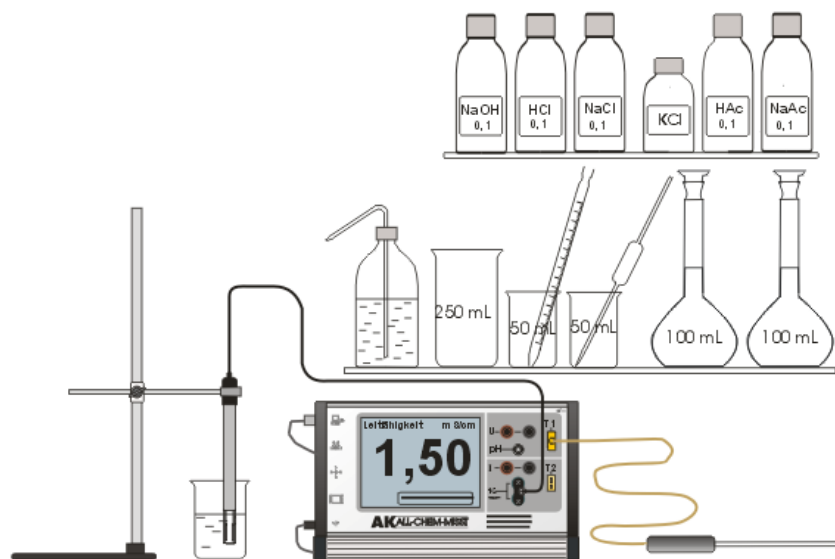


**Prinzip:** Es wird eine Verdünnungsreihe der jeweiligen Salzlösung hergestellt und von dieser die elektrische Leitfähigkeit gemessen.

**Versuchsaufbau:**



**Materialliste:**

**Geräte:**

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| 1 ALL-CHEM-MISST II     | n Messkolben, 100 mL |
| 1 Netzteil              | 1 Stativ             |
| evtl. Beamer mit Kabeln | 1 Muffe              |
| Computer / Laptop       | 1 Greifklemme, klein |
| 1 LF - Elektrode        | 1 Pipette, 10 mL     |
| 1 Temperaturfühler      | 1 Pipette, 20 mL     |
| 1 Becherglas, 250 mL    | 1 Pipettierhilfe     |
| n Bechergläser, 50 mL   |                      |

**Chemikalien:**

- HCl-Lösung (c=0.1mol/L)
- NaOH-Lösung (c=0.1mol/L)
- NaCl-Lösung (c=0.1mol/L)
- NaAc-Lösung (c=0.1mol/L)
- HAc-Lösung (c=0.1mol/L)
- dest. Wasser
- KCl, p.a.

**Vorbereitung des Versuchs:**

- Die Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen.
- Die Leitfähigkeitsmesszelle in ein mit etwa 150 mL dest. Wasser gefülltes 250 mL Becherglas stellen.
- Sie wird auch zwischen den Messungen hier aufbewahrt.
- Die Bananenstecker der LF- Elektrode in die entsprechende LF - Buchse am ALL-CHEM-MISST II stecken.
- Das Stativ zur Erleichterung des Probenwechsels "falsch herum" hinstellen.
- Zur Temperaturkontrolle den Temperaturfühler in die Buchse T1 stecken.

Herstellen der Messlösungen

Von den in der Tabelle aufgeführten Ausgangslösungen (c = 0.1 mol/L) werden die angegebenen Volumina entnommen, im 100 mL Messkolben bis zur Marke aufgefüllt und geschüttelt.

Volumen Lsg. (c=0,1 mol/L)	neue Konzentration	Leitwert				
		HCl - Lsg.	NaOH - Lsg.	NaCl - Lsg.	NaAc - Lsg.	HAc - Lsg.
mL	mol/L	mS/cm	mS/cm	mS/cm	mS/cm	mS/cm
5	0.005					
10	0.010					
20	0.020					
40	0.040					
60	0.060					
80	0.080					
100	0.100					

Evtl. Herstellen der Kalibrierlösung für Leitfähigkeitsmessungen

- 631,3 mg bei 150 °C getrocknetes und im Exsikkator aufbewahrtes Kaliumchlorid auf einem sauberen Uhrglas abwägen.
- Mit Hilfe des Trichters und möglichst kohlenstoffsaurefreiem bidest. Wasser in einen 1000 mL Messkolben überführen, bis zur Marke auffüllen und schütteln.
- Die Lösung hat bei 25 °C einen Leitwert von 1.00 mS/cm. (Falls eine Thermostatisierung nicht möglich ist, wird der Leitwert der Tabelle entnommen).

Temperatur in °C	18	19	20	21	22	23	24	25
elektr. Leitfähigkeit in mS/cm	0,867	0,885	0,904	0,924	0,943	0,962	0,981	1.000

**Durchführung des Versuches:**

- Falls möglich die Lösungen bei 25°C thermostatisieren.
- Beginnend mit der verdünntesten Lösung etwa 30 mL in ein 50 mL Becherglas geben, die Leitfähigkeitselektrode eintauchen und damit umrühren.
- Danach die Lösung weggießen, erneut etwa 30 mL einfüllen und mit der Elektrode umrühren.
- Den Messwert ablesen und in die Tabelle (Seite 1/7) eintragen.
- Die Leitfähigkeitselektrode gut spülen und in das 250 mL Becherglas zurückstellen.
- Die Messung mit den anderen Verdünnungen bzw. Substanzen wiederholen.
- Zuletzt eventuell in der gleichen Weise die Kalibrierlösung messen, zusätzlich die Temperatur der Kalibrierlösung messen und beide Werte notieren.

Beispielwerte: Leitwert der Kalibrierlösung: 1.103 mS/cm - Temperatur: 25°C.

**Auswertung des Versuches:**

Aus dem Leitwert erhält man normalerweise keine stoffspezifischen Aussagen, deshalb bezieht man ihn auf die Konzentration (siehe: Arbeitsblatt D00 in Band IIA Grundlagen) und errechnet die Äquivalentleitfähigkeit  $\Lambda$ . Diese ist bei genügend kleinen Konzentrationen proportional zur Konzentration.

Ansonsten gilt eher das Gesetz von Kohlrausch: Die Äquivalentleitfähigkeit  $\Lambda$  ist proportional zur Wurzel aus der Konzentration. Zeichnet man einen solchen Graphen und extrapoliert gegen  $c = 0$ , so erhält man die nur vom Stoff abhängige Größe „Äquivalentleitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung“  $\Lambda_{\infty}$  (Grenzleitfähigkeit).

Die Auswertung wird für die NaCl - Lsg. genau beschrieben. Nachfolgendes gilt sinngemäß auch für die anderen Lösungen.

**Computerprogramm: AK Analytik 32.NET (→ Messen/Neu → Messwerte eintippen)**

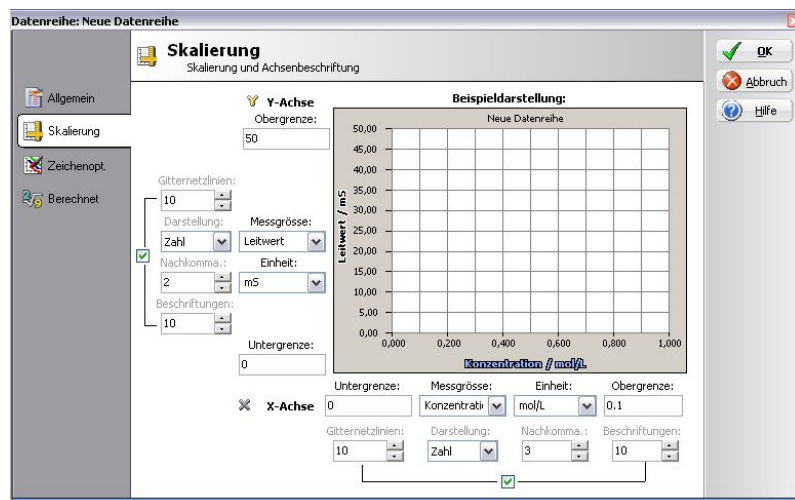
**Skalierung**

**y-Achse :**

- Gitternetzlinien ⇒ 10
- Nachkomma: ⇒ 2
- Beschriftungen: ⇒ 10
- Obergrenze ⇒ 50
- Messgröße: ⇒ Leitwert
- Einheit: ⇒ mS

**X-Achse:**

- Messgröße: ⇒ Konzentration
- Einheit: ⇒ mol/L
- Obergrenze ⇒ 0,1
- Gitternetzlinien ⇒ 10
- Nachkomma: ⇒ 3
- Beschriftungen: ⇒ 10



Anschließend: Wertepaare eintippen: jeweils weiter mit [Enter] Ende z.B. mit ⇒ **Fenster Schließen**


Geben Sie entsprechend der nachfolgenden Tabelle mit Beispielmesswerten Ihre Daten für die NaCl - Lösung ein.

Konzentration mol/L	Leitwert			
	HCl - Lsg. mS/cm	NaOH - Lsg. mS/cm	NaCl - Lsg. mS/cm	NaAc - Lsg. mS/cm
0.005	2.3	1.4	0.65	0.47
0.010	4.6	2.7	1.29	0.90
0.020	9.1	5.3	2.54	1.73
0.040	18.1	10.4	4.92	3.22
0.060	26.8	15.4	7.22	4.57
0.080	35.5	20.0	9.49	5.78
0.100	44.1	25.1	11.73	6.84

**Evtl. Leitwertkorrektur:**

Da die Proben thermostatisiert waren, kann man mit Hilfe des Leitwertes der Kalibrierlösung die Korrektur in erster Näherung vornehmen:

$$\text{Leitwert}_{(\text{wirklich})} = \text{Leitwert}_{(\text{gemessen})} * \frac{\text{Leitwert}_{(\text{Kalibrierlösung - Soll})}}{\text{Leitwert}_{(\text{Kalibrierlösung - gemessen})}}$$

Umrechnung aufrufen mit  oder im Hauptmenü: ⇒ Rechnen ⇒ „Umrechnen mit einzugebender Funktion“

Bei: Eigene Funktion den Term eingeben:  $Y = YA * 1 / 1.103$  (**Achtung: Beispiel**)

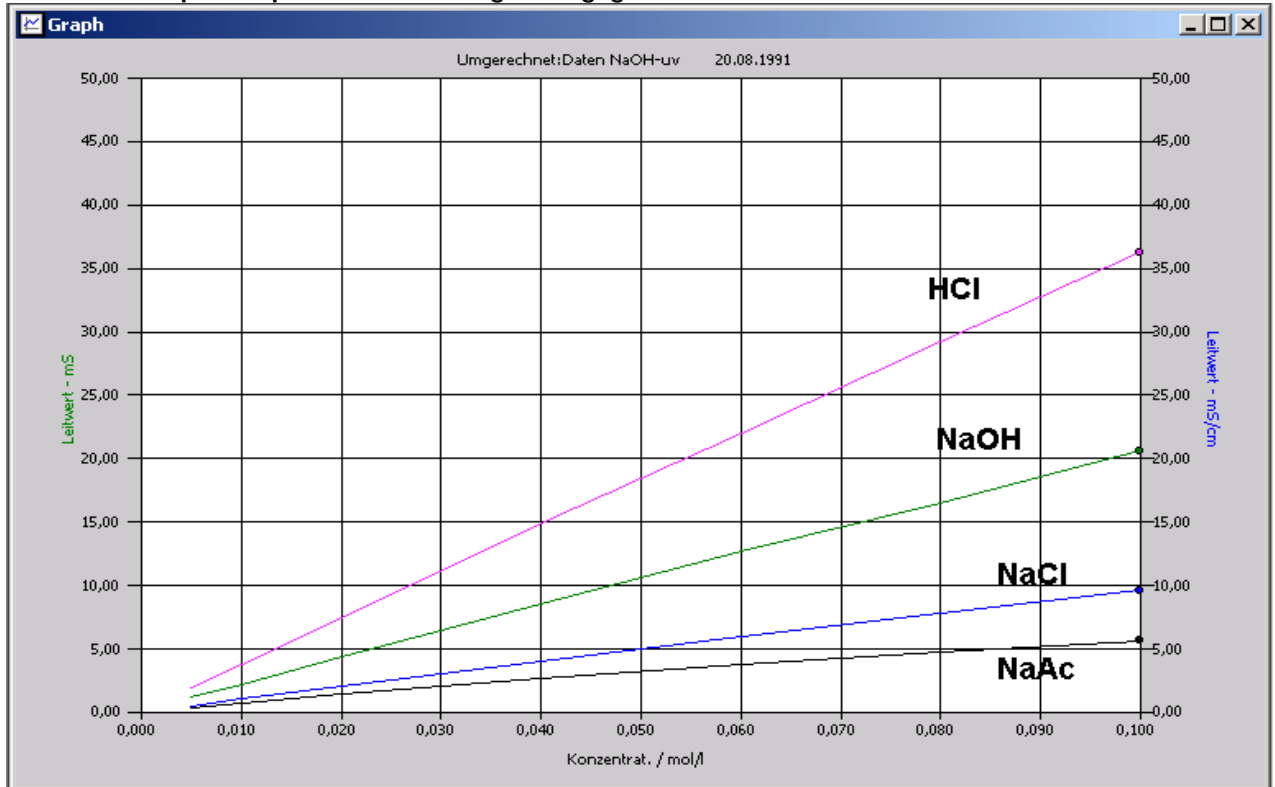
**OK** | Was wollen Sie mit der soeben erzeugten Datenreihe tun? |  Als neue Datenreihe anlegen |  **OK**

Geben Sie die Messdaten der anderen Lösungen ein, rechnen Sie diese analog um. (Das Beispiel wird mit der Datei: NACL-UV fortgesetzt.)

Neue Datenreihe einfügen | Im HM ⇒ Element ⇒ Neue Datenreihe

Vergessen Sie nicht, nach allen Umrechnungen das Projekt zu speichern.



**Zeichnen des Graphen: Spezifische Leitfähigkeit K gegen c**



**Umrechnung von spezifischer Leitfähigkeit auf Äquivalentleitfähigkeit  $\Lambda_c$** 

Laut Arbeitsblatt (D00) muss der Leitwert durch die jeweilige Konzentration dividiert werden, um die Äquivalentleitfähigkeit zu erhalten. ( $z^*$  = hier immer gleich 1)

$$\Lambda = \frac{\kappa}{z^* \cdot c}$$

Umrechnung aufrufen mit  oder im Hauptmenü: $\Rightarrow$ Rechnen $\Rightarrow$ „Umrechnen mit einzugebender Funktion“		
Bei: Eigene Funktion den Term eingeben: $Y = \underline{YA / XA}$	Als neue Datenreihe anlegen Ja	 <b>OK</b>



Dann müssen die Achsenbeschriftungen und die Maximalwerte geändert werden.

Skalierung ändern:		
$\Rightarrow$ Rechte Maustaste	$\Rightarrow$ Eigenschaften	$\Rightarrow$ entsprechende Datenreihe markieren und anklicken
$\Rightarrow$ Eigenschaften $\Rightarrow$ <i>y-Achse Bezeichnung:</i> <u>Äqu.Leitf</u> $\Rightarrow$ <i>y-Achse- Einheit:</i> <u>S*cm<sup>2</sup>/mol</u>		
<i>y-Achse Obergrenze:</i> <u>500</u>	$\Rightarrow$ OK	$\Rightarrow$ OK

**Der Graph  $\Lambda_c$  gegen  $\sqrt{c}$ , Bestimmung von  $\Lambda_\infty$  bzw. des Kohlrausch-Faktors**

Zu Linearisierung wird nach Kohlrausch (Arbeitsblatt D00)  $\Lambda_c$  gegen  $\sqrt{c}$  aufgetragen,

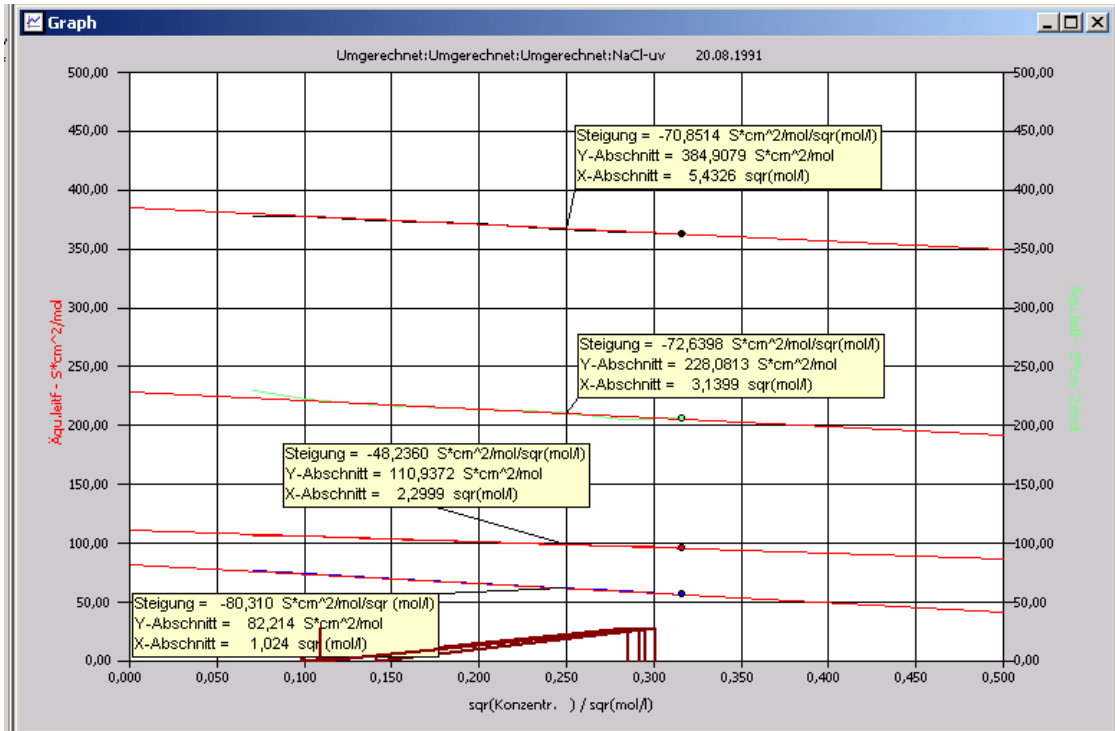
$$\Lambda_c = \Lambda_\infty - A \cdot \sqrt{c}$$

Umrechnung aufrufen mit  oder im Hauptmenü: $\Rightarrow$ Rechnen $\Rightarrow$ „Umrechnen mit einzugebender Funktion“		
Bei: Eigene Funktion den Term eingeben: $X = \underline{\text{sqr}(XA)}$	Als neue Datenreihe anlegen Ja	 <b>OK</b>

Dann müssen die Achsenbeschriftungen und die Maximalwerte geändert werden.

Skalierung ändern:		
$\Rightarrow$ Rechte Maustaste	$\Rightarrow$ Eigenschaften	$\Rightarrow$ entsprechende Datenreihe markieren und anklicken
$\Rightarrow$ Eigenschaften $\Rightarrow$ <i>x-Achse Messgröße:</i> <u>sqr(Konzentr.)</u> $\Rightarrow$ <i>x-Achse- Einheit:</i> <u>sqr(mol/l)</u>		
<i>x-Achse Obergrenze:</i> <u>0,5</u>	$\Rightarrow$ OK	$\Rightarrow$ OK

Anmerkung: sqr bedeutet (square-root ) Wurzelzeichen



Auswerten aufrufen im Hauptmenü: ⇒ Auswerten ⇒ „Ein-Geraden-Methode“  
 folgen Sie den Anweisungen dann: ➔ Weiter  
 Einzeichnen der Geraden 🖌 Zeichnen Eintragen der Werte: 🏷 Beschriften Ende: ✅ Fertig

Die nun angezeigte Steigung gibt den Kohlrauschfaktor, der y-Abschnitt den Grenzleitwert  $\Lambda_{\infty}$  (Äquivalentleitfähigkeit bei unendlicher Verdünnung) an.

Lösung	Kohlrauschfaktor	Grenzleitwert $\Lambda_{\infty}$ $S \cdot cm^2 \cdot mol^{-1}$	$\Lambda_{\infty}$ (Literatur) $S \cdot cm^2 \cdot mol^{-1}$
HCl		384,9	426,2
NaOH		228	248,7
NaCl	-50	111	126,5
NaAc		82,2	91,0

### Tips

Möchten Sie alle Kurven in einer Graphik, wie oben dargestellt, ⇒ Rechte Maustaste, ⇒ Anklicken der gewünschten Datenreihen ⇒ OK

### Entsorgung

**Literatur:** F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988 , S. 142, Verlag Dr. Flad, Stuttgart