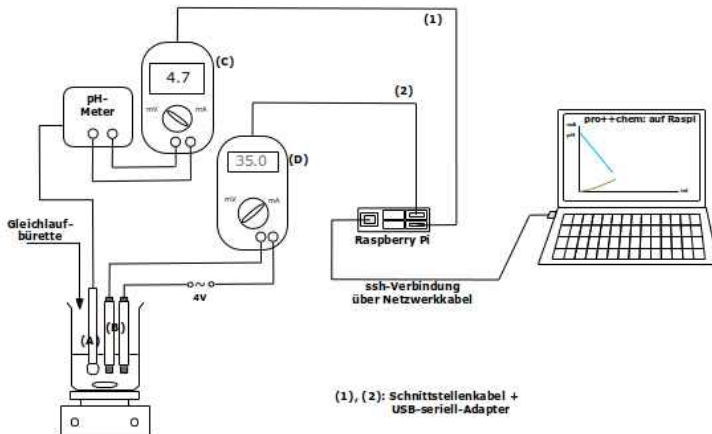


2-Kanalmessung mit pro++chem

Schema einer 2-Kanal-Messwertaufnahme mit pro++chem und einem Raspberry Pi



Die Abbildung oben zeigt eine 2-Kanalmessung, bei der während der Neutralisation einer Säure der pH-Wert und die Leitfähigkeit mit Hilfe von pro++chem aufgezeichnet werden. Das Programm wird auf einem Raspberry Pi ausgeführt und über eine **ssh-Verbindung** ([s. hier](#)) auf einem Laptop angezeigt.

Vorbereitungen zur Aufnahme einer 2-Kanalmessung mit einem [Raspberry Pi](#) und pro++chem:

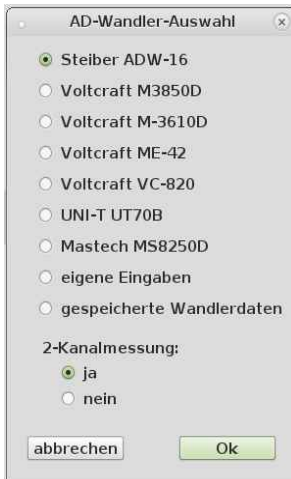
1. Sinnvoll für die Aufnahme von 2-Kanalmessungen mit pro++chem erscheint die **Verwendung eines Raspberry Pi 3**. Die älteren Vorgängermodelle sind für diesen Zweck wenig geeignet.
2. **Raspbian** als Betriebssystem und **pro++chem - Raspberry-Pi-Version** - sind auf der SD-Karte des Raspberry Pi installiert.
3. Der Versuchsaufbau kann der Abbildung oben entnommen werden
4. pH-Elektrode (A) mit pH-Meter verbinden
5. Verbindungen vom Schreiberanschluss des pH-Meters zum Spannungseingang des Messgerätes (C) herstellen.
6. Das Messgerät (C) mit dem zugehörigen Schnittstellenkabel (1) und, falls nötig, einem aufgestecktem USB-seriell-Adapter an einer der 4 USB-Schnittstellen des Raspberry Pi anschließen.
7. Leitfähigkeitselektroden (B) mit einer Wechselstromquelle (4 Volt) und den Eingängen des Messgerätes (D) in Reihe schalten. Die Einstellung am Messgerät ist so vorzunehmen, dass ein Strom im Milliamperebereich (mA) gemessen werden kann.
8. Messgerät (D) an einem der USB-Ports des Raspi (Schnittstellenkabel (2)) anschließen.
9. Den Raspberry Pi über ein Netzwerkkabel mit dem Laptop verbinden und von dort eine **ssh-Verbindung über eine Konsole** (z.B. mit '`ssh -X pi(at)10.0.2.15`', **wichtig** bei der Befehlseingabe ist der **Parameter '-X'**, der die Übertragung grafischer Datenelemente ermöglicht) zum Raspi herstellen und pro++chem für den übernächsten Punkt starten: mit '`cd <Programmverzeichnis>`' und Eingabe von '`./pro++chem`').
10. Mit dem Kapitel **Aufnahme von Messwerten mit pro++chem** sollte man vertraut sein!
11. **Hinweise:** Vor dem Start einer 2-Kanalmessung sollte man (nach einem Start von pro++chem) durch Probieren die **USB-Schnittstellen herausfinden**, über die die Messgeräte mit dem Raspi verbunden sind (wahrscheinlich sind: ttyUSB0 und ttyUSB1). Nachdem klar ist, über welche Schnittstelle das Messgerät (C) mit dem Raspi Daten austauscht, ist es sinnvoll, eine **2-Punkt-Kalibrierung der pH-Elektrode** mit pro++chem vorzunehmen. Durch Verwendung von 2 Pufferlösungen, eine im sauren und eine im neutralen Bereich, kann man dies bewerkstelligen.

Aufnahme einer 2-Kanalmessung mit pro++chem



Ausgangssituation: Die Vorbereitungen zur Aufnahme einer 2-Kanalmessung sind abgeschlossen und pro++chem wurde gestartet!

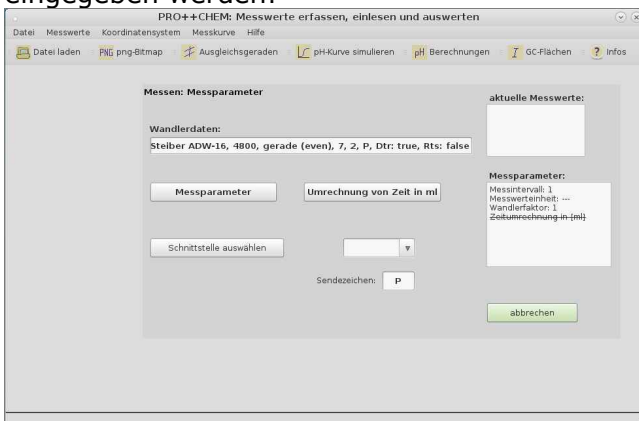
Durch **LMT-Klick** auf die **Schaltfläche Messen** wird die **Messwertaufzeichnung** eingeleitet und man klickt sich vor bis zu Mitteilungsfenster '**AD-Wandler-Auswahl**', wählt 'ja' für '2-Kanalmessung' und sucht das erste Messgerät/den ersten AD-Wandler aus (hier 'Steiber ADW-16'):



Nach LMT-Klick auf die Ok-Schaltfläche erscheint das nächste Fenster. **Alle Eingaben**, die auf dieser Ebene erfolgen sollen, müssen **vor dem Öffnen der Schnittstelle** getätigt werden! Die Schaltfläche '**Schnittstelle öffnen**' wird erst nach einem Klick auf die Schaltfläche '**Schnittstelle auswählen**' sichtbar.

Falls man aus einer Gleichlaufbürette Maßlösung zur Reaktionslösung tropft, besteht durch LMT-Klick auf die Schaltfläche '**Umrechnung von Zeit in ml**' die Möglichkeit, die Zeit (in sec) anzugeben, die verstreicht, bis 100 ml der Maßlösung zugetropft sind. Die grafische Darstellung der Messwerte erfolgt dann in Abhängigkeit des zugefügten Maßlösungsvolumens. Durch LMT-Klick auf '**Messparameter**' können auch weitere Parameter wie 'Messwerteinheit' (z.B. pH) oder 'Messintervall' (1 sec ist voreingestellt) eingegeben werden.

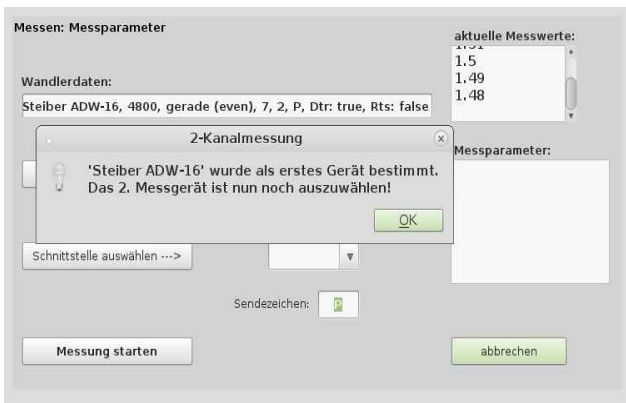
Wichtiger Hinweis: Erfolgen für das 1. Messgerät Eingaben für 'Umrechnung von Zeit in ml' und/oder bei 'Messintervall', dann müssen genau diese Angaben auch für das 2. Messgerät eingegeben werden!



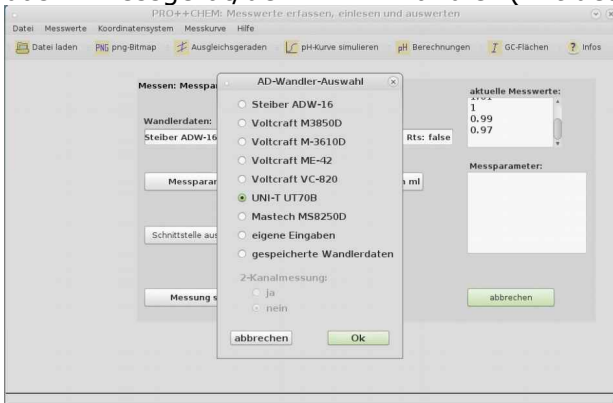
Nach der Eingabe der Messparameter erscheint eine Fenstereinblendung mit der Frage nach einer **Kalibrierung der Messwerte**, die vom 1. ausgewählten Messgerät übertragen werden. Falls das erste Messgerät die pH-Werte liefert, kann die Frage verneint werden. Vorausgesetzt, man ist nach Punkt 10. der Vorbereitungen verfahren:



Im nächsten eingeblendeten Fenster erscheinen namentlich ('Steiber ADW-16') das zuerst ausgewählte Gerät und der Hinweis auf das noch auszuwählende 2. Messgerät:



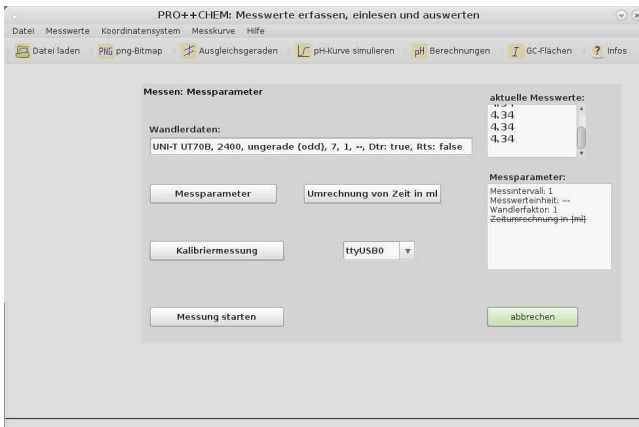
Nach Bestätigung des Hinweises erscheint auf der Programmoberfläche das Auswahlfenster für das 2. Messgerät/den 2. AD-Wandler (mit deaktiviertem Bereich '2-Kanalmessung'):



Hier wurde das Multimeter 'UNI-T UT70B' ausgewählt.

Durch **LMT-Klick** auf '**Ok**' können die Parametereingaben für das 2. Messgerät gemacht werden.

Achtung: Besonders die Zeit, die für das 1. Messgerät bei 'Umrechnung von Zeit in ml' angegeben wurde, muss jetzt auch für das 2. Messgerät eingetragen werden! Eine Kalibrierung der Messwerte ist auch für Messgerät 2 durch LMT-Klick auf 'Kalibrierung' möglich.



Die eigentliche **Messwertaufnahme** wird gestartet durch **LMT-Klick** auf '**Messung starten**'.

Die 2-Kanalmessung beendet man durch 2-maligen **LMT-Klick** auf die **Schaltfläche 'Messung beenden'**.

Beispiel (s. Abb. unten) einer **2-Kanalmessung** mit **pro++chem**, ausgeführt auf einem Raspberry Pi 3:

Die Daten dieser 2-Kanalmessung befinden sich im **Verzeichnis 'Messdaten'** des Downloadpaketes von pro++chem im **Ordner 'zweiKanal_17.04.2018_15.40'** als **'zweiKanal-1.p+c'** und **'zweiKanal-2.p+c'**. Beim Laden dieser Messreihe mit pro++chem wird auch der Inhalt von **'zweiKanal-Zusatzinfos.p+c'** eingelesen, der am Ende der Messreihenaufnahme als **zusätzliche Information** zur Messung erfasst wurde.

Gemessen wurden die pH-Werte und die Leitfähigkeit während der Neutralisation einer 10 ml Salzsäureprobe ($c \sim 0,1 \text{ mol/l}$) mit Natronlauge als Maßlösung ($c = 0,1 \text{ mol/l}$). Anm.: Für die Versuchsdurchführung standen u.a. ein älteres pH-Meter mit Schreiberanschluss und eine ebenso betagte pH-Elektrode zur Verfügung. Die unten dargestellten Kurven erhält man, wenn nach dem Einlesen der Messdaten der 59. Messwert (ein Ausreißer) der pH-Kurve (blaue

Kurve) mit 'Strg+D' gelöscht wird.



Anmerkungen: Nach Beendigung einer **2-Kanalmessung** (2 LMT-Klicks auf Schaltfläche 'Messung beenden') werden die von den beiden Messgeräten/AD-Wandlern übertragenen Messdaten in 2 Dateien gespeichert: **zweiKanal-1.p+c** und **zweiKanal-2.p+c**. Die beiden Dateien befinden sich in einem **Unterverzeichnis** (Schema des Verzeichnisnamens: '**zweiKanal_dd.mm.yy_hh.mm**'; z.B. '**zweiKanal_30.05.2018_13.52**') des Programmverzeichnisses von pro++chem und werden nach ihrer Speicherung als 2 Messkurven dargestellt (s. Abb. zuvor).

Für jede 2-Kanalmessung wird vom Programm automatisch ein Unterverzeichnis erzeugt, das neben beiden Messdateien eine Datei '**zweiKanal-Zusatzinfos.p+c**' enthält, in die man zuvor, nach Beendigung der Messung, zusätzliche Informationen (z.B. V(Probe), Art der Maßlösung, c(Maßlösung), Messgrößen, Messgeräte) zum Versuch eingeben konnte.

Beim Einlesen der Daten einer 2-Kanalmessung werden von pro++chem die Inhalte der drei Dateien ausgelesen. Die Zusatzinfos zur Messreihe kann man sich mit Hilfe der Tastenkombination 'Strg+I' (oder über das Programmmenü 'Messkurve' und 'Informationen zur Messreihe') anzeigen lassen.

Die Messdaten der 2-Kanalmessung, die obiger Kurve entsprechen, findet man im Unterordner '**zweiKanal_17.04.2018_15.40**' des Verzeichnisses '**Messdaten**' des **pro++chem-Downloadpaketes**.

Hinweis: 2-Kanalmessungen mit pro++chem können generell mit jedem Computer/Laptop aufgenommen werden, auf dem ein Betriebssystem installiert ist, unter dem pro++chem ausgeführt werden kann. Ein Raspberry Pi ist also nicht zwingend erforderlich.

siehe auch [Aufnahme von Messwerten mit pro++chem](#)

© [Gerd Protschuk](#)