

Online-Supplement

# Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen: Ein Vergleich zwischen verschiedenen Methoden

**Online-Supplement:  
Materialien zur Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen**

Tobias Allmers<sup>1,\*</sup>, Cornelia Stiller<sup>2</sup> & Matthias Wilde<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kreisgymnasium St. Ursula Haselünne

<sup>2</sup> Universität Bielefeld

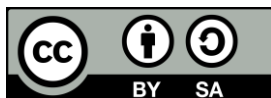
\* Kontakt: Kreisgymnasium St. Ursula Haselünne,  
Klosterstr. 1, 49740 Haselünne  
tobias.allmers@kgsuhaseluenne.de

**Zitationshinweis:**

Allmers, T., Stiller, C., & Wilde, M. (2020). Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen: Ein Vergleich zwischen verschiedenen Methoden [Online-Supplement: Materialien zur Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen]. *PFLB – PraxisForschungLehrer\*innenBildung*, 2 (1), 53–66. <https://doi.org/10.4119/pflb-3304>

Online verfügbar: 19.02.2020

ISSN: 2629-5628



© Die Autor\*innen 2020. Dieser Artikel ist freigegeben unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung, Weitergabe unter gleichen Bedingungen, Version 4.0 International (CC BY-SA 4.0).  
URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/de/legalcode>

## Inhalt

- Material 1:* Entscheidungstabelle für das Experiment zur Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen
- Material 2:* Vorversuch: Bestimmung der Konzentration einer Kochsalzlösung über das Schmecken
- Material 3:* Umgang mit Laborgeräten und Lösungen
- Material 4:* Bestimmung der Konzentration von Kochsalzlösungen  
– ein Vergleich zweier Methoden (Hinweise zur Versuchsdurchführung)
- Material 5:* Bestimmung der Konzentration von Kochsalzlösungen  
– ein Vergleich zweier Methoden (Hinweise zur Versuchsauswertung)
- Material 6:* Versuchsdurchführung: Bestimmung der Konzentration von unbekanntem Kochsalzlösungen
- Material 7:* Versuchsauswertung: Bestimmung der Konzentration von unbekanntem Kochsalzlösungen
- Material 8:* Konzentrationen

### Entscheidungstabelle für das Experiment zur Konzentrationsbestimmung von Kochsalzlösungen

(zusammengestellt und ergänzt nach Watson & Wood-Robinson, 1998, und Wellington & Ireson, 2008)

Entscheidung	Was muss entschieden werden?	Wer entscheidet? (L / L&S / S)
Fragestellung	Wie gelingt eine objektive und verlässliche Unterscheidung von Kochsalzlösungen hinsichtlich ihrer Konzentration?	L&S
Hypothese	<u>Hypothese 1:</u> Eine objektive und verlässliche Unterscheidung von Kochsalzlösungen hinsichtlich ihrer Konzentration gelingt über die Bestimmung des Rückstands. <u>Hypothese 2:</u> Eine objektive und verlässliche Unterscheidung von Kochsalzlösung hinsichtlich ihrer Konzentration gelingt über die Dichte der Lösung.	L&S
Begründung	<u>Begründung 1:</u> Die Konzentration ist innerhalb des Löslichkeitsbereichs linear abhängig von der Masse des gelösten Stoffes. <u>Begründung 2:</u> Die Dichte der Lösung ist innerhalb des Löslichkeitsbereichs linear abhängig von ihrer Konzentration.	L&S
Untersuchungskonzept	<u>Experiment 1:</u> Bestimmung der Masse des gelösten Stoffes durch Eindampfen. Errechnen der Konzentrationen über diese Masse und die Masse der ursprünglichen Lösung. <u>Experiment 2:</u> a) Erstellen einer Kalibrierkurve durch Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Dichte und Konzentration von Lösungen. b) Bestimmung der unbekannt Konzentration von Lösungen über die Dichte mithilfe des zuvor gefundenen Zusammenhangs.	L&S
Konkrete Durchführung	Bechergläser (100 mL), Vollpipette (50,00 mL), Waage, Trockenschrank (30 h bei 60°C)	L&S
Anzahl der Wiederholungen	Jede Gruppe untersucht jede Probe mindestens einmal. Ideal: Anzahl der Gruppen: 7 oder mehr.	S
Unabhängige Variable	Konzentration der Kochsalzlösung. Vorgegeben durch hergestellte Proben. Proben sind für alle Gruppen identisch.	L&S
Untersuchungsspektrum	prozentualer Massenanteil von NaCl: 0,0 bis 24 %	L&S
Anzahl der Intervalle	7 Proben bekannter Konzentration 7 Proben unbekannter Konzentration	L&S
Abstand der Intervalle	bekannte Konzentrationen: (können variiert werden) 0,0 % / 4,0 % / 8,0 % / 12,0 % / 16,0 % / 20,0 % / 24,0 % unbekannte Konzentrationen: (können variiert werden) 0,8 % / 1,3 % / 3,4 % / 3,6 % / 10,6 % / 18,0 % / 21,9 %	L&S
Abhängige Variable	<u>Experiment 1:</u> Masse des Rückstands <u>Experiment 2:</u> Dichte der Kochsalzlösung	L&S
Messung der abhängigen Variable	<u>Experiment 1:</u> Wiegen des Rückstands <u>Experiment 2:</u> Berechnung aus Messung von Masse und Volumen	S
Weitere relevante Randbedingungen	Temperatur (Abhängigkeit zur Dichte) Verdunstungsgeschwindigkeit (Temperatur des Trockenschanks)	L&S
Kontrolle der Randbedingungen	Temperaturmessung Einstellung am Trockenschrank	L&S

Analyse der Daten	Bestimmung von Mittelwert, Standardabweichung und Standardfehler, mathematische Modellierung durch lineare Funktion (Ausgleichsgerade)	L&S
Darstellung der Daten	<u>Experiment 1</u> : Masse des Rückstands in Abhängigkeit der eingesetzten Konzentration <u>Experiment 2</u> : Dichte in Abhängigkeit der eingesetzten Konzentration	S
Prüfung der Hypothesen	<u>Für die Untersuchung der bekannten Konzentrationen</u> : Annahme bzw. Ablehnung der Hypothesen aufgrund der graphischen Auswertung der Daten <u>Für die Untersuchung der unbekannt Konzentrationen</u> : Annahme bzw. Ablehnung der Hypothesen aufgrund des Vergleichs der Methoden	L&S

**Quellen:**

Watson, R., & Wood-Robinson, V. (1998). Learning to Investigate. In M. Rattcliffe (Hrsg.), *ASE Guide to Secondary Science Education* (S. 84–91). Cheltenham, UK: Stanley Thornes Publ. LTD.

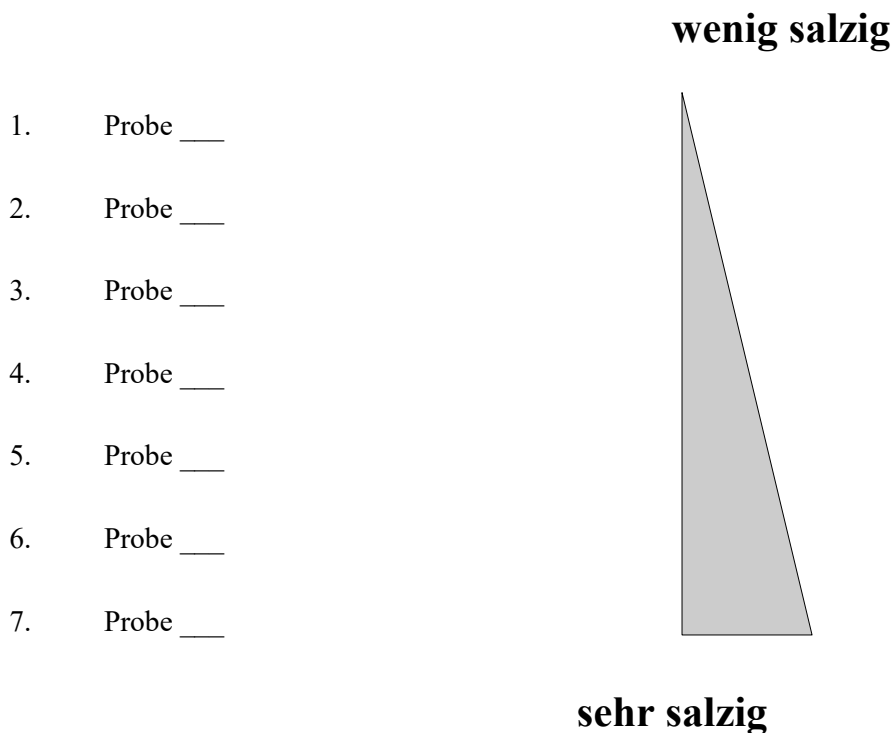
Wellington, J., & Ireson, G. (2008). *Science Learning, Science Teaching*. London: Routledge.

**Vorversuch: Bestimmung der Konzentration einer Kochsalzlösung über das Schmecken**

Die vorbereiteten Proben haben Lebensmittelqualität und dürfen daher in geringen Mengen verzehrt werden. Die Durchführung findet außerhalb des Labors statt.

Arbeitsaufträge:

1. Verwende die bereitgestellten Trinkhalme, um etwas Flüssigkeit aus den jeweiligen Proben auf einen kleinen Löffel zu bringen. Spüle Trinkhalm und Löffel vor der Entnahme der nächsten Probe in dem bereitgestellten Wasser ab.
2. Probieren die Proben der Reihe nach und erstelle eine Reihenfolge für die „Salzigkeit“ der Proben. Halte dein Ergebnis in der nachstehenden Abbildung fest.



3. Versuche nun, in die nächste Abbildung die Proben bezüglich ihrer „Salzigkeit“ einzuordnen. Anders als oben sollst du nun eine Entscheidung darüber fällen, wie sich die Salzigkeit der Proben quantitativ zueinander verhält. Ein Beispiel: Probe X ist dreimal so salzig wie Probe Y.

wenig salzig

sehr salzig

4. Diskutiere mit deinem Partner / deiner Partnerin, welche Schwierigkeiten sich bei der Einordnung der Salzlösungen nach Aufgabe 2 und 3 ergeben haben. Haltet das Ergebnis der Diskussion stichpunktartig schriftlich fest.

## Umgang mit Laborgeräten und Lösungen

(Hinweise zum Umgang mit Laborgeräten und Lösung)

### 1. Vollpipette fachgerecht einsetzen:

Der Umgang mit der Vollpipette (hier 50,00 mL) und dem Peleusball ist vor der Verwendung der eigentlichen Lösung zu üben. Verwendet hierfür destilliertes Wasser, das ihr aus dem Vorratsbehälter in ein Becherglas abfüllt. Hebt mit dem zusammengedrückten Peleusball durch Drücken des Ventils **S** die Flüssigkeit an, bis zur Markierung oberhalb des bauchigen Teils. Lasst nun die Flüssigkeit durch Drücken des Ventils **E** wieder heraus. Beim „Auslaufenlassen“ der Flüssigkeit muss der untere Teil der Pipette schräg an die Wand des Becherglases gehalten werden. Nach dem Auslaufen der Flüssigkeit muss noch etwa 5 Sekunden das Ventil **E** weiter gedrückt werden, während die Pipette schräg die Wand des Becherglases berührt. Nur so ist sicherzustellen, dass die definierte Flüssigkeitsmenge aus der Pipette herausgelaufen ist.

### 2. Kontakt von Kochsalzlösung in Vorratsbehältern vermeiden:

Die Kochsalzlösung in den Vorratsbehältern darf nicht mit anderen Laborgeräten in Kontakt kommen, da ansonsten die Lösung verunreinigt und in ihrer Konzentration verändert wird. Die Lösung muss daher portioniert werden, indem sie in einen Standzylinder umgefüllt wird. Erst dann darf das Volumen mit der Vollpipette abgemessen werden.

### 3. Verbrauch von Kochsalzlösung minimieren:

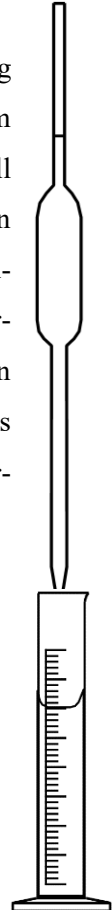
Jede Gruppe benötigt pro Konzentration 50,00 mL der jeweiligen Kochsalzlösung. Füllt daher nur etwas mehr als 50 mL in einen Standzylinder (ca. 55 bis 60 mL). Es muss mehr als 50 mL abgefüllt werden, da sonst die Aufnahme der Flüssigkeit mit der Vollpipette nicht mehr gelingt.

### 4. Laborgeräte zwischen den Arbeitsschritten reinigen:

Nach dem Abmessen der Flüssigkeit müssen die Vollpipette und der Standzylinder von den Rückständen der vorher abgemessenen Lösung gereinigt werden. Spült dazu die Glasgeräte mit destilliertem Wasser aus und ab. *Tipp:* Bei Kenntnis der Konzentration der Kochsalzlösungen ist es empfehlenswert, die Untersuchung mit der geringsten Konzentration zu starten und dann mit der nächsthöheren fortzufahren.

### 5. Überprüfen der Daten auf Plausibilität:

Damit keine Verwechslungen auftreten oder die Aufnahme eines Messwertes fehlt, empfiehlt sich die Berechnung der Dichte bereits während der Versuchsdurchführung. Füllt hierzu die Zellen der Wertetabelle aus.



## Bestimmung der Konzentration von Kochsalzlösungen – ein Vergleich zweier Methoden (Hinweise zur Versuchsdurchführung)

Einleitung: Im heutigen Experiment werden Kochsalzlösungen bekannter Konzentration hinsichtlich ihrer Dichte und der Masse ihres Rückstands charakterisiert.

### Aufgaben zur Versuchsvorbereitung:

#### 1. Erstellen einer Mess- und Auswertetabelle

Erstellt eine Tabelle, die alle relevanten gemessenen Größen beinhaltet und Platz für berechnete Größen bietet.

*gemessene Größen:* Masse des leeren Becherglases

Masse des Becherglases mit 50,00 mL Kochsalzlösung

Masse des Becherglases mit Rückstand

*errechnete Größen:* Masse von 50,00 mL Kochsalzlösung

Dichte der Lösung

Masse des Rückstands

Konzentration Kochsalzlösung (prozentualer Massenanteil)

#### 2. Benötigte Materialien zusammenstellen

Versuchsaufbau (Materialien): Kalibrierlösungen mit Kochsalzlösungen unterschiedlicher Konzentration (0,0 % bis 24,0 %), eine Vollpipette mit einem Volumen von 50,00 mL, ein Peleusball, ein Standzylinder mit einem Volumen von etwa 50 bis 100 mL, sieben Bechergläser mit einem Volumen von 100 mL, ein wischfester Stift geeignet zum Beschriften der Bechergläser

weitere Messgeräte: Waage zur Bestimmung der Masse der Bechergläser

ferner: Trockenschrank

Aufgaben zur Versuchsdurchführung:**1. Dichte von Kochsalzlösung bekannter Konzentration**

- a) Bestimmt die Masse der Bechergläser und haltet diese in eurer Tabelle fest.  
Beschriftet die Bechergläser entsprechend, um Verwechslung zu vermeiden.  
Beschriftet die Bechergläser zusätzlich mit eurem Gruppennamen.
- b) Verwendet die Vollpipette, um 50,00 mL Kochsalzlösung bekannter Konzentration in ein entsprechend beschriftetes Becherglas zu geben.  
Das Becherglas wird zusammen mit der Lösung erneut gewogen. Haltet die ermittelte Masse in eurer Tabelle fest.
- c) Berechnet die Dichte und überprüft, ob das Resultat in Vergleich zu den anderen Werten stimmen kann.
- d) Die abgemessene Kochsalzlösung bleibt in den Bechergläsern und wird für die folgende Aufgabe benötigt.

**2. Rückstandsmasse von Kochsalzlösung bekannter Konzentration**

- a) Nach Aufnahme der Daten zur Bestimmung der Dichte werden die gefüllten und beschrifteten Bechergläser bis zum nächsten Unterrichtstermin in einen Trockenschrank gestellt, wodurch das Wasser aus der Lösung schneller verdunsten kann.
- b) Wenn das Wasser vollständig verdampft wurde, werden die Bechergläser nach dem Abkühlen erneut gewogen.
- c) Berechnet den prozentualen Massenanteil und überprüft, ob das Resultat in Vergleich zu den anderen Werten stimmen kann.
- d) Reinigt die Bechergläser unter fließendem Leitungswasser, bis die groben Salzurückstände aus den Bechergläsern herausgewaschen wurden.



## Bestimmung der Konzentration von Kochsalzlösungen – ein Vergleich zweier Methoden (Hinweise zur Versuchsauswertung)

### 1. Sammeln von Daten

Für die Berechnung der jeweiligen Mittelwerte mit zugehörigem Standardfehler werden die Daten der gesamten Kursgruppe betrachtet. Stellt eure Daten hierfür zur Verfügung, indem ihr eure Ergebnisse (Masse der Lösung, Dichte und Masse des Rückstands für die jeweilige Kochsalzlösung) im Kursraum in die bereitgestellte Tabelle einträgt.

### 2. Mittelwert und Standardfehler

Berechnet für die jeweilige Konzentration der Kochsalzlösung den Mittelwert und den Standardfehler für ...

- a) ... die Dichte  $\rho$
- b) ... den prozentualen Massenanteil  $w$ .

### 3. Graphische Auswertung

Stellt ...

- a) ... die Dichte  $\rho$
- b) ... den prozentualen Massenanteil  $w$

in Abhängigkeit von der eingesetzten Konzentration der Kochsalzlösung in jeweils einem Diagramm dar, indem ihr den Mittelwert der jeweiligen Größe einträgt. Der jeweilige Standardfehler wird durch Fehlerkreuze eingezeichnet.

### 4. Modellierung der Daten

Welcher Zusammenhang ergibt sich zwischen den eingetragenen Daten?

Zeichnet eine ausgleichende Kurve ein, die den Verlauf der Daten am besten beschreibt.

### 5. Vergleich der Ergebnisse

Vergleicht die Daten mit...

- a) ... Literaturwerten: Zeichnet hierfür für die *Dichte* in Abhängigkeit von der Konzentration Werte aus der Literatur ein

(z.B. <http://www.internetchemie.info/chemiewiki/index.php?title=Natriumchlorid+%C3%B6sung-Dichtetabelle>).

*Tipp:* Zur besseren Übersichtlichkeit des Diagramms ist das Einzeichnen einer Ausgleichsgeraden aus den Literaturwerten ohne das eigentliche Einzeichnen der Literaturwerte in Form von einzelnen Punkten zu empfehlen.

Hinweis: Das Diagramm Konzentration–Dichte stellt für die spätere Bestimmung von Konzentrationen über die Dichte die notwendige Kalibrierkurve dar.

- b) ... mit dem Erwartungswert: Zeichnet hierfür für die *berechnete Konzentration* (prozentualer Massenanteil) in Abhängigkeit von der eingesetzten Konzentration eine Gerade ein, die den Erwartungswert angibt.

## **Versuchsdurchführung: Bestimmung der Konzentration von unbekanntem Kochsalzlösungen**

Einleitung: Im heutigen Experiment werden Kochsalzlösungen unbekannter Konzentration hinsichtlich ihrer Dichte und der Masse ihres Rückstands charakterisiert.

Aufgaben zur Versuchsvorbereitung:

### **1. Erstellen einer Mess- und Auswertetabelle**

Erstellt eine Tabelle, die alle relevanten gemessenen Größen beinhaltet und Platz für berechnete Größen bietet.

*gemessene Größen:* Masse des leeren Becherglases

Masse des Becherglases mit 50,00 mL Kochsalzlösung

Masse des Becherglases mit Rückstand

*errechnete Größen:* Masse von 50,00 mL Kochsalzlösung

Dichte der Lösung

Masse des Rückstands

Konzentration Kochsalzlösung (prozentualer Massenanteil)

### **2. Benötigte Materialien zusammenstellen**

Versuchsaufbau (Materialien): Proben von Kochsalzlösungen unbekannter Konzentration, eine Vollpipette mit einem Volumen von 50,00 mL, ein Peleusball, ein Standzylinder mit einem Volumen von etwa 50 bis 100 mL, sieben Bechergläser mit einem Volumen von 100 mL, ein wischfester Stift geeignet zum Beschriften der Bechergläser

weitere Messgeräte: Waage zur Bestimmung der Masse der Bechergläser

ferner: Trockenschrank

Aufgaben zur Versuchsdurchführung:**3. Dichte von Kochsalzlösung unbekannter Konzentration**

- a) Bestimmt die Masse der Bechergläser und haltet diese in eurer Tabelle fest.  
Beschriftet die Bechergläser entsprechend, um Verwechslung zu vermeiden.  
Beschriftet die Bechergläser zusätzlich mit eurem Gruppennamen.
- b) Verwendet die Vollpipette, um 50,00 mL Kochsalzlösung unbekannter Konzentration in ein entsprechend beschriftetes Becherglas zu geben.  
Das Becherglas wird zusammen mit der Lösung erneut gewogen. Haltet die ermittelte Masse in eurer Tabelle fest.
- c) Berechnet die Dichte.
- d) Die abgemessene Kochsalzlösung bleibt in den Bechergläsern und wird für die folgende Aufgabe benötigt.

**4. Rückstandsmasse von Kochsalzlösung unbekannter Konzentration**

- e) Nach Aufnahme der Daten zur Bestimmung der Dichte, werden die gefüllten und beschrifteten Bechergläser bis zum nächsten Unterrichtstermin in einen Trockenschrank gestellt, wodurch das Wasser aus der Lösung schneller verdunsten kann.
- f) Wenn das Wasser vollständig verdampft wurde, werden die Bechergläser nach dem Abkühlen erneut gewogen.
- g) Berechnet den prozentualen Massenanteil.
- h) Reinigt die Bechergläser unter fließendem Leitungswasser bis die groben Salzurückstände aus den Bechergläsern herausgewaschen wurden.

## Versuchsauswertung:

### Bestimmung der Konzentration von unbekanntem Kochsalzlösungen

#### 1. Sammeln von Daten

Für die Berechnung der jeweiligen Mittelwerte mit zugehörigem Standardfehler werden die Daten der gesamten Kursgruppe betrachtet. Stellt eure Daten hierfür zur Verfügung, indem ihr eure Ergebnisse (Masse der Lösung, Dichte und Masse des Rückstands für die jeweiligen Proben unbekannter Kochsalzkonzentration) im Kursraum in eine bereitgestellte Tabelle einträgt.

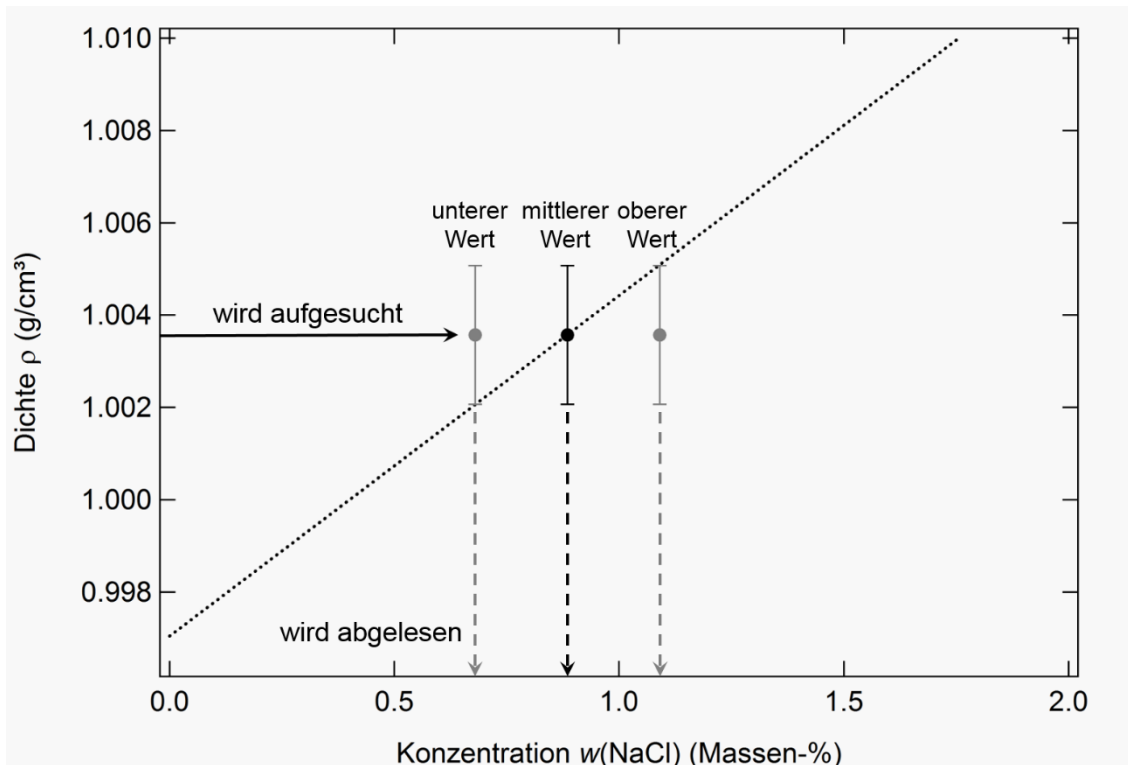
#### 2. Mittelwert und Standardfehler

Berechnet für die jeweiligen Proben den Mittelwert und den Standardfehler für ...

- a) ... die Dichte  $\rho$
- b) ... den prozentualen Massenanteil  $w$ .

#### 3. Bestimmung der Konzentration über die Dichte

Verwendet die Kalibrierkurve, die den Zusammenhang zwischen Dichte und Konzentration herstellt, um die Konzentration der unbekanntem Kochsalzlösungen zu bestimmen. Verwendet für die Dichte ausschließlich die Kursdaten und berücksichtigt bei der Bestimmung den Standardfehler. *Tipp:* Die Abbildung auf der folgenden Seite illustriert die Vorgehensweise zum Auffinden der Konzentration. Im Graph der Kalibrierkurve wird hierfür der Punkt auf der Ausgleichsgerade gesucht, der als eine Koordinate den Mittelwert der ermittelten Dichte enthält. Die zugehörige Konzentration lässt sich anhand einer Linie durch diesen Punkt parallel zu der Hochachse bestimmen. Die Unsicherheit der Konzentrationsbestimmung aufgrund des Standardfehlers der bestimmten Dichte lässt sich erfassen, indem die zuvor durch den Mittelwert bestimmten Punkte soweit parallel zur Rechtsachse verschoben werden, dass die Fehlerbalken gerade noch die Ausgleichsgerade in einem Punkt berühren. Die Bestimmung der minimalen bzw. maximalen Konzentration gelingt wieder durch eine gedachte Linie durch die entsprechenden Punkte parallel zur Hochachse.



#### 4. Vergleich der Ergebnisse

- a) Stellt in einer Tabelle die Ergebnisse (Mittelwert  $\pm$  Standardfehler) für die Bestimmung der Konzentration der unbekanntnen Proben gegenüber.

Probe	prozentualer Massenanteil (in %) ermittelt über die Massen der Lösungen und der Rückstände	prozentualer Massenanteil (in %) ermittelt über die Dichte
A		
...		

Bewertet die Methoden hinsichtlich ihrer Genauigkeit. Geht dabei ferner darauf ein, ob eine Unterscheidung der Proben B und C mit der jeweiligen Methode überhaupt möglich ist.

- b) Versucht eine Zuordnung der Proben zu Weltmeeren und Binnenseen. Verwendet dafür die ausgegebene Liste mit möglichen Ursprungsorten der Proben. Wie sicher könnt ihr euch aufgrund der jeweiligen Mittelwerte mit dazugehörigem Standardfehler sein? Gebt eine qualitative Antwort!

### Konzentrationen

Die Proben unbekannter Konzentrationen wurden verschiedenen Meeren und Binnenseen nachempfunden. Die nachstehende Auflistung enthält mögliche Kandidaten mit der jeweiligen Konzentrationsangabe in Klammern. Aus dieser Liste wurden einige Konzentrationen ausgewählt.

- Meere:
- Gotlandsee (Ostsee) (0,8 %)
  - Nordsee (3,4 %)
  - Mittelmeer (3,6 %)
  - Rotes Meer (Arabische Halbinsel) (4,2 %)
- Binnenseen:
- Kaspisches Meer (West-Asien) (1,3 %)
  - Vansee (Türkei) (2,3 %)
  - Mono Lake (Kalifornien) (7,3 %)
  - Qarun-See (Ägypten) (10,6 %)
  - Großer Salzsee (Utah) (14,2 %)
  - Urmiasee (Iran) (18,0 %)
  - Totes Meer (21,9 %)