

## III) Messwert-Erfassung mit dem Computer

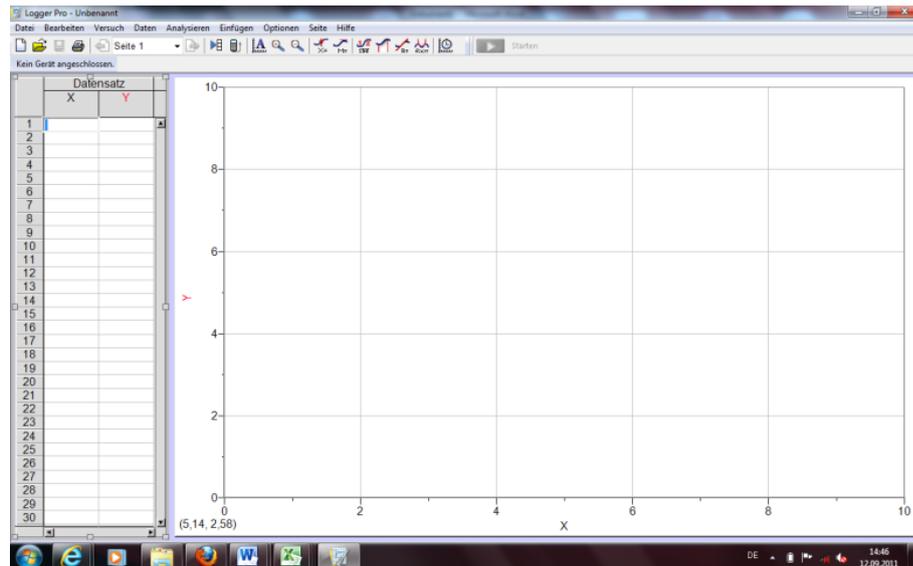
### 1. Messungen mit einem Sensor

#### Versuch 1: Erwärmungskurve von Wasser

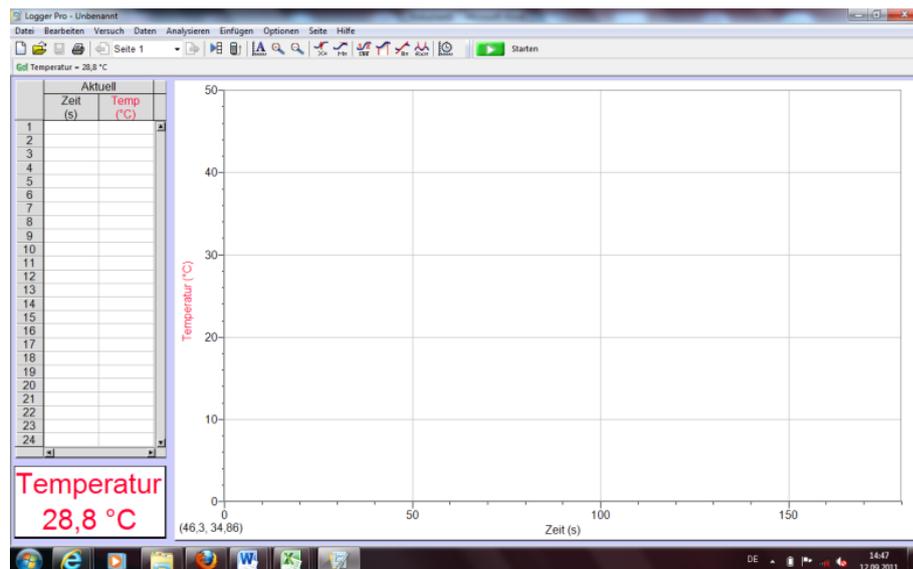
*Materialien:* Computer, GoLink-Adapter, Temperatur-Sensor, Wasser und Wasserkocher.

*Durchführung:*

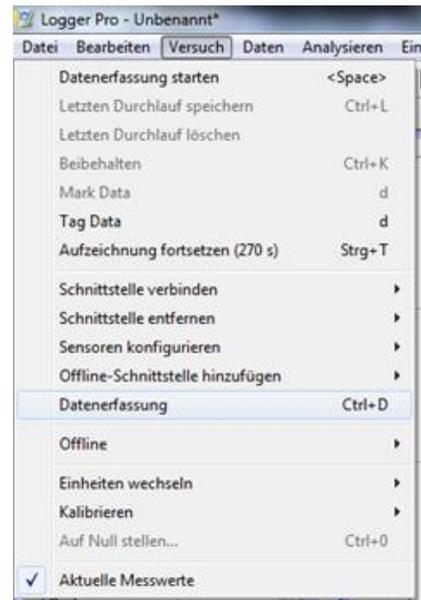
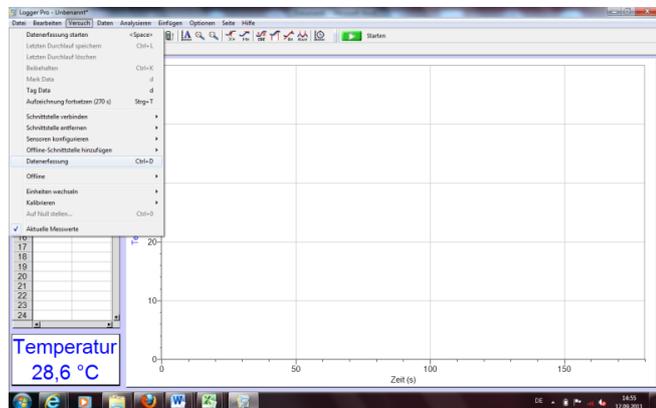
1. Logger Pro auf dem Computer starten.



2. Temperatur-Sensor mit dem GoLink-Adapter an eine USB-Schnittstelle anschließen, der Sensor wird automatisch erkannt, in der Tabelle werden die beiden Messgrößen Zeit und Temperatur als Spaltenüberschrift angezeigt. Unter der Tabelle wird der aktuelle Messwert angezeigt:

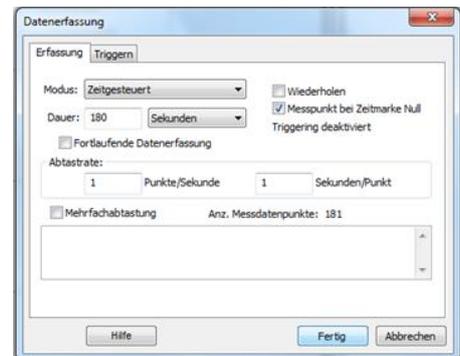


- Im Menüpunkt ‚Versuch‘ den Unterpunkt ‚Datenerfassung‘ wählen (Alternativ: Tastenkombination [Strg] + ‚D‘).

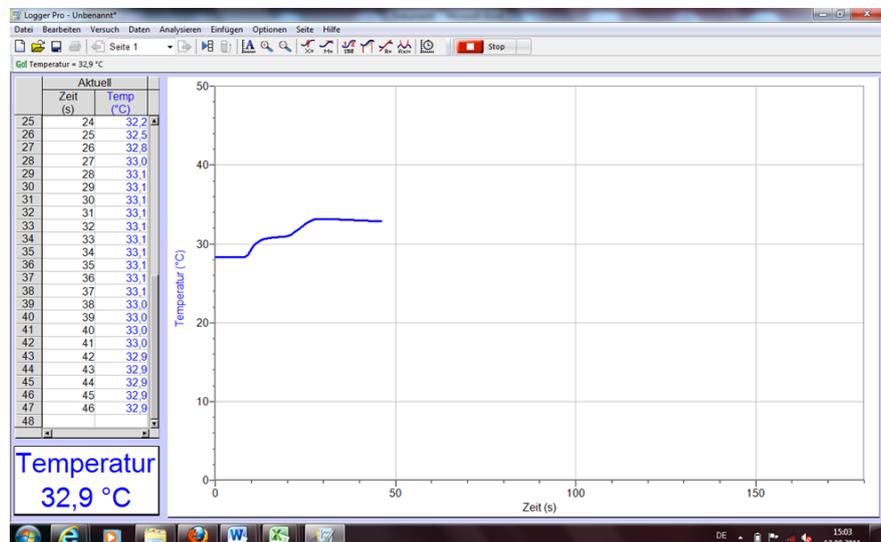


- Im Folgenden Fenster ‚Datenerfassung‘ die Messparameter festlegen:

- Modus: Zeitgesteuert,
- Dauer: 300 s,
- Messpunkt bei Zeitmarke 0,
- Abtastrate: 1 Sekunde /Punkt
- Mit ‚Fertig‘ bestätigen



- 1,0 Liter Wasser in den Wasserkocher geben und den Wasserkocher einschalten, dabei mit dem Thermometer ständig umrühren (evtl. am Kabel halten).
- Nach ca. 5 Sekunden die Messung durch Anklicken von ‚Starten‘ im Logger Pro – Programm beginnen (Alternativ: Leer – Taste drücken).
- Die Messung bis zum Kochen des Wassers laufen lassen, anschließend noch ca. 1 Minute weiterlaufen lassen. Während der Messung werden die Messwerte sowie der Graph aufgezeichnet:



8. Ist die Messung vor den eingestellten 300 s beendet, so kann die Messung durch anwählen von ‚Stop‘ vorzeitig beendet werden (s. Bild oben).



9. Die Messreihe kann durch Anwahl des Menüpunkts ‚Datei‘, ‚Speichern unter‘ abgespeichert werden. Der Graph kann den Schülerinnen und Schülern ausgedruckt werden.

10. Die Messwerte können in eine Tabellenkalkulation kopiert werden, indem man den Spaltenkopf (Zeit(s)) anwählt (die Spalte wird dann grau unterlegt), anschließend bei gedrückter Umschalt-Taste (⇧) den zweiten Spaltenkopf wählt (beide Spalten werden dann grau unterlegt).

Über den Menüpunkt ‚Bearbeiten‘, ‚Kopieren‘ werden die Spalten kopiert (Alternativ: Tastenkombination ‚Strg‘ + ‚c‘).

	Aktuell	
	Zeit (s)	Temp (°C)
1	0	28,3
2	1	28,3
3	2	28,3
4	3	28,3
5	4	28,3
6	5	28,3
7	6	28,3
8	7	28,3
9	8	28,3
10	9	28,6
11	10	29,3
12	11	30,0
13	12	30,3
14	13	30,5
15	14	30,7
16	15	30,7
17	16	30,8
18	17	30,8
19	18	30,9
20	19	30,9
21	20	31,0
22	21	31,1
23	22	31,5
24	23	31,9

	Aktuell	
	Zeit (s)	Temp (°C)
1	0	28,3
2	1	28,3
3	2	28,3
4	3	28,3
5	4	28,3
6	5	28,3
7	6	28,3
8	7	28,3
9	8	28,3
10	9	28,6
11	10	29,3
12	11	30,0
13	12	30,3
14	13	30,5
15	14	30,7
16	15	30,7
17	16	30,8
18	17	30,8
19	18	30,9
20	19	30,9
21	20	31,0
22	21	31,1
23	22	31,5
24	23	31,9

### **Weiterverarbeitung der Daten in Excel oder Open Office Calc: s. S.10ff (4. Weiterverarbeitung der Daten in einer Tabellenkalkulation)**

#### **Versuch 2: Erwärmungskurve von Eiswasser**

**Materialien:** Computer, GoLink-Adapter, Temperatur-Sensor. Wasser, Eiswürfel, Hammer, Stoff-tuch und Metallschale (flacher Boden, Durchmesser 7 – 10 cm).

**Durchführung:**

#### **Datenerfassung (Einstellungen):**

**Modus:** Zeitgesteuert, Dauer: 420 s.

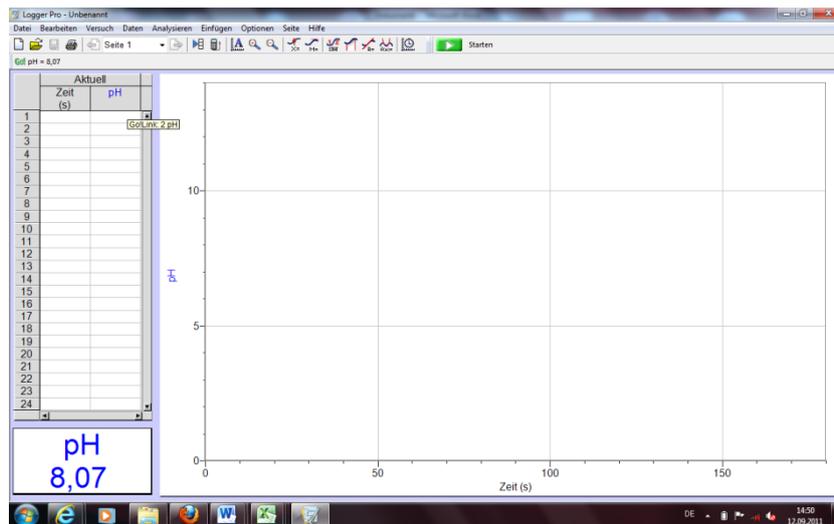
Ein Eiswürfel wird in das Stofftuch eingewickelt und mit dem Hammer auf einem festen Untergrund zertrümmert. Die Eisstückchen werden in die Metallschale gegeben, anschließend wird so viel Wasser zugegeben, dass die Eisschicht fast mit Wasser bedeckt ist. Mit dem Temperatur-Sensor wird so lange gerührt, bis die Temperatur praktisch konstant ist, anschließend die Messung gestartet. Die Schale wird auf die flache Hand gestellt und ständig weiter gerührt, bis das ganze Eis geschmolzen ist. Anschließend lässt man die Messung noch eine Minute laufen. Die Messung kann – sollte sie vorzeitig fertig sein mit ‚Stop‘ beendet werden.

**Auswertung:** Kopieren Sie die Daten in Excel oder Calc und erstellen Sie ein X-Y-Punkt-Diagramm. Erläutern Sie an dem ermittelten Graphen, wann das Eis vollständig geschmolzen war.

## Versuch 3: Säure-Base-Titration mittels pH-Wert-Bestimmung

**Materialien:** Computer, GoLink-Adapter, pH-Sensor, Magnetrührer oder Rührstation, Bürette oder Medizinspritze mit Einweg-Hahn und Spitze, Stativmaterial, Natronlauge (Konzentration  $c$  ca. 0,1 mol/l), Salzsäure-Maßlösung ( $c = 0,1$  mol/l), Schutzbrille, Trichter, Becherglas 100 ml (hohe Form).

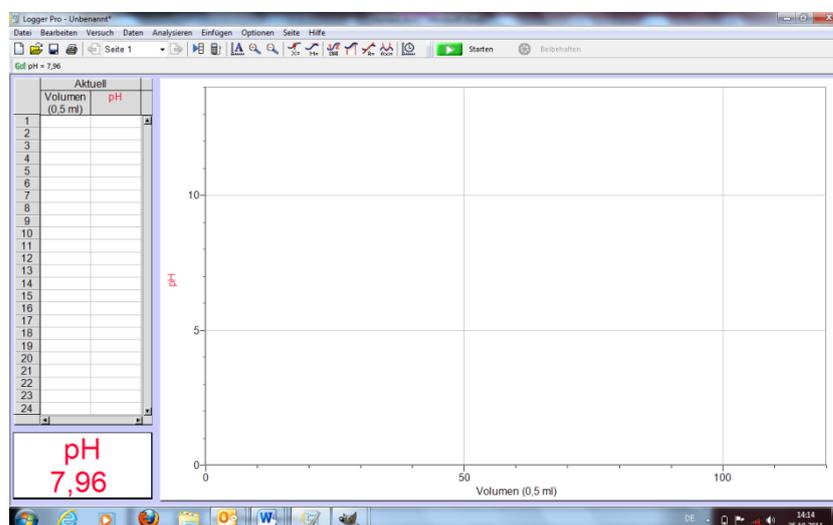
**Durchführung:** pH-Sensor mit dem GoLink-Adapter ans Computer anschließen (Sensor wird automatisch erkannt und der aktuelle Messwert angezeigt):



### Datenerfassung (Einstellungen):

**Modus:** Ereignisse mit Tastatureingabe, im anschließenden Fenster ‚Datenerfassung‘ Spaltenname (z.B. Volumen), Kurzname (z.B. V) und Einheit (z.B. 0,5 ml) eingeben, mit ‚Fertig‘ bestätigen.

Die Spaltenüberschriften werden gemäß den Eingaben aktualisiert:



Die Salzsäure-Maßlösung wird mit Hilfe des Trichters in die Bürette gefüllt. Die zu titrierende Natronlauge (20 ml) wird in das Becherglas gegeben und der pH-Sensor hineingestellt, die Lösung mit dem Magnetrührer gerührt.

Durch Anwählen von ‚Starten‘ wird die Messung gestartet.



Durch ‚Beibehalten‘ wird der erste Messwert aufgenommen. Im Fenster ‚Ereignisse mit Tastatureingabe‘ kann ein Wert eingegeben werden, der dem erfassten Wert zugeordnet wird (z.B. 1).



Anschließend wird nach Zugabe von jeweils 0,5 ml Maßlösung der nächste Messwert aufgenommen (‚Beibehalten‘ anwählen, Zuordnung des Wertes 2). Die Schritte werden wiederholt, bis ca. 30 ml Salzsäure zugegeben wurden.



Zum Abschluss wird die Messung gestoppt (‚Stop‘). Die Werte können zur Weiterbearbeitung in eine Tabellenkalkulation kopiert werden (X-Y-Punktdiagramm).



## Versuch 4: Titration einer Ammoniak-Lösung (c ca. 0,1 mol/l) mit Salzsäure (c = 0,1 mol/l).

Titration analog zu Versuch 3.

Alternativ:

Salzsäure-Titration (c ca. 0,1 mol/l) mit Natronlauge-Maßlösung (c = 0,1 mol/l),

Essigsäure-Lösung (c ca. 0,1 mol/l) mit Natronlauge-Maßlösung (c = 0,1 mol/l).

Weitere mögliche Titrations: Phosphorsäure, Maleinsäure.

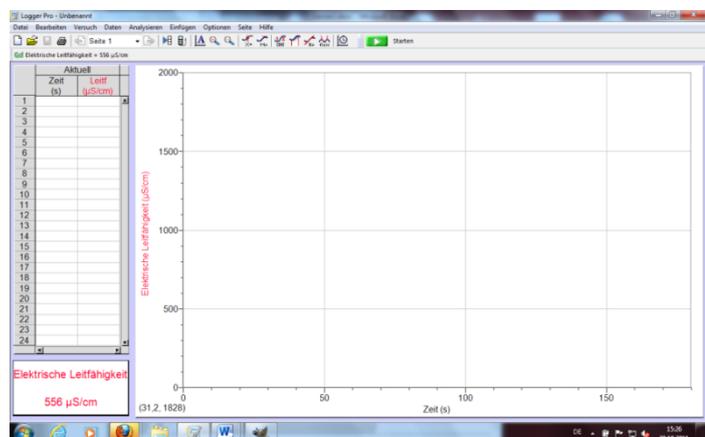
## Versuch 5: Leitfähigkeits-Titration

Es werden Salzlösungen der Konzentration 0,01 mol/l zusammen gegeben.

**Materialien:** Salzlösungen (s.u.), Leitfähigkeits-Sensor, Magnetrührer, Stativmaterial, Becherglas 100 ml (hohe Form), Schutzbrille.

Mögliche Kombinationen: Natriumcarbonat/Calciumchlorid (Fällung von Calciumcarbonat), Natriumphosphat/Calciumchlorid (Fällung von Calciumphosphat), Kaliumoxalat/Calciumchlorid (Fällung von Calciumoxalat), Silbernitrat/Natriumchlorid (Fällung von Silberchlorid),

**Durchführung:** Leitfähigkeits-Sensor an den Computer mit dem Go-Link-Adapter anschließen und Titration durchführen (20 ml der gewünschten Lösung mit ca. 30 ml der gewünschten Maßlösung).



**Datenerfassung (Einstellungen):**

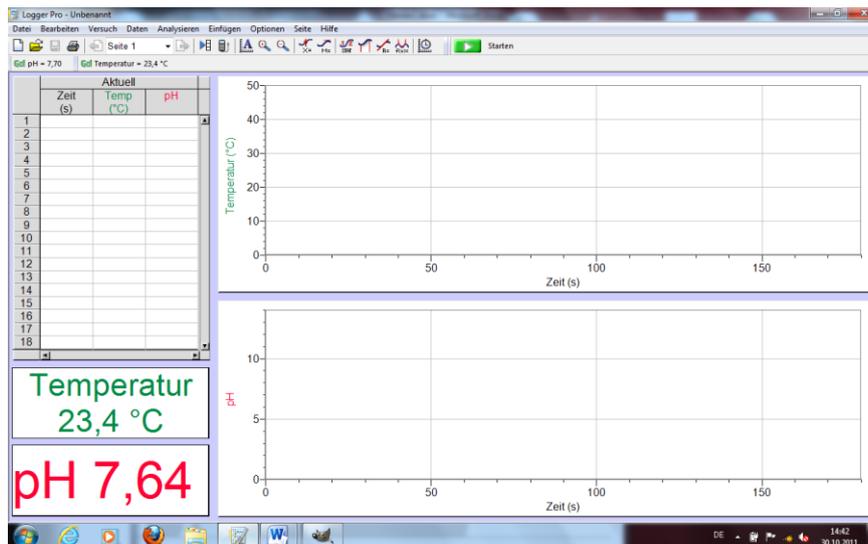
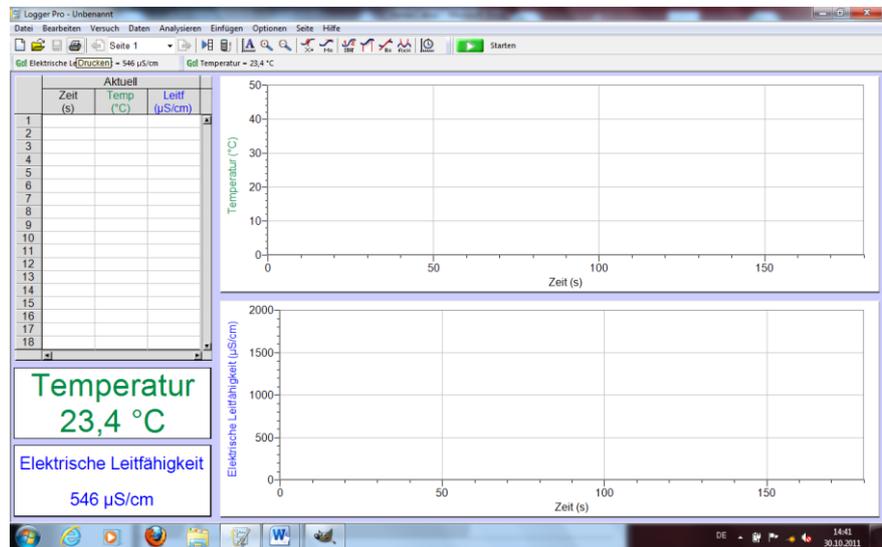
**Modus:** s. Versuch 3.

## 2. Messungen mit mehreren Sensoren

### Versuch 6: Kombinierte Messungen

Werden zwei Sensoren angeschlossen (pH-Sensor und Temperatur-Sensor, Leitfähigkeits-Sensor und Temperatur-Sensor, so können zwei Meßgrößen (z.B. Temperatur und pH-Wert gleichzeitig aufgenommen werden. Die folgenden zwei Abbildungen zeigen das

Logger Pro – Fenster bei Anschluss eines Temperatur- und Leitfähigkeits-Sensor sowie eines Temperatur- und pH-Sensors:



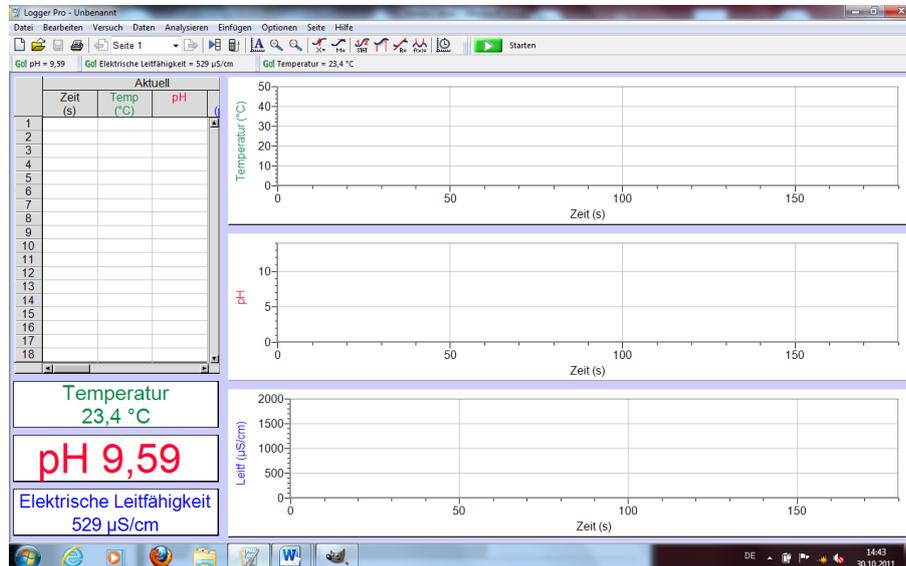
Damit lassen sich Neutralisations-Titrations bzgl. beider Werte verfolgen (Konzentrationen ca. 0,1 mol/l. Der Messbereich des Leitfähigkeits-Sensors wird dabei zwar überschritten, Werte-Verlauf und Graph können aber immer noch sauber interpretiert werden. Vorgehensweise: s. Versuch 3.

**Aufg.:** Führen Sie eine Säure-Base-Titration von Natronlauge (Konzentration ca. 0,1 mol/l mit Salzsäure-Maßlösung ( $c = 0,1$  mol/l), Einstellungen: s. V3.

Thematisiert werden kann auch, dass der Temperatur-Verlauf (und Leitfähigkeits-Verlauf) zur Bestimmung des Äquivalenzpunktes geeignet sind, aus diesen aber nicht ermittelt werden kann, ob eine Säure oder Lauge titriert wurde.

**Wichtig: Bei Temperaturmessungen zügig arbeiten (Wärmeabgabe an Umgebung)!**

Alle drei Größen können leider nicht zeitgleich aufgenommen werden, da sich der pH-Sensor und Leitfähigkeitssensor gegenseitig stören (der pH-Sensor zeigt, obwohl die Sensoren in der gleichen Lösung stehen wie in den vorhergehenden zwei Bildern, einen zu großen Wert an):



### 3. Messungen in Kombination mit digitalen Eingängen

#### Versuch 7: Titrationen mit dem Tropfen-Zähler

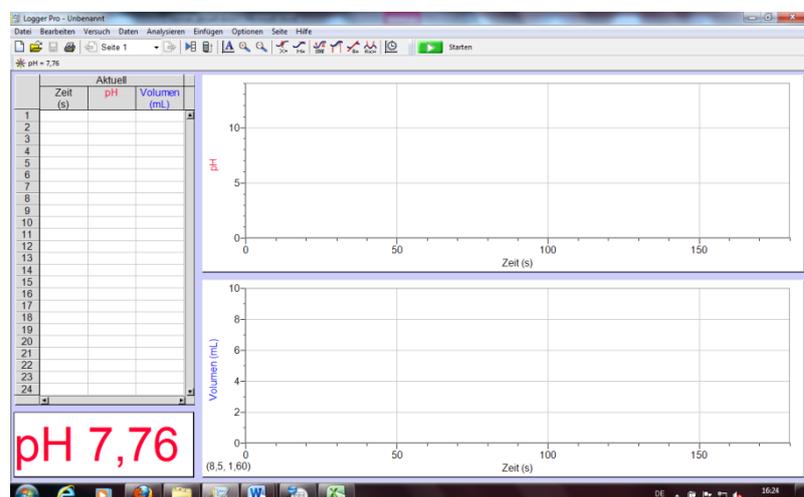
Für Titrationen mit dem Tropfen-Zähler werden entweder das LabQuest oder LabQuest Mini benötigt. Dieses wird via USB an den Computer angeschlossen und wie die Messwert-Erfassung gestartet. Das LabQuest Mini kann direkt mit dem mitgelieferten USB-Kabel an das Computer angeschlossen werden. Das LabQuest verfügt über 4 analoge Eingänge, das LabQuest Mini nur über 3.

**Materialien:** Computer, pH-Sensor, Tropfenzähler, Magnetrührer oder Rührstation, Bürette oder Medizinspritze mit Einweg-Hahn und Spitze, Stativmaterial, Natronlauge (c ca. 0,1 mol/l), Salzsäure-Maßlösung (c = 0,1 mol/l), Schutzbrille, Trichter, Becherglas 100 ml (hohe Form), LabQuest oder LabQuest Mini.

**Durchführung:** Der Tropfenzähler wird an einen digitalen Eingang (DIG 1) des LabQuests (Mini) angeschlossen, der pH-Sensor an einen Analog-Eingang (CH 1).

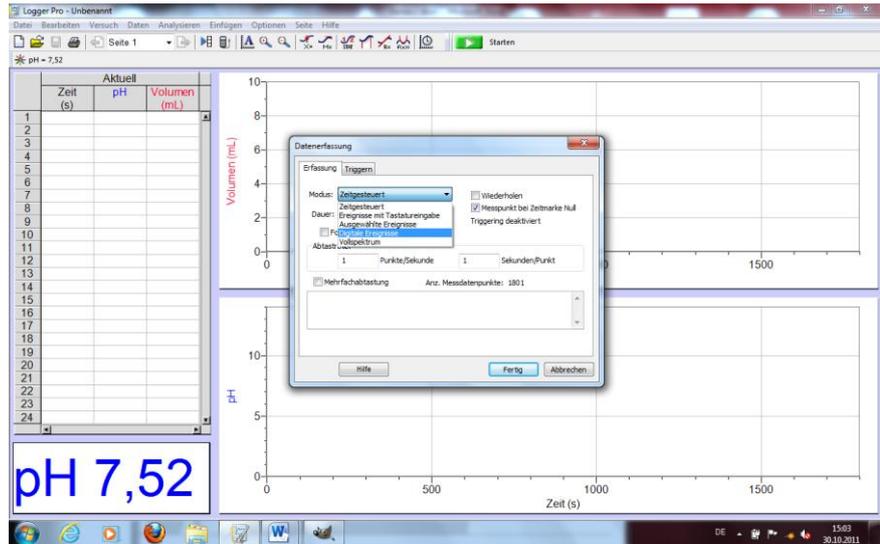
Der Tropfenzähler wird als Volumen-Meßgerät verwendet, er ist bereits auf die mitgelieferte Medizinspritze (als Büretten-Ersatz) kalibriert.

Die Sensoren werden wieder automatisch erkannt:

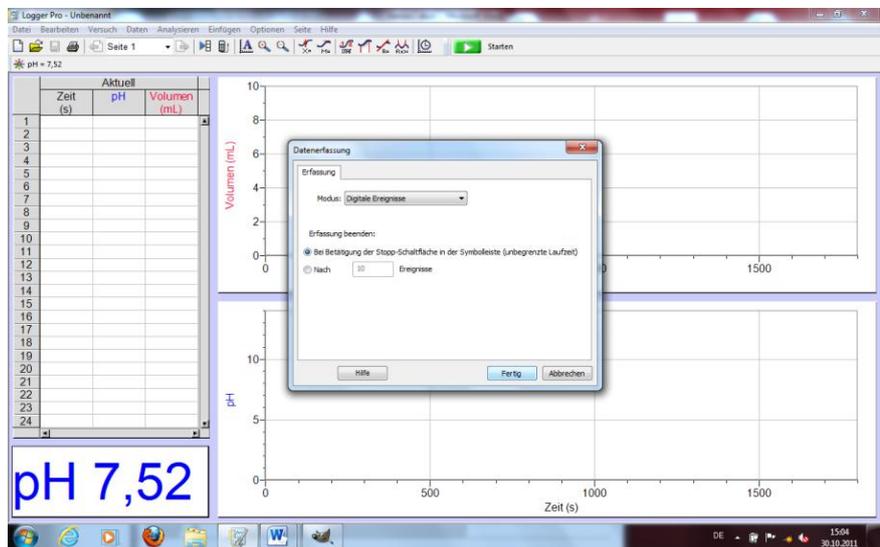


Unter → Versuch  
 → Datenerfassung  
 → Modus: ‚digitale Ereignisse anwählen‘ (Reiter ‚Erfassung‘):

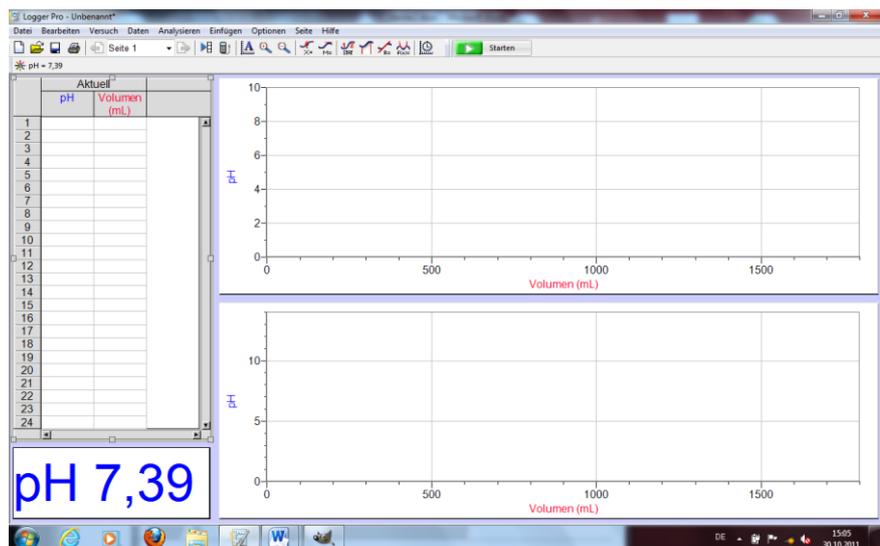
Einstellungen mit ‚Fertig‘ bestätigen.



Im Fenster ‚Datenerfassung‘ unter Erfassung beenden:  
 ‚Bei Betätigung der Stopp-Taste in der Symbolleiste (unbegrenzte Laufzeit)‘ anwählen und mit ‚Fertig‘ bestätigen.



Im Folgenden Fenster werden nur noch Spalten für den pH-Wert und das Volumen angezeigt. Ein zweites geöffnetes Diagrammfenster kann ggf. durch Anklicken und drücken von ‚Entf‘ gelöscht werden.



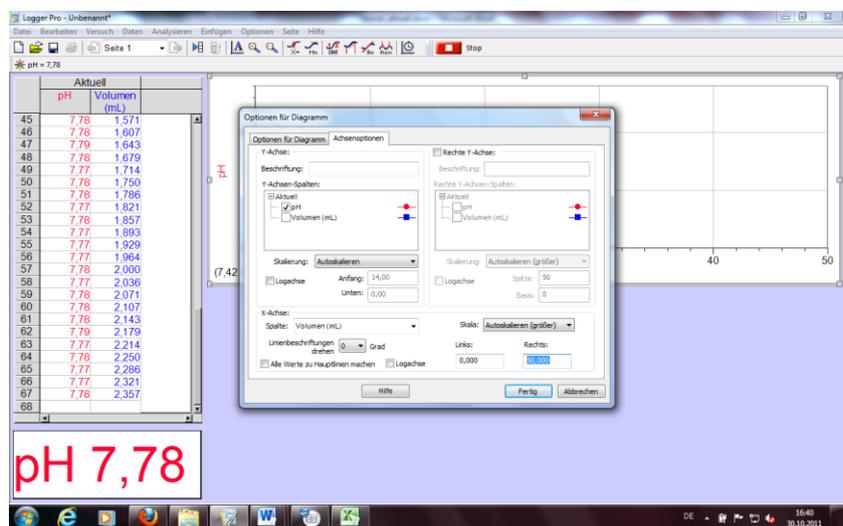
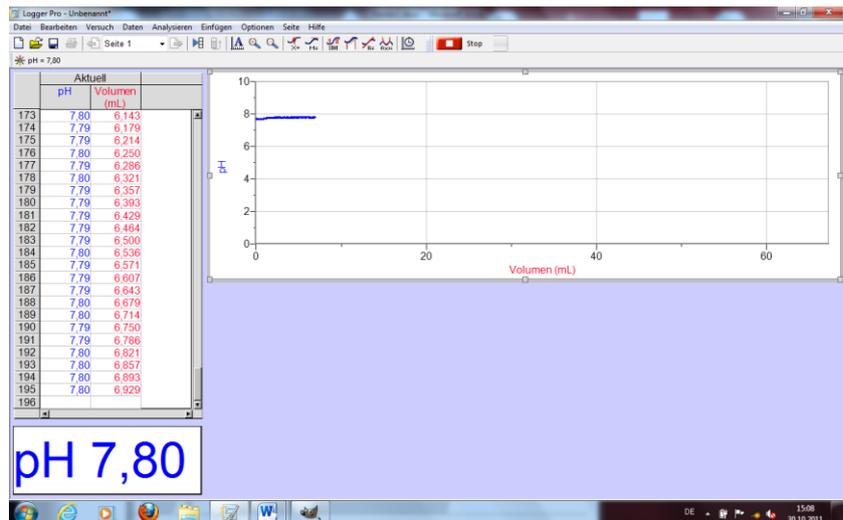
Mit ‚Starten‘ wird das Programm gestartet.



Die Messwert-Erfassung startet, wenn der erste Tropfen durch den Tropfenzähler fällt. Anschließend wird mit jedem Tropfen ein Messwert aufgenommen und im Diagrammfenster aufgezeichnet:

**Vorsicht: Es darf kein Tropfen im Tropfenzähler hängen bleiben!**

Sind die Achsenwerte zu groß, so können diese verändert werden, indem man einen Doppelklick auf eine Achse durchführt und im folgenden Fenster ‚Optionen für Diagramm‘ die Minimal- und Maximalwerte eingibt (anschließend mit ‚Fertig‘ bestätigen):



Alternativ kann die Achse auch verändert werden, indem man den Mauszeiger an der zu verändernden Achse entlang fährt. Der Mauszeiger verwandelt sich dann in einen gewellten Doppelpfeil oder Einzelpfeil mit Balken. Letzterer verschiebt bei gedrückter linker Maustaste die Achsenskalierung nach oben oder unten.

Die Messung wird mit ‚Stop‘ beendet.



Die Werte können (nachdem die Messung gestoppt wurde) kopiert und in einer Tabellenkalkulation weiterverarbeitet werden.

## Versuch 8: Kombinierte Messungen mit dem Tropfenzähler

Mit dem Tropfenzähler in Kombination mit LabQuest (Mini) können Messungen von zwei oder mehr Messgrößen (pH-Wert & Temperatur, Leitfähigkeit und Temperatur) aufgenommen werden (vgl. Versuch 6).

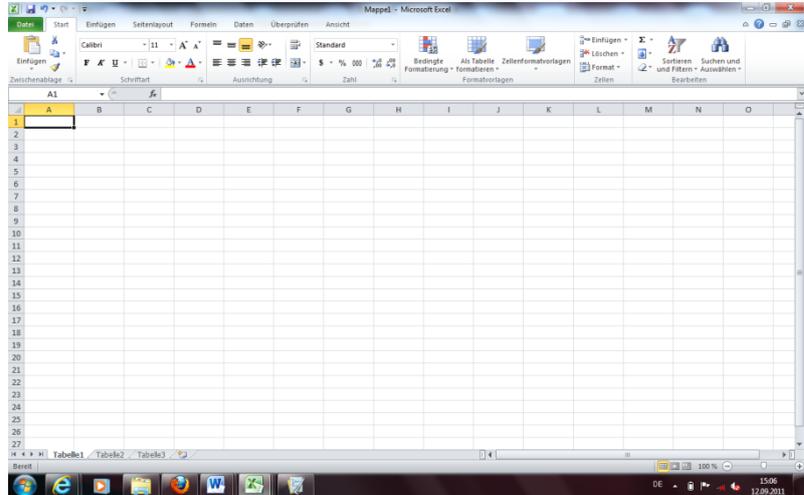
**Wichtig: Bei Temperaturmessungen zügig arbeiten (Wärmeabgabe an Umgebung)!**

Alle drei Größen (pH-Wert, Leitfähigkeit, Temperatur) können leider nicht gleichzeitig aufgenommen werden, da sich der pH-Sensor und Leitfähigkeitssensor gegenseitig stören (s. Erläuterungen bei Versuch 6).

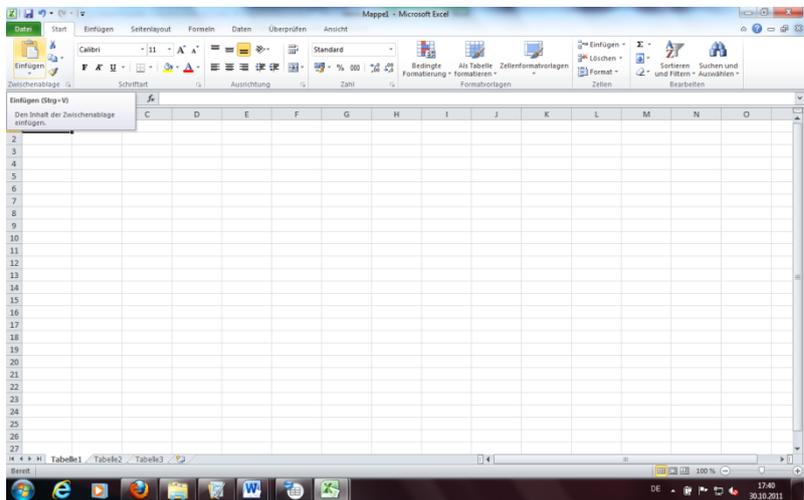
## 4. Weiterverarbeitung der Daten in einer Tabellenkalkulation

### a) Diagramm-Erstellung unter Excel (2010):

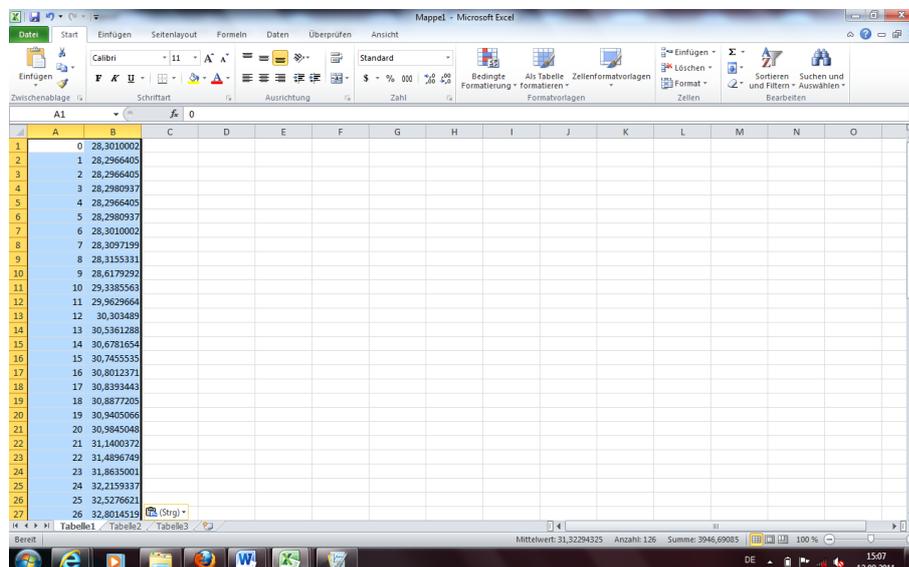
Excel starten:



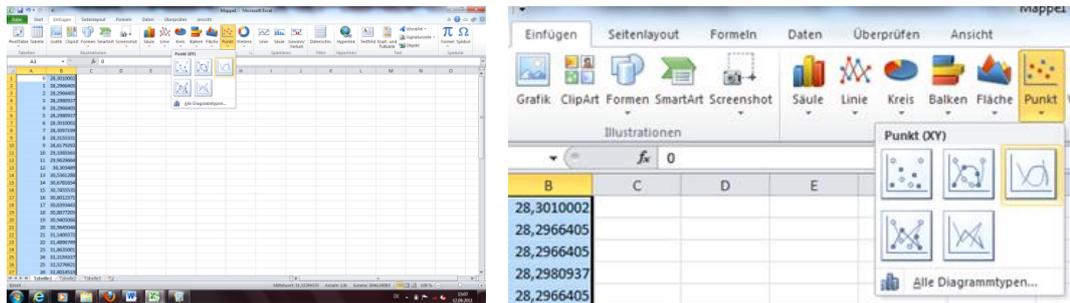
Daten mit [Strg]+,V' die bereits kopierten Daten einfügen (Alternativ unter dem Menüpunkt ‚Start‘ – ‚Einfügen‘ anwählen):



Die Daten werden eingefügt:

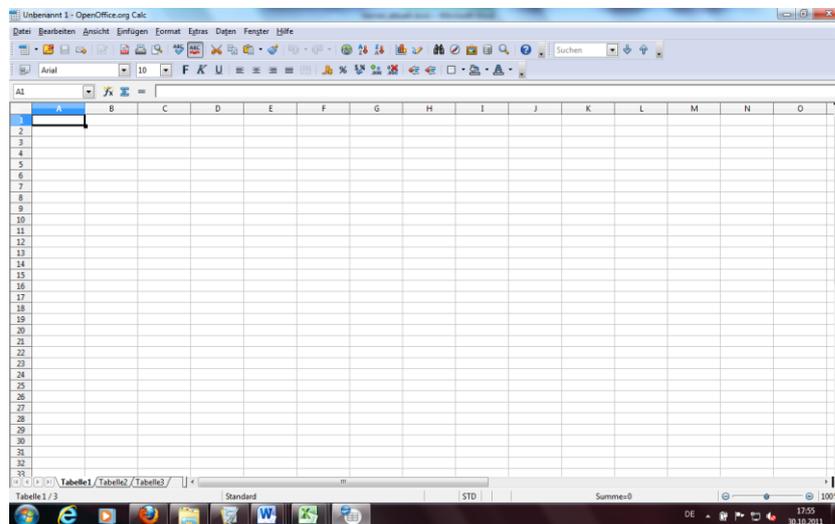


Die Datenreihen (falls nicht automatisch geschehen) markieren und unter dem Menüpunkt ‚Einfügen‘ – ‚Punkt‘ – ‚Punkt (XY)‘ anwählen:

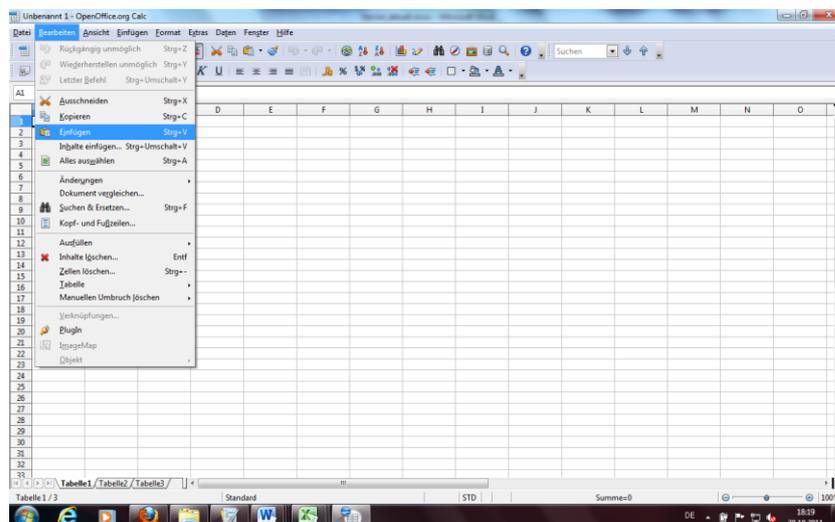


Das Diagramm wird erstellt, weitere Bearbeitungen sind möglich.

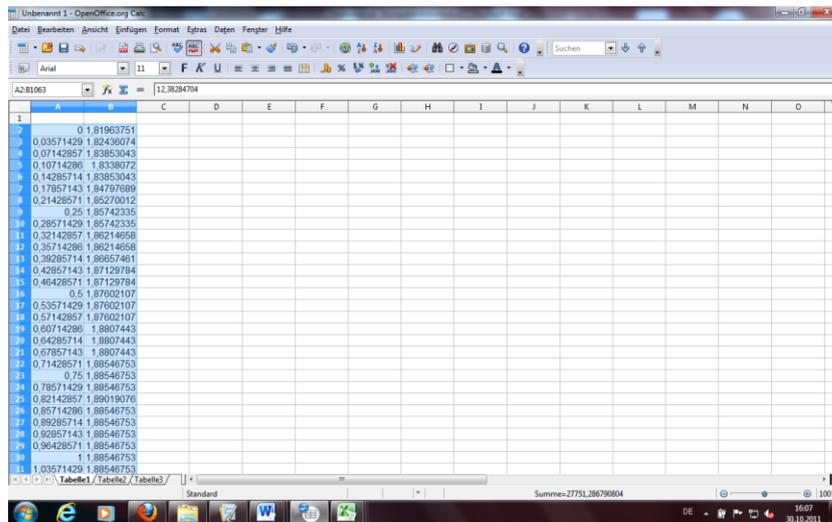
- b) Diagramm-Erstellung unter Calc (OpenOffice 3.3.0, Freeware):  
Calc starten:



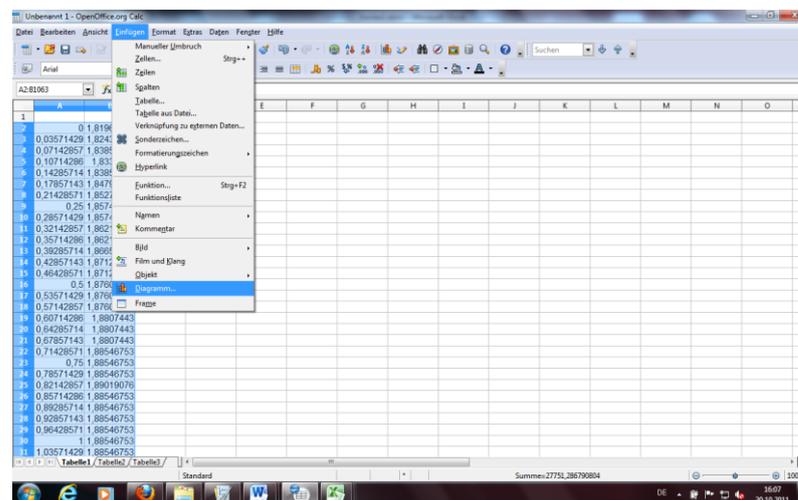
Daten mit [Strg]+,V' die bereits kopierten Daten einfügen (Alternativ unter dem Menüpunkt ‚Bearbeiten‘ – ‚Einfügen‘ anwählen):



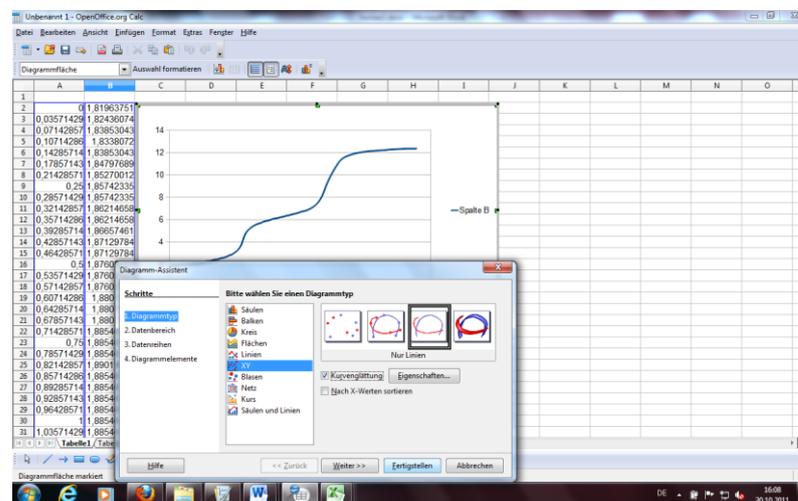
Vorsicht: Anderes Zahlenbeispiel (Titration von Maleinsäure)



Datenreihen markieren und unter dem Menüpunkt ‚Einfügen‘ – ‚Diagramm‘ wählen:



Im Fenster ‚Diagramm-Assistent‘ – ‚Diagrammtyp‘ – ‚XY‘ – ‚Nur Linien‘ und ‚Kurvenglättung‘ anwählen:



Das Diagramm wird erstellt.