindet während der Verbrennung.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Die Bedeutung der Luft

Experiment 3: Phosphorverbrennung in Sauerstoff



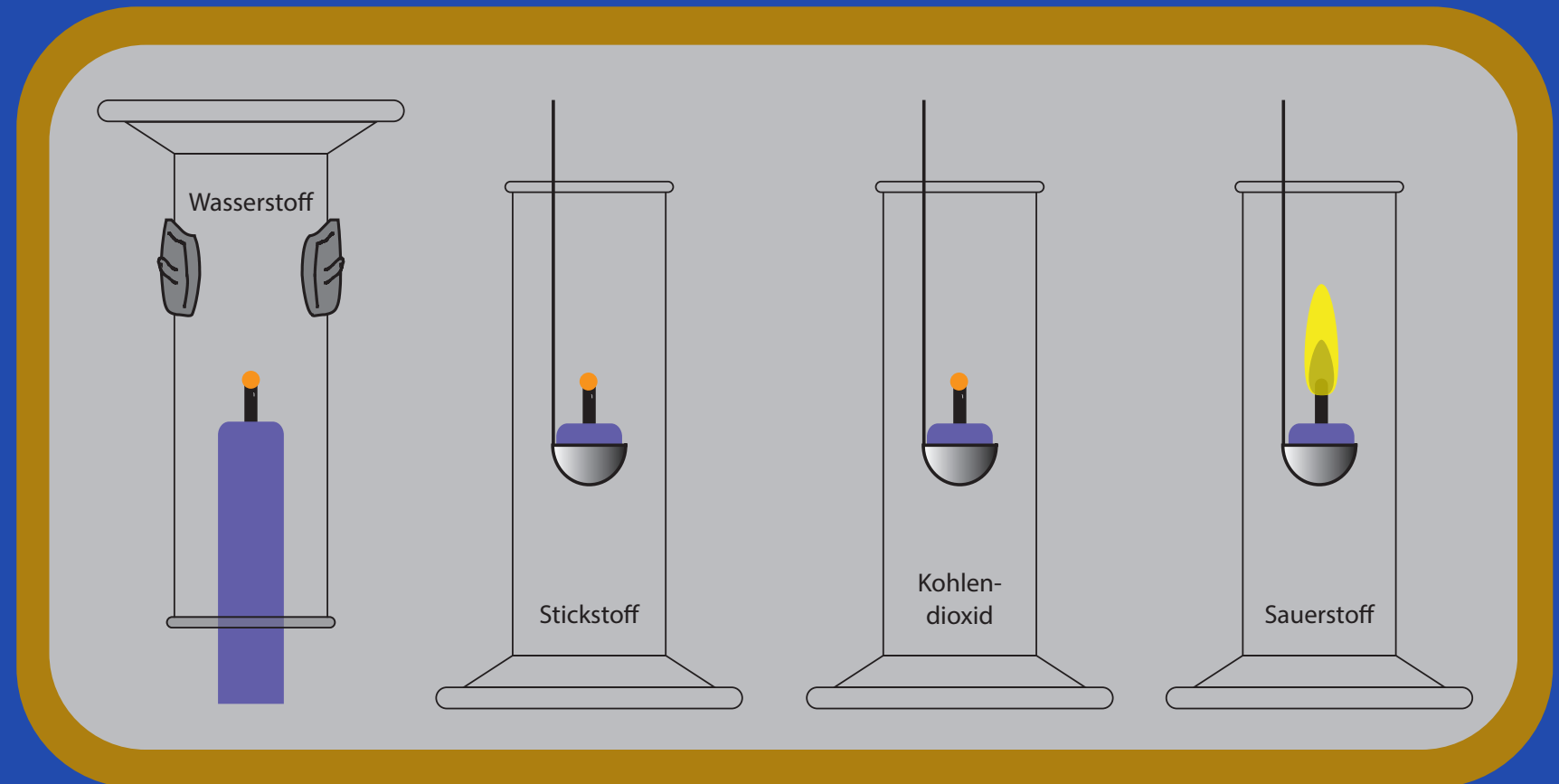
Ergebnis: Die Bedeutung des Sauerstoffs für die Verbrennung wird bestätigt.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Die Bedeutung der Luft

Experiment 4: Kerzenflamme in verschiedenen Gasen



- Ergebnis:**
- › In Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoffdioxid erlischt die Kerze.
 - › In Sauerstoff dagegen brennt sie intensiver und heller weiter.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Die Bedeutung der Luft: Auswertung der Experimente

Luft, Sauerstoff und Verbrennungen:

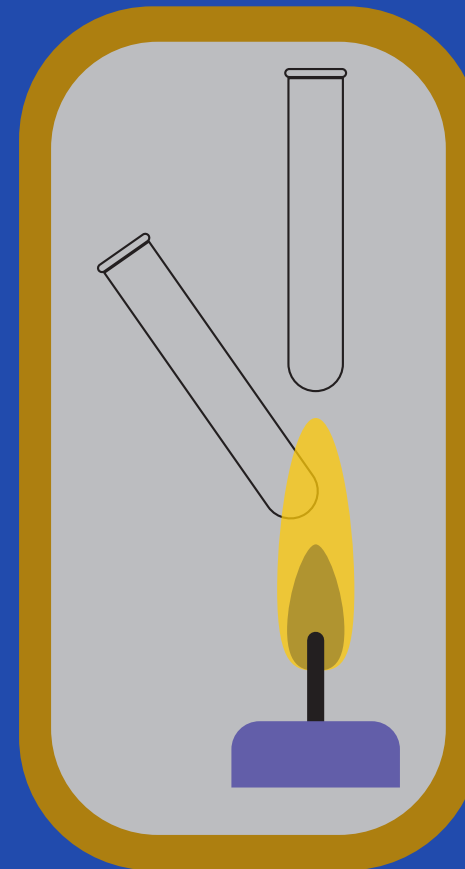
- › Wasserstoff, Stickstoff und Kohlenstoffdioxid unterbinden Verbrennungen.
- › Sauerstoff fördert Verbrennungen, brennt selbst aber nicht (Sauerstoff ist kein Brennstoff)!
- › Luft besteht im Wesentlichen aus Stickstoff (ca. 80 Vol.-%) und Sauerstoff (ca. 20 Vol.-%).

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Ruß im Flammenmantel

Experiment 1: Reagenzglas in und über der Kerzenflamme



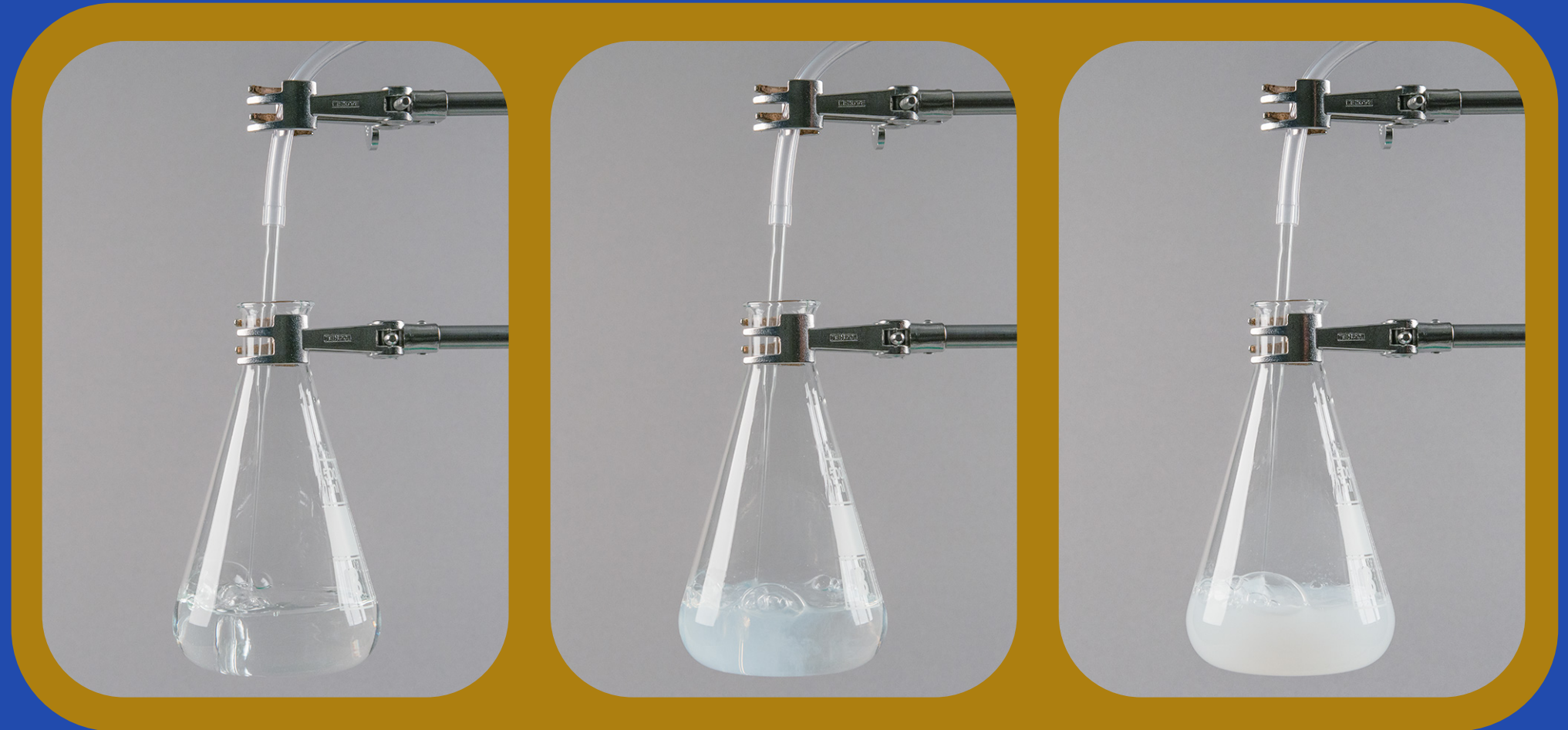
- Ergebnis:**
- › In der Kerzenflamme scheidet sich Ruß am Reagenzglas ab.
 - › Oberhalb der Kerzenflamme bleibt das Reagenzglas unverändert.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Ruß im Flammenmantel

Experiment 2: Nachweis von Kohlenstoffdioxid



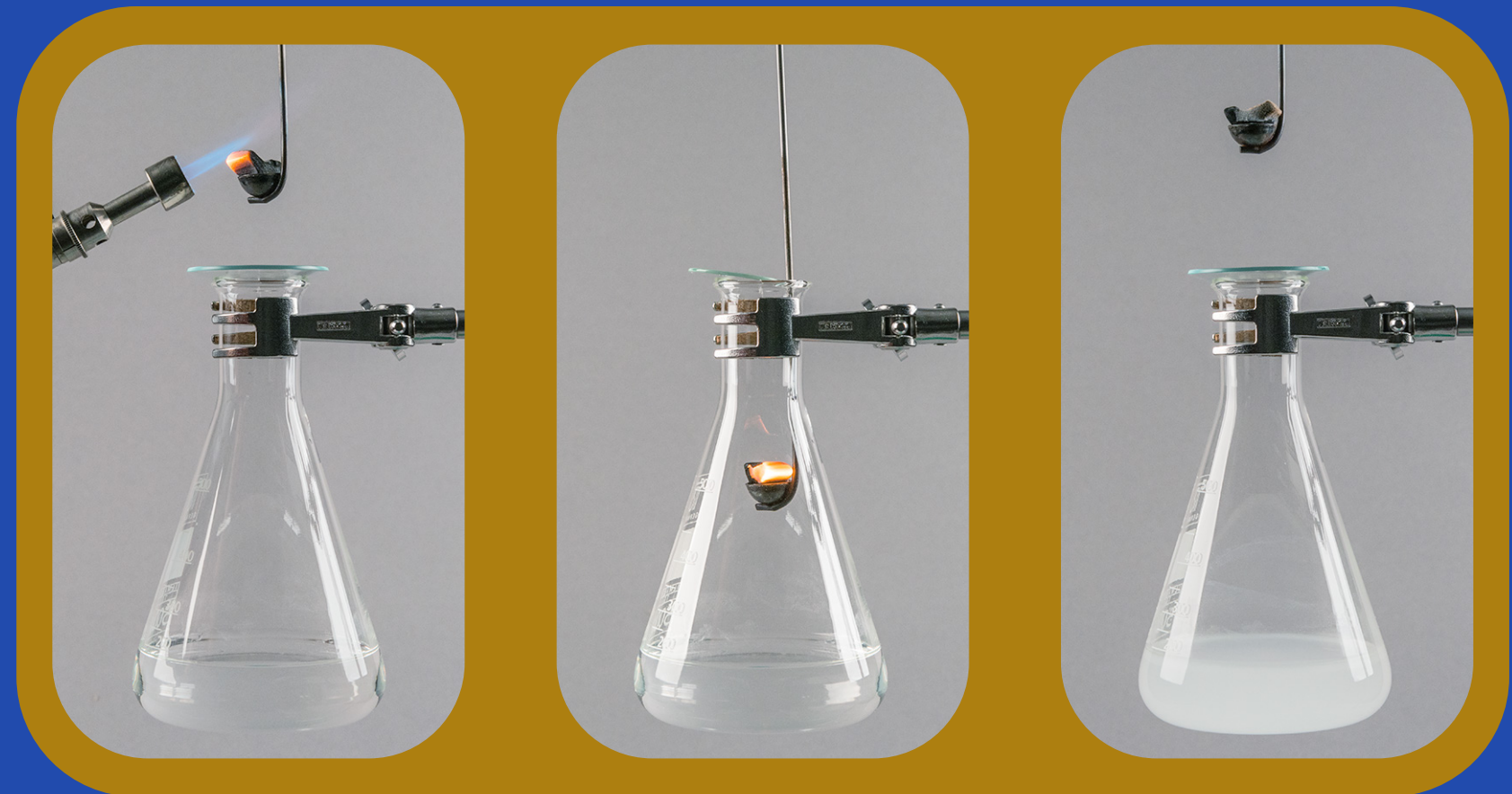
Ergebnis: Mit Calciumhydroxidlösung kann Kohlenstoffdioxid nachgewiesen werden (weißer Niederschlag).

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Ruß im Flammenmantel

Experiment 3: Verbrennen von Holzkohle



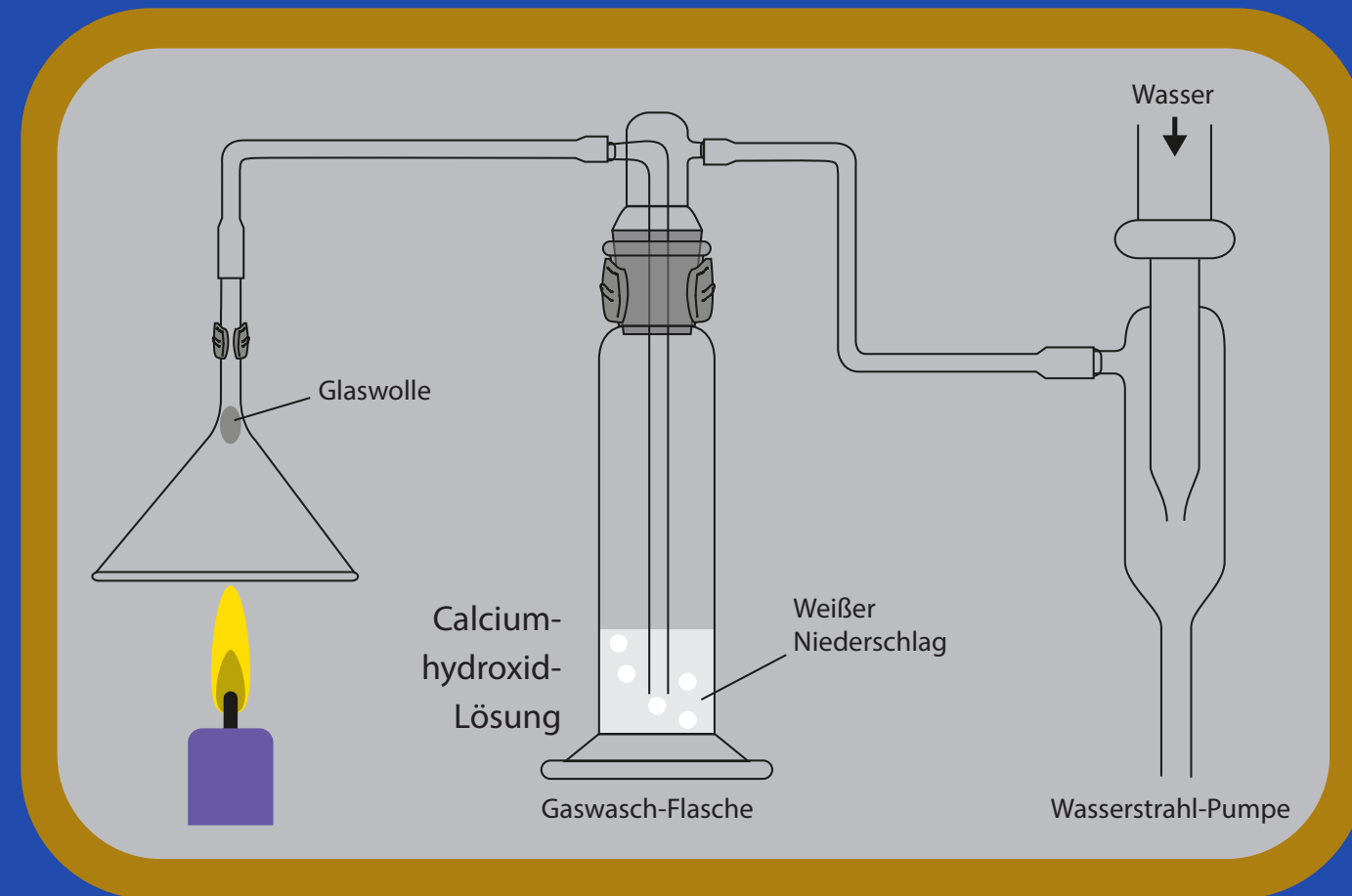
Ergebnis: Beim Verbrennen von Kohlenstoff entsteht Kohlenstoffdioxid.
Kohlenstoff + Sauerstoff -> Kohlenstoffdioxid

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Ruß im Flammenmantel

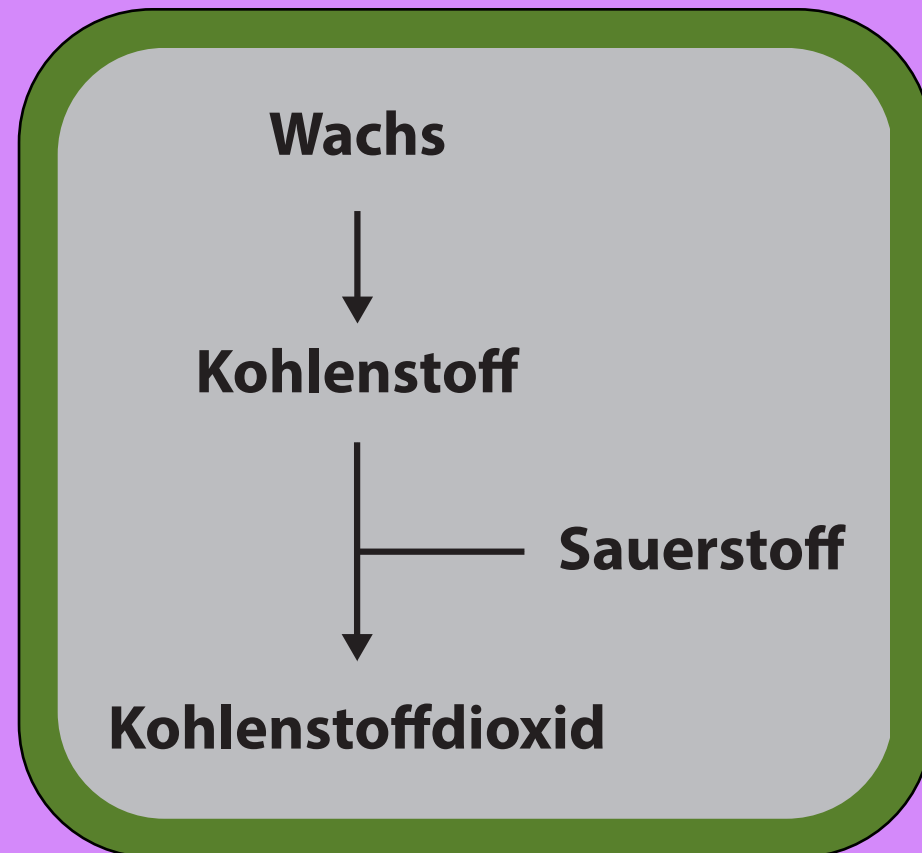
Experiment 4: Kohlenstoffdioxid-Nachweis über der Kerzenflamme.



Ergebnis: Der Kohlenstoff im Flammenmantel wird mit Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid verbrannt.

Kohlenstoff + Sauerstoff -> Kohlenstoffdioxid

1. Was ist Feuer?



Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Ruß im Flammenmantel: Auswertung der Experimente

Rußbildung:

- › In der heißen Kerzenflamme entsteht aus Wachsgas Kohlenstoff.
- › Dieser Kohlenstoff lagert sich zu kleinen festen Partikeln zusammen, die bei den hohen Temperaturen im Flammenmantel gelb glühen.
- › $\text{Wachs} \rightarrow \text{Kohlenstoff}$

Rußverbrennung:

- › Nach kurzer Zeit kommen diese glühenden Kohlenstoff-Partikel mit nachströmendem Sauerstoff in Kontakt und verbrennen zu Kohlenstoffdioxid.
- › $\text{Kohlenstoff} + \text{Sauerstoff} \rightarrow \text{Kohlenstoffdioxid}$

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Wasser in der Kerzenflamme

Experiment 1: Kerzenflamme unter einer kalten Metallschale.



Ergebnis: In der Kerzenflamme entsteht Wasser.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Wasser in der Kerzenflamme

Experiment 2: Wasserstoffflamme unter einer kalten Metallschale.



- Ergebnis:**
- › Bei der Verbrennung von Wasserstoff entsteht Wasser.
 - › Wasserstoff + Sauerstoff -> Wasser

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Wasser in der Kerzenflamme: Auswertung der Experimente

Wachsspaltung

- › In der heißen Kerzenflamme wird Wachs in Kohlenstoff und Wasserstoff aufgespalten.
- › $\text{Wachs} \rightarrow \text{Kohlenstoff} + \text{Wasserstoff}$

Wasserbildung

- › Der auf diese Weise gebildete Wasserstoff verbrennt sowohl im Flammensaum als auch im Flammenmantel sofort mit dem einströmenden Sauerstoff zu Wasser.
- › $\text{Wasserstoff} + \text{Sauerstoff} \rightarrow \text{Wasser}$

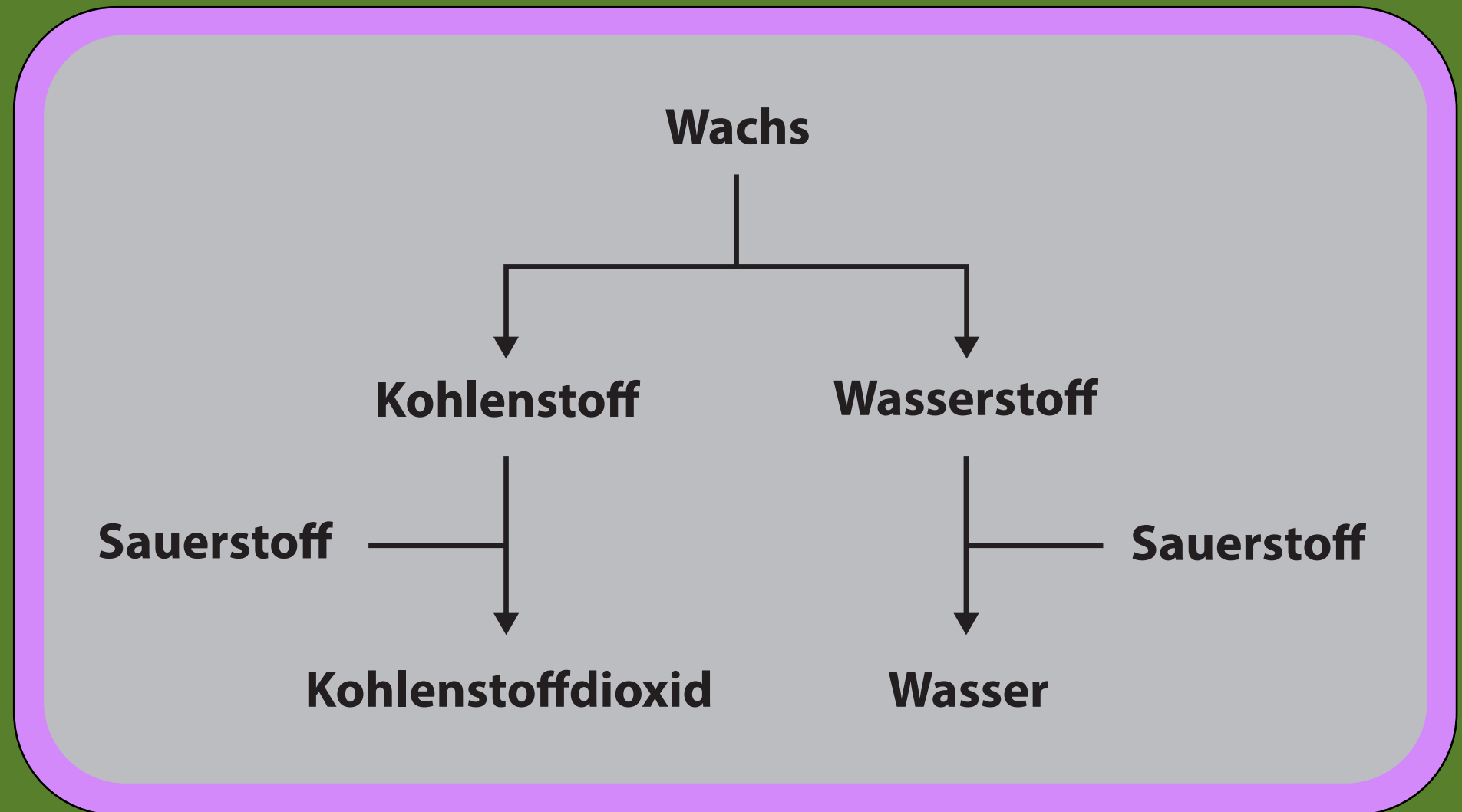
Kohlenstoffdioxid-Bildung

- › Der bei der Wachsspaltung gebildete Kohlenstoff verbrennt in der Flamme zu Kohlenstoffdioxid.
- › $\text{Kohlenstoff} + \text{Sauerstoff} \rightarrow \text{Kohlenstoffdioxid}$

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Wasser in der Kerzenflamme: Auswertung der Experimente



1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Zusammenfassung aller Erkenntnisse

Flammensaum

- › Die Verbrennung im Flammensaum läuft etwas anders ab als im Flammenmantel.
- › Im Flammensaum wird der Kohlenstoff sofort nach seiner Bildung zu Kohlenstoffdioxid verbrannt.

Flammenmantel

- › Im Flammenmantel geschieht die Kohlenstoffverbrennung, wegen des Sauerstoff-Mangels, mit ein wenig zeitlicher Verzögerung.
- › Während seiner „Lebensdauer“ (weniger als eine Sekunde) bildet der Kohlenstoff feste Partikel, die in der Hitze des Flammenmantels gelb glühen.
- › Durch nachströmenden Sauerstoff verbrennen auch diese Partikel zu Kohlenstoffdioxid.

Gesamtprozess der Verbrennung

Alle drei Vorgänge zusammen ergeben den folgenden Gesamtprozess:

Wachs + Sauerstoff → Kohlenstoffdioxid + Wasser

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Zusammenfassung aller Erkenntnisse

	Unvollständige Verbrennung (Sauerstoff-Mangel)	
Teilprozesse	Wachs	→ Kohlenstoff + Wasserstoff
	Wasserstoff + Sauerstoff	→ Wasser
Gesamtprozess	Wachs + Sauerstoff (wenig)	→ Wasser + Kohlenstoff
	Vollständige Verbrennung (ausreichend Sauerstoff)	
Teilprozesse	Wachs	→ Kohlenstoff + Wasserstoff
	Kohlenstoff + Sauerstoff	→ Kohlenstoffdioxid
	Wasserstoff + Sauerstoff	→ Wasser
Gesamtprozess	Wachs + Sauerstoff (viel)	→ Wasser + Kohlenstoffdioxid

1. Was ist Feuer?

Kapitel 4: Was geschieht in der Kerzenflamme?

Zusammenfassung aller Erkenntnisse

Geheimnisvolle Vorgänge

Wir haben bis jetzt einige rätselhafte Vorgänge beobachten können.

Aus weißem, festem Wachs wird schwarzer, fester Ruß (Kohlenstoff) und farbloser, gasförmiger Wasserstoff gebildet:

Wachs \rightarrow Kohlenstoff + Wasserstoff

Aus rotem, festem Phosphor und farblosem, gasförmigem Sauerstoff wurde weißes, festes Phosphoroxid:

Phosphor + Sauerstoff \rightarrow Phosphoroxid

Aus schwarzem, festem Kohlenstoff und farblosem, gasförmigem Sauerstoff wurde farbloses, gasförmiges Kohlenstoffdioxid:

Kohlenstoff + Sauerstoff \rightarrow Kohlenstoffdioxid

Aus farblosem, gasförmigem Wasserstoff und farblosem, gasförmigem Sauerstoff wurde farbloses, flüssiges Wasser:

Wasserstoff + Sauerstoff \rightarrow Wasser

1. Was ist Feuer?

Kapitel 5: Chemie und chemische Reaktionen?

Chemische Reaktionen

Die geheimnisvollen Vorgänge haben alle etwas gemeinsam:
Es werden neue Stoffe gebildet.

Definition: Chemische Reaktionen

Vorgänge, die zur Bildung neuer Stoffe führen, werden chemische Reaktionen genannt.

Achtung

Immer wenn ein neuer Stoff entsteht, treten neue Eigenschaften auf – aber nicht immer wenn neue Eigenschaften auftreten, tritt auch ein neuer Stoff auf.

Beispiel

Verdampfen von Wasser: Gasförmiges Wasser hat eine geringere Dichte als flüssiges Wasser, stellt aber keinen neuen Stoff dar.

1. Was ist Feuer?

Kapitel 5: Chemie und chemische Reaktionen?

Reaktionstypen

Bisher sind uns zwei grundsätzlich verschiedene Arten von chemischen Reaktionen begegnet: Stoffspaltungen und Stoffvereinigungen.

Definition: Stoffspaltungen

- › Stoffspaltungen sind chemische Reaktionen, d. h., es werden neue Stoffe dabei gebildet.
- › Im Verlauf von Stoffspaltungen werden aus einem Stoff mindestens zwei neue Stoffe gebildet.
- › Beispiel: Wachs \rightarrow Kohlenstoff + Wasserstoff

Definition: Stoffvereinigungen

- › Stoffvereinigungen sind chemische Reaktionen, d. h., es werden neue Stoffe dabei gebildet.
- › Im Verlauf von Stoffvereinigungen wird aus mindestens zwei Stoffen ein neuer Stoff gebildet.
- › Beispiel: Wasserstoff + Sauerstoff \rightarrow Wasser

1. Was ist Feuer?

Kapitel 5: Chemie und chemische Reaktionen?

Die geheimnisvollen Vorgänge haben alle etwas gemeinsam:
Es werden neue Stoffe gebildet.

Definition: Chemische Reaktionen

Vorgänge, die zur Bildung neuer Stoffe führen, werden chemische Reaktionen genannt.

Achtung

Immer wenn ein neuer Stoff entsteht, treten neue Eigenschaften auf – aber nicht immer wenn neue Eigenschaften auftreten, tritt auch ein neuer Stoff auf.

Beispiel

Verdampfen von Wasser: Gasförmiges Wasser hat eine geringere Dichte als flüssiges Wasser, stellt aber keinen neuen Stoff dar.

2. Elemente der Wagenschein-Didaktik

Exemplarische Elemente

- › Keine verfrühte Theoretisierung [Wagenschein, 1997: S. 38]
- › Forschender Unterricht [ebd.: S. 35]:
 - Wiederentdeckung einer Wissenschaft von Anfang an [ebd.: S. 94],
 - Wiederentdeckung unter Führung [ebd.: S. 127]
- › Die Struktur des Faches (geleitet) entdecken [ebd.: S. 21]
- › Fundamentale Erfahrungen ermöglichen [ebd.: S. 21]:
 - Stoffverwandlungen sind rätselhafte Vorgänge, die nicht durch direkte Anschauung interpretiert werden können;
 - Chemische Theorien werden nicht entdeckt, sondern erfunden
- › Einwurzelung [ebd.: S. 64] durch zahlreiche Experimente, die gründlich sokratisch besprochen werden.
- › Exemplarischer Lehrgang (Erstaunliches zuerst) anstelle des systematischen Lehrgangs (vom Einfachen zum Schwierigen) [ebd.: S. 121]:

Das Kapitel Was ist Feuer? beginnt eigentlich mit dem Flammensprung. In dieser Variante wird der Exemplarische Charakter deutlicher als in der hier präsentierten Variante.

2. Elemente der Wagenschein-Didaktik

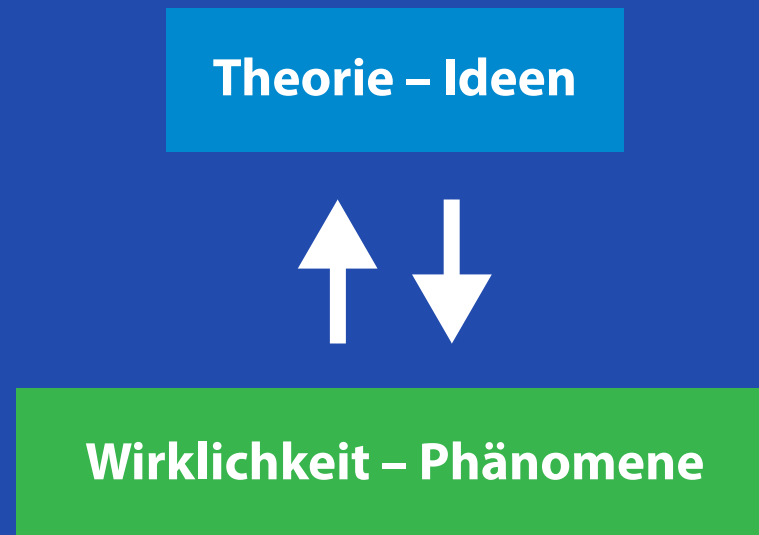
Genetische Elemente

- › Exposition, sodass der Drang entsteht es einzuordnen [Wagenschein, 1997: S. 81 f und 98]:
Zahlreiche Experimente
- › Emotion und als Folge Motivation [ebd.: S. 86 f]: Faszinierende Experimente
- › Geschichte als Genesis [ebd.: S. 90 f]:
 - vorwärts verstehen anstelle von rückwärts verstehen,
 - Induktion anstelle von Deduktion.
- › Produktive Verwirrung [ebd.: S. 96]: Die Kapitel beginnen meist mit Experimenten, die Fragen aufwerfen.
- › Keine verfrühte Abstraktion [ebd.: S. 96 und 99]
- › Die Anfänge einer Wissenschaft enthüllen am besten ihr Wesen [ebd.: S. 101]
- › Genetische Metamorphose der chemischen Grundlagen [ebd.: S. 103]
- › Wissenschaftsorientierung durch Wiederentdeckung [ebd.: S. 127]
- › Sachliche Motivation [ebd.: S. 128]
- › Erst die Muttersprache und dann behutsam die Fachsprache [ebd.: S. 72 f und S. 123]

3. Besondere didaktische Merkmale

Wirklichkeit und Theorie

Im präsentierten Curriculum wird der Lehrstoff hierarchisch vielfältig strukturiert zugänglich gemacht. Dabei ist die oberste Strukturierungsebene, die Unterscheidung von Wirklichkeit und Theorie, für ein tiefgehendes Chemieverständnis von besonderer Bedeutung.



Chemische Reaktionen (Phänomene) sind geheimnisvoll

„Chemische Reaktionen sind nicht nur sehr zahlreich, es gibt auch noch eine Besonderheit, die in dieser Ausprägung in Physik und Biologie nicht anzutreffen ist. Selbst wenn wir einen chemischen Vorgang mit äußerster Sorgfalt beobachten, erlangen wir dadurch keine Erkenntnis darüber, wie genau die chemische Reaktion abläuft. Ausgangs- und Endstoffe können wir erkennen, die chemischen Vorgänge, die vom Edukt zum Produkt führen, bleiben uns jedoch verborgen. So strahlt jede chemische Reaktion eine Aura des Geheimnisvollen aus. In Physik dagegen kann man den fallenden Stein sehen, in Biologie das Verhalten von Steinadlern beobachten.“ [Geiß, 2017: S. 17 f]

3. Besondere didaktische Merkmale

Adaptive Kompetenz und Kompetenzbegriff

Zahlreiche Gelehrte sind sich darin einig, dass das höchste Ziel von Lernen und Instruktion adaptive Kompetenz ist [Bransford et al, 2006].

Mit adaptiver Kompetenz ist dabei die Fähigkeit gemeint, sinnvoll gelerntes Wissen und Fertigkeiten flexibel und kreativ in verschiedenen Situationen anwenden zu können.

Der Kompetenzbegriff Franz Weinerts

Der im deutschen Bildungswesen für die Naturwissenschaften verwendete Kompetenzbegriff basiert in der Regel auf der Definition Franz Weinerts. Demnach sind Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“. [Weinert, 2001]

3. Besondere didaktische Merkmale

Adaptive Kompetenz und Kompetenzbegriff

Komponenten des Weinertschen Kompetenzbegriffs

Analysiert man diese Kompetenz-Definition Weinerts, stößt man auf drei zentrale Merkmale:

- › verstandenes Wissen (kognitive Fähigkeiten und Kenntnisse),
- › Problemlösung - Anwendung von verstandenem Wissen (Fertigkeiten),
- › Motivation sowie volitionale und soziale Bereitschaft für die Problemlösung.

In verkürzter Form könnte man diese Merkmale folgendermaßen auflisten:

- › Wissen,
- › Anwendung,
- › Wollen.

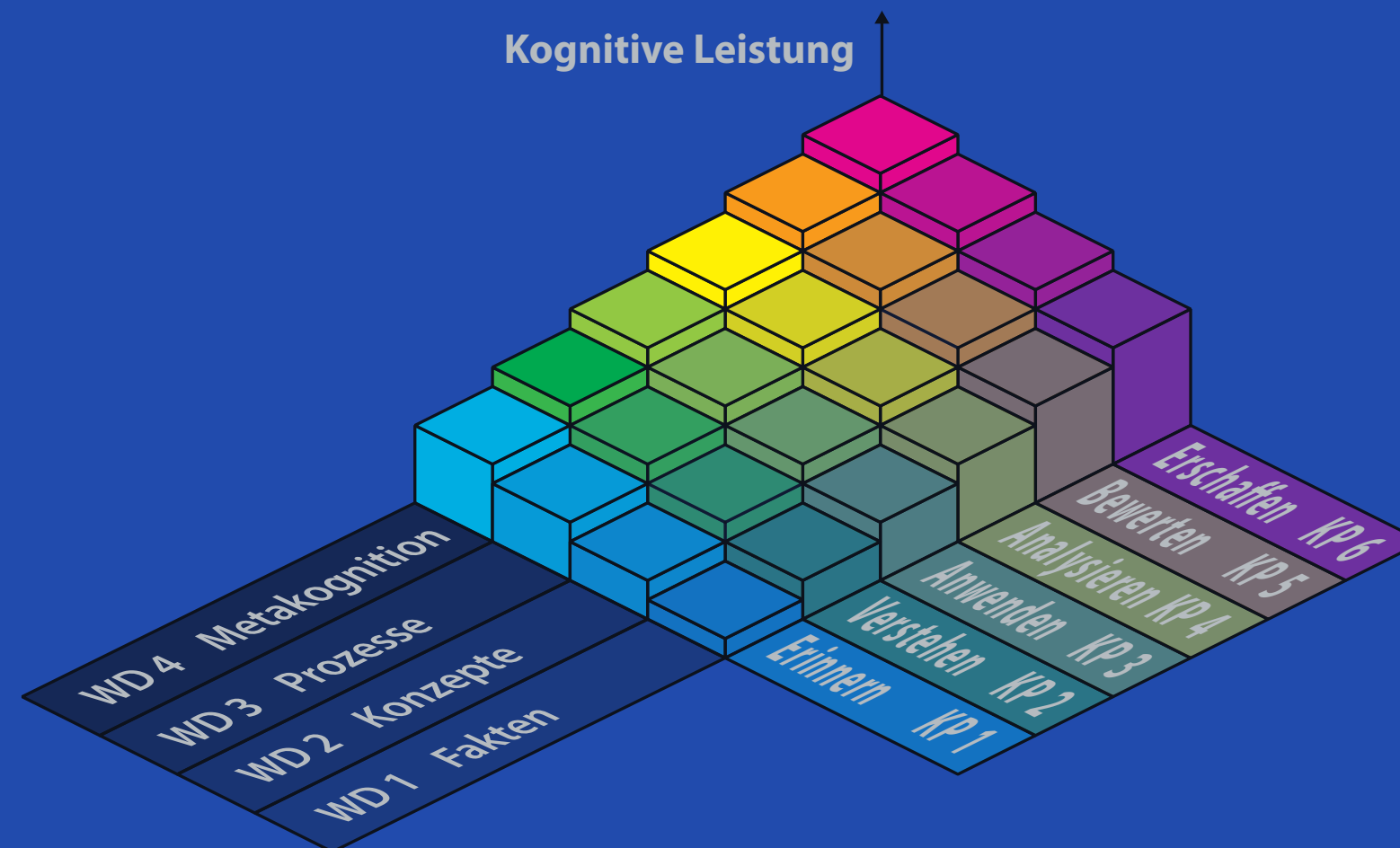
Im Sinne Weinerts beschreiben Kompetenzen den handelnden Umgang mit verstandenem Wissen und berücksichtigen dabei das Anwenden-Können und Anwenden-Wollen in Problemlösungs-Situationen.

3. Besondere didaktische Merkmale

Zweidimensionale kognitive Taxonomie

Komponenten der adaptiven Kompetenz (Fortsetzung)

Selbstreguliertes Lernen ist ein wesentlicher Faktor für den Erwerb adaptiver Kompetenz. Mit einer zweidimensionalen kognitiven Taxonomie [Krathwohl, 2002] können sowohl Wissen als auch kognitive Prozesse klassifiziert werden. Das sich hieraus ergebende zweidimensionale Raster macht eine Bewertung von Lernzielen, Aufgaben und Wissens-elementen möglich, auf der aufbauend Lernende ihre Arbeit beobachten, regulieren und kontrollieren können.



Quellen

- › Bransford et al (2006) Learning theories and education: toward a decade of synergy. In: Alexander PA and Winne PH (Hrsg) Handbook of educational psychology, 2. Aufl. Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, S 209-244
- › Geiß R (2017) Chemie - Entdecken und verstehen. Springer Spektrum, Heidelberg
- › Krathwohl DR (2002) A revision of Blooms taxonomy: an overview. Theory into Practice 41: 212-218
- › Wagenschein M (1997) Verstehen lehren. Beltz, Weinheim und Basel
- › Weinert FE (2001) Leistungsmessungen in Schulen. Beltz, Weinheim, S 17-32