

II.D.11

Säuren – Basen – Salze

Der Säuregehalt von Weinen unterschiedlicher Anbauggebiete

Ein Beitrag von Dr. Marc Stuckey

Mit Illustrationen von Wolfgang Zettlmeier



© RAABE 2020

© ah_fotobox/iStock/Getty Images Plus

In der Oberstufe sind Säure-Base-Reaktionen fest in den Kerncurricula verankert. Dabei wird auch die Neutralisationsreaktion in den Unterricht eingebettet. Experimentell werden dabei Titrations eingeführt – zumeist werden dabei Salzsäure und Natronlauge eingesetzt. Warum nicht mal als Vertiefung eine zweiprotonige Säure, wie die Weinsäure, in den Unterricht miteinbeziehen? Am Kontext „Wein“ kann mithilfe der Titration auf den Säuregehalt geschlossen werden. Für Schülerinnen und Schüler oftmals unattraktive Berechnungen können so nachvollziehbarer aufgezeigt und thematisiert werden.

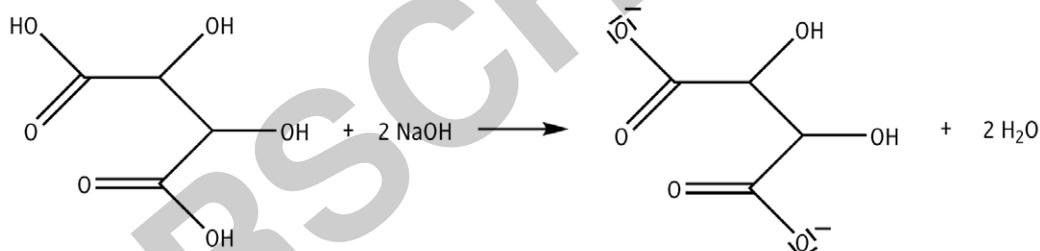
KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	12
Dauer:	2–3 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	1. Führen Titrations durch. 2. Berechnen aus der Konzentrationsbestimmung den Säuregehalt. 3. Diskutieren die Aussagekraft von Ergebnissen.
Thematische Bereiche:	Säure-Base-Chemie
Medien:	Karikatur, Texte, Experimente

Hintergrundinformationen

Voraussetzung für die Durchführung dieses Unterrichtsvorschlags ist, dass die Schülerinnen und Schüler¹ im Titrieren geübt sind (z. B. durch die Titration von Salzsäure mit Natronlauge) und bereits Vorkenntnisse zur Konzentrationsbestimmung für einprotonige Säuren aufweisen. Die Herausforderung für die Schüler liegt in diesem Unterrichtsmodul darin, ihre bisherigen Kenntnisse zu Säuren und Basen über einprotonige Säuren auf zweiprotonige Säuren anwenden zu können. Somit vertiefen diese Unterrichtsstunden das experimentelle Arbeiten und die Berechnung zur Konzentrationsbestimmung einer zweiprotonigen Säure. Schnell arbeitende Schüler sollen zudem die Masse der Gesamtsäure berechnen.

Dass Weine Säuren beinhalten, mag den meisten Schülern bekannt sein. Die Vielzahl an Säuren ist jedoch sicherlich überraschend. Weißweine bestehen aus einer Vielzahl an unterschiedlichen Säuren, wie Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Milchsäure und einige mehr (Amann, 2007). Als Säure liegt in Weinen insbesondere Weinsäure vor (Koch & Schiffner, 1957). Dass die Weinsäure Hauptanteil der Säuren ausmacht, könnte für einige Schüler neu sein. Weinsäure ist eine natürlich vorkommende Dicarbonsäure und weist zwei Chiralitätszentren mit identischem Substitutionsmuster auf. Hier gibt es D- und L-Weinsäure sowie eine optisch inaktive meso-Verbindung. Das rechtsdrehende Enantiomer der Weinsäure kommt in der Natur oft in vielen Früchten vor (Vollhardt, 1990). Weinsäure ist in der Europäischen Union auch als Lebensmittelzusatzstoff E334 zugelassen. Auf den meisten Weinen ist der Weinsäuregehalt nicht angegeben. Mithilfe der Titration lassen sich vereinfacht die Weinsäurekonzentration und daraus der Säuregehalt bestimmen.



Wird eine Säure unbekannter Konzentration mit einer Base (bekannter Konzentration) titriert, so kann durch einen geeigneten Indikator über den Farbumschlag am Äquivalenzpunkt die Säurekonzentration bestimmt werden (Dickerson & Geis, 1990). Bei der Titration von Weinsäure mit Natronlauge bildet sich (in Wasser gelöstes) Natriumtartrat, wobei das Tartrat als konjugierte Base der Weinsäure im Wasser schwach basisch reagiert. Der pH-Wert am Äquivalenzpunkt ist daher geringfügig in den alkalischen Bereich verschoben (Mortimer, 2003).

Hinweise zur Didaktik und Methodik

Ob aus den Regalen im Supermarkt, aus der Werbung in der Tageszeitung oder selbst schon mal probiert – Wein ist den Schülern aus dem Alltag bekannt. Schätzungen nach liegt der Weinverbrauch pro Kopf in Deutschland bei jährlich 28,2 Litern und liegt damit im weltweiten Vergleich auf dem 10. Platz (Renken, 2018). Insgesamt gaben die Deutschen 3,1 Milliarden Euro im Jahr 2017 für Wein aus (Deutsche Presseagentur, 2018). Weine werden von Jugendlichen allerdings nur selten

¹ Im weiteren Verlauf wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur „Schüler“ verwendet.

getrunken. Ein Grund könnten die höheren Kosten (im Vergleich z. B. zu Bier) sein. Weine gibt es in diversen Preiskategorien – von sehr günstig aus dem Tetrapak bis hin zu sehr kostspielig. Die Preisunterschiede kommen u. a. durch die Rebsorte, das Anbaugebiet, die Ernte etc. zustande. Die unterschiedlichen Rebsorten weisen oftmals unterschiedliche Säuregehalte auf. So hat beispielsweise der Riesling einen deutlich höheren Säuregehalt als ein Grenache. Die Kosten für einen Riesling und Grenache liegen bei etwa 3–5 EUR im Supermarkt.

Das Titrieren der Weinsäure zeigt sich als alltagsnaher Kontext, der u. a. im Zentralabitur 2011 in Nordrhein-Westfalen die „Bestimmung der Säurekonzentration in Wein“ aufgegriffen wurde (von Borstel et al., 2014). Weißweine bestehen aus einer Vielzahl an unterschiedlichen Säuren, wie Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Milchsäure und einige mehr (Amann, 2007). Bei der Titration von Weinsäure mit Natronlauge liegt beim Erreichen des Äquivalenzpunktes eine Natriumhydrogentartratlösung vor, d. h. gemäß der Einteilung der Basen nach ihrer Basenstärke die Lösung einer sehr schwachen Base. Der pH-Wert am Äquivalenzpunkt liegt somit nicht bei $\text{pH} = 7$, sondern ist geringfügig in den alkalischen Bereich verschoben (Mortimer, 2003). In dieser Einheit müssen die Schüler ihre Kenntnisse zur Konzentrationsbestimmung durch Titration von einer einprotonigen Säure auf eine zweiprotonige Säure anwenden, sodass aus der Konzentrationsbestimmung anschließend zusätzlich der Massenanteil berechnet werden kann.

Die Legitimation des Vorhabens ist durch das Niedersächsische Kerncurriculum gegeben (Niedersächsisches Kerncurriculum, 2009). Gemäß den curricularen Vorgaben heißt es im Basiskonzept „Donator-Akzeptor“, dass Schüler titrimetrisch die Konzentration verschiedener Säure-Base-Lösungen ermitteln müssen (Niedersächsisches Kerncurriculum, 2017, S. 27). Um die Konzentration titrimetrisch bestimmen zu können, muss ein geeigneter Indikator ausgewählt werden. Die Schüler titrieren bis zum Äquivalenzpunkt, dem Punkt, an dem die Stoffmengen der titrierten Säure bzw. Base und Base bzw. Säure aus der Maßlösung gleich sind (Mortimer, 2003; Tausch & von Wachtendonk, 2011). Hierbei werden experimentelle Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schüler eingeübt. Durch den Farbumschlag am Äquivalenzpunkt können die Schüler aus ihrem Experiment heraus über einfache Berechnungen anschließend die Konzentration bestimmen. Die Berechnung der Konzentration aus der Stoffmenge kann aus der Einführungsphase als bekannt vorausgesetzt werden (Niedersächsisches Kerncurriculum, 2017, S. 18). Bekanntermaßen fällt es vielen Schülern bei Berechnungen schwer. Deswegen stehen den Schülern auch Hilfekarten zur Verfügung.

Der Einstieg erfolgt über eine Karikatur, was im Chemieunterricht doch eher selten vorkommt. Der Einstieg in die Stunde soll die Schüler für die Bestimmung des Säuregehalts motivieren und einen kurzen kommunikativen Prozess innerhalb der Lerngruppe auslösen. Der Einstieg folgt den Kriterien Meyers (1993), da der Kontext für die Schüler einen Orientierungsrahmen liefert, zentrale Aspekte des Stundenthemas aufgreift und an das Vorverständnis (über einprotonige Säuren) anknüpft. In einer kurzen Überleitung soll den Schülern mithilfe einer Tabelle gezeigt werden, dass Weine nicht nur eine Säure (Weinsäure) beinhalten, sondern mehrere Säuren enthalten sind. Zur Vereinfachung der Analyse soll aber davon ausgegangen werden, dass nur Weinsäure enthalten ist. Das ist dahingehend vertretbar, da die Weinsäure tatsächlich den Großteil des Säureanteils ausmacht. Diese Phase muss aber nicht in einem reinen Lehrervortrag münden. Wünschenswert wäre, wenn die Schüler ggf. zusätzliche Kenntnisse miteinbringen.

In der Erarbeitungsphase titrieren die Schüler in Gruppenarbeit jeweils einen Weißwein. Dabei soll eine Gruppe einen deutschen Riesling titrieren, die andere Gruppe einen französischen Weißwein, um zunächst die Weinsäurekonzentration zu bestimmen. Durch das Experiment wird die Bedeutung der Titration als quantitatives Analyseverfahren gewürdigt. Die Schüler sollen sich untereinander über ihre Versuchsergebnisse informieren und die Konzentrationen und die Säuremenge berechnen. Die Berechnung für eine zweiprotonige Säure und die Berechnung der Masse sollte für die Schüler

unbekannt sein und stellt damit eine Herausforderung für die Schüler dar. Bei korrektem Anwenden ihres Vorwissens ist die Berechnung des Säuregehalts aber vergleichsweise einfach. Für die Auswertung stehen Hilfekarten zur Verfügung, da bei (chemischen) Berechnungen häufiger Unsicherheiten auftreten.

Durchführung

Um das Vorwissen zu aktivieren und die Lernenden die Fragestellung der Stunde formulieren zu lassen, dient die **Karikatur M 1** als stummer Impuls. Durch die Karikatur wird der Fokus schnell auf das Stundenthema gelenkt. Alternativ könnte man auch beispielsweise einen Zeitungsausschnitt als Einstieg wählen. Die Karikatur ist relativ einfach zu verstehen und setzt zügig den Fokus auf die Herleitung der Fragestellung.

In einer kurzen Überleitung wird den Schülern mithilfe der **Tabelle M 2** gezeigt, dass Weine nicht nur eine Säure (Weinsäure) beinhalten, sondern mehrere Säuren enthalten sind. Zur Vereinfachung der Analyse eines Weines gehen wir aber davon aus, dass nur Weinsäure enthalten ist. Das ist dahingehend vertretbar, da die Weinsäure tatsächlich den Großteil des Säureanteils ausmacht. Diese Phase muss aber nicht in einem reinen Lehrervortrag münden. Wünschenswert wäre, wenn die Schüler ggf. zusätzliche (Vor-)Kenntnisse miteinbringen.

In der Erarbeitungsphase sollen die Schüler in Gruppenarbeit jeweils Weine titrieren (**M 3–M 5**). Zwei Gruppen titrieren einen deutschen Riesling, die andere Gruppe einen französischen Weißwein (Grenache), um zunächst die Weinsäurekonzentration zu bestimmen. Um den experimentellen Zeitaufwand gering zu halten, liegen in Materialboxen die Geräte und Chemikalien vorbereitet vor. Durch das Experiment wird auch die Bedeutung der Titration als quantitatives Analyseverfahren gewürdigt. Jede Schülergruppe untersucht jeweils einen Weißwein. Es werden aber zwei Weißweine aus unterschiedlichen Regionen eingesetzt, um den Austausch zwischen den Gruppen zu stärken. Die Schüler sollen sich untereinander über ihre Versuchsergebnisse informieren und die Konzentrationen und die Säuremenge berechnen. Die Berechnung für eine zweiprotonige Säure und die Berechnung der Masse ist für die Schüler bisher unbekannt und stellt damit eine Herausforderung für die Schüler dar.

Bei korrektem Anwenden ihres Vorwissens ist die Berechnung des Säuregehalts aber relativ einfach. Für die Auswertung stehen Hilfekarten zur Verfügung (**M 6**), da bei (chemischen) Berechnungen häufiger Unsicherheiten auftreten. Die Auswertung soll in der jeweiligen Gruppe stattfinden. Dies bietet sich dahingehend an, dass die Schüler mehr in Kommunikation treten und sich bei Schwierigkeiten gegenseitig helfen können.

Zwei Schüler stellen dann die Ergebnisse vor. Da die Berechnung ein wichtiger Schritt ist, ist es entscheidend, dass den Schülern der Rechenweg und die Erklärungen deutlich werden. Somit bietet es sich an, wenn Schüler ihren Mitschülern den Rechenweg erläutern können und sie sich ggf. selbst auf Fehler hinweisen. Anschließend lässt sich vertiefend darüber diskutieren, warum die Säuregehalte in Weißweinen so unterschiedlich sind. Hierzu können die Schüler ihre Vermutungen äußern. Die Schüler können sich noch abschließend im Rahmen der Erstellung einer Weinkarte mit dem Kontext „Weine“ über die Chemie hinaus beschäftigen (**M 7**). So werden bei der Weinkarte auch beispielsweise auch geografische Kenntnisse gefördert.

Auf einen Blick

Sv = Schülerversuch

Tx = Informationstext

Fo = Folie

Ab = Arbeitsblatt

1./2. Stunde

Thema: Weinsäuregehalt in zwei Beispielen

M 1 (Fo) Karikatur

M 2 (Ab) Übersicht: Unterschiedliche Säuren im Wein

M 3 (Sv) Untersuchung des Säuregehalts eines Rieslings



Die GBUs finden Sie auf der CD 71.

Schülerversuch: Titration von Riesling

Dauer: Vorbereitung: 10 min Durchführung: 30 min

Chemikalien:

- Universalindikator  
- Natronlauge (c = 1 mol/l) 
- Unterschiedliche Weine (Riesling)

Geräte:

- Schutzbrille
- Stativ + Stativmaterial
- 3 Bechergläser
- 3 Erlenmeyerkolben
- 1 Bürette, 1 Trichter, 1 Messzylinder

M 4 (Sv) Untersuchung des Säuregehalts eines Grenaches

Schülerversuch: Titration von Grenache

Dauer: Vorbereitung: 10 min Durchführung: 30 min

Chemikalien:

- Universalindikator  
- Natronlauge (c = 1 mol/l) 
- Unterschiedliche Weine (Grenache)

Geräte:

- Schutzbrille
- Stativ + Stativmaterial
- 3 Bechergläser
- 3 Erlenmeyerkolben
- 1 Bürette, 1 Trichter, 1 Messzylinder

M 5 (Ab) Auswertung der Untersuchung des Säuregehalts eines Weins

M 6 (Tx) Hilfekarten

3. Stunde

Thema: Die wichtigen Bestandteile eines Weins

M 7 (Ab) Einmal die Weinkarte, bitte.

Karikatur

M 1

Aufgabe

Beschreiben Sie die Karikatur und formulieren Sie eine Fragestellung.

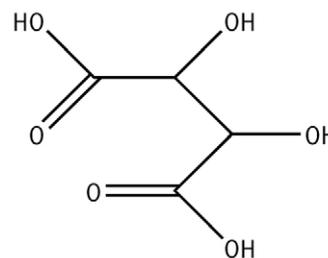


© Wolfgang Zettlmeier

M 3

Untersuchung des Säuregehalts eines Rieslings

Weinsäure ($C_4H_6O_6$), auch als 2,3-Dihydroxybernsteinsäure oder 2,3-Dihydroxybutandisäure bezeichnet, ist eine Dicarbonsäure und somit eine zweiprotonige Säure. Weinsäure liegt u. a. in Weintrauben und Beeren vor. In der EU ist Weinsäure als Lebensmittelzusatzstoff E 334 (z. B. in Limonade, Weingummi und bei der Säuerung säurearmer Weine) zugelassen.



Weine enthalten unterschiedliche Säuren, aber die Säurekonzentration wird in Deutschland vereinfacht so berechnet, als ob nur Weinsäure vorliegt. Daher wird der Gesamtsäuregehalt von Weinen berechnet als Weinsäure angegeben.

Das folgende Experiment dient dazu, um herauszufinden, wie der Säuregehalt eines Weins ist.

Schülerversuch: Titration von Riesling

Vorbereitung: 10 min Durchführung: 30 min



Chemikalien

- Natronlauge
- Universalindikator
- Riesling

Geräte

- Schutzbrille
- Stativ + Stativmaterial
- 3 Bechergläser
- 3 Erlenmeyerkolben
- Bürette
- Trichter
- Messzylinder

Versuchsdurchführung

- Es werden 20 ml Wein mit dem Messzylinder in einen Erlenmeyerkolben gefüllt.
- Die Vorlage wird mit genau 8 Tropfen Universalindikator versetzt.
- Nachdem die Bürette über einen Trichter mit Natronlauge ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) befüllt wurde, wird bis zur Grünfärbung titriert (vgl. Referenzlösung am Pult). Dabei muss beachtet werden, dass der Erlenmeyerkolben regelmäßig geschwenkt wird.

Aufgaben

- Führen** Sie in der Kleingruppe den Versuch dreimal **durch**.
- Notieren** Sie Ihre Beobachtungen, also jeweils das Volumen der verbrauchten Maßlösung, in **M 5**.
- Vergleichen** Sie Ihre Werte mit denen einer weiteren Gruppe, die den gleichen Wein untersucht hat. **Tragen** Sie deren Ergebnisse ebenfalls in **M 5 ein** und **ermitteln** Sie den Mittelwert für Ihren untersuchten Wein.
- Vergleichen** Sie Ihre Werte mit denen einer Gruppe, die den anderen Wein untersucht hat. **Tragen** Sie deren Ergebnisse ebenfalls in **M 5 ein** und **ermitteln** Sie den Mittelwert für Ihren untersuchten Wein.

