

# Tropfen für Tropfen – mit Titration die Konzentration einer Base bestimmen

Ein Beitrag von Sandra Kaut, Hamburg  
Mit Illustrationen von Julia Lenzmann, Stuttgart

**O**je, der arme Maler-Azubi Tom ... Er soll die Basen im Lager nach ihrer Konzentration ordnen, aber die Etiketten sind ganz unleserlich ... Wie kann er die Konzentrationen der Basen bestimmen?

Dabei helfen Ihre Schüler und planen den Versuch eigenständig. So lernen sie einen Anwendungsbereich von Neutralisationsreaktionen – das Verfahren der Titration – kennen.



Foto: Thinkstock/iStock

Die Konzentration einer Base bestimmen? – Können Ihre Schüler Maler-Azubi Tom helfen?

Mit Tippkarten zum Planen  
des Versuchs!

## Das Wichtigste auf einen Blick

**Klassen:** 9/10

**Dauer:** 5 Stunden (Minimalplan: 2–3)

**Kompetenzen:** Die Schüler ...

- beschreiben Phänomene der Stoffumwandlung bei Neutralisationsreaktionen.
- planen ein Experiment zur Beantwortung einer Ausgangsfrage und zur Überprüfung ihrer Vermutung.
- führen Experimente selbstständig durch und protokollieren ihre Vorgehensweise.
- zeichnen eine Titrationskurve und werten diese aus.

**Versuche:**

- Ätzend plus ätzend gleich neutral – ist das möglich? (SV)
- So ein Chaos! – Wie bestimmen wir die Konzentrationen der Basen? (SV)

**Übungsmaterial:**

- Teste dich selbst! – Bist du ein Neutralisationsprofi?
- Jetzt weiß ich's! – Neutralisation und Titration

## Was Sie zum Thema wissen müssen

### Neutralisationsreaktion

Bei einer Neutralisation reagiert eine bestimmte Menge einer Säure mit einer bestimmten Menge einer Base zu Wasser und einem Salz. Die beiden Flüssigkeiten neutralisieren sich also. Dabei gibt die Säure – nach Brønstedt der Protonendonator – ein Proton ab und die Base – nach Brønstedt der Protonenakzeptor – nimmt ein Proton auf. Das Produkt aus Konzentration und Volumen der Säure ist dabei gleich dem Produkt aus Konzentration und Volumen der Base:

$$c(\text{Säure}) \cdot V(\text{Säure}) = c(\text{Base}) \cdot V(\text{Base})$$

### Säure-Base-Titration

Der Säure-Base-Titration liegt dieses Prinzip der Neutralisation zugrunde, bei der die Konzentration einer Säure oder einer Base experimentell ermittelt werden kann. Dabei tropft man so lange eine Säure (oder Base) bekannter Konzentration zu einem gewissen Volumen der Base (oder Säure) mit der unbekanntem Konzentration, bis der in der Lösung enthaltene Indikator den Neutralpunkt anzeigt. Im Anschluss liest man das verbrauchte Volumen der Säure (oder Base) mit bekannter Konzentration ab und kann die Konzentration der Base (oder Säure) mit unbekannter Konzentration berechnen.

## Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

### Fachbegriffe „Säure“, „Base“, „saure Lösung“ und „basische Lösung“

Die folgenden Fachbegriffe kommen häufig in der Säure-Base-Thematik zur Anwendung: *Säure, saure Lösung, Base, alkalische Lösung, basische Lösung und Lauge*. Hier hilft die **exakte Ausdrucksweise des Lehrkörpers** dem besseren Verständnis der Schülerinnen und Schüler\*. Es ist sinnvoll, sich auf die Begriffe „Säure und Base“ auf der einen Seite und „saure Lösung und basische Lösung“ auf der anderen Seite zu beschränken. Die Begriffe „alkalische Lösung“ und „Lauge“ haben kein sinnvolles „Gegenüber“, da der Begriff des „Alkali“ heutzutage kaum verwendet wird. So liegt es in Ihrer Verantwortung, auf die **korrekten Begrifflichkeiten** zu achten, damit der Schüler nicht verwirrt wird. Um die Begriffe einheitlich zu verwenden, wird daher durchgängig der Begriff „Base“ verwendet, auch wenn in einem Malerbetrieb wahrscheinlich eher von Laugen gesprochen wird. Bei leistungsstarken Lerngruppen können Sie diese Differenz thematisieren.

\* Im weiteren Verlauf der Einheit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet.

### Voraussetzungen der Lerngruppe

Die Unterrichtseinheit setzt voraus, dass Ihre Schüler bereits Vorwissen zum Thema **Säuren und Basen** haben. Sie sollten wissen, dass Säuren nach Brønstedt **Protonendonatoren** sind sowie mindestens einen **Indikator** und dessen Farbumschlagbereich kennen. Aufgrund der ätzenden Wirkung von sauren und basischen Lösungen und der Arbeit mit recht teuren Laborgeräten sollten die Schüler im **Experimentieren** geschult sein und **Sicherheitsvorschriften** einhalten können.

### Aufbau der Unterrichtseinheit

In dieser Einheit steht der Kompetenzbereich der **Erkenntnisgewinnung** im Mittelpunkt. Die Lerngruppe entwickelt zwei Versuche selbstständig. Der erste Versuch ist leicht zu planen, um die Schüler an dieses Vorgehen zu gewöhnen, die Planung des zweiten Versuchs ist deutlich anspruchsvoller.

Der Einstieg in das Thema erfolgt mit **Farbfolie M 1**, die in einem Comic über den Maler-Azubi Tom die Frage aufwirft, ob es möglich sein kann, dass eine ätzende Säure und eine ätzende Base zusammen einen ungefährlichen, neutralen Stoff ergeben. Diese Problematik animiert die Schüler dazu, eigene Lösungsansätze zu finden und einen entsprechenden Untersuchungsplan aktiv in die Tat umzusetzen.

In den ersten beiden Stunden planen die Schüler mithilfe der Methode **Think-Pair-Share** eigene Versuche, mit denen sie überprüfen, ob sich eine Säure tatsächlich mit einer Base neutralisieren lässt (**Arbeitsblatt M 1**). Nach Absprache mit der Lehrkraft führen sie in einer Gruppenarbeitsphase die Versuche durch und protokollieren die Versuchsplanungen und -durchführungen. Unterstützend können die Lernenden die **Protokollvorlage M 2** erhalten. Dies ist besonders für Schüler mit **Förderbedarf** hilfreich.

Die Schüler stellen sich ihre Versuchsergebnisse gegenseitig in einer Plenumsphase vor. Sie gehen dabei auf ggf. unterschiedliche Versuchsergebnisse ein und führen eine **Fehleranalyse** durch. Ist es einigen Schülern nicht gelungen, die beiden Lösungen zu neutralisieren, kann ein **Lehrerversuch** folgen, der zeigt, dass dies möglich ist. Anhand von **Arbeitsblatt M 3** erarbeiten sich die Schüler die Beziehung zwischen der Konzentration und dem Volumen zweier Lösungen und den Begriff der Titration.

Zu Beginn der dritten und vierten Stunde wird ein neues Problem aufgeworfen: Maler-Azubi Tom soll nun Basen im Lager nach ihrer Konzentration ordnen, deren Etiketten sind aber nicht lesbar. In Gruppen planen die Schüler mithilfe von **Arbeitsblatt M 4** einen Versuch, um die Konzentrationen der Basen zu ermitteln. Dabei stehen ihnen die **Tippkarten M 5** zur Verfügung. Nach der Versuchsdurchführung werten die Schüler ihre Versuche mithilfe von **Arbeitsblatt M 6** aus. Besonders schnelle Gruppen erarbeiten zudem eine **Titrationsskurve** (📄). Im Anschluss werden die Versuchsergebnisse besprochen und die Titrationsskurve in einer Plenumsphase erläutert.

**Üben**

Den Abschluss der Unterrichtseinheit bilden eine selbstständige **Überprüfung** und **Wiederholung** mittels **Arbeitsblatt M 7** sowie **Arbeitsblatt M 8**, das als abschließender Kurztest eingesetzt werden kann.

**Angebote zur Differenzierung**

Beim Erstellen des Versuchsprotokolls können Sie leistungsschwächere Schüler mit dem **Versuchsprotokoll M 2**, das Hilfen enthält, unterstützen. Leistungsstärkere Schüler können die Protokollvorlage (📄) ohne Hilfen erhalten oder erstellen das Versuchsprotokoll komplett selbstständig.

Wenn Ihre Schüler die Bestimmung der Basen-Konzentration planen und durchführen, stehen ihnen gestufte Hilfen in Form der **Tippkarten M 5** zur Verfügung, auf die sie bei Bedarf zugreifen können.

Leistungsstärkere und schnellere Gruppen haben die Möglichkeit, die Titration zu wiederholen und eine **Titrationsskurve** (📄) zu erstellen. In der Auswertungsphase erklären sie ihr Vorgehen den Mitschülern.

In den **Arbeitsbögen M 7 und M 8** sind zwei unterschiedliche Niveaus ausgewiesen, wobei die **schwierigeren Aufgaben** mit einem Sternchen ★ gekennzeichnet sind.

**Ideen für die weitere Arbeit**

Die Unterrichtseinheit eignet sich als Abschluss der Einheit „Säuren, Basen und ihre Reaktionen“. Sie können nach der Einheit einen kurzen Exkurs zu den Themen „Organische Säuren“ oder „Säuren in der Natur und Puffersysteme“ (z. B. Blutpuffer) anschließen. Diese Themen eignen sich ebenfalls gut für Schülerreferate.

## Diese Kompetenzen trainieren Ihre Schüler

### Die Schüler ...

- beschreiben Phänomene der Stoffumwandlung bei Neutralisationsreaktionen.
- planen ein Experiment zur Beantwortung einer Ausgangsfrage und zur Überprüfung ihrer Vermutung.
- führen Experimente selbstständig durch.
- protokollieren ihre Vorgehensweise.
- zeichnen eine Titrationskurve und werten diese aus.
- tauschen sich über ihre Ideen in der Gruppe aus, wobei sie sich an Gesprächsregeln halten sowie themenbezogen und sachgerecht kommunizieren.

## Medientipps

### Literatur

**Haim, Kurt u. a.:** Chemie macchiato: Cartoon-Chemiekurs für Schüler und Studenten. Addison-Wesley Verlag. München 2007.

Mithilfe vieler Cartoons bringt dieses Buch die Grundlagen der Chemie auf humorvolle Weise näher. Der Stoff wird leicht verständlich erklärt und durch viele lustige Beispiele aufgelockert. Das Kapitel 9 beschäftigt sich ausführlich mit dem Thema „Säuren und Basen“.

### Filme

**Säure und Base III – Ampholyte, pH-Wert und Neutralisation**, DVD, 2009, ca. 20 min, FWU-Nr. 4602629

Die DVD enthält Filme auf unterschiedlichen Niveaus. Der Film „Neutralisation“ ist gut für den Einsatz an Realschulen geeignet.

**Säure und Base IV – Säurestärke, Titration und Puffer**, DVD, 2009, ca. 23 min, FWU-Nr. 4602630

Zum Thema „Titration“ bietet diese DVD den kurzen Film „Was ist eine Titration?“ (ca. 6 min), Animation von Titrationskurven (starke Säure mit starker Base; schwache Base mit starker Säure) sowie Bilder zum Thema „Titration für Umwelt und Forschung“.

## Die Einheit im Überblick

⌚ V = Vorbereitung

FO = Folie

AB = Arbeitsblatt

⌚ D = Durchführung

SV = Schülerversuch

LEK = Lernerfolgskontrolle

VP = Versuchsprotokoll

TK = Tippkarte

 = Zusatzmaterial auf CD

Stunde 1–2: Neutralisation	
<b>M 1 (FO/SV)</b>	<b>Ätzend plus ätzend gleich neutral – ist das möglich?</b>
⌚ V: 10 min ⌚ D: 10 min	<input type="checkbox"/> 2 Bechergläser (pro Gruppe) <input type="checkbox"/> Natronlauge (c = 0,2 mol/l)  <input type="checkbox"/> Pipetten <input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/l)   <input type="checkbox"/> Universalindikator-Lösung  <input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille (pro Schüler)
<b>M 2 (VP)</b>	<b>Versuchsprotokoll: Ätzend plus ätzend gleich neutral? (mit Hilfen)</b>
 (VP)	<b>Versuchsprotokoll: Ätzend plus ätzend gleich neutral? (ohne Hilfen)</b>
<b>M 3 (AB)</b>	<b>Neutralisation – sauer und basisch heben sich auf</b>
Stunden 3–5: Titration	
<b>M 4 (SV)</b>	<b>So ein Chaos! – Wie bestimmen wir die Konzentrationen der Basen?</b>
⌚ V: 10 min ⌚ D: 35 min * pro Gruppe	<input type="checkbox"/> 1 Schutzbrille (pro Schüler) <input type="checkbox"/> 1 Becherglas* <input type="checkbox"/> 1 Spritzflasche mit dest. Wasser* <input type="checkbox"/> 1 Erlenmeyerkolben* <input type="checkbox"/> Leitungswasser <input type="checkbox"/> Reagenzgläser <input type="checkbox"/> Phenolphthalein-Lösung (< 1 %)  <input type="checkbox"/> Pasteurpipetten <input type="checkbox"/> Universalindikator-Lösung  <input type="checkbox"/> 1 Messpipette* <input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/l)   <input type="checkbox"/> 1 Bürette mit Stativ* <input type="checkbox"/> Natronlauge (c = 0,1 mol/l)  <input type="checkbox"/> 1 Magnetprüher mit Magnetfisch* <input type="checkbox"/> Natronlauge (c = 0,15 mol/l)  <input type="checkbox"/> 1 Bunsenbrenner* <input type="checkbox"/> Natronlauge (c = 0,2 mol/l) 
	<b>Hinweis:</b> Phenolphthalein darf in Schülerversuchen nur in einer Konzentration von unter 1 % eingesetzt werden. Für korrekte Ergebnisse genügt eine 0,1%ige Lösung.
<b>M 5 (TK)</b>	<b>Wie bestimmen wir die Konzentrationen der Basen? – Tippkarten</b>
<b>M 6 (AB)</b>	<b>Wir werten unseren Versuch aus – Titration</b>
 (AB)	<b>Wir werten unseren Versuch aus – Zeichnen einer Titrationskurve</b>
<b>M 7 (AB)</b>	<b>Teste dich selbst! – Bist du ein Neutralisationsprofi?</b>
<b>M 8 (LEK)</b>	<b>Jetzt weiß ich's! – Neutralisation und Titration</b>

Die Gefährdungsbeurteilungen zu den Versuchen finden Sie auf CD 12 .

## Minimalplan

Wenn die Zeit knapp ist oder Ihre Schüler bereits über Vorwissen zum Thema „Neutralisation“ verfügen, können Sie die Einheit auf zwei bis drei Stunden verkürzen.

Planen Sie die Unterrichtseinheit in diesem Fall wie folgt:

<b>1./2. Stunde (M 4–M 6)</b>	Steigen Sie mithilfe von <b>Arbeitsblatt M 4</b> ein und lassen Sie daran den Versuch planen. Die Schüler können dabei auf die <b>Tippkarten M 5</b> zugreifen und mit dem <b>Arbeitsblatt M 6</b> ihren Versuch auswerten. Differenzieren Sie mithilfe der <b>Titrationsskurve</b> (📄).
<b>3. Stunde (M 7–M 8)</b>	Wiederholen sie ggf. die Theorie zur Titrationsskurve. Im Anschluss bearbeiten die Schüler das <b>Arbeitsblatt M 7</b> . Besprechen Sie die Aufgaben im Plenum. Wenn gewünscht, lassen Sie im Anschluss <b>M 8</b> als <b>Kurztest</b> schreiben.

VORSCHAU

## Ätzend plus ätzend gleich neutral – ist das möglich?

M 1

Maler-Azubi Tom bei der Arbeit ...



## M 4

## So ein Chaos! – Wie bestimmen wir die Konzentrationen der Basen?

Gerade erst sollte Tom die Base neutralisieren, mit der er die Wand vorbehandelt hatte, und nun schon wieder ein neuer Auftrag ... Könnt ihr ihm helfen?



### Aufgaben

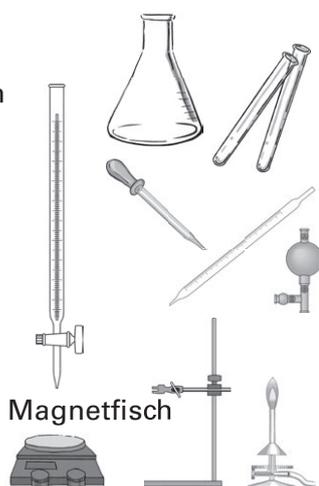
1. Plant in der Gruppe einen Versuch, mit dem ihr die Konzentrationen der im Lager stehenden Basen ermitteln könnt.
2. Skizziert den Aufbau und benennt die benötigten Materialien.
3. Besprecht die Versuchsplanung mit eurem Lehrer.
4. Führt anschließend den Versuch durch.

### Aus folgenden Materialien könnt ihr wählen:

- Spritzflasche mit destilliertem Wasser
- Leitungswasser
- Phenolphthalein-Lösung 
- Universalindikator-Lösung 
- Salzsäure (c = 0,1 mol/l)  
- Natronlauge (c = ?) 
- Bechergläser



- Erlenmeyerkolben
- Reagenzgläser
- Pasteurpipetten
- Messpipette
- Bürette mit Stativ
- Magnetrührer mit Magnetfisch
- Bunsenbrenner



## Wie bestimmen wir die Konzentrationen der Basen? – Tippkarten

M 5

  <p><b>Tipp 1</b></p> <p>Notiert euch Fragen, die ihr zur Versuchsplanung habt. Besprecht sie zuerst in der Gruppe. Wenn ihr keinen Ansatz findet, dürft ihr einen „Spion“ zur Nachbargruppe schicken.</p>	<p><b>Tipp 1</b></p> <p>Notiert euch Fragen, die ihr zur Versuchsplanung habt. Besprecht sie zuerst in der Gruppe. Wenn ihr keinen Ansatz findet, dürft ihr einen „Spion“ zur Nachbargruppe schicken.</p>
  <p><b>Tipp 2</b></p> <p>Die Konzentration lässt sich experimentell mithilfe einer Neutralisationsreaktion bestimmen.</p>	<p><b>Tipp 2</b></p> <p>Die Konzentration lässt sich experimentell mithilfe einer Neutralisationsreaktion bestimmen.</p>
  <p><b>Tipp 3</b></p> <p>Schaut euch genau die zur Verfügung stehenden Materialien und Chemikalien an. Ihr könnt aus diesen auswählen, benötigt aber <b>nicht alle</b> davon. Ihr solltet <b>drei</b> unterschiedliche Chemikalien verwenden.</p>	<p><b>Tipp 3</b></p> <p>Schaut euch genau die zur Verfügung stehenden Materialien und Chemikalien an. Ihr könnt aus diesen auswählen, benötigt aber <b>nicht alle</b> davon. Ihr solltet <b>drei</b> unterschiedliche Chemikalien verwenden.</p>
  <p><b>Tipp 4</b></p> <p>Die Konzentration einer im Lager stehenden Säure ist bekannt. Sie beträgt 0,1 mol/l. Davon ist ausreichend vorhanden.</p>	<p><b>Tipp 4</b></p> <p>Die Konzentration einer im Lager stehenden Säure ist bekannt. Sie beträgt 0,1 mol/l. Davon ist ausreichend vorhanden.</p>
  <p><b>Tipp 5</b></p> <p>Ihr benötigt folgende Chemikalien und Materialien:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Phenolphthalein-Lösung</li> <li><input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/l)</li> <li><input type="checkbox"/> Natronlauge (c = ?)</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Messpipette</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Becherglas oder 1 Erlenmeyerkolben</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Bürette mit Stativ</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Magnetrührer mit Magnetfisch</li> </ul>	<p><b>Tipp 5</b></p> <p>Ihr benötigt folgende Chemikalien und Materialien:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Phenolphthalein-Lösung</li> <li><input type="checkbox"/> Salzsäure (c = 0,1 mol/l)</li> <li><input type="checkbox"/> Natronlauge (c = ?)</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Messpipette</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Becherglas oder 1 Erlenmeyerkolben</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Bürette mit Stativ</li> <li><input type="checkbox"/> 1 Magnetrührer mit Magnetfisch</li> </ul>