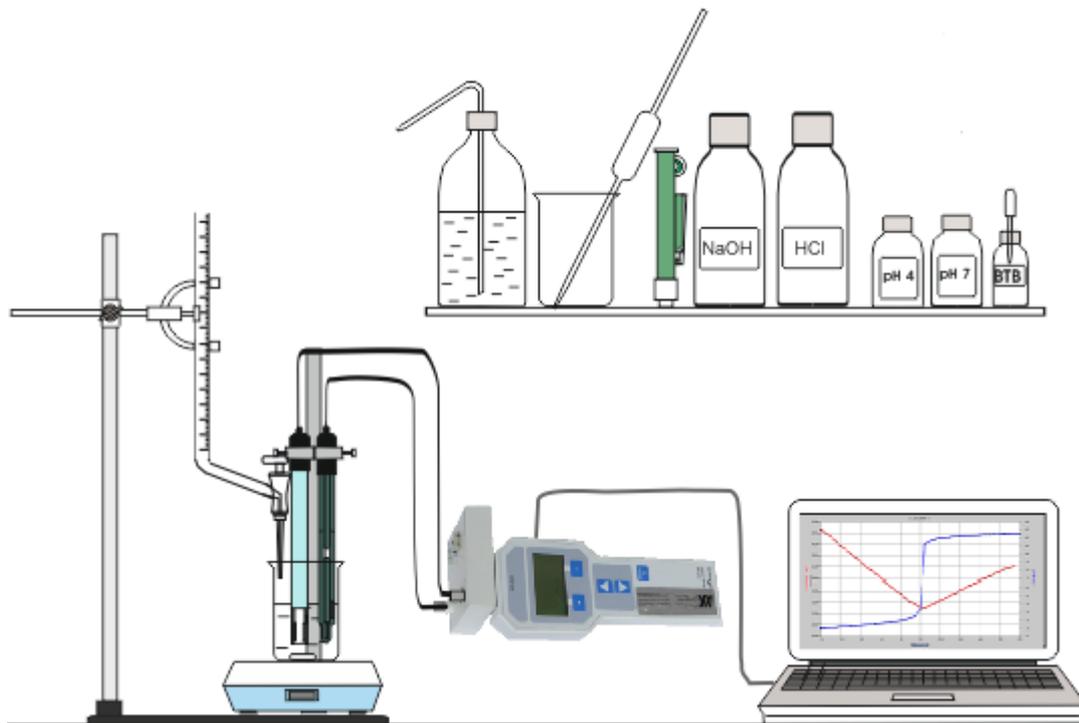


Prinzip

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
Vorbereitung**



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 Eee06 | <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



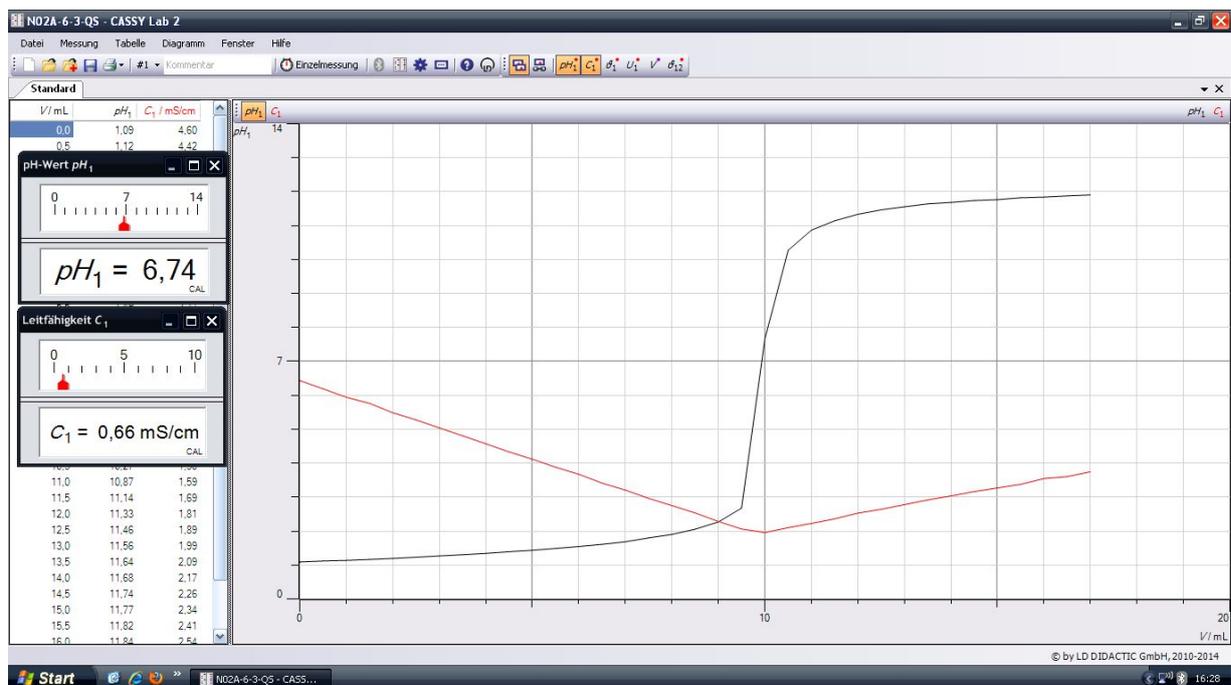
- ▶ Darunter „Aufnahme“ **manuell** auswählen.
- ▶ Auf der Chemie-Box unter dem Pocket CASSY auf **pH** klicken. Es erscheint die Digitalanzeige für pH Wert "pH1" und im Fenster "Einstellungen" Angaben zum pH Wert. Fenster "CASSYs" **✖**.
- ▶ Will man kalibrieren **Korrigieren** sonst: Grün unterlegten 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"> ▶ Zum Speichern Taste F2 oder drittes Icon von links ▶ In Ordner "Eigene Dateien" (oder Ordner „CASSY Messung“ anlegen) auswählen. ▶ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) N02-6-3-user und Speichern
Excel-Export	<ul style="list-style-type: none"> ▶ In Tabelle rechts Tabelle kopieren ▶ Auf Desktop: Excel und Einfügen
Öffnen bei Bedarf	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Zum Aufrufen der Messung Icon CASSY Lab 2 laden und mit Taste F3 oder zweitem Icon von links Datei Öffnen die Datei entsprechende Datei laden und Fenster „CASSYs“ Schließen

Neutralisationstiteration - Theorie

Die Neutralisationsreaktion verläuft nach folgender Gleichung:



Salzsäure

Natronlauge

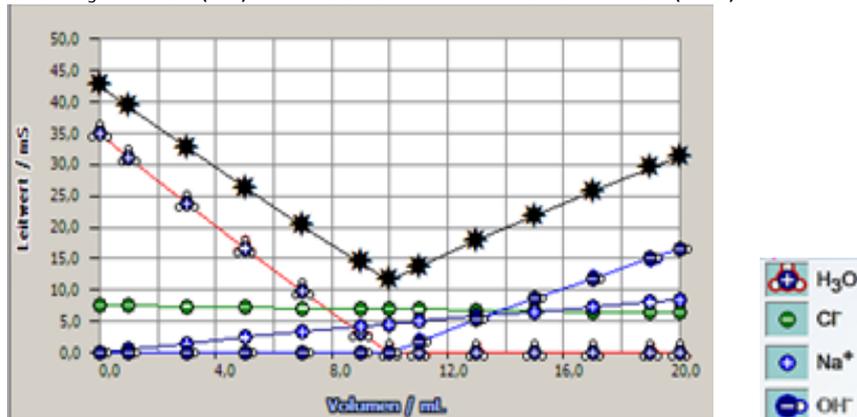
Wasser

Salz

Es reagieren eigentlich nur die schon vorliegenden Oxoniumionen mit den zugetropften 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 H_3O^+ -Ionen (rot) und die ebenfalls schnellen OH^- -Ionen (blau) den Leitwert beeinflussen.



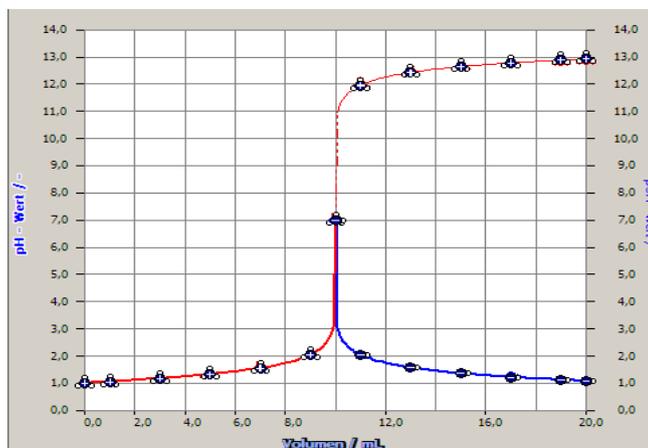
Prinzip:

Die **Leitfähigkeit** fällt zunächst, weil die schnellen H_3O^+ -Ionen durch langsamere Na^+ -Ionen „ersetzt“ werden. Nach dem Äquivalenzpunkt steigt die Leitfähigkeit durch die etwas weniger beweglichen 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 H_3O^+ - und die 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

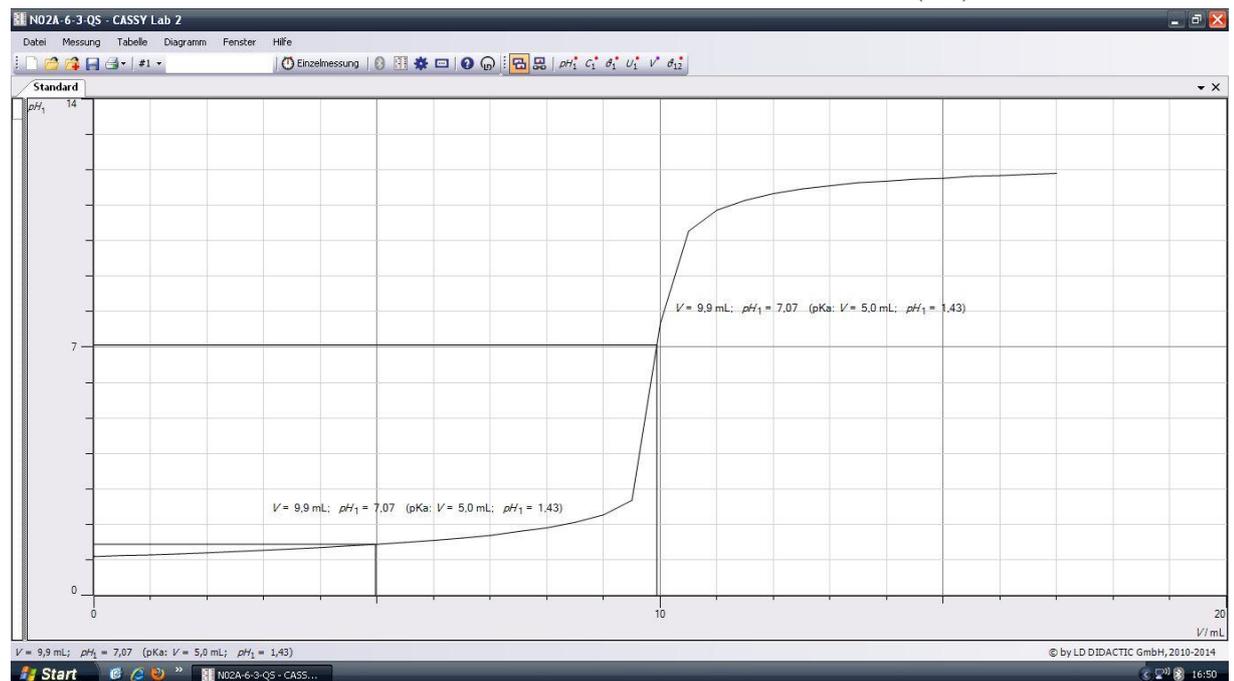
▶ Wiederholung der Beschriftung für den pH-Wert im Äquivalenzpunkt und das Volumen und den pH-Wert im Halbäquivalenzpunkt

Auswertung

Teil 1

pH

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





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:** $V_{\ddot{a}} = (B1-B2) / (A2-A1)$

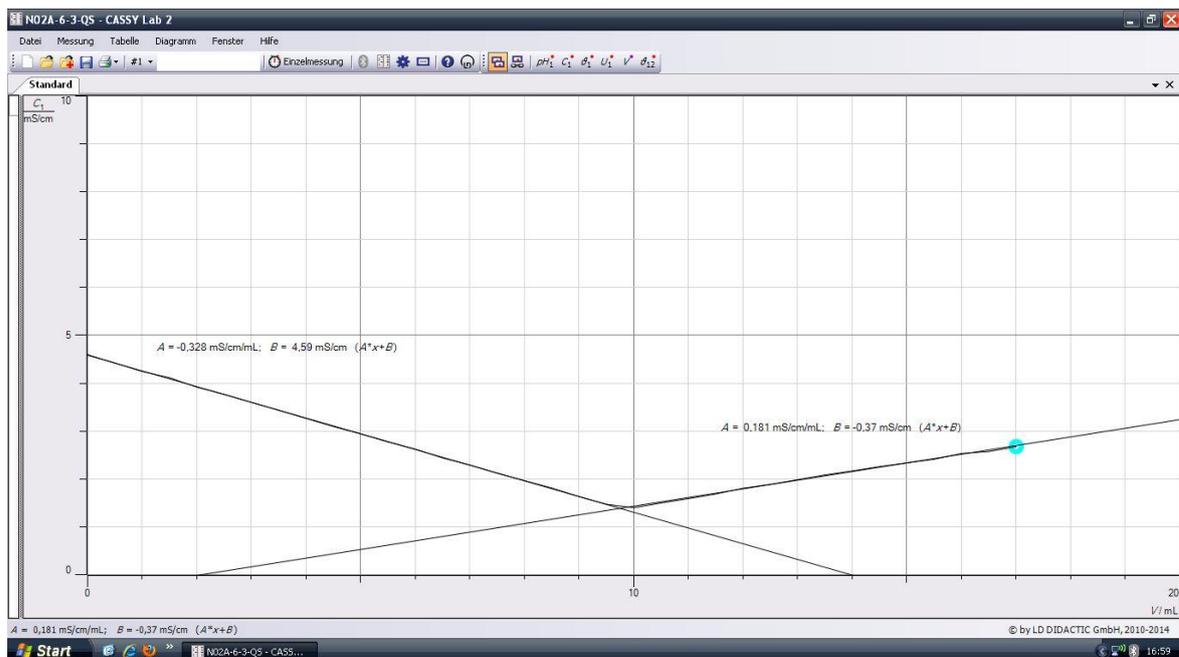
Rechenhilfe: CASSY Lab 2 Minimieren **Am Computer bei Programme Zubehör**
Rechner **Rechner wissenschaftlich**

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
-----------	--