

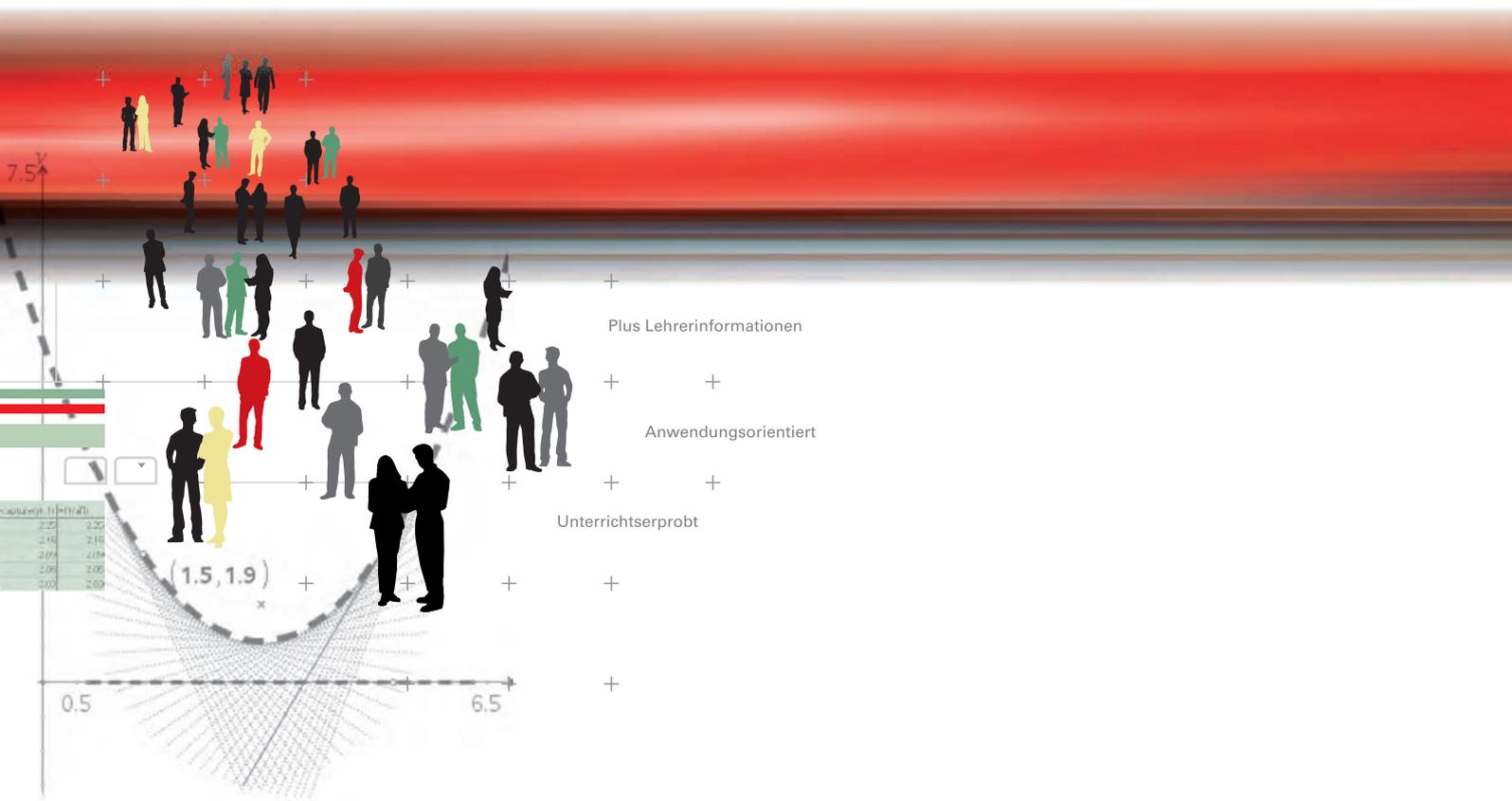


T<sup>3</sup>- NATURWISSENSCHAFTEN

## Von den Massenproportionen bis zur NERNST-Gleichung

Arbeitsblätter zum Einsatz des TI-Nspire™ im Chemieunterricht

Frank Liebner (Hrsg.)





Autoren:  
Svenja Hohmeier, Frank Liebner, Dirk Schulze, Sabrina Tempelmeier

Dieses und weiteres Material steht Ihnen zum pdf-Download bereit: [www.ti-unterrichtsmaterialien.net](http://www.ti-unterrichtsmaterialien.net)  
Gedruckte Exemplare erhalten Sie über den Webshop: [www.ti-activities-shop.net](http://www.ti-activities-shop.net)

© 2016 T<sup>3</sup> Deutschland

Dieses Werk wurde erarbeitet um Lehrerinnen und Lehrern geeignete Materialien für den Unterricht in die Hand zu geben. Die Anfertigung einer notwendigen Anzahl von Fotokopien für den Einsatz in der Klasse, einer Lehrerfortbildung oder einem Seminar ist daher gestattet. Hierbei ist auf das Copyright von T<sup>3</sup>-Deutschland hinzuweisen. Jede Verwertung in anderen als den genannten oder den gesetzlich zugelassenen Fällen ist ohne schriftliche Genehmigung von T<sup>3</sup>-Deutschland nicht zulässig. Alle verwendeten Marken sind Eigentum ihrer Inhaber.

## Inhaltsverzeichnis

### 1 Material für die Sekundarstufe I

1.1	Konstante Massenproportionen Bestimmung des Massenverhältnisses bei der Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff	6
1.2	Einführung in das Stöchiometrische Rechnen Eisen reagiert mit Schwefel	11
1.3	Gefrierpunktniedrigung	15
1.4	Das aluminothermische Schweißen	22
1.5	Konzentrationsangaben bei Säuren und Laugen	27
1.6	Die Siedetemperaturen der Alkane	31
1.7	Die Menge macht das Gift	35
1.8	Stoffmengenverhältnisse Untersuchung von Antacida	41
1.9	Kosteneffiziente Metallgewinnung	45

### 2 Material für die Sekundarstufe II

2.1	Leitfähigkeitstitration	51
2.2	Kinetische Untersuchung der Umsetzung von Marmor mit Salzsäure	57
2.3	Ausbeute bei Estergleichgewichten	61
2.4	Dynamisches Estergleichgewicht	66
2.5	Das Löslichkeitsprodukt Die Löslichkeit von Bleisalzen	71
2.6	Die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotenzials	75
2.7	Die pH-Wertabhängigkeit des Redoxpotenzials	79



## Vorwort

Die verpflichtende Einführung von grafikfähigen Taschenrechnern (TR) mit und ohne CAS in den Mathematikunterricht eröffnet auch für die Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik neue Wege.

Ein methodisch bewusster Einsatz der zur Verfügung stehenden Geräte unterstützt Lehrerinnen und Lehrer bei der Vermittlung und die Lernenden bei der Entdeckung und Deutung fachspezifischer Inhalte.

Der naturwissenschaftliche Unterricht soll auf keinen Fall „mathematisiert“ werden. Fachspezifische Methoden, Begriffe, Gesetze und Theorien bleiben zentrale Inhalte des Unterrichts.

Bevor Sie starten, liebe Leserinnen und Leser, möchten Ihnen die Autoren einige Hinweise zum Umgang mit dem vorliegenden Material geben.

Alle Beiträge wurden mit dem TI-Nspire™ CX CAS erarbeitet.

Viele der vorgeschlagenen Aufgaben lassen sich auch mit grafikfähigen Taschenrechnern wie z. B. dem TI-84 Plus oder dem TI-Nspire™ CX lösen.

Die einzelnen Beiträge enthalten

- Kopiervorlagen, die für die Hand der Schülerinnen und Schüler gedacht sind,
- Lehrermaterialien mit didaktisch-methodischen Hinweisen und ausführlichen Lösungen und
- „Hilfekarten“, die Anleitungen für die Handhabung des Rechners beinhalten.

In den Kopiervorlagen sind Hinweise auf die „Hilfekarten“ eingearbeitet, sodass Schülerinnen und Schüler diese bei Bedarf anfordern können.

Die in den Hilfekarten grau unterlegten Begriffe finden Sie im Online-Glossar unter <http://wiki.zum.de/TI-Nspire/Glossar> wieder. Dort können Sie weitere Informationen zu den einzelnen Funktionen und Befehlen abrufen.

In den Kopiervorlagen finden Sie Aufgabenstellungen, die mit „\*“ gekennzeichnet sind. Diese unterscheiden sich von den anderen durch einen erhöhten Schwierigkeitsgrad und können z. B. als Zusatzmaterial oder zur Differenzierung eingesetzt werden.

Ausgewählte Beiträge enthalten Experimentieranleitungen. Sollten die Experimente praktisch nicht durchgeführt werden, so finden Sie im weiteren Material Werte aus durchgeführten Experimenten.

### Wichtige Hinweise für die Nutzer des vorliegenden Materials

Bei der Erarbeitung der Experimente wurden die aktuell gültigen Sicherheitsbestimmungen im Umgang mit Chemikalien zugrunde gelegt. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der betreuende Fachlehrer die Verantwortung für den sachgerechten Umgang mit Chemikalien, die Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen und das fachgerechte Entsorgen der Chemikalien trägt.

Alle Anleitungen wurden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen die Herausgeber und Autoren für die Richtigkeit von Aufgaben und deren Lösungen, für Hinweise und Ratschläge sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

## Bestimmung des Massenverhältnisses bei der Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff

Untersuche, welches Volumen Sauerstoff für die Reaktion mit verschiedenen Massen Magnesium jeweils benötigt wird.

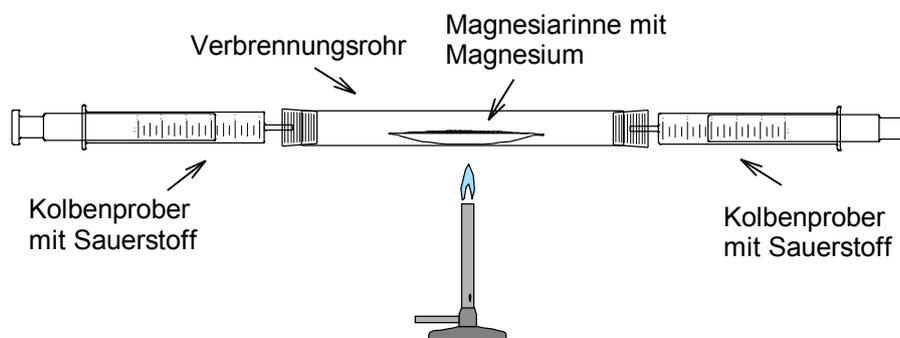
### Geräte

- 2 Kolbenprober oder Einwegspritzen ( $V = 100 \text{ ml}$ )
- Verbrennungsrohr
- 2 durchbohrte Gummistopfen zum luftdichten Verschießen des Verbrennungsrohrs
- Bunsenbrenner
- Waage (Genauigkeit: 1 mg)

### Chemikalien

- abgewogene Stoffportionen Magnesiumpulver (0,03–0,12 g)
- Sauerstoff (pro Kolbenprober 50 ml)
- Magnesiumrinne

### Versuchsaufbau



### Versuchsdurchführung

Befülle die beiden Kolbenprober mit je 50 ml Sauerstoff. Wiege die bereitgelegte Magnesiumrinne und gib anschließend die abgewogene Stoffprobe Magnesiumpulver auf diese. Baue die Versuchsanordnung nach der oben angegebenen Skizze auf. Erhitze das Magnesiumpulver mit dem Bunsenbrenner bis zur vollständigen Reaktion. Ändere die Position des Brenners, damit das Verbrennungsrohr nicht schmilzt. Während der Reaktion ist der Sauerstoff aus beiden Kolbenprobern immer wieder über das Magnesiumpulver zu leiten.

- 1.1 Notiere deine Beobachtungen bezüglich des Volumens in den Kolbenprobern während und nach der Reaktion.

---



---

- 1.2 Protokolliere deine Versuchsergebnisse:

$m(\text{Magnesiumrinne}) = \underline{\hspace{2cm}}$

$m(\text{Magnesium}) = \underline{\hspace{2cm}}$

$m(\text{Magnesiumrinne mit Reaktionsprodukt}) = \underline{\hspace{2cm}}$

## Bestimmung des Massenverhältnisses bei der Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff

Untersuche, welches Volumen Sauerstoff für die Reaktion mit verschiedenen Massen Magnesium jeweils benötigt wird.

- 1 Entwickle für die ablaufende Reaktion die Wortgleichung.

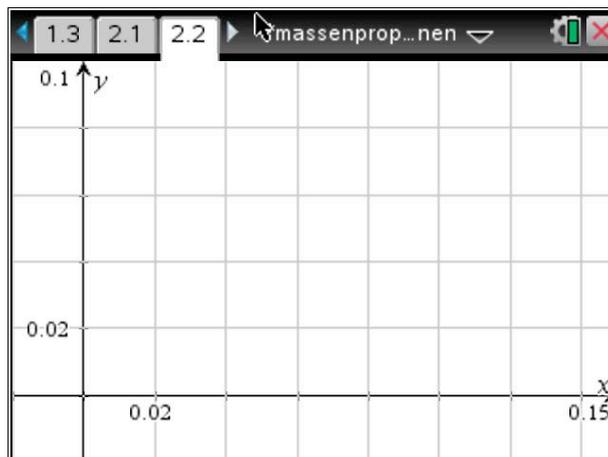
- 2 Ergänze die nebenstehende Tabelle.



Gib die Masse Magnesium (mg) und die daraus gebildete Masse Magnesiumoxid (mgo) in deinen TR ein. Berechne in der dritten Spalte die Masse an Sauerstoff (o2), die für die jeweilige Reaktion benötigt wurde.

	A mg	B mgo	C o2	D
1	0.03			
2	0.045			
3	0.06			
4	0.075			
5	0.09			

- 3.1 Stelle die Masse des reagierenden Sauerstoffs in Abhängigkeit von der Masse des eingesetzten Magnesiums mit dem TR grafisch dar. Skizziere den Graphen in nebenstehendem Bildschirmausdruck.



- 3.2 Interpretiere die grafische Darstellung.




---



---



---

- 3.3 Berechne unter Nutzung deiner Ergebnisse aus den Aufgaben 1, 3.1 und 3.2, welche Masse an Sauerstoff mindestens notwendig ist, um 0,8 g Magnesium vollständig zu Magnesiumoxid umzusetzen. Beschreibe deine Vorgehensweise. Diskutiere die Lösungsstrategie anschließend mit deinem Nachbarn.

## Bestimmung des Massenverhältnisses bei der Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff

Jahrgang

Sekundarstufe I

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- beherrschen das Aufstellen einfacher Wortgleichungen.
- verfügen über experimentelle Fähigkeiten.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben,
  - Daten darstellen und
  - Listen miteinander verknüpfen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

- Die Durchführung des Experimentes in arbeitsteiliger Gruppenarbeit ermöglicht die Nutzung verschiedener Messwerte (Schüler bringen unterschiedliche Massen Magnesium zur Reaktion).
- Die Auswertung kann in Einzel- oder Partnerarbeit erfolgen.
- Auch ohne das Experiment kann der mathematische Zusammenhang zwischen den Massen der reagierenden Stoffe mittels der nachfolgend angegebenen Werte erschlossen werden.

### Anmerkungen

Auch andere Massenverhältnisse können grundsätzlich auf diese Weise untersucht werden.

Wichtig ist, dass die eingesetzten Metalle trocken sind und noch nicht reagiert haben.

Die Verwendung von Magnesium kann bei der Versuchsanordnung nur in diesen kleinen Mengen erfolgen, da sonst die Gefahr besteht, dass das Verbrennungsrohr zerstört wird.

### Lösungshinweise

#### Auswertung des Experimentes

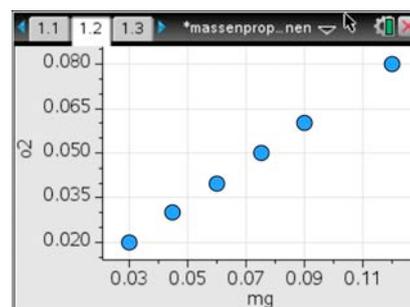
- 1 Zu Beginn des Versuches vergrößert sich das Gesamtvolumen.  
Am Ende der Reaktion (besonders nach dem Abkühlen) ist eine deutliche Volumenverringerung zu erkennen.

#### Auswertung des Arbeitsblattes

- 1 Magnesium + Sauerstoff  $\longrightarrow$  Magnesiumoxid
- 2 Beispiel für eine Messreihe

	A mg	B mgo	C o2	D
=			=mgo-mg	
1	0.03	0.05	0.02	
2	0.045	0.075	0.03	
3	0.06	0.1	0.04	
4	0.075	0.125	0.05	
5	0.09	0.15	0.06	

#### 3.1 Grafische Darstellung



- 3.2 Alle Punkte liegen auf einer Geraden, die durch den Koordinatenursprung verläuft. Aus dem Diagramm geht die Proportionalität des Massenverhältnisses hervor. Mithilfe einer Regressionsgeraden kann der Proportionalitätsfaktor ermittelt werden.
- 3.3 Da sich aus der grafischen Darstellung die direkte Proportionalität zwischen den Massen der reagierenden Stoffe ableiten lässt, kann die Aufgabe mittels Verhältnisgleichung gelöst werden.

$$\frac{m(\text{Mg})}{m(\text{O}_2)} = \frac{0,09 \text{ g}}{0,06 \text{ g}} \quad \frac{0,8 \text{ g}}{m(\text{O}_2)} = \frac{0,09 \text{ g}}{0,06 \text{ g}} \quad m(\text{O}_2) = 0,53 \text{ g}$$

## Bestimmung des Massenverhältnisses bei der Reaktion von Magnesium mit Sauerstoff



### Aufgabe 2

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

- Cursor in die zweite Zeile, dritte Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

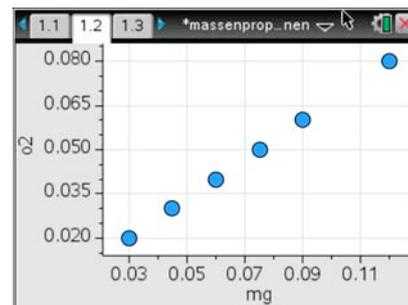
→ Formeln

	A mg	B mgo	C o2	D
=			=mgo-mg	
1	0.03	0.05	0.02	
2	0.045	0.075	0.03	
3	0.06	0.1	0.04	
4	0.075	0.125	0.05	
5	0.09	0.15	0.06	

### Aufgabe 3.1

#### „Data & Statistics“

- nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**



### Aufgabe 3.3

#### „Calculator“

- **Menu** **3:Algebra** **1:Löse**

→ Gleichungen

solve( $\frac{0.2}{0.3} = \frac{x}{0.8}, x$ )      x=0.533333

## Eisen reagiert mit Schwefel

Der Jungchemiker Pipette und seine Mitschüler erhalten den Auftrag, genau 5 g Schwefel mit der entsprechenden Masse Eisen vollständig zu Eisen(II)-sulfid umzusetzen. Sie wissen, dass man die Stoffe in bestimmten Massenverhältnissen mischen muss, damit die Reaktionen vollständig ablaufen. In einer Experimentieranleitung finden sie folgende Vorschrift:

„Mische in einer Reibeschale Schwefel und Eisen in einem der angegebenen Verhältnisse. Fülle mit dem Stoffgemisch ein Reagenzglas und spanne es senkrecht über einer feuerfesten Unterlage in ein Stativ ein. Erhitze das Ende eines Eisendrahtes bis zum Glühen. Führe das Ende des Eisendrahtes sofort in das Stoffgemisch ein. Die ablaufende Reaktion wird durch nachfolgende Gleichung beschrieben:  $\text{Fe} + \text{S} \longrightarrow \text{FeS}$ “

Masse an Eisen in g	3,5	7	10,5	26,25
Masse an Schwefel in g	2	4	6	15

Leider finden Pipette und seine Mitstreiter keine Angaben für den Einsatz von 5 g Schwefel. Nun sind gute Lösungsideen gefragt.

### Vorschlag 1

Damit es schnell geht, wiegen wir 5 g Schwefel ab und bringen den Stoff mit drei Spatelspitzen Eisen zur Reaktion.

### Vorschlag 3\*

Wir nutzen nachfolgende Verhältnisgleichung und berechnen uns die Masse an notwendigem Eisen.

$$\frac{m(\text{Fe})}{5} = \frac{10,5}{6}$$

### Vorschlag 2

Wir stellen zuerst die gegebenen Werte grafisch dar. Liegt eine direkte Proportionalität vor, können wir mittels einer Verhältnisgleichung die Masse an Eisen berechnen. Außerdem kann dann mithilfe der linearen Regression eine allgemeine Gleichung für weitere Berechnungen ermittelt werden.

1 Beurteile Vorschlag 1.

2 Setze dich mit Vorschlag 2 auseinander:

2.1 Stelle die Werte in deinem Rechner grafisch dar. Skizziere den Graphen in nebenstehendes Koordinatensystem. Interpretiere den Graphen.



2.2 Führe eine Regression durch. Gib die ermittelte Funktionsgleichung an.



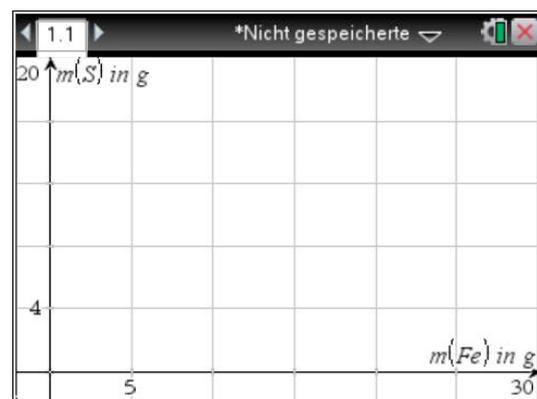
2.3 Berechne die Masse an Eisen, die zum vollständigen Umsatz von 5 g Schwefel benötigt wird.



2.4 Ergänze die nachfolgende Tabelle. Dokumentiere deinen Lösungsweg.



Masse an Eisen in g		8,5		25
Masse an Schwefel in g	3		9	



3\* Diskutiere Vorschlag 3.

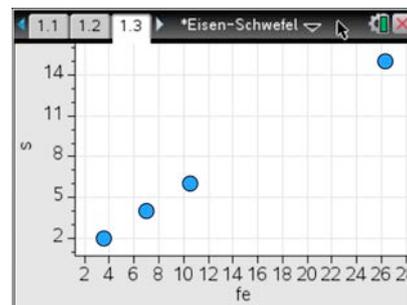
## Eisen reagiert mit Schwefel

Jahrgang	Sekundarstufe I
Lernvoraussetzungen	Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen             <ul style="list-style-type: none"> <li>- chemische Reaktionen als einen Vorgang mit Stoff- und Energieumwandlung.</li> <li>- das Gesetz von der Erhaltung der Masse.</li> </ul> </li> <li>• können mit dem TR             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daten in Listen eingeben,</li> <li>- Daten grafisch darstellen und</li> <li>- eine lineare Regression durchführen.</li> </ul> </li> </ul>
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation	Das Arbeitsblatt kann zur Einführung des Stöchiometrischen Rechnens im Chemieunterricht verwendet werden. Die Demonstration des theoretisch bearbeiteten Experiments mit den durch die Schüler berechneten Werten wäre ein guter Abschluss der Arbeitsphase. Ein Einsatz des vorgeschlagenen Arbeitsblattes im Mathematikunterricht ist bei der Behandlung linearer Zusammenhänge möglich.

### Lösungshinweise

1 Bei Vorschlag 1 kann nicht davon ausgegangen werden, dass Eisen und Schwefel vollständig miteinander reagieren.

2.1 Eine Vergrößerung der Masse an Eisen hat zur Folge (vollständiger Stoffumsatz vorausgesetzt), dass mehr Schwefel benötigt wird. Da alle Punkte auf einer Geraden liegen, handelt es sich um einen linearen Zusammenhang.



2.2 Die Masse an Schwefel wurde als Funktion von der eingesetzten Masse an Eisen dargestellt.

$$\text{Es gilt: } f_1(x) = 0,57 \cdot x \quad m(\text{S}) = 0,57 \cdot m(\text{Fe})$$

2.3 Die gesuchte Masse an Eisen beträgt  $m(\text{Fe}) = 8,75 \text{ g}$ .

2.4

Masse an Eisen in g	5,3	8,5	15,8	25
Masse an Schwefel in g	3	4,9	9	14,3

3 Die Nutzung einer Verhältnisgleichung zur Berechnung der gesuchten Masse ist nur dann möglich, wenn der Nachweis erbracht ist, dass es sich bei den gegebenen Größen um einen linearen Zusammenhang handelt.

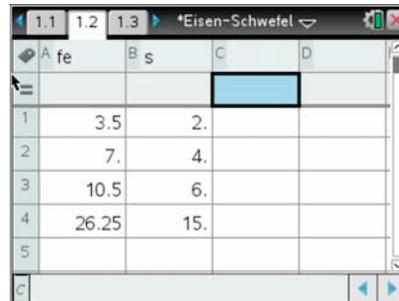
## Eisen reagiert mit Schwefel



### Aufgabe 2.1

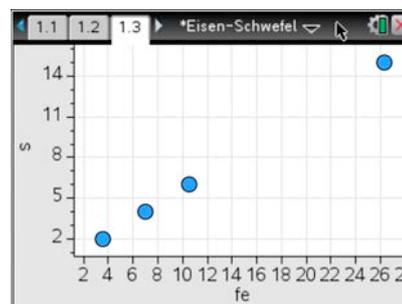
#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben
- ➔ Listen



#### „Data & Statistics“

- nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y- Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**



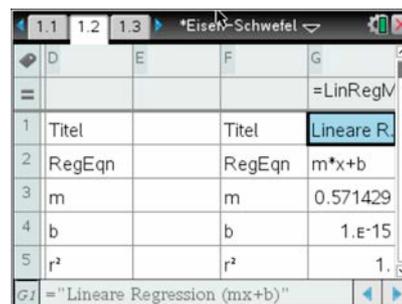
### Aufgabe 2.2

Regressionen können in den Applikationen „Lists & Spreadsheets“ und „Data & Statistics“ durchgeführt werden.

#### „Lists & Spreadsheets“

- Cursor auf ein nicht belegtes Datenfeld setzen
- **Menu 4:Statistik**
- 1:Statistische Berechnungen**
- 3:Lineare Regression**     $x \rightarrow fe$
- $y \rightarrow s$

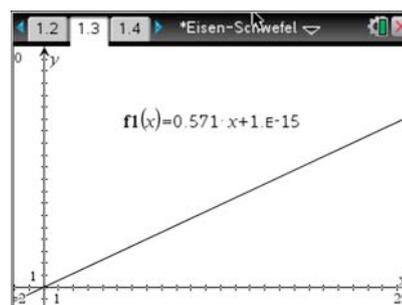
➔ Regression



Die ermittelte Funktionsgleichung steht in der Applikation „Graphs“ als Funktion f1 zur Verfügung.

➔ Funktionen

➔ Koordinatenachsen



### Aufgabe 2.3

Die Berechnung der Masse an Eisen kann durch eine Verhältnisgleichung erfolgen. Da die ermittelte Funktionsgleichung im TR gespeichert wurde, kann die Masse an Eisen auch in der Applikation „**Calculator**“ berechnet werden.

„**Calculator**“

→ Gleichungen



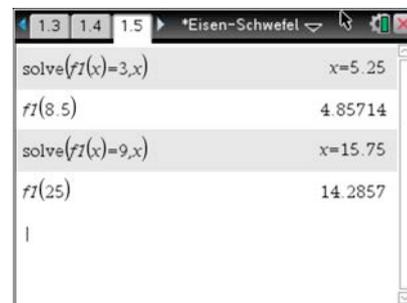
### Aufgabe 2.4

Die fehlenden Angaben in der Tabelle können nacheinander mittels Verhältnisgleichung berechnet werden.

Da die ermittelte Funktionsgleichung im TR gespeichert wurde, kann die Masse an Eisen bzw. Schwefel auch in der Applikation „**Calculator**“ ermittelt werden.

„**Calculator**“

→ Gleichungen



## Gefriertemperaturerniedrigung

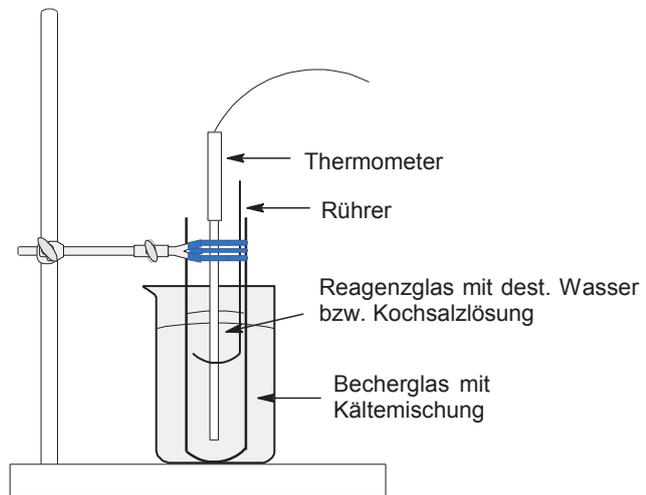
Untersuche die Gefriertemperatur einer Kochsalzlösung.

### Geräte

- Becherglas (250 ml)
- 2 Halbmikroreagenzgläser
- Drahrührer mit Schlaufe
- Stativmaterial
- Messzylinder
- Digitalthermometer

### Chemikalien

- dest. Wasser
- Kochsalzlösung (58,5 g Kochsalz pro 1 kg Wasser)
- Kochsalz und Eis für die Kältemischung



### Versuchsdurchführung

Stelle zunächst im Becherglas eine Kältemischung her, indem du das Becherglas zu ca. 2/3 abwechselnd mit Schichten aus zerstoßenem Eis und Kochsalz füllst. Mische anschließend gut durch. Sollte das Eis noch nicht angetaut sein, muss du ggf. noch etwas Wasser hinzufügen.

Miss 5 ml destilliertes Wasser ab und gib es in das Reagenzglas. Befestige das Reagenzglas mit dem Rührer und dem Thermometer am Stativ über der Kältemischung.

Das Thermometer muss sich in der Schlaufe des Rührers befinden und darf weder die Reagenzglaswand noch den -boden berühren. Achte darauf, dass der Rührer problemlos in der Flüssigkeit auf und ab bewegt werden kann.

Senke nun das Reagenzglas so weit in die Kältemischung ab, dass du gerade noch den Flüssigkeitsrand im Reagenzglas erkennen kannst. Beginne sofort mit dem Rührvorgang, indem du den Rührer in der Flüssigkeit hoch und runter bewegst. Sobald der Rührer „fest-sitzt“ bzw. die Flüssigkeit deutlich auskristallisiert, ist die Gefriertemperatur erreicht. Lies die Temperatur am Thermometer ab. Wiederhole den Versuch mit der Kochsalzlösung.

### Auswertung

Notiere die beiden abgelesenen Gefriertemperaturen.

## Gefriertemperaturerniedrigung

Wann gefriert Wasser? Ist doch klar: bei 0 °C. Warum gefrieren Zuckerwasser oder alkoholische Getränke, die zum größten Teil aus Wasser bestehen, erst bei tieferen Temperaturen? Wieso friert das Meer nicht zu? Warum benutzt man Streusalz gegen vereiste Bürgersteige?

Nur reines Wasser gefriert bei 0 °C. Löst man Zucker darin, so stellt man fest, dass die Gefriertemperatur der Zuckerlösung unter der des reinen Wassers liegt. Allgemein lässt sich sagen, dass Lösungen immer eine niedrigere Gefriertemperatur als das reine Lösungsmittel besitzen, da die gelösten Teilchen die Kristallisation des Lösungsmittels erschweren.

Für Wasser fand man folgenden Zusammenhang: Löst man 1 mol Teilchen in 1.000 g Wasser, so sinkt die Gefriertemperatur um 1,86 °C, unabhängig davon, welche Substanz gelöst wurde.

- 1 In einem Experiment wurden die Gefriertemperaturen verschiedener Glucoselösungen bestimmt.

Nachfolgende Tabelle fasst die Versuchsergebnisse zusammen.

Masse Glucose, die in 1.000 g Wasser gelöst wurde	0	45	90	135	180
Stoffmenge der gelösten Glucose in mol					
Gefriertemperatur der Lösung in °C	0	- 0,465	- 0,93	- 1,395	- 1,86

- 1.1 Ergänze die Tabelle unter Verwendung deines TR. 
- 1.2 Vergleiche die experimentellen Ergebnisse mit der oben getroffenen Aussage.
- 2\* Untersuche die Gefriertemperatur einer Kochsalzlösung. Nutze die Arbeitsanleitung auf dem zusätzlichen Arbeitsblatt.
- 3.1 Berechne die Gefriertemperatur der Lösungen, die man erhält, wenn jeweils 10 g folgender Stoffe in 1.000 g Wasser gelöst werden. Sichere alle Ergebnisse in folgender Tabelle. 

Stoff (Einwaage: 10 g)	Chemische Formel	Molare Masse in g·mol <sup>-1</sup>	Stoffmenge in mol	Anzahl gelöster Teilchen pro Formeleinheit	Stoffmenge der gelösten Teilchen in mol	Gefriertemperatur der Lösung in °C
Glucose						
Alkohol						
Natriumchlorid						
Aluminiumchlorid						
Lithiumfluorid						
Kaliumchlorid						
Calciumbromid						
Zinkchlorid						
Magnesiumchlorid						

- 3.2 Leite Kriterien ab, welche Stoffe besonders stark die Gefriertemperatur erniedrigen. Begründe.
- 3.3 Recherchiere, warum dennoch Kochsalz als Streusalz benutzt wird.

## Gefriertemperaturerniedrigung

Jahrgang	Sekundarstufe I
Lernvoraussetzungen	<p>Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• kennen Ionen- und Elektronenpaarbindungen.</li><li>• kennen die Dissoziation von Ionenverbindungen beim Lösen (kann ggf. an dieser Stelle erarbeitet werden).</li><li>• kennen Stoffmenge und molare Masse.</li><li>• können mit dem TR<ul style="list-style-type: none"><li>- Daten in Listen eingeben,</li><li>- Listen verknüpfen.</li></ul></li></ul>
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gruppenarbeit beim Experimentieren</li><li>• Die Auswertung kann in Einzel- oder Partnerarbeit erfolgen.</li><li>• 3 bis 4 Einzelstunden oder 2 Doppelstunden</li><li>• Rechercheaufgabe entweder als Hausaufgabe für alle oder als Zusatzaufgabe für besonders leistungsstarke Schüler einsetzen.</li><li>• Rechercheaufgabe: Internetzugang, Chemikalienkatalog</li></ul> <p>Es wäre denkbar, an den im Versuch ermittelten Messergebnissen die Dissoziation von Ionenkristallen beim Lösevorgang zu erarbeiten. Dann sollte jedoch die Stundenzahl für den Unterrichtsgang erhöht werden.</p>

### Hinweise zum Experiment

Das Experiment ist vergleichsweise aufwendig, liefert aber bei genauer Arbeitsweise gute Messwerte. Auch bei guter Vorbereitung sollte man für das Experiment etwa 45 Minuten einplanen. Zur Herstellung der Kältemischung wird viel Eis benötigt. Hierzu kann man entweder Eiswürfel in einem Eiscrusher zerkleinern oder auf bereits gecrushtes Eis zurückgreifen.

Bei einigen Thermometermodellen treten Messungenauigkeiten auf (z. B. Gefriertemperatur von dest. Wasser: 0,8 °C). Um dieses Problem zu relativieren, kann der Messwert von dest. Wasser auf 0 °C gesetzt und der Messwert für die Kochsalzlösung dazu in Bezug gesetzt werden. Es ist daher ebenfalls wichtig, dass beide Messungen mit demselben Thermometer durchgeführt werden.

Die Drahrührer mit Schlaufe lassen sich gut aus einem etwas dickeren Kupferdraht biegen. Die Schlaufe muss so groß sein, dass einerseits das Thermometer in der Mitte Platz findet und beim Rühren wenig berührt wird und sich andererseits der Rührer problemlos im Reagenzglas auf und ab bewegen lässt.

Hinweis: Die Gesetzmäßigkeit gilt nur für verdünnte Lösungen.

## Lösungshinweise

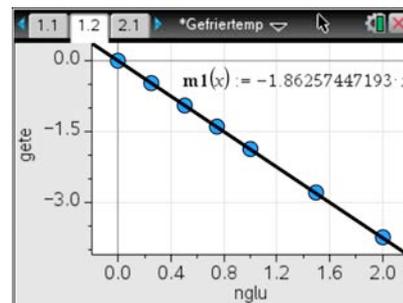
- 1.1 Eingabe der Werte (Masse an Glucose und Gefriertemperatur) in den TR. Berechnung der jeweiligen Stoffmenge an Glucose.

	A mglu	B nglu	C gete	D
=		=mglu/180		
1	0.	0.	0.	
2	45.	0.25	-0.465	
3	90.	0.5	-0.93	
4	135.	0.75	-1.395	

nglu =  $\frac{mglu}{180}$

### 1.2 Lösungsvariante I:

- Grafische Darstellung der Gefriertemperatur in Abhängigkeit der Stoffmenge an Glucose;
- verschiebbare Gerade einfügen;
- Anstieg der Geraden entspricht dem Proportionalitätsfaktor



### Lösungsvariante II:

Durchführen einer linearen Regression

	D gete	E	F
=			=LinRegMx
1	0.	Titel	Lineare R...
2	-0.465	RegEqn	m*x+b
3	-0.93	m	-1.86
4	-1.395	b	-1.e-15
5	-1.86	r <sup>2</sup>	1.

F1 = "Lineare Regression (mx+b)"

### Lösungsvariante III:

Berechnen des Quotienten aus der Gefriertemperatur und der Stoffmenge gelöster Glucose

Zwischen der Stoffmenge an gelöster Glucose und der Gefriertemperatur der Lösung liegt eine Proportionalität vor. Der Proportionalitätsfaktor beträgt  $k = -1.86$ .

	B nglu	C gete	D	
=	=mglu/180		=gete/nglu	
1	0.	0.	#UNDEF	
2	45.	0.25	-0.465	-1.86
3	90.	0.5	-0.93	-1.86
4	135.	0.75	-1.395	-1.86
5	180.	1.	-1.86	-1.86

D1 = "#UNDEF"

### 2\* Auswertung unter Beachtung der Temperaturkorrektur

Destilliertes Wasser: gemessene Temperatur: 0,8 °C; Korrektur: -0,8 °C; korrigierter Wert: 0 °C

Kochsalzlösung: gemessener Wert: -2,9 °C; korrigierter Wert: -3,7 °C

Löst man 1 mol Natriumchlorid in 1 kg Wasser, misst man eine Gefriertemperatur von ca. -3,7 °C. Dieser Wert entspricht der Gefriertemperatur einer zweimolaren Glucoselösung.

Da Natriumchlorid beim Lösen in Ionen dissoziiert, ist die Stoffmenge der gelösten Teilchen doppelt so groß und der Gefrierpunkt sinkt nicht auf -1,86 °C, sondern auf -3,72 °C.

(Das Glucosemolekül dissoziiert beim Lösungsvorgang nicht (Atombindungen).)

## 3.1

Stoff (Einwaage: 10 g)	Chemische Formel	Molare Masse in $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$	Stoff- menge in mol	Anzahl gelöster Teilchen pro Formeleinheit	Stoffmenge der gelösten Teil- chen in mol	Gefrier- temperatur der Lösung in $^{\circ}\text{C}$
Glucose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180	0.056	1	0.056	- 0.1
Alkohol	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46	0.217	1	0.217	- 0.4
Natrium- chlorid	$\text{NaCl}$	58.5	0.171	2	0.342	- 0.64
Aluminium- chlorid	$\text{AlCl}_3$	133	0.075	4	0.3	- 0.56
Lithium- fluorid	$\text{LiF}$	26	0.385	2	0.770	- 1.44
Kalium chlorid	$\text{KCl}$	74.5	0.134	2	0.268	- 0.5
Calciumbromid	$\text{CaBr}_2$	199	0.05	3	0.15	- 0.28
Zinkchlorid	$\text{ZnCl}_2$	136	0.073	3	0.220	- 0.41
Magnesium- chlorid	$\text{MgCl}_2$	95	0.105	3	0.316	- 0.59

	A molma	B n	C	D
=				
1	180.	0.055556		
2	46.	0.217391		
3	58.5	0.17094		
4	133.	0.075188		
Σ	10			

	molma	B n	C anteil	D nanteil	E
=					
1	180.	0.055556	1.	0.055556	
2	46.	0.217391	1.	0.217391	
3	58.5	0.17094	2.	0.34188	
4	133.	0.075188	4.	0.300752	
5	26.	0.384615	2.	0.769231	
Σ					

	B n	C anteil	D nanteil	E getem
=				
1	0.055556	1.	0.055556	-0.103333
2	0.217391	1.	0.217391	-0.404348
3	0.17094	2.	0.34188	-0.635897
4	0.075188	4.	0.300752	-0.559398
5	0.384615	2.	0.769231	-1.43077
Σ				

## 3.2 z. B.

Bei Zugabe von 10 g des jeweiligen Stoffes eignen sich besonders Ionenverbindungen mit geringer molarer Masse und „großer“ Ionenanzahl, da sich

- durch Dissoziation die Teilchenanzahl erhöht und
- ein günstiges Verhältnis zwischen der molaren Masse und der Anzahl der bei der Dissoziation entstehenden Teilchen vorliegt.

## 3.3 z. B.

Lithiumfluorid zeigt die stärkste Gefrierpunktniedrigung und müsste eigentlich Natriumchlorid als Streusalz ersetzen.

Lithiumfluorid ist jedoch giftig und eher schlecht wasserlöslich (Löslichkeit:  $2,7 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Außerdem ist der Preis vergleichsweise hoch.



### Aufgabe 3.1

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalte benennen
- Daten eingeben

#### → Listen

- Cursor in die zweite Zeile, zweite Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

#### → Formeln

	n	anteil	nanteil	getem
=	=10/molm		=n*anteil	36 nanteil
1	0.055556	1.	0.055556	-0.103333
2	0.217391	1.	0.217391	-0.404348
3	0.17094	2.	0.34188	-0.635897
4	0.075188	4.	0.300752	-0.559398
5	0.384615	2.	0.769231	-1.43077

## Das aluminothermische Schweißen

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts entdeckte Prof. Dr. Hans Goldschmidt in Essen die technische Gewinnung von Schwermetallen aus ihren Oxiden durch die Oxidation von Aluminium. Dieser aluminothermische Vorgang wurde fortan „Goldschmidt-“ bzw. „Thermit-Prozess“ genannt.

Bei der stark exothermen Reaktion von z. B. Eisen(III)-oxid mit Aluminium entsteht u. a. flüssiges Eisen, welches zum Schweißen von großen Werkstücken und Schienen verwendet wird. Die ablaufende Reaktion wird durch folgende Gleichung beschrieben:



Ein Chemikalienhandel bietet zur Herstellung von Eisen eine fertige Thermitmischung aus Eisen(III)-oxid und Aluminium an.

- 1 Zur Herstellung der jeweiligen Thermitmischung soll zunächst von einer gegebenen Masse an Eisen(III)-oxid ausgegangen werden. Um einen vollständigen Stoffumsatz zu gewährleisten, ist die beizumischende Masse an Aluminium zu je 10 g, 15 g, 25 g, 100 g oder 500 g Eisen(III)-oxid zu berechnen.

- 1.1 Leite die angegebene Gleichung zur Berechnung der Masse des beizumischenden Aluminiums her.

$$m(\text{Al}) = \frac{2 \cdot 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

- 1.2 Berechne die jeweils benötigte Masse an Aluminium. Wähle dazu einen der beschriebenen Lösungswege aus. Trage die Ergebnisse in den Bildschirmausdruck ein.



### Lösungsweg I:

Gib die unter 1.1 hergeleitete Formel in den TR ein und berechne die entsprechenden Massen.

### Lösungsweg II:

Die Massenberechnung kann mithilfe der nachfolgend angegebenen Gleichung erfolgen.  
 $m(\text{Al}) = 0,3375 \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)$   
 Leite diese Gleichung her und berechne die entsprechenden Massen.

	A mfe	B mal	C	D
=				
1		10		
2		15		
3		25		
4		100		
5		500		

- 2.1 Im Katalog des Chemikalienhändlers werden 500 g Thermitmischung für 7,10 € angeboten. Erstelle mithilfe des TR eine Tabelle, aus der bei vorgegebener Gesamtmasse das Mischungsverhältnis von Eisen(III)-oxid und Aluminium sowie der Preis berechnet werden kann. Ergänze zunächst die fehlende Berechnungsformel und anschließend die vorgegebene Tabelle.

$m(\text{Thermitmischung})$  in g  
 $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m(\text{Thermitmischung}) \cdot 1,3375$   
 $m(\text{Al}) =$   
 Preis  $P = mte \cdot 0,0142$

	A mte	B mfeo	C mal	D pr
=				
1	100			
2	200			
3	300			
4	400			
5	500			

2.2\* Leite die gegebene Gleichung für die Berechnung der Masse an Eisen(III)-oxid und die Gleichung zur Kostenberechnung her.

3\* Ein Verbraucher stellt nebenstehende Anfrage an den Chemikalienhandel.  
 Erarbeite ein Angebot.  
 Dokumentiere deine Vorgehensweise.

*Sehr geehrte Damen und Herren,*  
*zur Verschweißung einer Schiene unserer Kleinbahn benötigen wir ca. 200 cm<sup>3</sup> Eisen, welches einer Masse von ca. 1,6 kg entspricht.*  
*Die Reparatur soll mit dem Thermitverfahren durchgeführt werden.*  
*Teilen Sie uns bitte die einzusetzende Masse an Thermitmischung sowie den Preis der Mischung mit.*  
  
*Mit freundlichen Grüßen*  
  
*Kleinbahnverband*

## Das aluminothermische Schweißen

Jahrgang

Sekundarstufe I

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- beherrschen die Grundlagen des stöchiometrischen Rechnens.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben und
  - Daten grafisch darstellen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

Die Aufgaben 1 und 2 können sowohl in Einzel- als auch in Gruppenarbeit gelöst werden.

Die in Aufgabe 1.2 vorgeschlagenen Lösungswege sind ähnlich, wobei der Lösungsweg II einen erhöhten Schwierigkeitsgrad aufweist.

Die Aufgabe 2.2, die als Zusatzaufgabe eingesetzt werden kann, stellt ebenfalls eine Möglichkeit zur Differenzierung dar.

Aufgabe 3 ist eine Aufgabe mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad. Für ihre Lösung gibt es mehrere Möglichkeiten.

### Lösungshinweise

$$1.1 \quad \frac{n(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{n(\text{Al})} = \frac{1}{2} \quad M = \frac{m}{n} \quad m(\text{Al}) = \frac{2 \cdot M(\text{Al}) \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{M(\text{Fe}_2\text{O}_3)}$$

$$m(\text{Al}) = \frac{2 \cdot 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

#### 1.2 Lösungsweg I

Eingabe der Gleichung:

$$m(\text{Al}) = \frac{2 \cdot 27 \cdot m_{\text{FeO}}}{160}$$

	mfeo	mal	C	D
=		=2*27*mfeo		
1	10	27/8		
2	15	81/16		
3	25	135/16		
4	100	135/4		

#### 1.2 Lösungsweg II

Eingabe der Gleichung:

$$m(\text{Al}) = \frac{2 \cdot 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$m(\text{Al}) = 0,3375 \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

	mfeo	mal2	C	D
=		=mfeo*0,3		
1	10	3.375		
2	15	5.0625		
3	25	8.4375		
4	100	33.75		
5	500	168.75		

2.1 Die Masse an Aluminium ergibt sich aus der Differenz der Massen an Thermitmischung und Eisen(III)-oxid.

	A mte	B mfeo	C mal	D pr
=		=mte/(1.3375)	=mte-mfeo	=mte*0.0142
1	100	74.7664	25.2336	1.42
2	200	149.533	50.4673	2.84
3	300	224.299	75.7009	4.26
4	400	299.065	100.935	5.68
5	500	373.832	126.168	7.1

2.2\* z. B. Berechnung der Masse an Eisen(III)-oxid (mfeo):

$$m(\text{Thermitmischung}) = m(\text{Fe}_2\text{O}_3) + m(\text{Al})$$

$$m(\text{Thermitmischung}) = m(\text{Fe}_2\text{O}_3) + \frac{2 \cdot 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{160 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$m(\text{Thermitmischung}) = m(\text{Fe}_2\text{O}_3) + 0,3375 \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$m(\text{Thermitmischung}) = m(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot (1 + 0,3375)$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Thermitmischung})}{1,3375}$$

Berechnung des Preises:  $\frac{500 \text{ g}}{710 \text{ ct}} = \frac{1 \text{ g}}{x}$        $x = 1,42 \text{ ct} = 0,0142 \text{ €}$

3\* Lösungsweg I:

Berechnung der Masse an einzusetzendem Aluminium

$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{Fe})} = \frac{2}{2} \quad m(\text{Al}) = \frac{m(\text{Fe}) \cdot M(\text{Al})}{M(\text{Fe})}$$

$$m(\text{Al}) = 771,5 \text{ g}$$

Durch Eingabe verschiedener Massen an Thermitmischung in die in Aufgabe 2 erstellte Tabelle kann durch systematisches Probieren die Lösung gefunden werden.

	A mte	B mfeo	C mal	D pr
=		=mte/(1.3375)	=mte-mfeo	=mte*0.0142
3	3100	2317.76	782.243	44.02
4	3050	2280.37	769.626	43.31
5	3060	2287.85	772.15	43.452
6	3055	2284.11	770.888	43.381
7	3058	2286.36	771.645	43.4236

Lösungsweg II:

$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{Fe})} = \frac{2}{2} \quad m(\text{Al}) = \frac{m(\text{Fe}) \cdot M(\text{Al})}{M(\text{Fe})}$$

$$m(\text{Al}) = 771,5 \text{ g}$$

$$\frac{n(\text{Al})}{n(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{2}{1} \quad m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Al}) \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{2 \cdot M(\text{Al})}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2286 \text{ g}$$

$$m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m(\text{Al})}{0,3375}$$

(siehe Aufgabe 1.2; Lösungsweg II)

$$m(\text{Thermitmischung}) = m(\text{Fe}_2\text{O}_3) + m(\text{Al})$$

$$m(\text{Thermitmischung}) = 3057,5 \text{ g}$$

$$\frac{500 \text{ g}}{7,10 \text{ €}} = \frac{3057,5 \text{ g}}{p} \quad p = 43,42$$

$$p = 3057,5 \cdot 0,0142 \text{ €} \quad p = 43,42 \text{ €}$$

## Das aluminothermische Schweißen



### Aufgabe 1.2

Lösungsweg I

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben
- ➔ Listen
- Cursor in die zweite Zeile, zweite Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

➔ Formeln

	A mfeo	B mal	C	D
=		=2*27*mfeo		
1	10	27/8		
2	15	81/16		
3	25	135/16		
4	100	135/4		
B	mal = $\frac{2 \cdot 27 \cdot \text{mfeo}}{160}$			

Lösungsweg II

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben
- ➔ Listen
- Cursor in die zweite Zeile, zweite Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

➔ Formeln

	A mfeo	B mal2	C	D
=		=mfeo*0.3		
1	10	3.375		
2	15	5.0625		
3	25	8.4375		
4	100	33.75		
5	500	168.75		
B	mal2 = mfeo 0.3375			

### Aufgabe 2.1

Um eine Doppelbelegung von Variablen zu vermeiden, ist es günstig, für die Lösung der Aufgabe 2 innerhalb des TR-Dokumentes ein zweites Problem zu öffnen.

**doc** 4:Einfügen 1:Problem

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben
- ➔ Listen
- Cursor in die zweite Zeile und entsprechende Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

➔ Formeln

	A mte	B mfeo	C mal	D pr
=		=mte/(1.33)	=mte-mfeo	=mte*0.01
1	100	74.7664	25.2336	1.42
2	200	149.533	50.4673	2.84
3	300	224.299	75.7009	4.26
4	400	299.065	100.935	5.68
5	500	373.832	126.168	7.1
C	mal = mte - mfeo			

## Konzentrationsangaben bei Säuren und Laugen

Stoffmengenkonzentration, Massenkonzentration, Massenanteil und Dichte – Größen, die von Chemikern häufig verwendet werden. Sollen Lösungen miteinander verglichen werden, ist es notwendig, die einzelnen Größen ineinander umzurechnen.

- 1 Eine Natronlauge hat einen Massenanteil  $\omega(\text{NaOH}) = 25,10 \%$  und die Dichte  $\rho(\text{NaOH}) = 1,275 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ .  
Berechne die Stoffmengenkonzentration dieser Natronlauge.

Folgende Formeln helfen dir:

Massenanteil: 
$$\omega(\text{gelöster Stoff}) = \frac{m(\text{gelöster Stoff})}{m(\text{Lösung})}$$

Massenkonzentration: 
$$\beta(\text{gelöster Stoff}) = \frac{m(\text{gelöster Stoff})}{V(\text{Lösung})}$$

Stoffmengenkonzentration: 
$$c(\text{gelöster Stoff}) = \frac{n(\text{gelöster Stoff})}{V(\text{Lösung})}$$

- 2  Im Labor herrscht ein kleines Chaos. Auf einigen Flaschen mit Salzsäure fehlt die Angabe der Stoffmengenkonzentration, stattdessen sind Angaben zum Massenanteil und zur Dichte aufgeführt.

Salzsäure 1:	$\omega(\text{HCl}) = 12,51 \%$ ,	$\rho = 1,060 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$
Salzsäure 2:	$\omega(\text{HCl}) = 5,408 \%$ ,	$\rho = 1,025 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$
Salzsäure 3:	$\omega(\text{HCl}) = 30,14 \%$ ,	$\rho = 1,150 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$
Salzsäure 4:	$\omega(\text{HCl}) = 36,23 \%$ ,	$\rho = 1,180 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$

Berechne unter Nutzung deines TR die jeweilige Stoffmengenkonzentration der Säurelösung.

Entwickle eine allgemeine Lösungsstrategie für die Applikation „Lists & Spreadsheets“.  
Leite die in nebenstehender Abbildung angegebenen Gleichungen her.

Liste a:	Massenanteil:	w
Liste b:	Dichte:	d
Liste c:	Massenkonzentration:	mk
		$w \cdot d \cdot 1000$
Liste d:	Stoffmengenkonzentration:	c
		$\text{mk}/36,5$

- 3  Berechne unter Nutzung deines TR die jeweilige Stoffmengenkonzentration der nachfolgend angegebenen Schwefelsäure.

Schwefelsäure 1:	$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 9,843 \%$ ,	$\rho = 1,065 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$
Schwefelsäure 2:	$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 59,24 \%$ ,	$\rho = 1,490 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$
Schwefelsäure 3:	$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 70,82 \%$ ,	$\rho = 1,620 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$

- 4  Ermittle das Volumen der verschiedenen Schwefelsäure-Lösungen aus Aufgabe 3, welches zur Herstellung von einem Liter Schwefelsäure der Stoffmengenkonzentration  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  mit dem entsprechenden Volumen an destilliertem Wasser versetzt werden muss.

## Konzentrationsangaben bei Säuren und Laugen

Jahrgang

Sekundarstufe I

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- kennen die Größen Stoffmengenkonzentration, Massenanteil und Dichte.
- können mit dem TR Listen eingeben und verknüpfen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

Das Arbeitsblatt eignet sich, um die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Größen zu festigen und entsprechende Fertigkeiten im Umrechnen herauszubilden. Die Lösung kann in Einzel- oder Partnerarbeit erfolgen.

### Lösungshinweise

$$1 \quad \omega(x) = \frac{m(x)}{m(\text{Lösung})} \quad \rho = \frac{m(x)}{V(\text{Lösung})} \quad \omega(x) = \frac{m(x)}{\rho \cdot V(\text{Lösung})}$$

$$m(x) = \omega(x) \cdot \rho \cdot V(\text{Lösung})$$

$$c(x) = \frac{n(x)}{V(\text{Lösung})} \quad c(x) = \frac{m(x)}{M(x) \cdot V(\text{Lösung})}$$

$$\beta(\text{NaOH}) = \frac{0,25 \cdot 1,275 \text{ g} \cdot (\text{mL})^{-1} \cdot 1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 320,025 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$c(\text{NaOH}) = \frac{320,025 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}{40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 8,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

- 2 Spalte mk:  
Berechnung der Massenkonzentration  $\beta$

$$m(x) = \omega(x) \cdot \rho \cdot V(\text{Lösung})$$

- Spalte c:  
Berechnung der Stoffmengenkonzentration c

$$c(x) = \frac{m(x)}{M(x) \cdot V(\text{Lösung})}$$

	A w	B d	C mk	D c
=			=w*d*1000=mk/3	
1	0.1251	1.06	132.606	3.63
2	0.05408	1.025	55.432	1.51
3	0.3014	1.15	346.61	9.49
4	0.3623	1.18	427.514	11.7
5				

- 3 Siehe Aufgabe 2

	A ws	B ds	C mks	D cs
=			=ws*ds*10= mks/3	
1	0.09843	1.065	104.828	1.06
2	0.5924	1.49	882.676	9.0
3	0.7082	1.62	1147.28	11.
4				
5				

- 4 Aus  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  folgt für  
 $V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ l}$ ,  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1 \text{ mol}$ .

$$c = \frac{n}{V} \quad V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1 \text{ mol}}{c(\text{H}_2\text{SO}_4)}$$

Für die Angabe in ml gilt:

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1 \text{ mol}}{c(\text{H}_2\text{SO}_4)} \cdot 1000$$

	B ds	C mks	D cs	E vs
=		= 'ws' * ds * 10	= mks / 98	= 1000 / cs
1	1.065	104.828	1.06967	934.865
2	1.49	882.676	9.0069	111.026
3	1.62	1147.28	11.707	85.4191
4				

Formula bar:  $\text{vs} = \frac{1000}{\text{cs}}$

## Konzentrationsangaben bei Säuren und Laugen



### Aufgabe 2

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

	A w	B d	C mk	D c
=			=w*d*1000	=mk/c
1	0.1251	1.06	132.606	3.63
2	0.05408	1.025	55.432	1.51
3	0.3014	1.15	346.61	9.49
4	0.3623	1.18	427.514	11.7
5				

Formula bar:  $mk = w \cdot d \cdot 1000$

### Aufgabe 3

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

	A ws	B ds	C mks	D cs
=			=ws*ds*1000	=mks/cs
1	0.09843	1.065	104.828	1.06
2	0.5924	1.49	882.676	9.0
3	0.7082	1.62	1147.28	11.
4				
5				

Formula bar:  $mks = ws \cdot ds \cdot 1000$

### Aufgabe 4

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

	B ds	C mks	D cs	E vs
=		=ws*ds*1000	=mks/98	=1000/cs
1	1.065	104.828	1.06967	934.865
2	1.49	882.676	9.0069	111.026
3	1.62	1147.28	11.707	85.4191
4				
5				

Formula bar:  $vs = \frac{1000}{cs}$

## Die Siedetemperaturen der Alkane

Gruppen von organischen Stoffen, die ähnliche chemische Eigenschaften aufweisen und sich jeweils durch ein Kettenglied ( $-\text{CH}_2$ ) unterscheiden, fasst man zu homologen Reihen zusammen.

Die Alkane bilden eine homologe Reihe mit der allgemeinen Summenformel  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ .

- 1 Stelle die Siedetemperaturen ausgewählter Alkane in Abhängigkeit von der molaren Masse mittels TR grafisch dar.
- 1.1 Ergänze die Anzahl der Kohlenstoffatome in unten angegebener Tabelle. Ordne die Siedetemperaturen den entsprechenden Alkanen zu.

Siedetemperaturen in  $^{\circ}\text{C}$ :

$-88 / -5 / 126 / 174 / -164 / -42 / 98 / 151 / 36 / 68$

	Methan	Ethan	Propan	Butan	Pentan	Hexan	Heptan	Octan	Nonan	Decan
Anzahl der C-Atome im Molekül										
Siedetemperaturen in $^{\circ}\text{C}$										

- 1.2 Erstelle in der Applikation „Lists & Spreadsheets“ eine Tabelle nach nebenstehendem Beispiel.



Berechne in der zweiten Spalte die molaren Massen der einzelnen Alkane.

Ergänze die zugeordneten Siedetemperaturen in der dritten Spalte der Tabelle im TR.

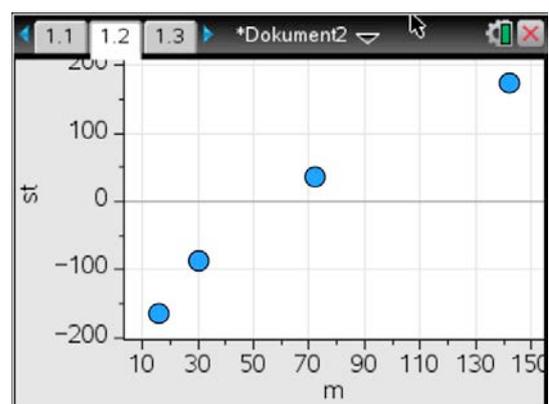
	ca	m	st
	a+2	ca+2	
1	1		
2	2		
3	3		
4	4		
5	5		

- 2 Stelle die Siedetemperaturen in Abhängigkeit von der molaren Masse mittels TR grafisch dar.



Ergänze nebenstehenden Bildschirmausdruck.

- 3 Interpretiere die grafische Darstellung. Erkläre die Veränderung der Siedetemperaturen.



- 4\* Ergänze die Siedetemperaturen von 2-Methylpentan und 2,3-Dimethylpentan in der unter Aufgabe 2 erstellten Grafik.

	2-Methylpentan	2,4-Dimethylpentan
Siedetemperatur in $^{\circ}\text{C}$	60	81

Erläutere auftretende Unterschiede.

## Die Siedetemperaturen der Alkane

Jahrgang

Sekundarstufe I

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- haben Kenntnisse über die homologe Reihe der Alkane.
- können VAN-DER-WAALS-Kräfte zur Erklärung unterschiedlicher Siedetemperaturen unpolarer Moleküle anwenden.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben und
  - Daten grafisch darstellen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

Das vorgeschlagene Material eignet sich zur Festigung von Zusammenhängen innerhalb der homologen Reihe der Alkane. Durch die in der Abbildung vorgegebenen Werte ist eine Selbstkontrolle für die Schülerinnen und Schüler möglich.

### Lösungshinweise

1.1 und 1.2

	Methan	Ethan	Propan	Butan	Pentan	Hexan	Heptan	Octan	Nonan	Decan
Anzahl der C-Atome im Molekül	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Siedetemperaturen in °C	-164	-88	-42	-5	36	69	98	126	151	174

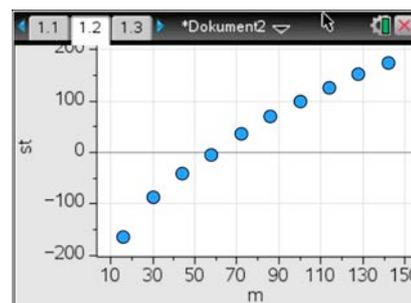
Berechnung der molaren Massen

A	ca	B	m	C
=			=12*ca+2*c	
1	1		16	
2	2		30	
3	3		44	
4	4		58	
5	5		72	

Eingabe der Siedetemperaturen

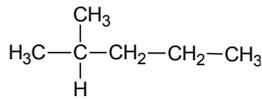
A	ca	B	m	C	st	D
=			=12*ca+2*c			
1	1		16		-164	
2	2		30		-88	
3	3		44		-42	
4	4		58		-5	
5	5		72		36	

- 2 Grafische Darstellung der Siedetemperaturen in Abhängigkeit von der molaren Masse

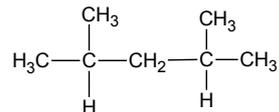


- 3
- Alkane sind unpolare Moleküle. Innerhalb der homologen Reihe der Alkane nehmen die molaren Massen und die Kettenlängen der Moleküle zu.
  - Da die VAN-DER-WAALS-Kräfte zwischen den Molekülen u. a. von der Größe der Oberflächen der Moleküle abhängig sind, nehmen diese innerhalb der homologen Reihe zu.  
Mit zunehmenden zwischenmolekularen Kräften zwischen den Molekülen steigt die Siedetemperatur.

4\*



2-Methylpentan



2,4-Dimethylpentan

- 2-Methylpentan ist eine isomere Verbindung zu Hexan
- 2,4-Dimethylpentan ist eine isomere Verbindung zu Heptan
- Bei gleicher Anzahl von Kohlenstoffatomen und gleicher molarer Masse ist die Siedetemperatur umso höher, je weniger verzweigt die Alkanmoleküle sind, da die Größe der VAN-DER-WAALS-Kräfte u. a. von der Kontaktfläche der Moleküle abhängig ist.

## Die Siedetemperaturen der Alkane



### Aufgabe 1.2

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalte benennen
- Daten eingeben

#### → Listen

- Gleichung zur Berechnung der molaren Masse in die zweite Kopfzeile einer Spalte eingeben

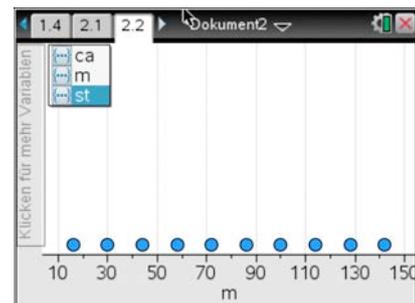
#### → Formel

	ca	m	st	D
=		=12*ca+2		
1	1	16		
2	2	30		
3	3	44		
4	4	58		
5	5	72		

### Aufgabe 2

#### „Data & Statistics“

- nach Betätigung der Taste `tab` öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit `enter`



## Die Menge macht das Gift

Der römische Kaiser Claudius, der von 41 bis 54 nach Christus regierte, wurde wahrscheinlich mit dem Gift des Blauen Eisenhuts umgebracht.

Bevor James March die sogenannte MARCH-Probe entwickelte, mit der Arsen im Blut nachgewiesen werden konnte, galt auch Arsenik als gut geeignet für Giftmorde. Aber auch Kochsalz, Nikotin und Paracetamol können giftig sein. So starb ein Kleinkind nach dem Verzehr eines „Salzpuddings“.

- 1 Um die Giftigkeit eines Stoffes zu beschreiben, wird die letale (tödliche) Dosis benannt. Mit der Angabe  $LD_{50} = 1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  wird ausgesagt, dass bei 50 % der Probanden eine Menge von 1 mg pro 1 kg Körpergewicht des untersuchten Stoffes tödlich wirkte. Hier muss natürlich hinzugefügt werden, um welche Art an Versuchstieren (z. B. Ratten oder Mäuse) es sich handelte und auf welchem Weg das Gift in den Körper gelangte (z. B. oral, dermal oder inhalativ). Teilweise wird auch ein sogenannter  $LD_{Lo}$ -Wert angegeben. Dieser Wert gibt die niedrigste bekannte Dosis an, die tödlich wirkt. Lo steht dabei für low. Werden solche Werte für Menschen angegeben, so bezieht man sich zumeist auf bekannte Vergiftungsfälle.

- 1.1  Gib für die genannten Stoffe zunächst den systematischen Namen sowie die Formeln an.

Berechne die tödliche Dosis für einen Menschen mit einem Körpergewicht von 10 kg, 25 kg, 50 kg oder 80 kg. Gib das Ergebnis in Gramm an.

Stoff	$LD_{Lo}$ (Mensch, oral)
Kochsalz	$1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Zyankali	$2,857 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Arsenik	$1,429 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

- 1.2 Recherchiere für einen der oben genannten Stoffe die Wirkung auf den menschlichen Körper.

- 2 Schüler Schlaumeier soll ein Referat zu giftigen Stoffen aus der Umwelt halten. Eine erste Recherche ergab nachfolgende Tabelle.

Produkt	Giftiger Stoff	Formel	Stoffmenge, die tödlich wirken kann	Diese Stoffmenge ist enthalten in:
Zigaretten	Nikotin	$C_{10}H_{14}N_2$	$3,27\cdot 10^{-4} \text{ mol}$	ca. 4,5 Zigaretten
Blauer Eisenhut	Aconitin	$C_{34}H_{47}NO_{11}$	$8,0\cdot 10^{-6} \text{ mol}$	ca. 3 Blättern
Paracetamol	N-(4-Hydroxyphenyl)acetamid	$C_8H_9NO_2$	$5,62\cdot 10^{-2} \text{ mol}$	ca. 17 Tabletten

- 2.1  Wer kann sich schon unter Stoffmengen etwas vorstellen, denkt sich Schüler Schlaumeier. Besser ist es, die Massen der Stoffe anzugeben.

Berechne aus den gegebenen Stoffmengen die Massen der entsprechenden Stoffe. Gib diese in mg an.

Ermittle außerdem die Masse des jeweiligen Stoffes in einer Zigarette, einem Blatt oder einer Tablette.

- 2.2 Vergleiche die in Aufgabe 2.1 berechnete Nikotinmasse pro Zigarette mit der Angabe auf einer Zigarettenpackung. Erkläre.

- 3  Im menschlichen Körper werden Kalium-Ionen für verschiedene Prozesse, wie z. B. für die Entstehung und Weiterleitung von Nervensignalen und für die Muskelarbeit, insbesondere des Herzmuskels, benötigt. Aus diesem Grund erhalten Patienten bei erhöhtem Kaliummangel eine Kaliumchloridinfusion. Hierbei muss der behandelnde Arzt jedoch die richtige Konzentration beachten, denn eine zu hohe Konzentration kann zum Herzstillstand führen.

Ein Hersteller für Medizinprodukte gibt in einer Anwenderinformation zu den vorhandenen Infusionslösungen folgende Informationen:

Lösung 1:  $\omega(\text{KCl}) = 5 \%$ ,  $\rho = 1,03 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$

Lösung 2:  $\omega(\text{KCl}) = 15 \%$ ,  $\rho = 1,096 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$

Lösung 3:  $\omega(\text{KCl}) = 25 \%$ ,  $\rho = 1,165 \text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$

Für das medizinische Personal wird zudem darauf hingewiesen, dass die maximale Kalium-Ionen-Konzentration einer stationär verabreichten Infusion  $40 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  nicht überschreiten darf, sodass die Infusionslösungen verdünnt werden müssen.

- 3.1 Berechne unter Nutzung deines TR die Stoffmengenkonzentration der Kalium-Ionen in den jeweiligen Infusionslösungen.
- 3.2 Ermittle, welche Volumina der verschiedenen Lösungen mit Wasser auf einen Liter Lösung zu verdünnen sind, um eine Stoffmengenkonzentration der Infusionslösung von  $c(\text{KCl}) = 40 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$  herzustellen.

Weitere Informationen zu giftigen Stoffen findest du z. B. auf folgenden Internetseiten:  
Internetdatenbank: ChemIDplus (USA)  
<http://www.seilnacht.com>

## Die Menge macht das Gift

Jahrgang	Sekundarstufe I
Lernvoraussetzungen	Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• können Stoffmengen, Konzentrationen und Massenanteile berechnen.</li> <li>• können mit dem TR           <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daten in Listen eingeben und</li> <li>- Listen miteinander verknüpfen.</li> </ul> </li> </ul>
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation	Das Arbeitsblatt eignet sich, um die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Größen zu festigen und entsprechende Fertigkeiten im Umrechnen zu üben. Die Aufgaben 1.2 und 2.2 bieten sich als Hausaufgabe oder Möglichkeit zur Differenzierung an.

### Lösungshinweise

- 1 Kochsalz: Natriumchlorid, NaCl  
Zyankali: Kaliumcyanid, KCN  
Arsenik: Arsen(III)-oxid, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Berechnung der tödlichen Dosis:

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Körpergewicht (in kg)} \cdot \text{LD}_{\text{LO}} \text{ (in mg)}}{1000}$$

	A gew	B nacl	C kcn	D as2o3
=		=gew*100	=gew*2.8	=gew*1.4
1	10	10	0.02857	0.01429
2	25	25	0.071425	0.035725
3	50	50	0.14285	0.07145
4	80	80	0.22856	0.11432

Formula bar:  $\text{kcn} = \frac{\text{gew} \cdot 2.857}{1000}$

- 1.2 Natriumchlorid:  
Erhöhte Salzkonzentration führt zu verstärkter Osmose. Die Folge ist starker Durst. Kann dieser nicht gelöscht werden, folgen Durchfall und Erbrechen. Tod kann durch Herz- und Atmungsstörungen eintreten.

Kaliumcyanid:

Blockierung des Enzyms Eisen(III)-cytochromoxidase durch Cyanid-Ionen. (Das Enzym kann keinen Sauerstoff mehr binden und die Zellatmung kommt zum Erliegen. Dies bezeichnet man als sog. „inneres Ersticken“. Der sich dabei bildende Eisen(III)-cyanid-Komplex ist sehr stabil.)

Arsen(III)-oxid:

Die Aufnahme führt zu großer Durchlässigkeit der Darmkapillaren. Große Wassermengen werden ausgeschieden (u. a. wässriger Durchfall, Erbrechen, später Krämpfe).

- 2.1  $M(\text{Nikotin}) = 162 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$      $M(\text{Aconitin}) = 645 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$      $M(\text{N-Acetamid}) = 151 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

## Massenberechnung

	A molm	B n	C m	D anz
=			=molm*n	
1	162	0.000327	52.974	4.5
2	645	8.E-8	0.0516	3
3	151	0.0562	8486.2	17
4				
5				

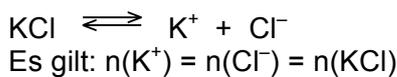
## Masse in einer Zigarette, einem Blatt und einer Tablette

	B n	C m	D anz	E gehalt
=		=molm*n		=m/anz
1	0.000327	52.974	4.5	11.772
2	8.E-8	0.0516	3	0.0172
3	0.0562	8486.2	17	499.188
4				
5				

2.2 Die Angaben auf einer Zigarettenschachtel beziehen sich auf den Nikotingehalt im eingeatmeten Rauch. Die dort angegebenen Werte sind somit geringer.

3.1  $m(\text{KCl in 1L}) = \rho \cdot V \cdot \omega$      $m(\text{KCl in 1L}) = \rho \cdot \omega \cdot 1000$

$$M = \frac{m}{n} \quad n(\text{KCl in 1L}) = \frac{m(\text{KCl in 1L})}{74,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$



$$c = \frac{n}{V} \quad c = \frac{n(\text{K}^+)}{1\text{L}}$$

3.2 z. B.: Lösung 1:

$$n(\text{KCl})_{\text{Lösung 1}} = 0,69 \text{ mol}$$

$$n(\text{KCl})_{\text{benötigt}} = 40 \text{ mmol}$$

$$\frac{1\text{L}}{0,69 \text{ mol}} = \frac{x}{40 \text{ mmol}}$$

	A w	B d	C mkcl	D c
=			=w*d*1000	=mkcl/74
1	0.05	1.03	51.5	0.691275
2	0.15	1.096	164.4	2.20671
3	0.25	1.165	291.25	3.9094
4				
5				

	B d	C mkcl	D c	E v
=		=w*d*1000	=mkcl/74	=40/c
1	1.03	51.5	0.691275	57.8641
2	1.096	164.4	2.20671	18.1265
3	1.165	291.25	3.9094	10.2318
4				
5				

Quellen:

- 1) <http://chem.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/> (22.04.14)
- 2) <http://www.seilnacht.com/> (22.04.14)
- 3) [http://www.spitalpharmazie-basel.ch/pdf/anwendungsinfo\\_kalium.pdf](http://www.spitalpharmazie-basel.ch/pdf/anwendungsinfo_kalium.pdf) (22.04.14)

Die Angaben zum Blauen Eisenhut sowie zum Nikotingehalt einer Zigarette sind an verschiedenen Stellen genannte Schätzwerte; z. B.: <http://de.wikipedia.org/wiki/Zigarette> (22.04.14)

Für Aufgabe 2.1 wurden die in Quelle 1 angegebenen  $\text{LD}_{50}$ -Werte auf ein Körpergewicht von 60 kg umgerechnet.

## Die Menge macht das Gift



### Aufgabe 1.1

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

- Cursor in die zweite Zeile, dritte Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

→ Formeln

$$\text{Dosis} = \frac{\text{Körpergewicht (in kg)} \cdot \text{LD}_{\text{LO}} \text{ (in mg)}}{1000}$$

	gew	nacl	kcn	as2o3
=		=gew*100	=gew*2.857	=gew*1.4285
1	10	10	0.02857	0.01429
2	25	25	0.071425	0.035725
3	50	50	0.14285	0.07145
4	80	80	0.22856	0.11432

Formula bar:  $\text{kcn} = \frac{\text{gew} \cdot 2.857}{1000}$

### Aufgabe 2.1

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

Cursor in die zweite Zeile, und entsprechende Spalte setzen;  
Eingabe der Formel zur Berechnung

→ Formeln

$$m(\text{KCl in 1L}) = \rho \cdot V \cdot \omega$$

$$n(\text{KCl in 1L}) = \frac{m(\text{KCl in 1L Lösung})}{74,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

	molm	n	m	anz
=			=molm*n	
1	162	0.000327	52.974	4.5
2	645	8.e-8	0.0516	3
3	151	0.0562	8486.2	17
4				
5				

Formula bar:  $m = \text{molm} \cdot n \cdot 1000$

	n	m	anz	gehalt
=		=molm*n		=m/anz
1	0.000327	52.974	4.5	11.772
2	8.e-8	0.0516	3	0.0172
3	0.0562	8486.2	17	499.188
4				

Formula bar:  $\text{gehalt} = \frac{m}{\text{anz}}$

**Aufgabe 3.1 und 3.2****„Lists & Spreadsheets“**

- Spalten benennen
- Daten eingeben

**→ Listen**

Cursor in die zweite Zeile, und entsprechende Spalte setzen;  
Eingabe der Formel zur Berechnung

**→ Formeln**

$$m(\text{KCl in 1L}) = \rho \cdot V \cdot \omega$$

$$n(\text{KCl in 1L}) = \frac{m(\text{KCl in 1 L Lösung})}{74,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

$$\frac{1\text{L}}{0,69 \text{ mol}} = \frac{x}{40 \text{ mmol}}$$

	w	d	mkcl	c
=			=w*d*100	=mkcl/74
1	0.05	1.03	51.5	0.691275
2	0.15	1.096	164.4	2.20671
3	0.25	1.165	291.25	3.9094
4				
5				

	d	mkcl	c	v
=		=w*d*100	=mkcl/74	=40/c
1	1.03	51.5	0.691275	57.8641
2	1.096	164.4	2.20671	18.1265
3	1.165	291.25	3.9094	10.2318
4				

## Stoffmengenverhältnisse – Untersuchung von Antacida

Für Sodbrennen, Magenbeschwerden oder saures Aufstoßen ist in der Regel zu viel Magensäure verantwortlich. Antacida, Mittel gegen Sodbrennen, neutralisieren die überschüssige Magensäure. Die Chemiestudentin Lisa leidet an Sodbrennen und hat schon verschiedene Antacida ausprobiert. Sie wundert sich über die unterschiedlichen Wirkstoffmengen in den Tabletten:

Mittel A: 200 mg Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) pro Tablette

Mittel B: 850 mg Natriumhydrogencarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ) pro Tablette

Um die Wirkung dieser Antacida genauer zu untersuchen, ermittelt Lisa im Labor, wie viel der verschiedenen Wirkstoffe benötigt werden, um bestimmte Mengen der im Magensaft vorhandenen Salzsäure zu neutralisieren. Da Salzsäure durch Lösen von Chlorwasserstoff ( $\text{HCl}$ ) in Wasser entsteht, wird die in der Salzsäure gelöste Masse an Chlorwasserstoff betrachtet.

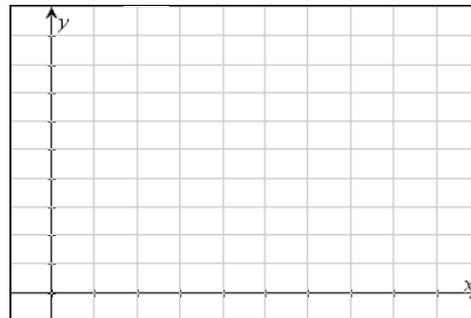
Masse Chlorwasserstoff in g	Masse des benötigten Aluminiumoxids in g	Masse des benötigten Natriumhydrogencarbonats in g
0,50	0,233	1,150
0,75	0,349	1,726
1,00	0,466	2,301

1 Gib die Messwerte in den TR ein und berechne die zugehörigen Stoffmengen  $n(\text{HCl})$ ,  $n(\text{Al}_2\text{O}_3)$  und  $n(\text{NaHCO}_3)$ .

2 Stelle die Stoffmengen der verwendeten Wirkstoffe in Abhängigkeit von der Stoffmenge des jeweils neutralisierten Chlorwasserstoffs mit deinem TR grafisch dar.

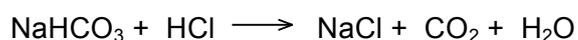
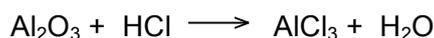


Skizziere die Darstellung in nebenstehendes Koordinatensystem. Interpretiere die Darstellung.



3.1 Entwickle für weitere Berechnungen jeweils eine Gleichung, die den Zusammenhang zwischen den Stoffmengen  $n(\text{HCl})$  und  $n(\text{Al}_2\text{O}_3)$  sowie  $n(\text{HCl})$  und  $n(\text{NaHCO}_3)$  beschreibt.

3.2 Ergänze die Stöchiometriefaktoren in den Reaktionsgleichungen. Vergleiche mit deinen vorherigen Ergebnissen.



4 Berechne, wie viel Gramm Chlorwasserstoff jeweils mit dem in einer Tablette vorhandenen Wirkstoff neutralisiert werden kann.

## Untersuchung von Antacida

Jahrgang

Sekundarstufe I

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- können Stoffmengen berechnen.
- besitzen Grundkenntnisse im stöchiometrischen Rechnen.
- beherrschen das Aufstellen von Reaktionsgleichungen.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben und Listen verknüpfen,
  - Daten darstellen und
  - Regressionen durchführen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

Das Arbeitsblatt kann zur Übung des stöchiometrischen Rechnens für eine leistungsstarke Lerngruppe oder bei der Behandlung von Säure-Base-Reaktionen verwendet werden.

### Lösungshinweise

- 1 Eingabe der Versuchsergebnisse und Berechnung der fehlenden Werte.

z. B.

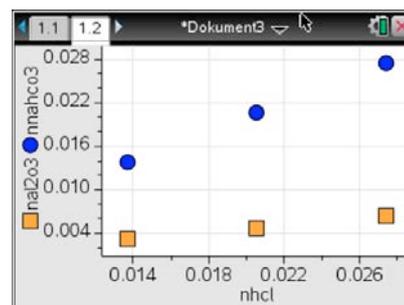
$$n(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{M(\text{HCl})}$$

	B mAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C mNaHCO <sub>3</sub>	D nHCl	E nAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1	0.233	1.15	0.013699	0.002284
2	0.349	1.726	0.020548	0.003422
3	0.466	2.301	0.027397	0.004569
4				
5				

- 2 Die Stoffmengen von Aluminiumoxid bzw. Natriumhydrogencarbonat sind jeweils proportional zur Stoffmenge von Chlorwasserstoff.

Der Proportionalitätsfaktor bei der Reaktion von Aluminiumoxid ist kleiner als der bei Natriumhydrogencarbonat.

Daraus kann geschlossen werden, dass pro Mol Chlorwasserstoff eine geringere Stoffmenge an Aluminiumoxid als an Natriumhydrogencarbonat benötigt wird.



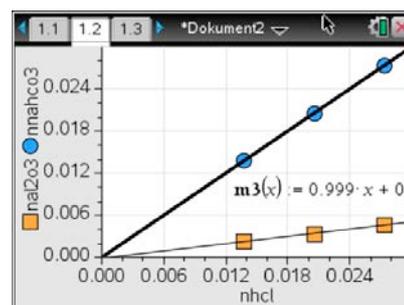
- 3.1 Der Proportionalitätsfaktor lässt sich auf unterschiedlichen Wegen bestimmen.

z. B.

#### Variante I:

Einfügen einer verschiebbaren Geraden, von der die Funktionsgleichung automatisch angezeigt wird.

Applikation: „Data & Statistics“



**Variante II:**

Durchführung einer linearen Regression in der Applikation

**„Lists & Spreadsheets“**

Für die Reaktion von Chlorwasserstoff mit

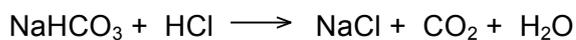
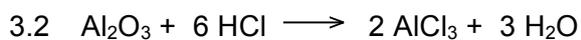
- Aluminiumoxid gilt:

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,1667 \cdot n(\text{HCl}) \text{ und für}$$

- Natriumhydrogencarbonat:

$$n(\text{NaHCO}_3) = 1,000 \cdot n(\text{HCl}) = n(\text{HCl})$$

		Titel	Lineare R
1	0.01369		
2	0.020548	RegEqn	m*x+b
3	0.027393	m	0.166755
4		b	-0.0000...
5		r <sup>2</sup>	0.999994



Das in Aufgabe 3.1 ermittelte Verhältnis findet sich in den Stöchiometriefaktoren der Reaktionsgleichungen wieder.

*Hinweis: Aus  $n(\text{Al}_2\text{O}_3) \approx 0,1667 \cdot n(\text{HCl})$  folgt  $6 \cdot n(\text{Al}_2\text{O}_3) = n(\text{HCl})$*

4 Mittel A (Aluminiumoxid)

Mittel B (Natriumhydrogencarbonat)

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{0,2 \text{ g}}{102 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,002 \text{ mol}$$

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{0,85 \text{ g}}{84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,010 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} n(\text{HCl}) &= 6 \cdot n(\text{Al}_2\text{O}_3) \\ &= 6 \cdot 0,002 \text{ mol} = 0,012 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$n(\text{HCl}) = n(\text{NaHCO}_3) = 0,01 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} m(\text{HCl}) &= 0,012 \text{ mol} \cdot 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ m(\text{HCl}) &= 0,44 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m(\text{HCl}) &= 0,01 \text{ mol} \cdot 36,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ m(\text{HCl}) &= 0,37 \text{ g} \end{aligned}$$

## Untersuchung von Antacida



### Aufgabe 1

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalte benennen
- Daten eingeben

→ Listen

- Gleichung zur Berechnung der Stoffmengen in die zweite Kopfzeile einer Spalte eingeben

→ Formel

	B ma2o3	C mna...	D nhcl	E na2o3
=			=mhcl/36.5	=ma2o3/1
1	0.233	1.15	0.013699	0.002284
2	0.349	1.726	0.020548	0.003422
3	0.466	2.301	0.027397	0.004569
4				
5				

### Aufgabe 2

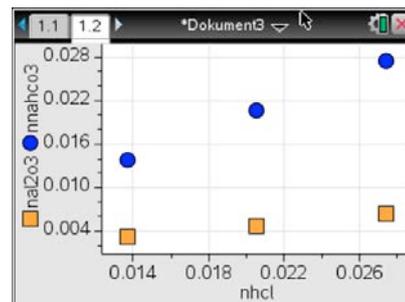
#### „Data & Statistics“

- nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**

- zweite Variable auf der y-Achse hinzufügen

Menu **2:Plot-Eigenschaften**

**8:Y-Variable hinzufügen**



### Aufgabe 3

#### Lists & Spreadsheets“

- Cursor auf ein nicht belegtes Datenfeld setzen

Menu **4:Statistik**

**1:Statistische Berechnungen**

**3:Lineare Regression**

x → nhcl

y → na2o3

→ Regression

	F nnahco3	G	H	I
=	=nnahco3			=LinRegV
1	0.01369		Titel	Lineare R.
2	0.020548		RegEqn	m*x+b
3	0.027393		m	0.166755
4			b	-0.0000...
5			r^2	0.999994

## Kosteneffiziente Metallgewinnung



Eisen wird hauptsächlich aus den Erzen Magnetit (Magnet-eisenstein  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) und Siderit ( $\text{FeCO}_3$ ) hergestellt. Für Betreiber von Hochöfen stellt sich die Frage, welches Erz man am effizientesten zur Herstellung von Eisen bei den gegebenen Preisen einsetzen sollte.

1.1 Entwickle entsprechende Reaktionsgleichungen für die Reduktion der jeweiligen Eisenerze im Hochofen.

1.2 Berechne den Massenanteil an Eisen im Magnet-eisenstein. Ermittle, wie viel Eisen man jeweils aus den angegebenen Mengen Magnet-eisenstein gewinnen kann.



m(Magnet-eisenstein)	232 g	116 kg	1000 kg
m(Eisen)			

1.3 Erläutere unter Einbeziehung entsprechender Berechnungen, worauf die unterschiedlichen Erzpreise zurückzuführen sind. Welches Erz sollte aus Kostengründen zur Eisenherstellung verwendet werden? Begründe deine Entscheidung.



Name des Erzes	Preis pro Tonne
Magnetit	60,20 €
Hämatit	60,00 €
Siderit	39,11 €

1.4 Eisen wird trotz der Ergebnisse aus Aufgabe 1.3 größtenteils aus Magnetit gewonnen. Stelle die unterschiedlichen Beschaffungspreise in Abhängigkeit der Masse an hergestelltem Eisen im Intervall von 0 bis 60 Tonnen grafisch dar. Ermittle aus dem Diagramm oder der Wertetabelle, um wie viel höher die Produktionskosten für das günstigste Erz im Vergleich zu Magnet-eisenstein liegen müssten.

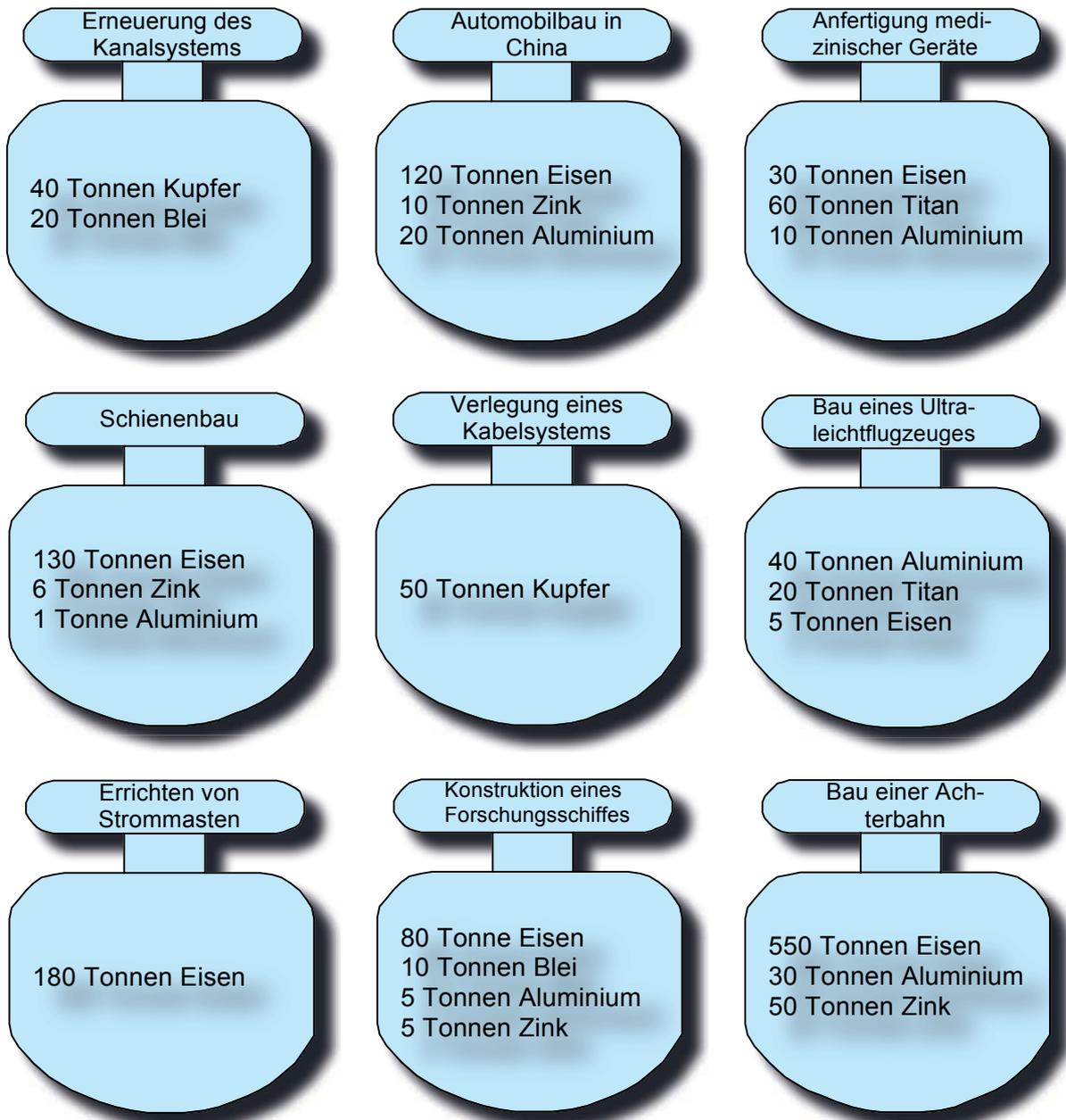


2 Zur Herstellung moderner Industrieprodukte benötigt man oft mehrere unterschiedliche Metalle. Nachfolgend finden sich viele verschiedene Aufträge von Metallverarbeitungsfirmen, wie z. B. dem Automobil- und Flugzeugbau, den Energieversorgern und Transportunternehmen.



Entwickelt ausgehend von dem gegebenen Material mögliche Fragestellungen.

Wählt euch eine oder mehrere dieser Aufgaben aus und löst diese in Gruppenarbeit. Tragt anschließend die Ergebnisse zusammen und diskutiert diese.



Name des Erzes	Preis pro Tonne Metall in €	Name des Erzes	Preis pro Tonne Metall in €
Zinkoxid (ZnO)	70 €	Eisensulfid (FeS)	56 €
Zinksulfid (ZnS)	50 €	Titandioxid (TiO <sub>2</sub> )	1300 €
Dikupfersulfid (Cu <sub>2</sub> S)	200 €	Titandisulfid (TiS <sub>2</sub> )	1000 €
Dikupferoxid (Cu <sub>2</sub> O)	300 €	Bleioxid (PbO)	700 €
Kupferoxid (CuO)	240 €	Bleisulfid (PbS)	650 €
Dialuminiumtrioxid (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	90 €		

### Kosteneffiziente Metallgewinnung

Jahrgang

Sekundarstufe I

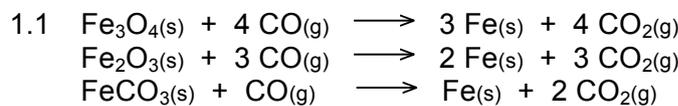
Lernvoraussetzungen

- Schülerinnen und Schüler
- beherrschen das Aufstellen von Reaktionsgleichungen.
  - besitzen Kenntnisse im stöchiometrischen Rechnen.
  - können mit dem TR
    - Daten in Listen eingeben und Listen verknüpfen,
    - Daten darstellen und
    - Graphen von Funktionen darstellen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

Die erste Seite kann in Einzel- oder Partnerarbeit erledigt werden. Der zweite Teil kann als Spiel eingesetzt werden.

#### Lösungshinweise



#### 1.2 Berechnung des Massenanteils

- $M(Fe_3O_4) = 232 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Masse an Eisen in einem Mol Eisen(III)-oxid  $m(Fe) = 168 \text{ g}$

A	m	B	mfe	C	D
=		=m*0,724			
1	232	167.968			
2	116000	83984.			
3	1000000	724000.			

$\omega(Fe) = \frac{m(Fe)}{m(\text{Stoffprobe})}$   
 $\omega(Fe) = 0,724 = 72,4\%$

Massenberechnung

z. B.

- $\frac{168 \text{ g}}{232 \text{ g}} = \frac{m(Fe)}{m(\text{Stoffprobe})}$  oder
- $m(Fe) = m(\text{Stoffprobe}) \cdot 0,724$

#### 1.3 Berechnung des Massenanteils an Eisen im jeweiligen Erz:

$\omega(Fe) = \frac{m(Fe/Erz)}{M(Erz)}$

#### Berechnung der Masse an Erz zur Herstellung von einer Tonne Eisen:

$m(Erz) = \frac{1}{\omega(Fe)}$

#### Kostenberechnung für die Herstellung von einer Tonne Eisen aus dem jeweiligen Erz:

$P(Fe) = m(Erz) \cdot P(Erz)$

A	mfe	B	merz	C	wfe
=		=mfe/merz			
1	168.	232.	0.724138		
2	112.	160.	0.7		
3	56.	116.	0.482759		

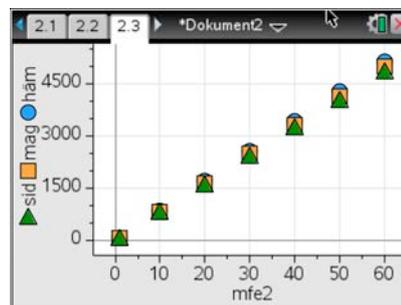
B	merz	C	wfe	D	ptonne	E	merz2
=		=mfe/merz				=1/wfe	
1	232.	0.724138	60.2	1.38095			
2	160.	0.7	60.	1.42857			
3	116.	0.482759	39.11	2.07143			

C	wfe	D	ptonne	E	merz2	F	pfe
=	=mfe/merz			=1/wfe		=merz2*p	
1	0.724138	60.2	1.38095	83.1333			
2	0.7	60.	1.42857	85.7143			
3	0.482759	39.11	2.07143	81.0136			

- Die unterschiedlichen Erzpreise sind auf den verschiedenen prozentualen Eisengehalt zurückzuführen.
- Die Herstellungskosten für eine Tonne Eisen sind bei Siderit am geringsten.

1.4 Kostenberechnung für die Herstellung von Eisen aus dem jeweiligen Erz (Massenangabe in Tonnen)

	mfe2	mag	ham	sid
	=	=mfe2*83	=mfe2*85	=mfe2*81
1	1.	83.13	85.71	81.01
2	10.	831.3	857.1	810.1
3	20.	1662.6	1714.2	1620.2
4	30.	2493.9	2571.3	2430.3
5	40.	3325.2	3428.4	3240.4



Der jeweilige Beschaffungspreis von Eisen aus Magnetit gegenüber Siderit ist um 2,3 % und aus Hämatit gegenüber Siderit um 5,5 % höher.  
Das Siderit wird nicht verwendet, da die Aufarbeitung von Carbonaten sehr aufwendig ist.

	ham	sid	mag	ham
	=mfe2*85	=mfe2*81	=sid/mag	=sid/ham
1	85.71	81.01	0.974498	0.945164
2	857.1	810.1	0.974498	0.945164
3	1714.2	1620.2	0.974498	0.945164
4	2571.3	2430.3	0.974498	0.945164

2 Durch die offene Aufgabenstellung kann es zu verschiedenen Lösungen kommen. Nachfolgend ist eine Lösung angegeben, mit deren Hilfe weitere Fragestellungen gut zu beantworten sind.

Erze	M(Erz) in g·mol <sup>-1</sup>	M(Metall) in g·mol <sup>-1</sup>	Preis pro Tonne Metall in €	Erze	M(Erz) in g·mol <sup>-1</sup>	M(Metall) in g·mol <sup>-1</sup>	Preis pro Tonne Metall in €
ZnO	81	65	87,23	FeS	88	56	88,00
ZnS	97	65	74,62	TiO <sub>2</sub>	80	48	2166,67
Cu <sub>2</sub> S	159	63,5	250,39	TiS <sub>2</sub>	112	48	2333,33
Cu <sub>2</sub> O	143	63,5	337,80	PbO	223	207	754,11
CuO	79,5	63,5	300,47	PbS	239	207	750,48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	102	27	170,00				

Berechnung des Massenanteils an Eisen im jeweiligen Erz:

$$\omega(\text{Me}) = \frac{m(\text{Me}/\text{Erz})}{M(\text{Erz})}$$

Berechnung der Masse an Erz zur Herstellung von einer Tonne Eisen:

$$m(\text{Erz}) = \frac{1}{\omega(\text{Me})}$$

Kostenberechnung für die Herstellung von einer Tonne Eisen aus dem jeweiligen Erz:

$$P(\text{Me}) = m(\text{Erz}) \cdot P(\text{Me})$$

merz	mmerz	wme
		=mmerz/merz
1	81.	0.802469
2	97.	0.670103
3	159.	0.798742
4	143.	0.888112

mmerz	wme	ptonne	merz2
			=1/wme
1	65.	0.802469	70.
2	65.	0.670103	50.
3	127.	0.798742	200.
4	127.	0.888112	300.

wme	ptonne	merz2	pme
			=merz2*p
1	0.802469	70.	1.24615
2	0.670103	50.	1.49231
3	0.798742	200.	1.25197
4	0.888112	300.	1.12598

## Kosteneffiziente Metallgewinnung



### Aufgabe 1.2

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalte benennen
- Daten eingeben

→ Listen

- Gleichung zur Berechnung der Masse in die zweite Kopfzeile einer Spalte eingeben

→ Formel

	A m	B mfe	C	D
=		=m*0.724		
1	232	167.968		
2	116000	83984.		
3	1000000	724000.		
4				
5				

### Aufgabe 1.3

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalte benennen
- Daten eingeben

→ Listen

- Gleichungen zur Berechnung
  - des Massenanteils an Eisen im jeweiligen Erz,
  - der Masse an Erz zur Herstellung von einer Tonne Eisen und
  - der Kosten für die Herstellung von einer Tonne Eisen aus dem jeweiligen Erz eingeben.

→ Formel

	A mfe	B merz	C wfe	D
=			=mfe/merz	
1	168.	232.	0.724138	
2	112.	160.	0.7	
3	56.	116.	0.482759	
4				

	B merz	C wfe	D ptonne	E merz2
=		=mfe/merz		=1/wfe
1	232.	0.724138	60.2	1.38095
2	160.	0.7	60.	1.42857
3	116.	0.482759	39.11	2.07143
4				

	C wfe	D ptonne	E merz2	F pfe
=	=mfe/merz		=1/wfe	=merz2*p
1	0.724138	60.2	1.38095	83.1333
2	0.7	60.	1.42857	85.7143
3	0.482759	39.11	2.07143	81.0136
4				
5				

### Aufgabe 1.4

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalte benennen
- Daten eingeben

→ Listen

- Gleichungen zur Berechnung der Masse an Eisen im jeweiligen Erz eingeben.

→ Formel

	mfe2	mag	ham	sid
=		=mfe2*83	=mfe2*85	=mfe2*81
1	1.	83.13	85.71	81.01
2	10.	831.3	857.1	810.1
3	20.	1662.6	1714.2	1620.2
4	30.	2493.9	2571.3	2430.3
5	40.	3325.2	3428.4	3240.4

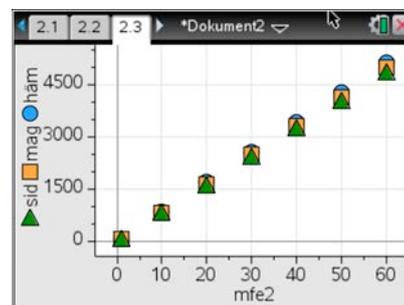
#### „Data & Statistics“

- nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**

- zweite Variable auf der y-Achse hinzufügen

Menu 2:Plot-Eigenschaften

8:Y-Variable hinzufügen



### Aufgabe 2

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalte benennen
- Daten eingeben

→ Listen

	merz	mmet	wme
=			=mmet/m
1	81.	65.	0.802469
2	97.	65.	0.670103
3	159.	127.	0.798742
4	143.	127.	0.888112

- Gleichungen zur Berechnung
  - des Massenanteils an Metall im jeweiligen Erz,
  - der Masse an Erz zur Herstellung von einer Tonne Metall und
  - der Kosten für die Herstellung von einer Tonne Metall aus dem jeweiligen Erz eingeben.

	mmet	wme	ptonne	merz2
=		=mmet/m		=1/wme
1	65.	0.802469	70.	1.24615
2	65.	0.670103	50.	1.49231
3	127.	0.798742	200.	1.25197
4	127.	0.888112	300.	1.12598

→ Formel

	wme	ptonne	merz2	pme
=	=mmet/m		=1/wme	=merz2*p
1	0.802469	70.	1.24615	87.2308
2	0.670103	50.	1.49231	74.6154
3	0.798742	200.	1.25197	250.394
4	0.888112	300.	1.12598	337.795
5	0.798742	240.	1.25197	300.472

## Leitfähigkeitstiteration

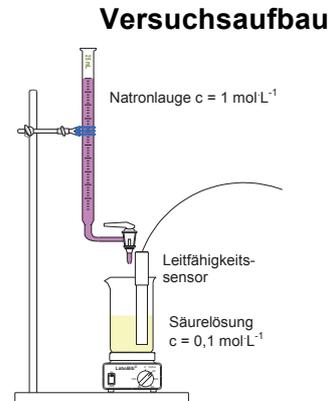
Ermitteln Sie experimentell die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit während einer Neutralisationstiteration von einer starken Säure (Salzsäure) bzw. einer schwachen Säure (Ethansäure) mit einer starken Lauge (Natronlauge).

### Geräte

- Becherglas ( $V = 100 \text{ ml}$ )
- Bürette mit Stativmaterial
- Vollpipette ( $V = 50 \text{ ml}$ ); Peleusball
- Magnetrührer oder Glasrührstab
- Leitfähigkeitssensor

### Chemikalien

- Salzsäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 0,1 \text{ mol l}^{-1}$
- Ethansäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 0,1 \text{ mol l}^{-1}$
- Natronlauge der Stoffmengenkonzentration  $c = 1 \text{ mol l}^{-1}$



### Versuchsdurchführung

#### Experiment A:

Pipettieren Sie 100 ml Salzsäure ( $c = 0,1 \text{ mol l}^{-1}$ ) in ein Becherglas. Bereiten Sie den Versuchsaufbau entsprechend der Skizze und den TR zur Datenaufnahme (Ereignis mit Eintrag) vor.

Unter Rühren wird mit 17 ml Natronlauge ( $c = 1 \text{ mol l}^{-1}$ ) titriert, wobei die Zugabeintervalle 1 ml betragen sollen. Nach jeder Zugabe von Natronlauge ist die elektrische Leitfähigkeit zu messen.

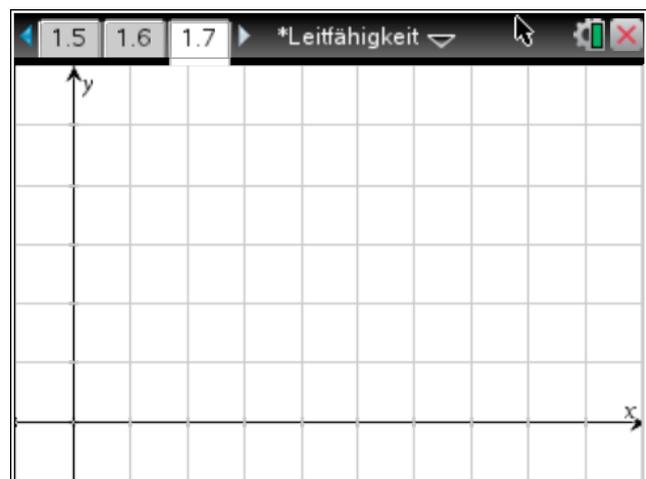
#### Experiment B:

Wiederholen Sie Experiment A mit 100 ml Ethansäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 0,1 \text{ mol l}^{-1}$ .

### Auswertung

- 1 Protokollieren Sie die Messwerte. Tauschen Sie gegebenenfalls Messwerte mit anderen Gruppen aus. Stellen Sie die Daten grafisch dar.

- 2.1 Skizzieren Sie die aufgenommenen Titrationskurven in dem nebenstehenden Bildschirmausdruck. Interpretieren Sie den jeweiligen Kurvenverlauf.



- 2.2 Ermitteln Sie für jede Titeration den Äquivalenzpunkt.



#### Hinweis:

Verlängern Sie die geraden Kurvenabschnitte bis über den Schnittpunkt hinaus. Der Schnittpunkt der Verlängerungen entspricht dem Äquivalenzpunkt.

- 2.3 Vergleichen Sie die Titrationskurven und erläutern Sie deren Verlauf.

	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{OH}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{CH}_3\text{COO}^-$
Ionenäquivalenzleitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung $\lambda$ in $\text{S}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{mol}^{-1}$	350	76	199	50	41

KAMP, H. & SCHREPPER, R., Chemische Formeln und Daten, Ernst Klett Schulbuchverlag

## Leitfähigkeitstitation

Untersuchen Sie anhand nachfolgend angegebener Messwertreihen die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit während einer Neutralisationstitation von 100 ml Salzsäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  bzw. 100 ml Ethansäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  mit Natronlauge der Stoffmengenkonzentration  $c = 1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$ .

### Experiment A: Titration von Salzsäure mit Natronlauge

Volumen V(NaOH) in ml	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Leitfähigkeit in $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^2$	30343	30191	30000	29847	29617	28395	25605	22777	19796
Volumen V(NaOH) in ml	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Leitfähigkeit in $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^2$	16739	13758	12000	13988	15821	17847	19605	21248	23121

### Experiment B: Titration von Ethansäure mit Natronlauge

Volumen V(NaOH) in ml	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Leitfähigkeit in $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^2$	611	994	1949	2599	3225	4242	4930	5580	6229
Volumen V(NaOH) in ml	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Leitfähigkeit in $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^2$	7032	7567	9516	11388	13490	15478	17312	18917	20560

## Auswertung

1 Geben Sie die Messwertreihen in Ihren TR ein und stellen Sie diese grafisch dar.



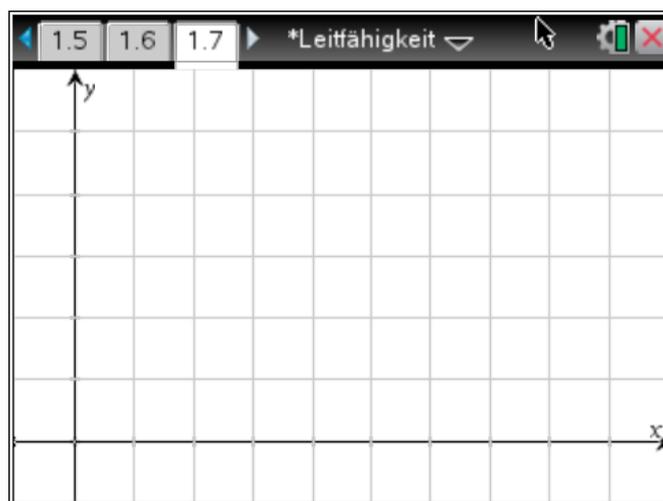
2.1 Skizzieren Sie die aufgenommenen Titrationskurven in dem nebenstehenden Bildschirmausdruck. Interpretieren Sie den jeweiligen Kurvenverlauf.

2.2 Ermitteln Sie für jede Titration den Äquivalenzpunkt.



*Hinweis:*

*Verlängern Sie die geraden Kurvenabschnitte bis über den Schnittpunkt hinaus. Der Schnittpunkt der Verlängerungen entspricht dem Äquivalenzpunkt.*



2.3 Vergleichen Sie die Titrationskurven und erläutern Sie deren Verlauf.

	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{Cl}^-$	$\text{OH}^-$	$\text{Na}^+$	$\text{CH}_3\text{COO}^-$
Ionenäquivalenzleitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung $\lambda$ in $\text{S}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{mol}^{-1}$	350	76	199	50	41

KAMP, H. & SCHREPPER, R., Chemische Formeln und Daten, Ernst Klett Schulbuchverlag

## Leitfähigkeitstirration

Jahrgang

Sekundarstufe II

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- beherrschen die Grundlagen der Säure-Base-Theorie nach BRÖNSTED sowie die Neutralisationsreaktion als Säure-Base-Reaktion.
- kennen die Säure-Base-Titration als maßanalytisches Verfahren in der Chemie.
- wissen, dass Ionen unterschiedliche Leitfähigkeiten besitzen.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben,
  - Daten darstellen und auswerten und
  - mit Funktionsgleichungen arbeiten.

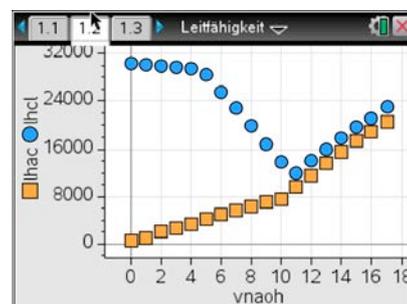
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

- Die Versuche eignen sich gut als Schülerexperimente, sind aber auch als Lehrerdemonstrationsexperimente im Unterricht einsetzbar.
- Die beiden Schülerarbeitsblätter sind so gestaltet, dass Ergebnisse aus selbst durchgeführten Experimenten (Arbeitsblatt I) ausgewertet werden können. Soll nur eine Auswertung von Leitfähigkeitstirrationen erfolgen, kann Arbeitsblatt II genutzt werden, da auf diesem bereits Messwerte aus einem durchgeführten Experiment gegeben sind.
- Werden die Experimente arbeitsteilig durchgeführt, ist ein Datenaustausch mit dem TR möglich.
- Die Art der Protokollierung von Messwerten sollte im Vorhinein festgelegt werden. Beim Einsatz des TR zur Datenerfassung kann auf ein Abschreiben der Wertetabelle sicherlich verzichtet werden.

## Lösungshinweise

2.1

	A vnaoh	B lhcl	C lhac	D
	= seqgen(n-			
1	0	30343	611	
2	1	30191	994	
3	2	30000	1949	
4	3	29847	2599	
5	4	29617	3325	
AJ	=0			

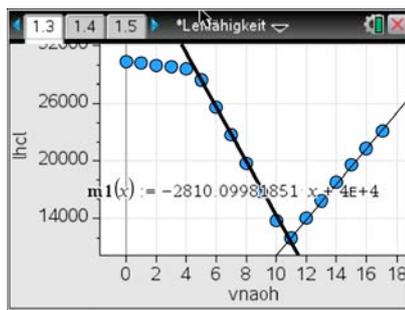


Die Leitfähigkeit ändert sich in beiden Experimenten unterschiedlich.

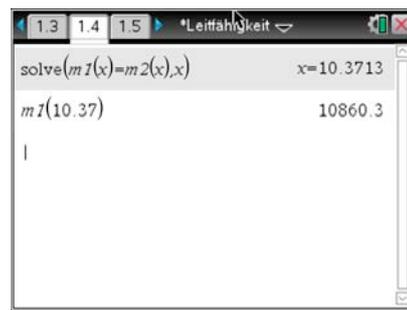
Bei der Titration von Salzsäure mit Natronlauge sinkt die Leitfähigkeit zunächst bis zum Äquivalenzpunkt ab und steigt danach wieder.

Bei der Titration von Ethansäure mit Natronlauge steigt die elektrische Leitfähigkeit zunächst langsam und anschließend stärker an.

## 2.2 Titration von Salzsäure mit Natronlauge



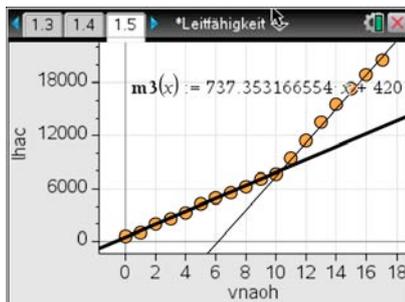
Verschiebbare Geraden einfügen;  
Funktionsgleichungen der Geraden  
werden als Variable gespeichert



Berechnung der Schnittstelle der beiden  
Geraden; Berechnung der elektrischen  
Leitfähigkeit an der Schnittstelle der  
Geraden

Der Schnittpunkt der beiden Geraden  $S(10,4 | 10860)$  gibt den Äquivalenzpunkt der Titration an. Bei Zugabe von 10,4 ml Natronlauge ist der Äquivalenzpunkt erreicht.

## Titration von Ethansäure mit Natronlauge



Verschiebbare Geraden einfügen;  
Funktionsgleichungen der Geraden  
werden als Variable gespeichert



Berechnung der Schnittstelle der beiden  
Geraden; Berechnung der elektrischen  
Leitfähigkeit an der Schnittstelle der  
Geraden

Der Schnittpunkt der beiden Geraden  $S(8,8 | 6923,5)$  gibt den Äquivalenzpunkt der Titration an. Bei Zugabe von 8,8 ml Natronlauge ist der Äquivalenzpunkt erreicht.

- 2.3 Beide Titrationskurven verlaufen sehr unterschiedlich. Die erste Kurve (Exp. A) fällt zunächst ab und steigt dann im weiteren Verlauf, während die zweite Kurve (Exp. B) im gesamten Bereich steigt.

**Experiment A:**

Im Verlauf der Titration reagieren die  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen mit den  $\text{OH}^-$ -Ionen der zugesetzten Natronlauge. Dabei entsteht Wasser und es kommen Natrium-Ionen in die Lösung. Ihre Leitfähigkeit ist jedoch erheblich geringer als die der  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen, vergleichbar etwa mit der Leitfähigkeit der Chlorid-Ionen. Daher nimmt die Leitfähigkeit im Laufe der Titration zunächst ab und steigt nach Erreichen des Äquivalenzpunktes aufgrund der überschüssigen  $\text{OH}^-$ -Ionen stark an.

**Experiment B:**

Ethansäure protolysiert im Gegensatz zur starken Salzsäure nicht vollständig, daher die geringe Leitfähigkeit zu Beginn der Titration. Der zunächst geringe Anstieg der Leitfähigkeit ist auf die zugegebenen Natrium- und die entstehenden Acetat-Ionen zurückzuführen. Der Verlauf des Graphen nach Erreichen des Äquivalenzpunktes lässt sich wie bei Experiment A erklären.

## Leitfähigkeitstiteration



### Aufgabe 1

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben  
Die Werte in Liste „vnaoh“ können mittels TR automatisch erzeugt werden.  
Cursor auf die 2. Zeile setzen

Menu **3:Daten** **1:Folge erzeugen**

→ Listen

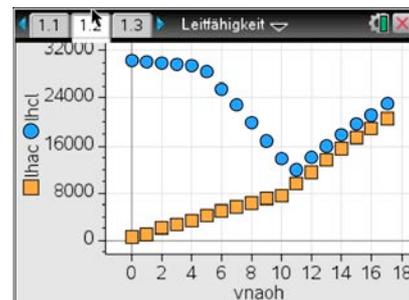
	A vnaoh	B lhcl	C lhac	D
=	=seqgen(n			
1	0	30343	611	
2	1	30191	994	
3	2	30000	1949	
4	3	29847	2599	
5	4	29617	3325	

Formula bar: A vnaoh =seqgen(n-1+1,n,u,{0,17},{0})

Wurden die Messwerte im Experiment mittels Applikation „DataQuest“ aufgenommen, können diese in die Applikation „Lists & Spreadsheets“ übernommen werden.  
Cursor auf die 2. Zeile setzen und entsprechende Variable auswählen ( **var** ).

#### „Data & Statistics“

- Nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**
- Um beide Datenreihen darstellen zu können, muss im Menü die Funktion **Menu 2:Plot Eigenschaften** **8:y-Variable hinzufügen** aktiviert werden.  
Danach kann eine zweite Datenreihe ausgewählt werden.



## Leitfähigkeitstiteration

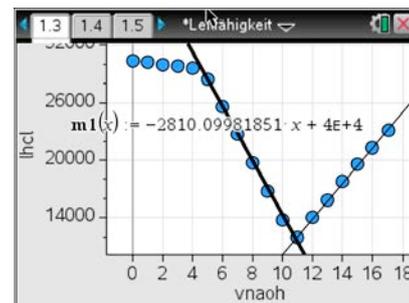
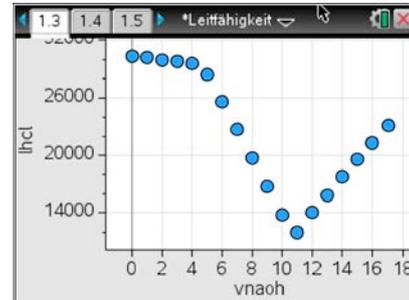


### Aufgabe 2.2

Aus Gründen der Übersicht ist es günstig, nur jeweils eine Titrationskurve zu bearbeiten. Dazu kann beispielsweise ein neues Fenster geöffnet werden, um die Daten nochmals darzustellen.

#### „Data & Statistics“

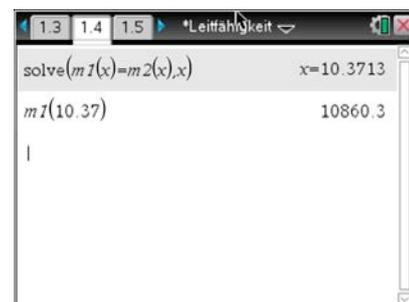
- Nach Betätigung der Taste `tab` öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit `enter`
- Verschiebbare Gerade einfügen  
`Menu 4:Analysieren`  
`2:Verschiebbare Gerade einfügen`  
 Diese Gerade ist jetzt so zu verschieben, dass möglichst alle Punkte eines Graphenastes auf ihr liegen. Die Funktionsgleichung wird als Variable gespeichert. Eine zweite Gerade ist analog so einzupassen, dass die anderen Punkte des Graphen möglichst genau auf ihr liegen.



→ Geraden

#### „Calculator“

- Die für die vorher eingefügten Geraden als Variablen hinterlegten Gleichungen werden aufgerufen und gleichgesetzt. Durch Lösen dieser Gleichung mittels solve-Befehl wird die Schnittstelle der beiden Geraden berechnet.  
`Menu 3:Algebra 1:Löse var`  
 Variablen auswählen
- Da die Funktionsgleichung zur Verfügung steht, kann der zur Schnittstelle zugehörige y-Wert berechnet werden.



→ Gleichungen

## Kinetische Untersuchung der Umsetzung von Marmor mit Salzsäure

Untersuchen Sie die Geschwindigkeit der Reaktion von Marmor (Calciumcarbonat) mit Salzsäure in Abhängigkeit von der Zeit.

### Geräte

- Erlenmeyerkolben (V = 100 ml)
- Waage
- Wattebausch
- Vollpipette 20 ml
- Peleusball
- Becherglas (V = 50 ml)
- Stoppuhr

### Chemikalien

- Salzsäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$
- kleine Marmorstücke

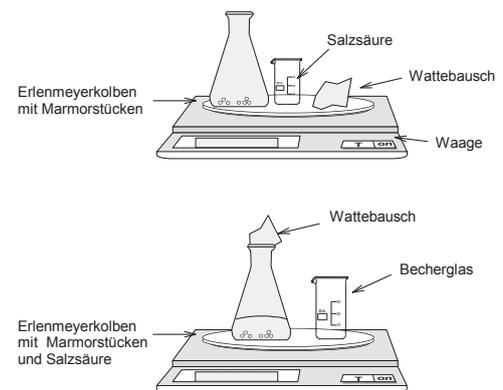
### Versuchsdurchführung

Pipettieren Sie 40 ml Salzsäure der Stoffmengenkonzentration  $c = 2 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$  in ein Becherglas. Wiegen Sie sich ca. 20 g Marmor ab. Geben Sie diese Stoffportion in einen Erlenmeyerkolben. Stellen Sie die Geräte und Chemikalien auf die Waage (siehe Abbildung) und tarieren Sie diese auf Null.

Geben Sie anschließend die Salzsäure zügig zu dem Marmor und verschließen Sie den Erlenmeyerkolben mit dem Wattebausch. Stellen Sie das Becherglas wieder auf die Waage. Starten Sie die Stoppuhr.

Lesen Sie die Waage nach jeweils einer Minute über einen Zeitraum von 10 Minuten ab.

### Versuchsaufbau



- 1 Protokollieren Sie Ihre Messwerte in nachfolgender Tabelle. Geben Sie die Werte anschließend in Ihren TR ein.

Zeit t in min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abnahme der Masse in g											

- 2.1 Entwickeln Sie für die ablaufende Reaktion eine Gleichung in Ionenschreibweise.
- 2.2 Der im Versuch zum jeweiligen Zeitpunkt t von der Waage angezeigte Wert entspricht der Masse des bis zu diesem Zeitpunkt entstandenen Kohlenstoffdioxids  $m_t(\text{CO}_2)$ . Erläutern Sie diesen Zusammenhang.

- 3.1 Zur Berechnung der Konzentration der zum Zeitpunkt t im Reaktionsgemisch enthaltenen Calcium-Ionen gilt Gleichung 1. Leiten Sie diese her.

$$c_t(\text{Ca}^{2+}) = \frac{n_t(\text{CO}_2)}{0,04} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Gleichung 1

Berechnen Sie mithilfe Ihres TR die Konzentrationen der Calcium-Ionen ( $c_t(\text{Ca}^{2+})$ ) für  $t = 0$  bis  $t = 10$ .

$$n_t(\text{CO}_2) = \frac{m_t(\text{CO}_2)}{44} \text{ mol}$$

Gleichung 2

- 3.2 Stellen Sie die ermittelten Calcium-Ionenkonzentrationen ( $c_t(\text{Ca}^{2+})$ ) in Abhängigkeit von der Zeit mithilfe des TR grafisch dar. Interpretieren Sie die grafische Darstellung.



- 4 Berechnen Sie die mittleren Reaktionsgeschwindigkeiten für die einzelnen Zeitintervalle. Deuten Sie die berechneten Werte.



$$\bar{v}(\text{Ca}^{2+}) = \frac{\Delta c(\text{Ca}^{2+})}{\Delta t}$$

## Kinetische Untersuchung der Umsetzung von Marmor mit Salzsäure

Jahrgang

Sekundarstufe II

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- kennen die Reaktion von Marmor mit Salzsäure.
- beherrschen stöchiometrische Berechnungen.
- kennen die Definition der mittleren Reaktionsgeschwindigkeit.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben,
  - Daten darstellen und auswerten und
  - mit Funktionsgleichungen arbeiten.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

- Die Messwerte (Aufgabe 1) können in Schülerversuchen in Gruppenarbeit oder in einem Demonstrationsversuch ermittelt werden; möglich ist auch die Vorgabe der Messwerte durch den Lehrer.
- Die Auswertung (Aufgaben 2 und 3) kann in Einzel- oder in Gruppenarbeit erfolgen.

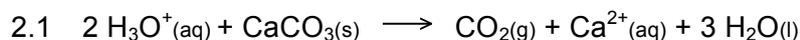
### Lösungshinweise

1

Zeit t in min	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abnahme der Masse in g	0	0,48	0,87	1,12	1,27	1,37	1,44	1,50	1,53	1,55	1,56

Eingabe der Messwertreihen in den TR

A	B	C	D
zeit	mco2		
1	0	0	
2	1	0,48	
3	2	0,87	
4	3	1,12	
5	4	1,27	



2.2 Die Waage zeigt eine Abnahme der Masse an. Kohlenstoffdioxid ist der einzige Stoff, der das Reaktionsgemisch verlassen kann.

3.1 Aus der Reaktionsgleichung folgt:

$$\frac{n_t(\text{Ca}^{2+})}{n_t(\text{CO}_2)} = 1 \quad n_t(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m_t(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}$$

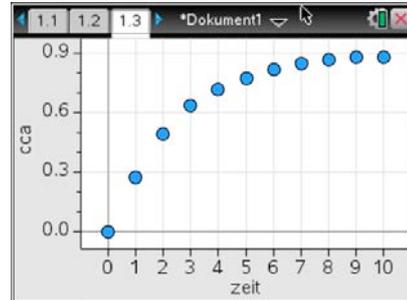
$$n_t(\text{Ca}^{2+}) = \frac{m_t(\text{CO}_2)}{44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

Wegen  $V_{\text{ges}} = 0,04 \text{ l}$  gilt:

$$c_t(\text{Ca}^{2+}) = \frac{n_t(\text{Ca}^{2+}) \text{ mol}}{0,04 \text{ L}}$$

A	B	C	D
zeit	mco2	nca	cca
		=mco2/44	=nca/(0.04)
1	0	0	0.
2	1	0.010909	0.272727
3	2	0.019773	0.494318
4	3	0.025455	0.636364

3.2 Darstellung der Calcium-Ionenkonzentration in Abhängigkeit von der Zeit



4 Die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit ist zu Beginn am größten und nimmt im Verlauf der Reaktion ab.

	co2	C nca	D cca	E vm
=		=mco2/44	=nca/(0.04)	
1	0	0	0.	0.272727
2	0.48	0.010909	0.272727	0.221591
3	0.87	0.019773	0.494318	0.142045
4	1.12	0.025455	0.636364	0.085227
5	1.27	0.028864	0.721591	0.056818
E	vm			

## Kinetische Untersuchung der Umsetzung von Marmor mit Salzsäure



### Aufgabe 1

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

zeit	mco2		
0	0		
1	0.48		
2	0.87		
3	1.12		
4	1.27		

### Aufgabe 3.1

- Spalten benennen
- Cursor in die zweite Zeile, zweite Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

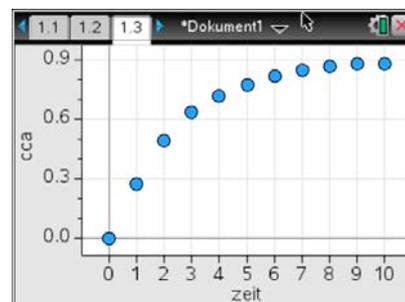
→ Formeln

co2	nca	cca	vm
=mco2/44	=nca/(0.04)		
0	0	0.	0.272727
0.48	0.010909	0.272727	0.221591
0.87	0.019773	0.494318	0.142045
1.12	0.025455	0.636364	0.085227

### Aufgabe 3.2

#### „Data & Statistics“

- Nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**



### Aufgabe 4

#### „Lists & Spreadsheets“

- Für die mittlere Reaktionsgeschwindigkeit  $\bar{v}$  gilt wegen  $\Delta t = 1 \text{ min}$ :  

$$\bar{v} = \Delta c(\text{Ca}^{2+}) \text{ min}^{-1}$$
- Zellverweis erstellen: Cursor in das Feld e1 setzen; Eingabe der Formel: =d2-d1 **enter**
- Formel in die Zeilen 2 bis 10 kopieren

→ Formeln

co2	nca	cca	vm
=mco2/44	=nca/(0.04)		
0	0	0.	0.272727
0.48	0.010909	0.272727	0.221591
0.87	0.019773	0.494318	0.142045
1.12	0.025455	0.636364	0.085227
1.27	0.028864	0.721591	0.056818

## Ausbeute bei Estergleichgewichten

- 1 Methansäuremethylester ist eine farblose, sehr leicht flüchtige Flüssigkeit. Er wird u. a. als Lösungsmittel für verschiedene Natur- und Kunstharze verwendet, da er aufgrund seiner großen Flüchtigkeit diese sehr schnell trocknen lässt. Erläutern Sie die niedrige Siedetemperatur des Esters.
- 2 Industriell wird Methansäuremethylester durch die Reaktion von Methanol mit Kohlenstoffmonoxid oder mit Methansäure hergestellt. Entwickeln Sie für diese Verfahren die Reaktionsgleichungen.

Untersuchen Sie den Einfluss von Konzentrationsänderungen auf die Ausbeute bei der Herstellung von Methansäuremethylester aus Methansäure und Methanol. Gehen Sie davon aus, dass die Gleichgewichtskonstante  $K_C$  bei den Versuchsbedingungen  $K_C = 5$  beträgt.

- 3.1 Zeigen Sie durch eine geeignete Berechnung, dass bei der Reaktion von 2 mol Methansäure und 1 mol Methanol im Gleichgewichtszustand 0,867 mol Ester vorliegen.
- 3.2 Erläutern Sie unter Einbeziehung des nebenstehenden Materials die Berechnung der nachfolgend angegebenen Esterausbeute bezogen auf die eingesetzte Säure.

**Ausbeute bei chemischen Reaktionen**  
Berechnen Sie die Stoffmenge des Reaktionsproduktes (RP) im Gleichgewicht. Setzen Sie diese zur theoretisch möglichen Stoffmenge (bei vollständigem Stoffumsatz) ins Verhältnis.

$$\eta = \frac{n(\text{RP/Gleichgewicht})}{n(\text{RP/vollst. Stoffumsatz})}$$

Lösung:

$$\eta = \frac{n(\text{Ester / Gleichgewicht})}{n(\text{Säure})} \quad \eta = \frac{0,867 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \quad \eta = 0,434$$

Die Ausbeute, bezogen auf die eingesetzte Säure, beträgt 43,4 %.

- 4  Berechnen Sie für das oben angegebene Estergleichgewicht die Veränderung der Ausbeute (bezogen auf die eingesetzte Methansäure), wenn jeweils 2 mol Methansäure und 1, 2, 3, 4 bzw. 5 mol Methanol eingesetzt werden. Stellen Sie die Ausbeute in Abhängigkeit von der Stoffmenge Methanol grafisch dar. Interpretieren Sie die grafische Darstellung.
- 5\*  Bei der oben beschriebenen Estersynthese wurde festgestellt, dass keine wasserfreie Methansäure eingesetzt wurde. Somit lag zu Beginn der Reaktion noch 1 mol Wasser als Ausgangsstoff vor. Untersuchen Sie rechnerisch den Einfluss des Wassers auf die Esterausbeute. Erklären Sie Ihre Ergebnisse.

## Ausbeute bei Estergleichgewichten

Jahrgang

Sekundarstufe II

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

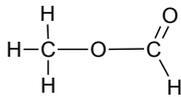
- haben Kenntnisse über das chemische Gleichgewicht und dessen Beeinflussung.
- kennen das Massenwirkungsgesetz.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben und
  - Daten grafisch darstellen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

Mithilfe des vorliegenden Materials kann das Thema Estergleichgewichte und Massenwirkungsgesetz zusammengefasst werden. Die Aufgabe 5 ist ein Angebot für gute Schüler oder kann als Hausaufgabe bearbeitet werden. Da die Schülerinnen und Schüler Informationen über die Ausbeute bei chemischen Reaktionen auf dem Arbeitsblatt erhalten, ist eine Behandlung im Vorhinein nicht zwingend notwendig.

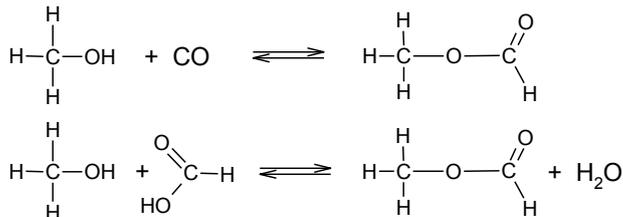
### Lösungshinweise

1



Zwischen den Estermolekülen werden keine Wasserstoffbrückenbindungen ausgebildet.  
Niedrige Siedetemperatur aufgrund der vorliegenden Dipol-Dipol-Wechselwirkungen.

2



3.1 Nachfolgend wird eine von mehreren Lösungsvarianten angegeben. Da für die Änderung der Stöchiometriefaktoren  $\Delta \gamma = 0$  gilt, können die entsprechenden Stoffmengen für Berechnungen genutzt werden.

	Methanol	+ Methansäure	$\rightleftharpoons$ Methansäuremethylester	+ Wasser
n(AS) in mol	1	2		
n(GW) in mol	1 - 0,867	2 - 0,867	0,867	0,867

$$K_C = \frac{c(\text{Ester}) \cdot c(\text{Wasser})}{c(\text{Alkohol}) \cdot c(\text{Säure})} \quad 5 = \frac{0,867^2}{0,133 \cdot 1,133}; \text{ wahre Aussage}$$

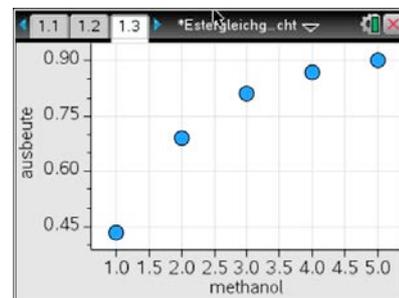
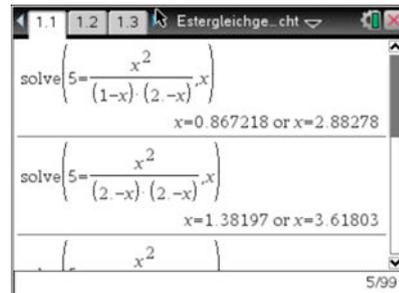


n(AS) in mol	1	2		
n(GW) in mol	1 - x	2 - x	x	x

$$K_C = \frac{c(\text{Ester}) \cdot c(\text{Wasser})}{c(\text{Alkohol}) \cdot c(\text{Säure})}$$

$$5 = \frac{x^2}{(1-x) \cdot (2-x)}$$

n(Methanol)	n(Ester)	Ausbeute
1 mol	0,867 mol	0,434
2 mol	1,382 mol	0,691
3 mol	1,620 mol	0,810
4 mol	1,734 mol	0,867
5 mol	1,800 mol	0,900



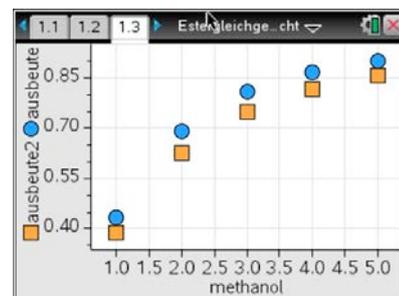
Die Esterausbeute nimmt zu, wenn die Stoffmenge an eingesetztem Methanol erhöht wird. Die Steigerung der Esterausbeute verlangsamt sich bei starker Erhöhung der Stoffmenge an eingesetztem Methanol. Es findet kein vollständiger Stoffumsatz an Methansäure statt.



n(AS) in mol	1	2		
n(GW) in mol	1 - x	2 - x	x	x + 1

$$K_C = \frac{c(\text{Ester}) \cdot c(\text{Wasser})}{c(\text{Alkohol}) \cdot c(\text{Säure})} \quad 5 = \frac{x \cdot (x+1)}{(1-x) \cdot (2-x)}$$

n(Methanol)	n(Ester)	Ausbeute
1 mol	0.775 mol	0.388
2 mol	1.250 mol	0.625
3 mol	1.500 mol	0.750
4 mol	1.635 mol	0.818
5 mol	1.716 mol	0.858



Durch das Vorhandensein von Wasser als Ausgangsstoff steigt die Ausbeute langsamer. Der Quotient im Massenwirkungsgesetz wird vergrößert. Dies wird durch eine Gleichgewichtseinstellung unter Berücksichtigung des konstanten Wertes von  $K_C$  ausgeglichen. Der Nenner im Quotienten des Massenwirkungsgesetzes vergrößert sich, was eine Erhöhung der Stoffmenge der Ausgangsstoffe im Gleichgewicht bedeutet.

## Ausbeute bei Estergleichgewichten

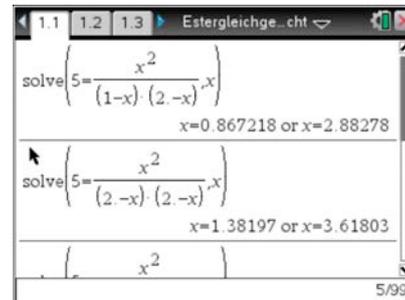


### Aufgabe 4

#### „Calculator“

- Mittels „Solve“-Befehl Gleichung zum MWG lösen
- Da die Gleichung mit variierenden Zahlen mehrmals gelöst werden muss, kann sie nach dem Kopieren mehrfach genutzt werden.

Gleichung markieren; **enter**; Änderung in der Gleichung sind jetzt möglich



→ Gleichungen

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

	methanol	e	ausbeute
1	1	0.867	
2	2	1.382	
3	3	1.62	
4	4	1.734	
5	5	1.8	

#### „Lists & Spreadsheets“

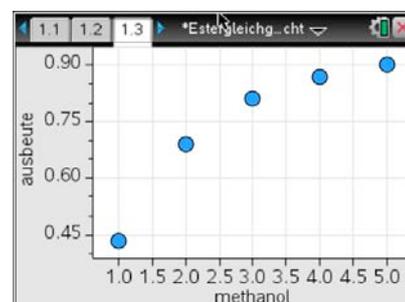
- Gleichung zur Berechnung der Ausbeute in die zweite Kopfzeile einer Spalte eingeben

→ Formel

	methanol	e	ausbeute
1	1	0.867	0.4335
2	2	1.382	0.691
3	3	1.62	0.81
4	4	1.734	0.867

#### „Data & Statistics“

- nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**



### Ausbeute bei Estergleichgewichten

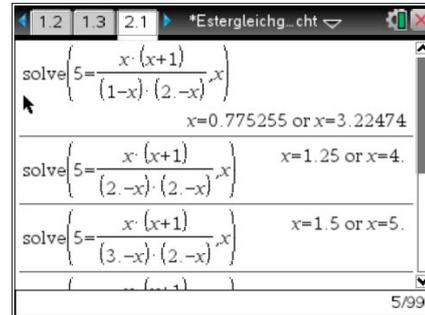


#### Aufgabe 5

##### „Calculator“

- Mittels „Solve“-Befehl Gleichung zum MWG lösen
- Da die Gleichung mit variierenden Zahlen mehrmals gelöst werden muss, kann sie nach dem Kopieren mehrfach genutzt werden.

Gleichung markieren; **enter**; Änderung in der Gleichung sind jetzt möglich



##### → Gleichungen

##### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

	ethanol	e	C ausbeute	D eh2o
=			=e/2	
1	1	0.867	0.4335	0.775
2	2	1.382	0.691	1.25
3	3	1.62	0.81	1.5
4	4	1.734	0.867	1.635
5	5	1.8	0.9	1.716

##### → Listen

##### „Lists & Spreadsheets“

- Gleichung zur Berechnung der Ausbeute in die zweite Kopfzeile einer Spalte eingeben

	C ausbeute	D eh2o	E ausbeute
=	=e/2		=eh2o/2
1	0.867	0.4335	0.775
2	1.382	0.691	1.25
3	1.62	0.81	1.5
4	1.734	0.867	1.635

##### → Formel

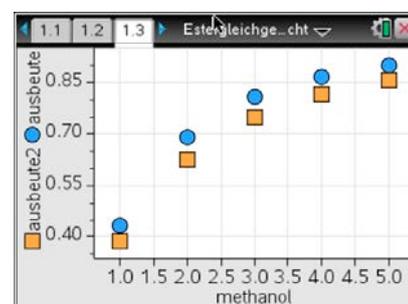
##### „Data & Statistics“

- In das Diagramm, in dem die Werte aus Aufgabe 4 dargestellt wurden, können die Werte für die neu berechnete Ausbeute hinzugefügt werden.

**Menu** 2:Plot-Eigenschaften

**8:Y-Variable hinzufügen** Variable

auswählen **enter**



## Dynamisches Estergleichgewicht

Ester werden u. a. als Lösungsmittel und Aromen in vielen Bereichen eingesetzt. So riecht z. B. Buttersäuremethylester intensiv nach Ananas.

Die Veresterung ist eine Gleichgewichtsreaktion, bei der die Edukte (Alkohol und Carbon-säure) nicht vollständig zu den Produkten reagieren.

Ziel der Synthese ist es, die Produktausbeute an Ester zu maximieren.

- 1 Entwickeln Sie die Reaktionsgleichung für die Synthese von Buttersäuremethylester aus den Edukten Buttersäure und Methanol.  
Formulieren Sie das Massenwirkungsgesetz für die Reaktion.

- 2 Begründen Sie, dass in Abhängigkeit von den Reaktionsparametern  $c_0$ (Buttersäure) und  $c_0$ (Methanol) sowie der Gleichgewichtskonstanten  $K_C$  näherungsweise gilt:

$$K_C = \frac{x^2}{(c_0(\text{Methanol}) - x) \cdot (c_0(\text{Buttersäure}) - x)}$$

- 3 Untersuchen Sie die Abhängigkeit der Stoffmengenkonzentration an Ester im Gleichgewicht von unterschiedlichen Reaktionsbedingungen.

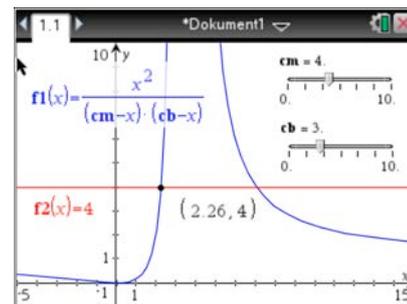
- 3.1 Simulieren Sie die Veränderung der Stoffmengenkonzentration der Ausgangsstoffe mittels Schieberegler.



Gehen Sie von  $K_C = 4$  aus.

*Hinweise:*

- $cm$ :  $c(\text{Methanol})$ ;  $cb$ :  $c(\text{Buttersäure})$
- die  $x$ -Koordinate des Schnittpunktes der zwei Graphen gibt die Stoffmengenkonzentration an Ester im Gleichgewicht an.

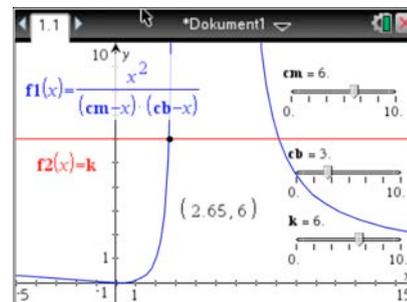


Erklären Sie Ihre Ergebnisse mithilfe des Prinzips von LE CHATELIER und BRAUN.

- 3.2 Die Esterbildung ist eine endotherme Reaktion ( $\Delta_R H > 0$ ). Erklären Sie den Einfluss der Temperatur auf die Gleichgewichtskonstante  $K_C$ .



Untersuchen Sie die Veränderung der Stoffmengenkonzentration an Ester im Gleichgewichtszustand in Abhängigkeit von der Temperatur. Nutzen Sie für die Veränderung der Gleichgewichtskonstanten einen weiteren Schieberegler.



- 4\* Industriell wird die Esterausbeute zusätzlich zu den betrachteten Maßnahmen durch Trocknung des Phasengemisches vergrößert.

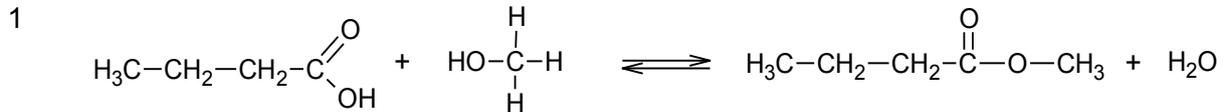


Begründen Sie die Wirksamkeit der geschilderten Maßnahme. Bestimmen Sie rechnerisch, wie viel zusätzlicher Ester in Abhängigkeit vom Trocknungsgrad  $t$  gewonnen werden kann.

## Dynamisches Estergleichgewicht

Jahrgang	Sekundarstufe II
Lernvoraussetzungen	Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen die Estersynthese und besitzen Kenntnisse über Gleichgewichtsreaktionen.</li> <li>• kennen das Prinzip von LE CHATELIER und BRAUN.</li> <li>• können mit Funktionen und Schiebereglern arbeiten.</li> </ul>
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation	Die Bearbeitung der Aufgaben 1 bis 3 kann in Einzel- oder Partnerarbeit erfolgen. Die Aufgabe 4 kann im Rahmen einer Expertenrunde gelöst werden. Der Einsatz von Schiebereglern, die für unterschiedliche Stoffmengenkonzentrationen der Edukte sowie für unterschiedliche Gleichgewichtskonstanten $K_C$ stehen, ermöglichen es den Schülern, die Auswirkungen dieser Reaktionsparameter auf die Gleichgewichtslage quantitativ zu beschreiben. Andere Ansätze, wie die Entfernung des entstehenden Esters aus der unpolaren Phase, sollten zusätzlich diskutiert werden.

### Lösungshinweise



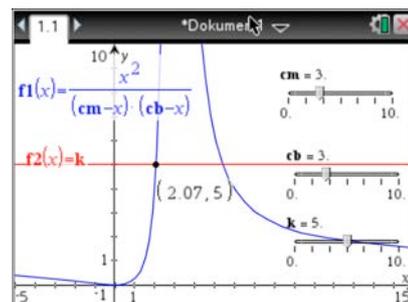
2 Das Massenwirkungsgesetz für die Reaktion lautet:

$$K_C = \frac{c(\text{Butansäuremethylester}) \cdot c(\text{Wasser})}{c(\text{Methanol}) \cdot c(\text{Butansäure})}$$

Da die Stoffmengen an entstehendem Butansäuremethylester und Wasser gleich sind und sich die Volumina aufgrund ähnlicher Dichten nicht entscheidend ändern, gilt nach der Einstellung des Gleichgewichtes die in der Aufgabenstellung angegebene Gleichung näherungsweise.

3.1 Nach dem Prinzip von LE CHATELIER und BRAUN bewirkt eine Erhöhung der Stoffmengenkonzentration der Edukte eine Verschiebung des Gleichgewichtes zu den Produkten – dies kann sogar für jedes einzelne Edukt quantifiziert werden. Eine Verringerung der Stoffmengenkonzentration der Edukte bewirkt eine Verschiebung des Gleichgewichtes hin zu den Edukten – das gilt nachweisbar auch für die Verringerung einer der Stoffmengenkonzentrationen.

$$K_C = \frac{x^2}{(cm-x) \cdot (cb-x)}$$



3.2 Die Gleichgewichtskonstante einer endothermen Reaktion vergrößert sich bei Temperaturerhöhung.

Bei endothermen chemischen Reaktionen bewirkt eine Temperaturerhöhung eine Verschiebung des Gleichgewichtes zugunsten der endothermen Reaktion.

Im Sinne der Aufgabenstellung (Maximierung der Stoffmengenkonzentration des Esters) sollte die Temperatur bei der Reaktion relativ hoch sein.

Eine Temperaturverringerung führt zu einer Verkleinerung der Gleichgewichtskonstante.

$$4 \quad K_C = \frac{(c(\text{Butansäuremethylester}) + x) \cdot (c(\text{Wasser}) - t + x)}{(c(\text{Methanol}) - x) \cdot (c(\text{Butansäure}) - x)}$$

Wird Wasser aus dem Estergleichgewicht entfernt, muss sich dieses neu einstellen.

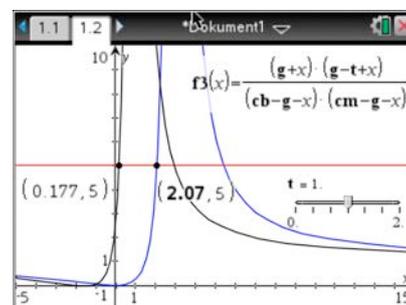
- t: Stoffmenge an Wasser, die aus dem Gleichgewicht entfernt wird

Die Stoffmenge an Methanol und Butansäure im Gleichgewicht verringert sich durch den Entzug von Wasser um die gleiche Stoffmenge.

- g: Stoffmenge an Ester und Wasser im Gleichgewichtszustand (x- Koordinate des Schnittpunktes der Graphen aus Aufgabe 3.1)

Die Stoffmenge an Ester und Wasser im Gleichgewicht vergrößert sich um die gleiche Stoffmenge.

- x: Veränderung der Stoffmenge durch den Entzug von Wasser



Das Beispiel wurde mit nachfolgenden Parametern erstellt.

- cb = 3
- cm = 3
- $K_C = 5$
- t = 1

Die Ausbeute an Ester steigt unter den angenommenen Bedingungen beim „Entfernen“ von einem Mol Wasser um 0,177 mol.

## Dynamisches Estergleichgewicht



### Aufgabe 3.1

#### „Graphs“

- Funktionsgleichungen mit den Parametern für den Schieberegler eingeben.

$$f1(x) = \frac{x^2}{(cm-x) \cdot (cb-x)}$$

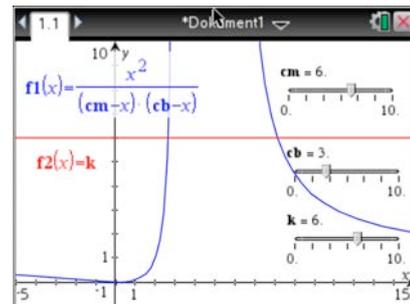
$$f2(x) = k$$

- Schieberegler einfügen

Menu 1:Aktionen

B:Schieberegler einfügen

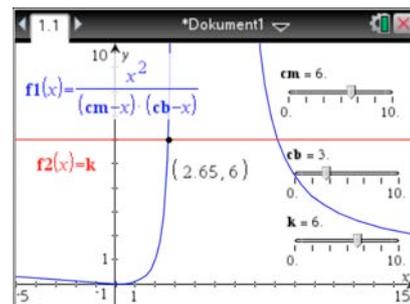
→ Schieberegler



#### „Graphs“

- Schnittpunkt der Graphen ermitteln

→ Graph





## Dynamisches Estergleichgewicht

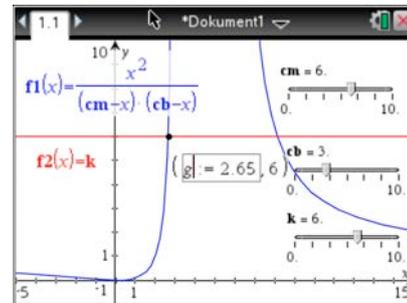
### Aufgabe 4

#### „Graphs“

- x-Koordinate des Schnittpunktes der Graphen (Aufgabe 3.1) als Variable speichern (Gleichgewichtskonzentration g)

x-Koordinate mit dem Cursor anklicken

`var` `1:Variable speichern`



#### „Graphs“

- Funktionsgleichungen mit den Parametern für den Schieberegler eingeben

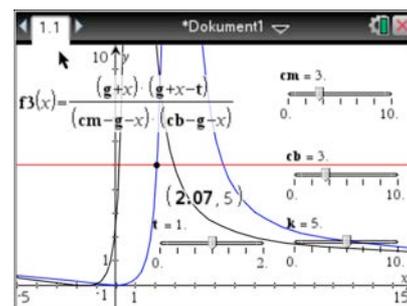
$$f3(x) = \frac{(g+x) \cdot (g+x-t)}{(cb-g-x) \cdot (cm-g-x)}$$

- Schieberegler einfügen

`Menu` `1:Aktionen`

`B:Schieberegler einfügen`

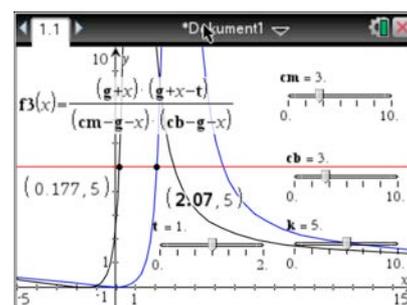
→ Schieberegler



#### „Graphs“

- Schnittpunkt der Graphen der Funktionen f2(x) und f3(x) ermitteln

→ Graph



## Die Löslichkeit von Bleisalzen



Schon den alten Römern war ein Herstellungsverfahren für einen Süßstoff, den sie Sapa nannten, bekannt. Sapa erhielten sie, indem vergorener Wein, der nach Essig roch, in Bleifannen so lange gekocht wurde, bis ein weißer, kristalliner und süß schmeckender Rückstand am Boden zurückblieb.

In den Jahren nach der Entdeckung von Sapa ereigneten sich in den römischen Familien, welche Sapa in Bleifannen herstellten, zunehmend Fehlgeburten.

Die Angehörigen dieser Familien lebten kürzer, ihre Nachkommen wiesen gehäuft genetische Defekte auf.

Auch über tausend Jahre später galt Bleigeschirr, z. B. im British Commonwealth, als besonders wertvoll. Auch hier traten gehäuft Fehlgeburten und Missbildungen bei Neugeborenen auf. Das Lebensalter der Menschen war wesentlich kürzer als in anderen Landesteilen.



1 Erklären Sie, welcher Stoff als Sapa bezeichnet wurde. Beziehen Sie in Ihre Darlegungen eine Reaktionsgleichung ein.  
*Hinweis: Blei und Essig (Ethansäure) können als Reinstoffe betrachtet werden.*

2 Geriet vor dem Eindampfen Stein- oder Kochsalz in die Lösung, fiel ein weißer Feststoff aus. Begründen Sie, dass es sich dabei um Blei(II)-chlorid gehandelt haben muss.

3 Zeigen Sie, dass für das Löslichkeitsprodukt von Blei(II)-chlorid gilt:  
 $K_L = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c^2(\text{Cl}^-) = 4 \cdot c^3(\text{Pb}^{2+})$

4 Im Trinkwasser darf nach deutschem Recht die maximale Blei(II)-Ionenkonzentration nur  $0,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  betragen.



Blei(II)-Ionen können u. a. als Chloride, Bromide, Iodide und Hydroxide gefällt werden. Bewerten Sie mithilfe geeigneter Rechnungen und der angegebenen Löslichkeitsprodukte, ob gesättigte Lösungen der nachfolgend angegebenen Stoffe in Deutschland als Trinkwasser deklariert werden dürften.

Salz	$K_L$ in $\text{mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}$	$c(\text{Pb}^{2+})$	$m(\text{Pb}^{2+})$ pro Liter
$\text{PbF}_2$	$3,6 \cdot 10^{-8}$		
$\text{PbCl}_2$	$1,6 \cdot 10^{-5}$		
$\text{PbBr}_2$	$3,9 \cdot 10^{-5}$		
$\text{PbI}_2$	$1,4 \cdot 10^{-8}$		
$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$4,2 \cdot 10^{-15}$		
$\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$	$1,2 \cdot 10^{-13}$		

5 Prüfen Sie, ob durch Fällung der Blei(II)-Ionen als Blei(II)-carbonat ( $K_L = 3,3 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$ ), Blei(II)-sulfat ( $K_L = 1,25 \cdot 10^{-8} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$ ) oder Blei(II)-sulfid ( $K_L = 3,4 \cdot 10^{-28} \text{ mol}^2 \cdot \text{l}^{-2}$ ) die Anforderungen an Trinkwasser erreicht werden.



6 Zu einer gesättigten Blei(II)-iodidlösung wird Schwefelsäure gegeben. Entscheiden Sie, ob ein Niederschlag ausfällt. Begründen Sie.



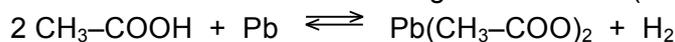
7\* Überprüfen Sie, ob der Blei(II)-Ionengehalt in einer Blei(II)-carbonatlösung durch Zugabe von Natriumcarbonat so gesenkt werden kann, dass der Trinkwasserrichtwert erreicht wird.

## Die Löslichkeit von Bleisalzen

Jahrgang	Sekundarstufe II
Lernvoraussetzungen	Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• kennen Fällungsreaktionen.</li> <li>• beherrschen das Berechnen von Ionenkonzentrationen mithilfe des Löslichkeitsprodukts.</li> <li>• können mit dem TR             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Daten in Listen eingeben und</li> <li>- Listen miteinander verknüpfen.</li> </ul> </li> </ul>
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation	Die Fällung von Blei(II)- durch verschiedene Halogenid-Ionen kann als Lehrerdemonstrationsexperiment durchgeführt werden. Für die Bearbeitung des vorliegenden Materials werden ca. 45 Minuten benötigt. Das Auslegen der Hilfekarten bietet eine Möglichkeit zur Binnendifferenzierung.

### Lösungshinweise

- 1 Bei der Oxidation von Ethanol entsteht Ethansäure (Essigsäure). Diese reagiert mit elementarem Blei bei Erwärmung zu Bleiacetat (Sapa) und Wasserstoff.



- 2 Im Gegensatz zu Blei(II)-chlorid sind Bleiacetat und Natriumchlorid gut in Wasser löslich.

Wird das Löslichkeitsprodukt von Blei(II)-chlorid überschritten, fällt das Salz als Niederschlag aus.

- 3  $\text{PbCl}_2 \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$   $K_L(\text{PbCl}_2) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c^2(\text{Cl}^-)$  (1)

Für die Ionenkonzentrationen in einer Blei(II)-chloridlösung gilt:

$$c(\text{Cl}^-) = 2 \cdot c(\text{Pb}^{2+}) \quad (2)$$

Aus (1) und (2) folgt:

$$K_L(\text{PbCl}_2) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot (2 \cdot c(\text{Pb}^{2+}))^2 = 4 \cdot c^3(\text{Pb}^{2+})$$

Für die Blei(II)-Ionenkonzentration gilt somit:

$$c(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt[3]{\frac{K_L}{4}}$$

- 4 Berechnung der Blei(II)-Ionenkonzentration

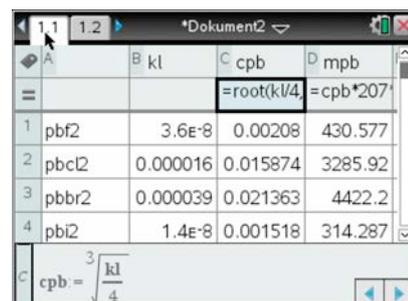
$$c(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt[3]{\frac{K_L}{4}}$$

Berechnung des Massenanteils an Blei(II)-Ionen

$$m(\text{Pb}^{2+}) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot M(\text{Pb}^{2+}) \cdot 1000$$

Schlussfolgerung:

Die untersuchten Lösungen genügen in keinem Fall der Trinkwasserverordnung.



	A	B kl	C cpb	D mpb
=			=root(kl/4)	=cpb*207
1	pbf2	3.6E-8	0.00208	430.577
2	pbcl2	0.000016	0.015874	3285.92
3	pbbr2	0.000039	0.021363	4422.2
4	pbi2	1.4E-8	0.001518	314.287
c	cpb =	$\sqrt[3]{\frac{kl}{4}}$		

- 5  $\text{PbCO}_3 \rightleftharpoons \text{Pb}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$   
 $K_L(\text{PbCO}_3) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})$   
 Für die Ionenkonzentrationen in einer Blei(II)-carbonatlösung gilt:  $c(\text{CO}_3^{2-}) = c(\text{Pb}^{2+})$   
 Analoge Beziehungen gelten für alle angegebenen Blei(II)-salze.  
 Demzufolge gilt:  
 $c(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{K_L}$

	k12	cpb2	mpb2
1	3.3E-14	1.81659...	0.037603
2	1.25E-8	0.000112	23.1433
3	3.4E-28	1.84391...	3.81689E-9
4	-	-	-
5	-	-	-

Formula bar:  $c_{pb2} = \sqrt{k12}$

Aus den Daten lässt sich ableiten, dass bei einer Fällung der Blei(II)- mit Sulfid-Ionen die Trinkwasserqualität erreicht wird.

- 6 In einer gesättigten Blei(II)-Iodidlösung sind ca. zehnmal so viele Blei(II)-Ionen wie in einer gesättigten Blei(II)-sulfatlösung. Schon bei geringen Mengen an zugegebener Schwefelsäure wird das Löslichkeitsprodukt von Blei(II)-sulfat überschritten, wodurch ein Niederschlag ausfällt.

- 7\* Zulässige Blei(II)-Ionenkonzentration im Trinkwasser:

$$\beta = 0,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$$

$$M = \frac{n}{m} \quad n(\text{Pb}^{2+}) = \frac{1 \cdot 10^{-5} \text{ g}}{207 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \quad n(\text{Pb}^{2+}) = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$$

$$c = \frac{n}{V} \quad n(\text{Pb}^{2+}) = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Notwendige Carbonat-Ionenkonzentration bis zum Überschreiten des Löslichkeitsproduktes:



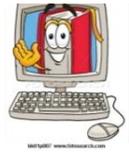
$$c(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{K_L(\text{PbCO}_3)}{c(\text{Pb}^{2+})} \quad c(\text{CO}_3^{2-}) = 6,88 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Beträgt die Stoffmengenkonzentration der Carbonat-Ionen

$c(\text{CO}_3^{2-}) = 6,88 \cdot 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ , wäre die Trinkwasserqualität erreicht. Da

Natriumcarbonat gut in Wasser löslich ist, könnte man die beschriebene Fällung durchführen.

## Die Löslichkeit von Bleisalzen



### Aufgabe 4

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

#### → Listen

- Cursor in die zweite Zeile, dritte und vierte Spalte setzen; Eingabe der Formeln zur Berechnung

#### → Formeln

$$c(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt[3]{\frac{K_L}{4}}$$

$$m(\text{Pb}^{2+}) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot M(\text{Pb}^{2+}) \cdot 1000$$

	k1	cpb	mpb
1	3.6E-8	0.00208	430.577
2	0.000016	0.015874	3285.92
3	0.000039	0.021363	4422.2
4	1.4E-8	0.001518	314.287

Formula bar:  $c_{pb} = \sqrt[3]{\frac{k1}{4}}$

### Aufgabe 5

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

#### → Listen

- Cursor in die zweite Zeile und entsprechende Spalte setzen; Eingabe der Formeln zur Berechnung

#### → Formeln

$$c(\text{Pb}^{2+}) = \sqrt{K_L}$$

$$m(\text{Pb}^{2+}) = c(\text{Pb}^{2+}) \cdot M(\text{Pb}^{2+}) \cdot 1000$$

	k12	cpb2	mpb2
1	3.3E-14	1.81659...	0.037603
2	1.25E-8	0.000112	23.1433
3	3.4E-28	1.84391...	3.81689E-9
4	-	-	-
5	-	-	-

Formula bar:  $c_{pb2} = \sqrt{k12}$

## Die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotenzials

Untersuchen Sie die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotenzials.

### Geräte

- 4 Bechergläser (V = 100 ml)
- Filterpapierstreifen
- 2 Kabel, 2 Krokodilklemmen
- Stativmaterial
- Vollpipette (V = 50 ml), Pipettierball
- Voltmeter

### Chemikalien

- Silbernitratlösung der Stoffmengenkonzentrationen:
  - $c_1 = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$
  - $c_2 = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$
  - $c_3 = 0,001 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$
  - $c_4 = 0,0001 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$
- 2 Silberelektroden
- konzentrierte Kaliumnitratlösung

### Versuchsdurchführung

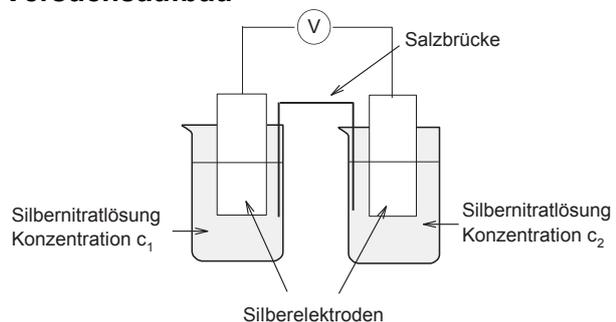
Füllen Sie die Bechergläser mit je 50 ml Silbernitratlösung der verschiedenen Konzentrationen.

Verbinden Sie je zwei Bechergläser mit einem frischen, mit konzentrierter Kaliumnitratlösung getränkten Filterpapierstreifen. Tauchen Sie je eine gut gesäuberte Silberelektrode in jedes Becherglas ein.

Verbinden Sie die Silberelektroden mithilfe der Krokodilklemmen und der Kabel mit dem Messgerät und messen Sie die Spannung.

Messen Sie die Spannung für alle möglichen Kombinationen von Halbzellen.

### Versuchsaufbau



- 1 Protokollieren Sie Ihre Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle. Ergänzen Sie anschließend die Tabelle unter Nutzung Ihres TR.

Akzeptor-Halbzelle $c(\text{Ag}^+)$ in $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$	Donator-Halbzelle $c(\text{Ag}^+)$ in $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$	$\frac{c_A(\text{Ag}^+)}{c_D(\text{Ag}^+)}$	$\lg \frac{c_A(\text{Ag}^+)}{c_D(\text{Ag}^+)}$	Zellspannung U in mV
0,1	0,01			
0,1	0,001			
0,1	0,0001			
0,01	0,001			
0,01	0,0001			
0,001	0,0001			

- 2 Erläutern Sie die Zuordnung von Akzeptor- und Donator-Halbzelle in Abhängigkeit von den verwendeten Konzentrationen.

- 3.1 Stellen Sie die Zellspannung U in Abhängigkeit des Terms  $\lg \frac{c_A(\text{Ag}^+)}{c_D(\text{Ag}^+)}$  mithilfe des TR grafisch dar.

- 3.2 Interpretieren Sie die grafische Darstellung. Ermitteln Sie eine Funktionsgleichung, die den mathematischen Zusammenhang der dargestellten Werte beschreibt.



## Die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotenzials

Jahrgang

Sekundarstufe II

Lernvoraussetzungen

Schülerinnen und Schüler

- kennen Standardpotenziale und die elektrochemische Spannungsreihe.
- sind in der Lage, die Entstehung eines Elektrodenpotenzials zu erläutern.
- können qualitative Aussagen zum Konzentrationseinfluss auf das Elektrodenpotenzial machen.
- können mit dem TR
  - Daten in Listen eingeben und
  - Daten grafisch darstellen.

Empfehlung zur Unterrichtsorganisation

Die Messwerte (Aufgabe 1) können im Schülerexperiment (Gruppenarbeit) oder in einem Demonstrationsexperiment ermittelt werden. Möglich ist auch die Vorgabe der Zellspannungen durch den Lehrer.

Die Auswertung der Aufgaben 1, 2 und 3 kann in Einzel- oder Gruppenarbeit erfolgen.

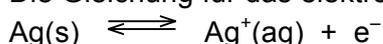
### Lösungshinweise

1	Akzeptor-Halbzelle $c(\text{Ag}^+)$ in $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$	Donator-Halbzelle $c(\text{Ag}^+)$ in $\text{mol}\cdot\text{l}^{-1}$	$\frac{c_A(\text{Ag}^+)}{c_D(\text{Ag}^+)}$	$\lg \frac{c_A(\text{Ag}^+)}{c_D(\text{Ag}^+)}$	Zellspannung $U$ in mV
	0,1	0,01	10	1	59
	0,1	0,001	100	2	118
	0,1	0,0001	1000	3	177
	0,01	0,001	10	1	59
	0,01	0,0001	100	2	118
	0,001	0,0001	10	1	59

Eingabe der Messwerte und Berechnung der fehlenden Werte.

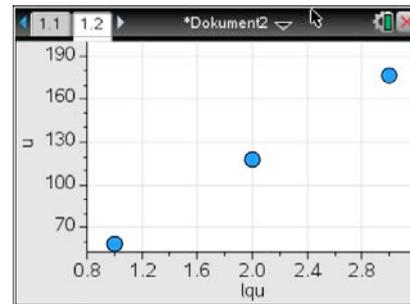
	A ca	B cd	C qu	D lqu
=			=ca/cd	=log(qu)
1	0.1	0.01	10.	1.
2	0.1	0.001	100.	2.
3	0.1	0.0001	1000.	3.
4	0.01	0.001	10.	1.

2 Die Gleichung für das elektrochemische Gleichgewicht an den Elektroden lautet:



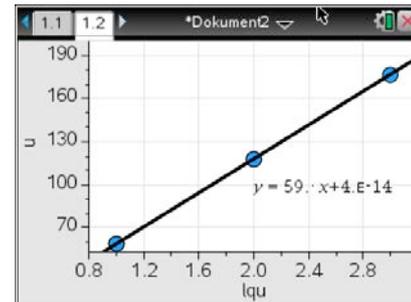
In den geringer konzentrierten Lösungen läuft nach dem Prinzip von LE CHATELIER bevorzugt die Elektronenabgabe unter Bildung von Kationen ab, sodass diese Halbzellen die Donator-Halbzellen bilden. Dementsprechend sind die Halbzellen mit der konzentrierteren Lösung die Akzeptor-Halbzellen.

## 3.1 Grafische Darstellung:



- 3.2 Die dargestellten Punkte liegen auf einer Ursprungsgeraden. Die Zellspannung  $U$  ist proportional zu dem Quotienten  $\lg \frac{c_A(\text{Ag}^+)}{c_D(\text{Ag}^+)}$ . Die Funktionsgleichung lautet:

$$U = 59 \text{ mV} \cdot \lg \frac{c_A(\text{Ag}^+)}{c_D(\text{Ag}^+)}$$



## Die Konzentrationsabhängigkeit des Elektrodenpotenzials



### Aufgabe 1

#### „Lists & Spreadsheets“

- Spalten benennen
- Daten eingeben

→ Listen

- Cursor in die zweite Zeile, dritte und vierte Spalte setzen; Eingabe der Formel zur Berechnung

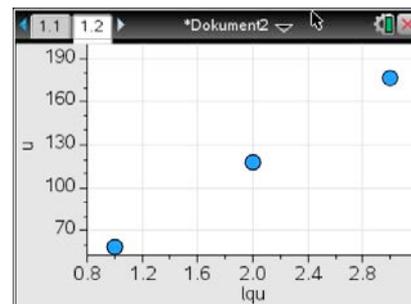
→ Formeln

	ca	cd	qu	lqu
			=ca/cd	=log(qu)
1	0.1	0.01	10.	1.
2	0.1	0.001	100.	2.
3	0.1	0.0001	1000.	3.
4	0.01	0.001	10.	1.

### Aufgabe 3.1

#### „Data & Statistics“

- nach Betätigung der Taste **tab** öffnet sich an der x- oder y-Achse des Koordinatensystems ein Menü; Auswahl der Datenreihe; Bestätigung mit **enter**



### Aufgabe 3.2

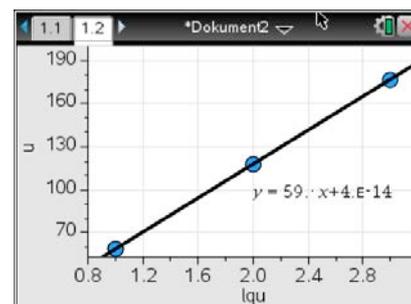
#### „Data & Statistics“

- Die Funktionsgleichung kann mittels der linearen Regression ermittelt werden.

Menu 4:Analysieren

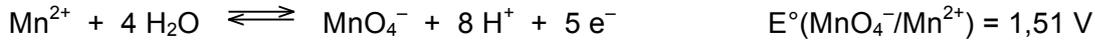
6:Regression

1:Lineare Regression (mx+n)



## Die pH-Wertabhängigkeit des Redoxpotenzials

Redoxreaktionen sind elektrochemische Prozesse. Einige Reaktionen sind vom pH-Wert abhängig. Ein Beispiel dafür ist nachfolgendes Redoxpaar.



- 1 Erläutern Sie die allgemeinen Bedingungen für den Ablauf einer Redoxreaktion anhand der Redoxpotenziale.
- 2 Entwickeln Sie die NERNST-Gleichung für das oben angegebene Redoxpaar und begründen Sie die starke pH-Abhängigkeit seines Redoxpotenzials.  
*Hinweis: Für die Stoffmengenkonzentration soll  $c(\text{MnO}_4^-) : c(\text{Mn}^{2+}) = 100:1$  gelten.*
- 3 Um die pH-Wertabhängigkeit des gegebenen Redoxpaares grafisch darstellen zu können, muss die NERNST-Gleichung umgeformt werden.

- 3.1 Die nebenstehende Gleichung wurde aus der in Aufgabe 2 erstellten NERNST-Gleichung hergeleitet. Erläutern Sie vorgenommenen äquivalenten Umformungen.

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (2 - 8 \cdot \text{pH})$$

- 3.2 Geben Sie die unter 3.1 hergeleitete Gleichung in den TR ein und stellen Sie den Graphen der Funktion im Intervall von pH = 0 bis pH = 6 dar. Interpretieren Sie den Kurvenverlauf.



*Hinweis: Setzen Sie in die unter 3.1 gegebene Gleichung für den pH-Wert  $\text{pH} = x$  ein.*

- 4.1 Das vom pH-Wert unabhängige Standardredoxpotenzial des Redoxpaares Brom/Bromid-Ionen kann ebenfalls als Funktion dargestellt werden. Ergänzen Sie in der unter 3.2 erstellten Grafik den Graphen dieser Funktion. Ermitteln Sie den Schnittpunkt der beiden Graphen.



Ziehen Sie Schlussfolgerungen über die Möglichkeit der Oxidation von Bromid-Ionen zu Brom durch eine Kaliumpermanganatlösung bei verschiedenen pH-Werten.  
 $E^\circ(\text{Br}_2/2 \text{Br}^-) = 1,07 \text{ V}$

- 4.2 Überprüfen Sie, ob man mit dem oben angegebenen Redoxpaar ( $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ ) Chlorid-Ionen bei einem pH-Wert, der kleiner als 1,84 ist, oxidieren kann.



Diskutieren Sie mit Ihrem Nachbarn unterschiedliche Lösungsstrategien und dokumentieren Sie diese.

$$E^\circ(\text{Cl}_2/2 \text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$$

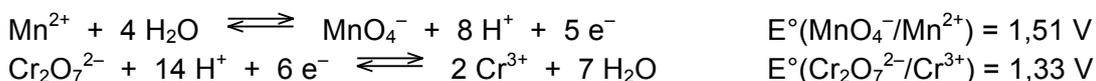
- 5\* Vergleichen Sie die pH-Wertabhängigkeit der nachfolgend angegebenen korrespondierenden Redoxpaare.



Veranschaulichen Sie Ihre Aussagen mithilfe entsprechender Graphen auf Ihrem TR.

*Hinweise: - Nutzen Sie Ihre Lösungen der Aufgaben 1 bis 3.*

*- Für die Stoffmengenkonzentrationen soll  $(\text{MnO}_4^-) : c(\text{Mn}^{2+}) = 100:1$  bzw.  $c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) : c(\text{Cr}^{3+}) = 100:1$  gelten.*



## Die pH-Wertabhängigkeit des Redoxpotenzials

Jahrgang	Sekundarstufe II
Lernvoraussetzungen	Schülerinnen und Schüler <ul style="list-style-type: none"> <li>• beherrschen die Grundlagen der Elektrochemie.</li> <li>• kennen die NERNST-Gleichung und deren Anwendungen.</li> <li>• sind in der Lage, den freiwilligen Ablauf von Redoxreaktionen mithilfe von Redoxpotenzialen vorauszusagen.</li> <li>• können mit dem TR             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionen darstellen.</li> </ul> </li> </ul>
Empfehlung zur Unterrichtsorganisation	<p>Die Aufgaben 1 bis 4.2 können in Einzel- oder in Gruppenarbeit gelöst werden.</p> <p>Die Aufgabe 4.2 dient dazu, verschiedene Lösungsvarianten für das gestellte Problem zu diskutieren und anzuwenden. Außerdem soll das Verständnis für notwendige Voraussetzungen zum Ablauf von Redoxreaktionen gefestigt werden.</p> <p>Entsprechend der Aufgabenstellung ist eine Partner- oder Gruppenarbeit zu organisieren.</p> <p>Die Aufgabe 5 ist eine Aufgabe mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad. Sie sollte Hausaufgabe für interessierte Schüler sein oder als Zusatzangebot zur Differenzierung im Unterricht genutzt werden.</p>

### Lösungshinweise

1 z. B.  
Teilchen mit dem kleineren Potenzial müssen in reduzierter und Teilchen mit dem größeren Potenzial in oxidierter Form vorliegen.

$$2 \quad E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot \lg \frac{c(\text{MnO}_4^-) \cdot c^8(\text{H}^+)}{c(\text{Mn}^{2+})}$$

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot \lg \frac{100 \cdot c^8(\text{H}^+)}{1}$$

Die Stoffmengenkonzentration der Wasserstoff-Ionen geht bei Berechnungen des Redoxpotenzials in der achten Potenz ein. Daraus resultiert eine starke Abhängigkeit des Potenzials vom pH-Wert der Lösung.

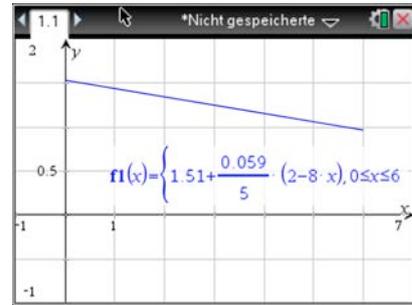
3.1 Siehe Aufgabe 2

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (\lg 100 + \lg(c^8(\text{H}^+)))$$

$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (2 + 8 \cdot \lg(c(\text{H}^+)))$$

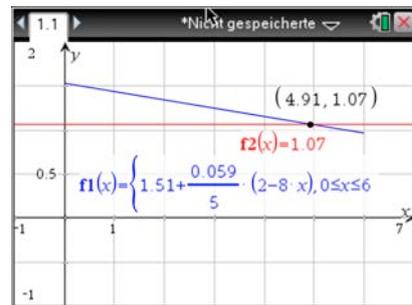
$$E(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V} + \frac{0,059}{5} \text{ V} \cdot (2 - 8 \cdot \text{pH})$$

3.2 Mit steigendem pH-Wert sinkt das Redoxpotenzial des betrachteten korrespondierenden Redoxpaares linear.



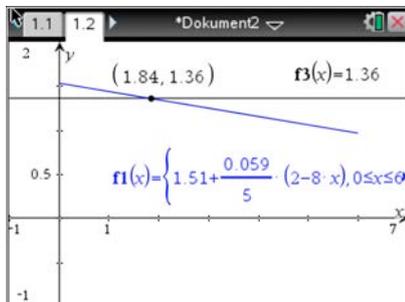
4.1 Bei einem pH-Wert von 4,91 entspricht das Redoxpotenzial von Permanganat-/Mangan(II)-Ionen dem Standardpotenzial von Brom.

Verringert sich der pH-Wert, so steigt das Redoxpotenzial über das von Brom. Da Permanganat-Ionen Oxidations- und Bromid-Ionen Reduktionsmittel sind, läuft die Oxidation von Bromid-Ionen ab. Wird der pH-Wert größer als 4,9, können keine Bromid-Ionen mehr oxidiert werden (siehe Aufgabe 1).



4.2 Lösungsvariante I

Grafisches Lösen (siehe Aufgabe 4.1)



Lösungsvariante II

Berechnung des Redoxpotenzials von Permanganat-/Mangan(II)-Ionen bei einem pH-Wert von 1,84



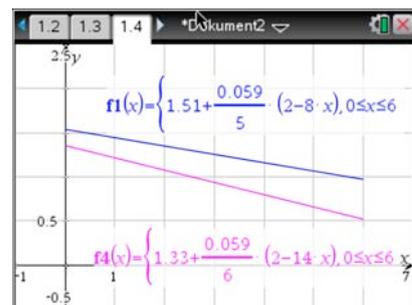
Bei einem pH-Wert von 1,84 entspricht das Redoxpotenzial von Permanganat-/Mangan(II)-Ionen dem von Chlorid-Ionen/Chlor.

Bei Verkleinerung des angegebenen pH-Wertes ist eine Oxidation von Chlorid-Ionen möglich, da das Redoxpotenzial des Oxidations- größer als das des Reduktionsmittels ist.

$$5^* \quad E(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33\text{V} + \frac{0,059}{6} \text{V} \cdot \lg \frac{c(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) \cdot c^{14}(\text{H}^+)}{c(\text{Cr}^{3+})}$$

$$E(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33 \text{ V} + \frac{0,059}{6} \text{ V} \cdot (2 - 14 \cdot \text{pH})$$

Das Redoxpotenzial Dichromat-/Chrom(III)-Ionen ist stärker vom pH-Wert abhängig. Der Betrag der Steigung des entsprechenden Graphen ist größer.



## Die pH-Wertabhängigkeit des Redoxpotenzials

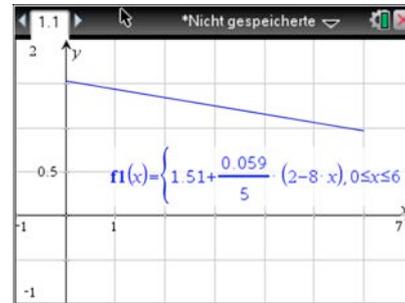


### Aufgabe 3.2

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Festlegung des Intervalls  
`ctrl` `=` `||` `0` `ctrl` `=` `↵` `x` `ctrl` `=` `↵` `6`

→ Graphs

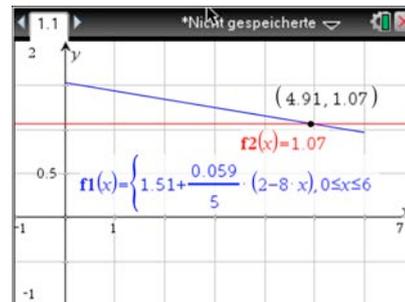


### Aufgabe 4.1

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Schnittpunkt der Graphen ermitteln  
`Menu` `6:Graph analysieren`  
`4:Schnittpunkt`

→ Graphs

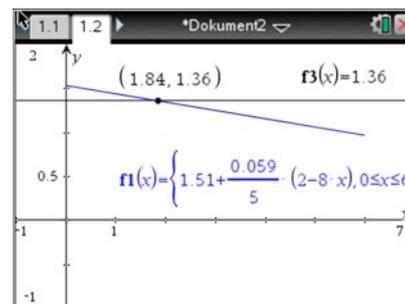


### Aufgabe 4.2

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Schnittpunkt der Graphen ermitteln  
`Menu` `6:Graph analysieren`  
`4:Schnittpunkt`

→ Graphs

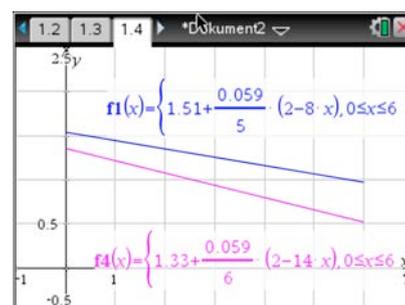


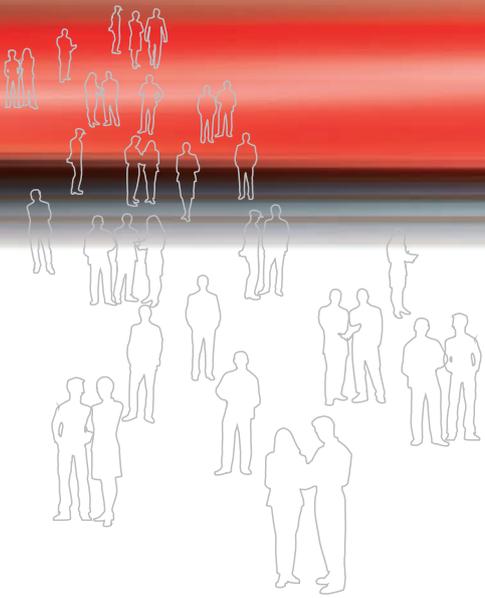
### Aufgabe 5

#### „Graphs“

- Eingabe der Funktionsgleichung
- Festlegung des Intervalls  
`ctrl` `=` `||` `0` `ctrl` `=` `↵` `x` `ctrl` `=` `↵` `6`

→ Graphs



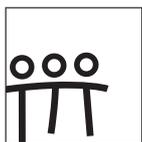


T<sup>3</sup>- NATURWISSENSCHAFTEN

## Von den Massenproportionen bis zur NERNST-Gleichung

Arbeitsblätter zum Einsatz des TI-Nspire™ im Chemieunterricht

Frank Liebner (Hrsg.)



T<sup>3</sup> DEUTSCHLAND

[www.t3deutschland.de](http://www.t3deutschland.de)



[education.ti.com](http://education.ti.com)

Weitere Materialien finden Sie unter:  
[www.ti-unterrichtsmaterialien.net](http://www.ti-unterrichtsmaterialien.net)