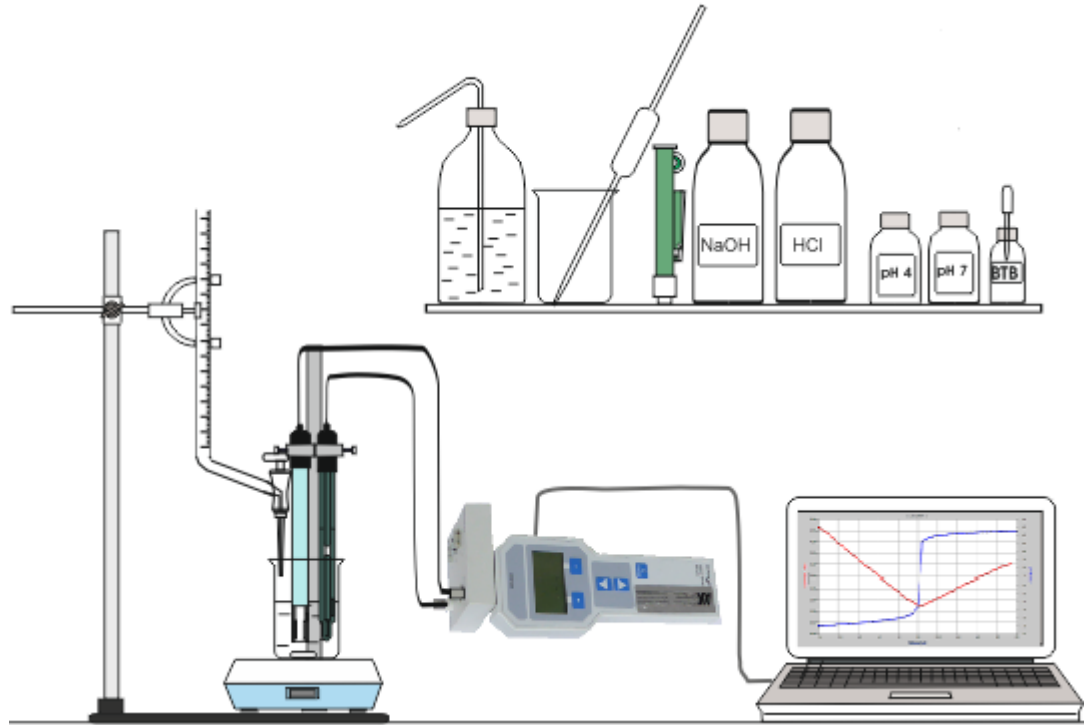


**Prinzip**

Da sich bei der Neutralisation die Leitfähigkeit und der pH-Wert ändern, kann man die Titration sowohl konduktometrisch wie auch potenziometrisch verfolgen  
Mit (Mobile / Pocket) CASSY / CASSY Lab 2 kann man Leitfähigkeit und pH-Wert gleichzeitig aufzunehmen.

**Aufbau  
und  
Vorbe-  
reitung**



**Benötigte Geräte**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Mobile CASSY / USB- Kabel    | <input type="checkbox"/> "Spülbecherglas", 250 mL |
| <input type="checkbox"/> Chemie-Box                   | <input type="checkbox"/> Pipette, 10 mL           |
| <input type="checkbox"/> Computer/Laptop <b>Eee06</b> | <input type="checkbox"/> Magnetrührer             |
| <input type="checkbox"/> LF-Elektrode                 | <input type="checkbox"/> Rührfisch                |
| <input type="checkbox"/> pH-Elektrode                 | <input type="checkbox"/> 2 Stative                |
| <input type="checkbox"/> Becherglas, 150 mL           | <input type="checkbox"/> Bürettenklemme           |
| <input type="checkbox"/> Bürette, 25 mL               | <input type="checkbox"/> Doppelelektrodenhalter   |
| <input type="checkbox"/> Muffe                        | <input type="checkbox"/> Pipettierhilfe           |

**Verwendete Chemikalien**

- Natronlauge (c = 0,1 mol/L)
- Salzsäure (c = 0,1 mol/L)
- dest. Wasser
- Pufferlösung, pH 7
- Pufferlösung, pH 4
- evtl. Bromthymolblaulösung

**Vorbereitung des Versuchs**

- ▶ Geräte entsprechend der Zeichnung bereitstellen, aufbauen und verbinden.
- ▶ 10 mL Salzsäure (bzw. Analysenlösung) mit der Pipette in das Becherglas geben.
- ▶ Rührfisch dazugeben und Becherglas auf den Magnetrührer stellen.
- ▶ pH-Elektrode in das halb mit Leitungswasser gefüllte „Spülbecherglas“ stellen.
- ▶ pH-Elektrode in die entsprechende pH-Buchse an der Chemiebox stecken.
- ▶ Leitfähigkeitselektrode in die entsprechende Chemiebox-Buchse stecken und am Elektrodenhalter befestigen.
- ▶ Die Bürette mit Natronlauge füllen und auf die Nullmarkierung einstellen.
- ▶ Chemie-Box über Mobile CASSY und USB-Kabel mit dem Computer verbinden.

**Vorbereitung am Computer**

- ▶ Mit Desktop-Icon **CASSY Lab 2** starten, es erscheint ein Fenster „CASSYs“ mit dem Mobile CASSY oder Pocket CASSY und der Chemie-Box.
- ▶ Auf der Chemie-Box unter dem Pocket CASSY auf **Leitfähigkeit** klicken. Es erscheint eine Analog- und Digitalanzeige für Leitfähigkeit c1 und rechts das Fenster „Einstellungen“ Bereich der Leitfähigkeit c1  
**0 mS/cm ... 10 mS/cm**

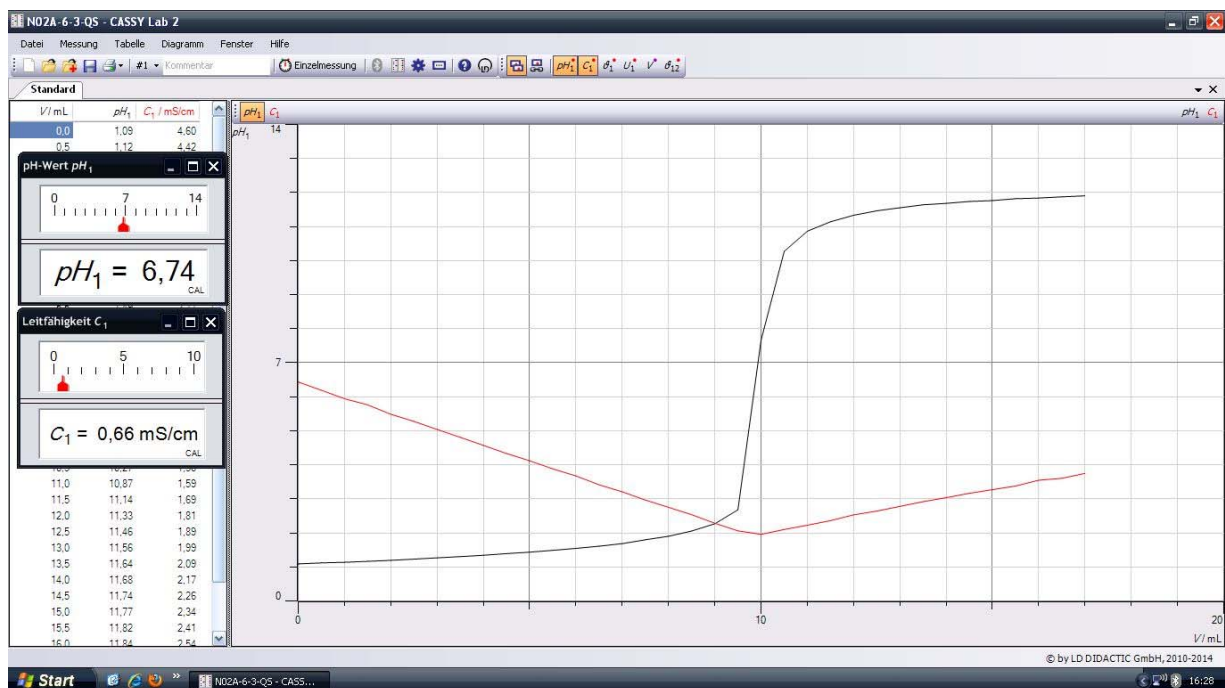
- ▶ Darunter „Aufnahme“ **manuell** auswählen.
- ▶ Auf der Chemie-Box unter dem Pocket CASSY auf **pH** klicken. Es erscheint die Digitalanzeige für pH Wert "pH1" und im Fenster "Einstellungen" Angaben zum pH Wert. Fenster "CASSYS" **✖**.
- ▶ Will man kalibrieren **Korrigieren** sonst: Grün unterlegten Teil überspringen.

#### pH-Kalibrierung

- ▶ pH Elektrode abspülen, in Pufferlösung 7 stellen und warten, bis die "Istwerte" stabil sind.
- ▶ "Sollwerte" oben **7** und **Offset korrigieren**.
- ▶ pH Elektrode abspülen und in Pufferlösung 4 stellen warten, bis die "Istwerte" stabil sind.
- ▶ "Sollwerte" unten **4** und **Faktor korrigieren**.
- ▶ **Schließen**.
- ▶ Noch Im Fenster „Einstellungen“ auf den Reiter **Rechner** **Formel** **Neu**
- ▶ **Name** **Volumen** **Symbol:** **V** **Einheit:** **mL** **von** **0** **mL bis** **20** **mL**
- ▶ darunter **V(date, time...)= n\*0,5 - 0,5**.
- ▶ Am linken Rand im freien Feld (Platz für Tabelle) **Spaltenbelegung ändern** rechts im Fenster "Einstellungen" x-Achse **V**
- ▶ Fenster "Einstellungen" **✖**.

- ▶ pH-Elektrode am Stativ befestigen. Rührfisch darf beim Drehen die Elektroden nicht berühren.
- ▶ So viel dest. Wasser zugeben, dass die Pt-Bleche der LF-Elektrode gut bedeckt sind.
- ▶ Die **Messwertaufnahme** bei **0,0 V** **Einzelmessung** (oben 5. von links) oder mit **Taste F9** oder mit dem Knopf auf dem Pocket CASSY Bluetooth starten.
- ▶ Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** einen **Messwert** **Einzelmessung** (oben 5. von links) oder mit **Taste F9** jeweils speichern.
- ▶ Zum Beenden ist keine Aktion notwendig.

Durchführung

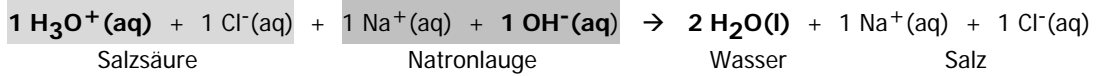




Speichern	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Zum Speichern <b>Taste F2</b> oder drittes Icon von links </li> <li>▶ In Ordner "Eigene Dateien" (oder Ordner „CASSY Messung“ anlegen) auswählen.</li> <li>▶ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel)  <b>N02-6-3-user</b> und <b>Speichern</b> </li> </ul>
Excel-Export	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ In Tabelle <b>rechts</b> <b>Tabelle kopieren</b> </li> <li>▶ Auf Desktop: <b>Excel</b>  und <b>Einfügen</b> </li> </ul>
Öffnen bei Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Zum Aufrufen der Messung Icon <b>CASSY Lab 2</b>  laden und mit <b>Taste F3</b> oder zweitem Icon von links <b>Datei Öffnen</b>  die Datei <b>entsprechende Datei</b>  laden und Fenster „CASSYs“ <b>Schließen</b> </li> </ul>

### Neutralisationstiteration - Theorie

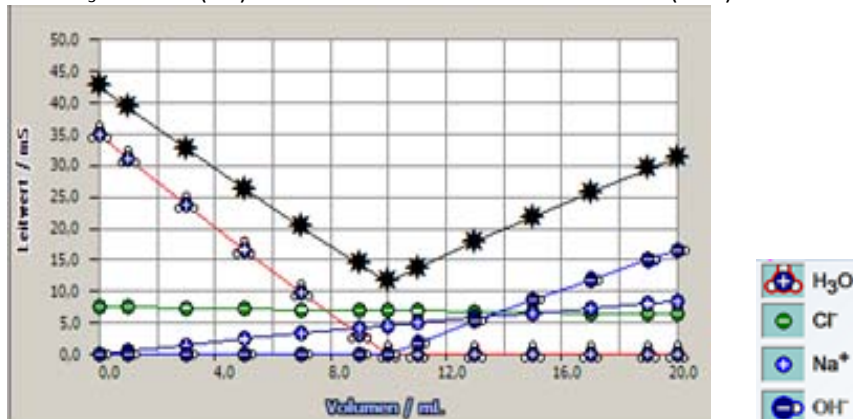
Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



Es reagieren eigentlich nur die schon vorliegenden Oxoniumionen mit den zutropften Hydroxidionen

#### 1. Betrachtung der elektrischen Leitfähigkeit

Hier ist der Leitwert (elektrische Leitfähigkeit = einzig meßbarer Wert) als Summe der Einzelleitwerte von Oxonium-, Chlorid-, Natrium- und Hydroxidionen gegen das Titratorvolumen aufgetragen. Man erkennt, wie fast nur die sehr schnellen  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen (rot) und die ebenfalls schnellen  $\text{OH}^-$ -Ionen (blau) den Leitwert beeinflussen.



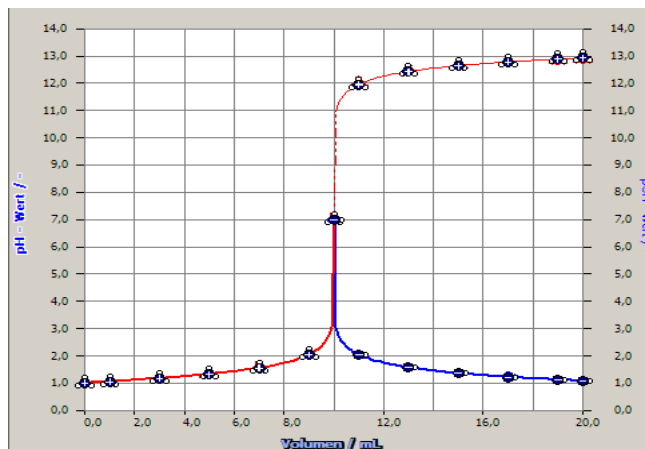
Prinzip:

Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen  $\text{H}_3\text{O}^+$ -Ionen durch langsamere  $\text{Na}^+$ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen  $\text{OH}^-$ -Ionen wieder an. Der Äquivalenzpunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt der beiden Regressionsgeraden der zwei Phasen.

#### 2. Betrachtung des pH-Wertes

Wir benutzen dieselben Konzentrationen wie oben und wählen nur eine andere Darstellung im Graphen:

1. Es werden nur noch die  $\text{H}_3\text{O}^+$ - und die  $\text{OH}^-$ -Ionen betrachtet.
2. Auf der y Achse wird statt Leitwert der negative dekadische Logarithmus der Oxonium-/Hydroxid-Ionenkonzentrationen  $\text{pH} = -\log(c(\text{H}_3\text{O}^+))$  gegen das Titratorvolumen aufgetragen.
3. Im oberen Graphen ist im Äquivalenzpunkt die Konzentration der Oxoniumionen durch die Titration (fast)  $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 0 \text{ mol/L}$  Aber man kann noch einen pH-Wert messen: er beträgt: 7
3. Ab dem Äquivalenzpunkt erhöht sich die Hydroxidionenkonzentration  $c(\text{OH}^-)$ . Daraus wird der pH-Wert berechnet:  $\text{pH} = 14 - \text{pOH}$ .



Zu Beginn ist der **pH-Wert** ist sehr niedrig, da die Chlorwasserstoffsäure vollständig dissoziiert ist. Im Laufe der Titration werden die Oxoniumionen durch die Hydroxidionen neutralisiert. In der Nähe des Äquivalenzpunktes aber steigt der pH-Wert bei weiterer Zugabe der Hydroxidionen sprunghaft an. Am Ende der Titration ist die Steigung wieder gering. Daher bietet sich hier die „3 Geradenmethode“ als Auswertemethode an.

### 1. Auswertung des Graphen für den pH-Wert

**Auswertung: Äquivalenzpunkt / Halbäquivalenzpunkt (etwas geheimnisvoll?)**

Im Diagramm Leitwertkurve verstecken mit: **Im Diagramm** rechts **Achsenbelegung ändern**

Im Fenster "Einstellungen" im Reiter Darstellungen **C1(V)** unter "Kurve" **Löschen** Alternativ auf der y-Achse C1(V) ausschalten.

- ▶ **Im Diagramm** rechts **weitere Auswertungen** **Äquivalenzpunkt bestimmen**
- ▶ **Graphen** links gedrückt **von links nach rechts durch Abfahren markieren**.

▶ Äquivalenzpunkt und Halbäquivalenzpunkt werden automatisch berechnet und unten in der Statuszeile angezeigt

#### Beschriftung

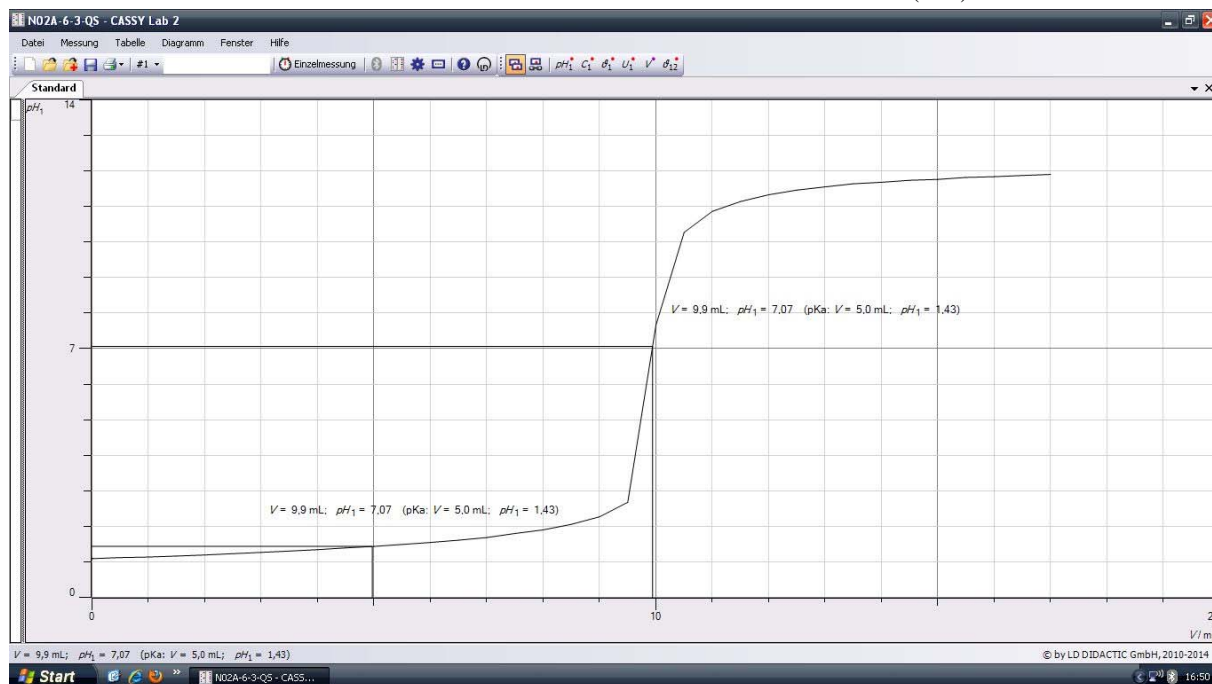
- ▶ **In den Graphen** rechts **Markierung setzen** **Text**
- ▶ **V = ... mL** **OK** An Maus gehefteten Textrahmen an die gewünschte Stelle schieben und
- ▶ **pH = ...** **OK** An Maus gehefteten Textrahmen an die gewünschte Stelle schieben und
- ▶ Wiederholung der Beschriftung für den pH-Wert im Äquivalenzpunkt und das Volumen und den pH-Wert im Halbäquivalenzpunkt

**Berechnung des Gehaltes:** Bei Äquivalenz gilt:  $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$   $c(\text{HCl}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})}$

Auswertung

Teil 1

pH



### 1. Auswertung des Graphen für die elektrische Leitfähigkeit

#### Auswertung: Äquivalenzpunkt

Zur Auswertung des Leitfähigkeitsgraphen bietet sich die "Zweigeradenmethode" an: Durch die Messpunkte der beiden "Schenkel" werden Ausgleichsgeraden gelegt (Die Schüler können die Ausgleichsgeraden mit dem Geo-Dreieck einzeichnen). Der Schnittpunkt der beiden Geraden ist das Volumen im Äquivalenzpunkt.

Im Diagramm pH-Kurve verstecken mit: **Im Diagramm** rechts **Achsenbelegung ändern**

Im Fenster "Einstellungen" **pH** unter "Kurve" **Löschen** Alternativ statt pH Leitfähigkeit C1 auswählen.

- ▶ **In den Graphen** rechts **Anpassung durchführen** **Ausgleichsgerade**
- ▶ **In absteigenden Graphen** links gedrückt Bereich (färbt sich türkis) markieren.
- ▶ Unten in der Statuszeile erscheinen die Werte der Regressionsgeraden. Diese links gedrückt ins Koordinatensystem ziehen. Faktor A1 und Offset B1 notieren.
- ▶ **In den Graphen** rechts **Anpassung durchführen** **Ausgleichsgerade**
- ▶ **In aufsteigenden Graphen** links gedrückt Bereich (färbt sich türkis) markieren.
- ▶ Unten in der Statuszeile erscheinen die Werte der Regressionsgeraden. Diese links gedrückt ins Koordinatensystem ziehen. Faktor A2 und Offset B2 notieren.
- ▶ **Zu Fuß den Schnittpunkt** berechnen:  $V_{\ddot{a}} = (B1-B2) / (A2-A1)$

Rechenhilfe: CASSY Lab 2 Minimieren Am Computer bei Programme **Zubehör**

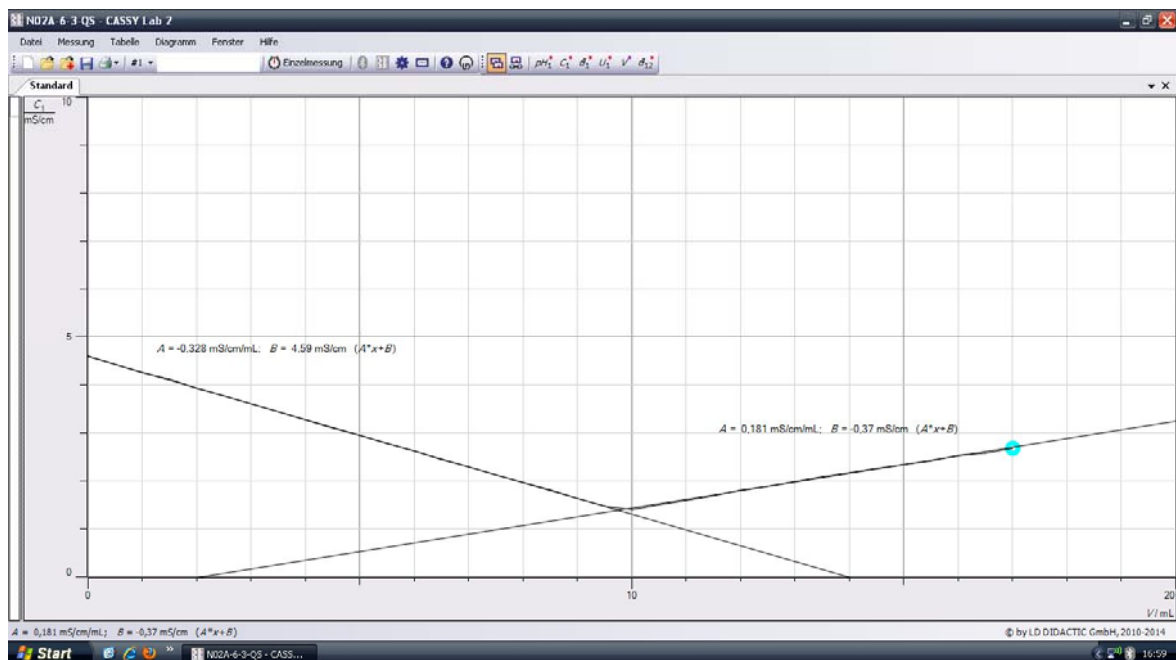
**Rechner** **Rechner wissenschaftlich**

#### Beschriftung

- ▶ **In den Graphen** rechts **Markierung setzen** **Text**
- ▶ **V = ... mL** **OK** An Maus gehefteten Textrahmen an die gewünschte Stelle schieben und

**Berechnung des Gehaltes:** Bei Äquivalenz gilt:  $n(\text{HCl}) = n(\text{NaOH})$  also  $c(\text{HCl}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})}{V(\text{HCl})}$

- ▶ **Alternativ** mit **Koordinaten anzeigen** eine **optische Auswertung** durchführen.



Auswertung

Teil 2  
Leitfähigkeit



Geräte und Chemikalien müssen schon aufgebaut, angeschlossen und eingeschaltet sein!

Quick-

Einmal gespeicherte Einstellungen können für eine sofortige neue Messung benutzt werden.

Start

- ▶ Zum Starten der Messung Icon laden und mit Taste F3 oder dem zweiten Icon von links , Datei laden und Fenster „Einstellungen“ . Fenster „Messparameter“
- ▶ Bei Hauptmenüpunkt
- ▶ Weiter, wie bei **Durchführung** beschrieben.

Zeitbedarf Minuten	Aufbau (Exp):	Vorber. Rechn.	Durch- führ.	Auswer- tung	Ab- bau	Intuitive Be- dienung (+1-6)
-----------------------	------------------	-------------------	-----------------	-----------------	------------	---------------------------------

Beachten:		Entsorgung	Ausguss evtl. nach Neutralisation
-----------	--	------------	-----------------------------------

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