






CASSY Lab 2

Einführung

-  [Messung](#)
-  [Auswertung](#)
-  [Versuchsbeispiele](#)
-  [Neues in CASSY Lab 2](#)
-  [Eigene Software für CASSY](#)

CASSY Lab 2 unterstützt ein oder mehrere CASSY-Module ([Sensor-CASSY](#), [Sensor-CASSY 2](#), [Power-CASSY](#), [Profi-CASSY](#), [CASSY-Display](#), [Pocket-CASSY](#) und [Mobile-CASSY](#)) am USB-Port oder an der seriellen Schnittstelle des Computers. Außerdem werden diverse andere [serielle Messgeräte](#), das [Joule- und Wattmeter](#) und das [Universelle Messinstrument Physik/Chemie/Biologie](#) unterstützt.

Für CASSYs mit serieller Schnittstelle erfolgt die Auswahl der seriellen Schnittstelle in den [Einstellungen CASSYs](#).

Freischaltcode

Soll CASSY Lab 2 zusammen mit CASSY eingesetzt werden, so ist dafür ein 24-stelliger Freischaltcode erforderlich. Dieser Freischaltcode ist auf der Rechnung und dem Lieferschein unter der Nummer 524 220 zu finden und muss zusammen mit dem dort angegebenen Namen einmal eingegeben werden. Danach ist die Software für CASSY freigeschaltet. Bitte beachten Sie unser [Copyright](#).


Soll dagegen CASSY Lab 2 nur mit [anderen Geräten](#), mit dem [Joule- und Wattmeter](#) oder mit dem [Universellen Messinstrument Physik/Chemie/Biologie](#) verwendet werden, ist dazu **kein** Freischaltcode erforderlich.

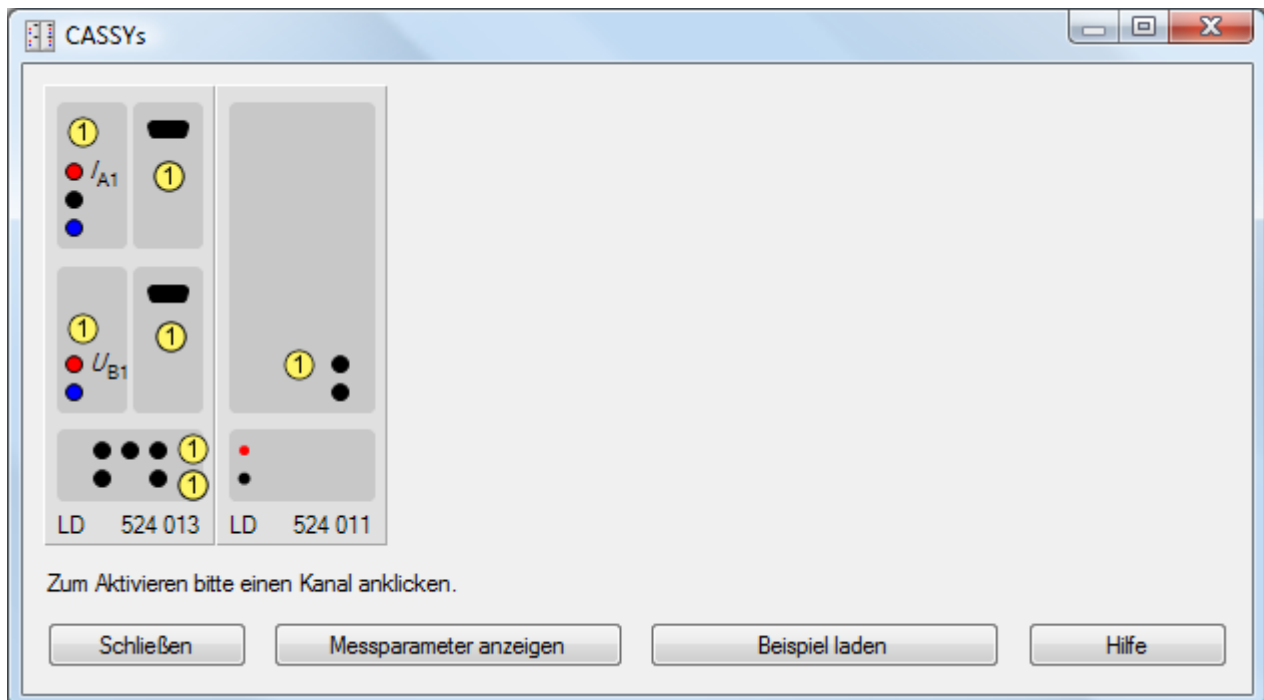
Sollte Ihnen der Freischaltcode fehlen, faxen Sie bitte die Rechnung über CASSY Lab 2 (524 220) an +49-2233-604607. Es wird Ihnen dann sobald wie möglich Ihr Freischaltcode zurückgefakt. Für eine Übergangszeit lässt sich CASSY Lab 2 auch ohne Freischaltung mit CASSY verwenden (max. 16 Nutzungen).


Auch zukünftige Versionen, die beispielsweise im Internet bereitgestellt werden, nutzen diese Freischaltung. Auch Updates sind damit uneingeschränkt verwendbar.

-  [Update aus dem Internet laden](#)

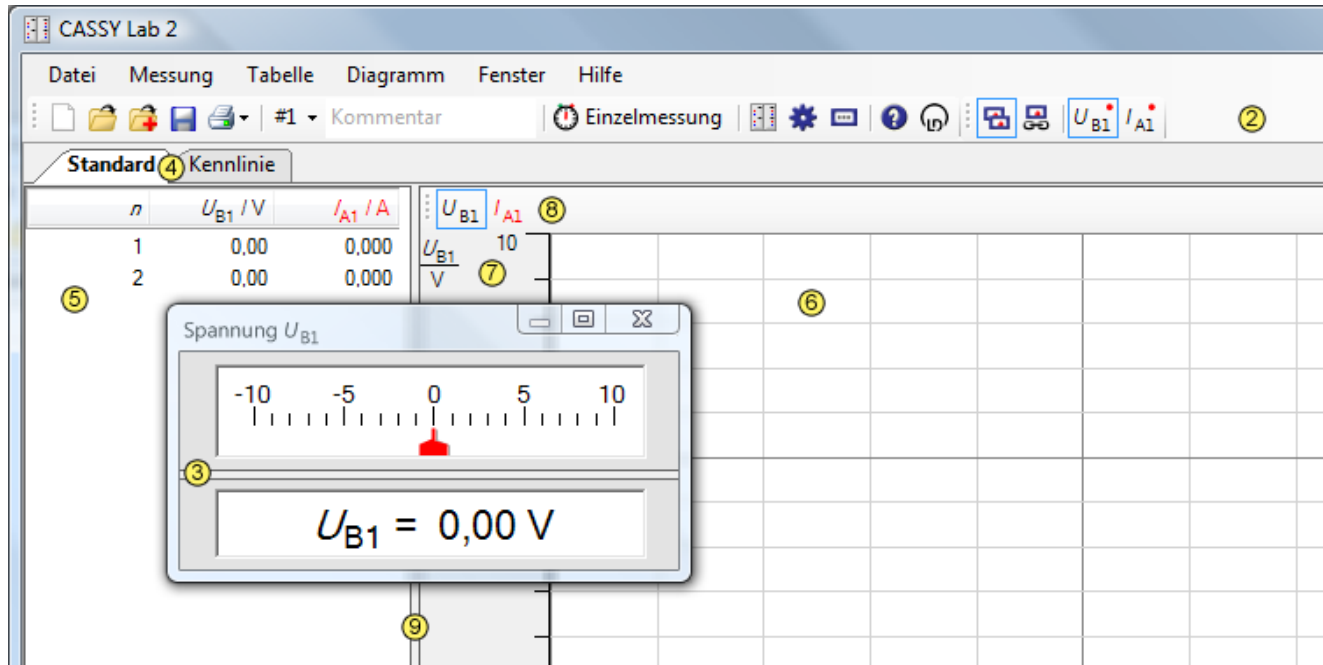
Erste Messwerte

Wenn ein oder mehrere CASSYs erkannt worden sind, zeigt ein Fenster alle [CASSY-Module](#) in ihrer aktuellen Konfiguration (mit eventuell [aufgesteckten Sensorboxen](#)). Um eine Messung durchzuführen, braucht nur der entsprechende Eingang oder Ausgang  angeklickt zu werden:



Ein aktiver Ein- oder Ausgang (Kanal) wird danach farbig markiert und als Button rechts oben zu den Kanal-Buttons  des Hauptfensters einsortiert (hier I_{A1} und U_{B1}). Diese Buttons stellen die einfachste Möglichkeit dar, ein Anzeige-

instrument ③ des Kanals anzuzeigen oder zu schließen (linke Maustaste) oder seine Einstellungen zu verändern (rechte Maustaste). Außerdem erscheint der Kanal anfangs automatisch in der Tabelle ⑤ und im Diagramm ⑥.



Die grundsätzlichen Funktionen lassen sich gezielt durch das Menü oder mit den Buttons ② in der oberen Zeile ausführen:

[Datei](#) [Messung](#) [Tabelle](#) [Diagramm](#) [Fenster](#) [Hilfe](#)

In der Buttonzeile lässt sich auch ein kurzer **Kommentar** zu jeder Messreihe eingeben.

Darunter lässt sich durch Anklicken einer der Darstellungsseiten ④ die Darstellung der Tabelle ⑤ und des Diagramms ⑥ umschalten, wenn unterschiedliche [Darstellungen](#) definiert wurden (hier **Standard** und **Kennlinie**). Tabelle und Diagramm können gegeneinander durch Verschieben der Trennlinie ⑨ mit der Maus vergrößert oder verkleinert werden.

Darstellungsseiten können durch Ziehen an ihrem Karteireiter ④ anders sortiert, anders angeordnet (z. B. mehrere Diagramme gleichzeitig) und zu fliegenden Fenstern gemacht werden. Bei frei fliegenden Fenstern sortiert ein Doppelklick auf die Titelzeile das Fenster wieder ein.

An vielen Stellen haben **beide** Maustasten (links und rechts) eine entscheidende Funktion:

Bedienelement	Linke Maustaste	Rechte Maustaste
① CASSY-Anordnung	Anschalten und Ändern eines Kanals	Anschalten und Ändern eines Kanals
② Kanal-Button	Öffnen und Schließen des Anzeigeinstruments, Drag & Drop nach ② und ⑤ bis ⑧	Einstellungen des Kanals
③ Anzeigeinstrument	Verschieben der Trennlinie Analog- zu Digitalanzeige, Drag & Drop der Werte nach ⑤	Einstellungen des Kanals
④ Name der Darstellung	Umschalten in eine andere definierte Darstellung , Änderung der Anordnung	
⑤ Tabelle	Editieren von Messwerten, Drag & Drop der Werte innerhalb der Tabelle oder der Kanäle nach ②	Darstellung der Tabelle , z. B. Schriftgröße , Löschen von Tabellenzeilen
⑥ Diagramm	Markieren von Auswertungsbereichen	Einstellungen und Auswertungen im Diagramm
⑦ Skala	Verschieben der Skala	Minimum, Maximum und Umrechnung der Skala festlegen
⑧ Achsensymbole	Umschalten der y-Skala, Drag & Drop nach ②	Einstellungen der Kurve
⑨ Trennlinie	Verschieben der Trennlinie Tabelle zu Diagramm	

Datei-Menü

Datei → Neu (F4)

Löscht entweder die aktuelle Messreihe unter Beibehaltung ihrer [Einstellungen](#) oder, wenn die aktuelle Messreihe leer ist, alle Messwerte, oder, wenn keine Messwerte vorhanden sind, die aktuellen [Einstellungen](#).

Eine zwei- oder dreimalige Anwendung löscht eine Messung komplett mit ihren Einstellungen.

Datei → Öffnen (F3)

Lädt eine Messreihe mit ihren [Einstellungen](#) und ihren [Auswertungen](#).

Außerdem steht ein [Text-Import-Filter](#) (Dateityp *.txt) zur Verfügung.

Datei → Anhängen

Hängt eine Messreihe an eine vorhandene Messreihe an (ohne ihre Einstellungen und Auswertungen mit zu laden). Dies ist möglich, wenn beide Messreihen die gleichen Messgrößen besitzen. Alternativ kann eine weitere Messreihe auch nachträglich gemessen und [angehängt](#) werden.

Datei → Speichern (F2)

Speichert die aktuellen Messreihen mit ihren [Einstellungen](#) und ihren [Auswertungen](#) ab.

Es lassen sich auch reine Einstellungen (ohne Messdaten) abspeichern, mit denen dann später ein Experiment einfach wiederholt werden kann.

Außerdem steht ein [Text-Export-Filter](#) (Dateityp *.txt) zur Verfügung.

Datei → Seite einrichten

Legt das Papierformat und die Seitenränder für einen Ausdruck fest.

Datei → Druckvorschau

Zeigt eine Vorschau des Ausdrucks der aktuellen Tabelle oder des aktuellen Diagramms.

Datei → Drucken

Druckt die aktuelle Tabelle oder das aktuelle Diagramm aus.

Text-Export und Import

Wählt man im Dateiauswahlfenster als Dateityp *.txt, dann ist bequem der Export- und Import von Text-Dateien möglich.

Das Datenformat beginnt mit einem Header, in dem alle Zeilen wiederum mit einem Schlüsselwort beginnen. Dadurch werden Messbereiche (MIN, MAX), Skalierungen (SCALE), Anzahl signifikanter Nachkommastellen (DEC) und die eigentliche Definition der Messgrößen (DEF) festgelegt. Bis auf die DEF-Zeile sind alle Zeilen optional. Nach dem Header folgt die eigentliche Messwerttabelle.

Die genaue Syntax ist z. B. der Datei anzusehen, die bei einem Datenexport entsteht.

Messung-Menü

Eine Messung wird durch die eingestellten [Messparameter](#) konfiguriert und danach durch dieses Menü gestartet und gestoppt.

Messung → Messung starten/stoppen (F9)

Startet und stoppt eine neue Messung.

Alternativ kann die Messung durch die Vorgabe einer [Messzeit](#) gestoppt werden.

Während oder nach einer Messung öffnet die rechte Maustaste in der Tabelle das [Tabellendarstellungsmenü](#) und im Diagramm das [Auswertungsmenü](#).

Messung → Messung fortsetzen

Setzt eine Messung fort. Eine Messung lässt sich fortsetzen, wenn das gewählte Zeitintervall 100 ms oder größer ist und noch Messzeit verbleibt.

Messung → Neue Messreihe anhängen

Ermöglicht die aufeinanderfolgende Aufnahme mehrerer Messreihen. Bei automatischer Messwertaufnahme muss dieser Schalter nur einmal gesetzt werden, um alle folgenden Messungen anzuhängen. Bei manueller Messwertaufnahme muss der Schalter jedes Mal neu gesetzt werden, wenn wieder eine neue Messreihe angefangen werden soll.

Bei mehr als einer aufgenommenen Messreihe wird zur Unterscheidung der Symbole der fortlaufende Index der Messreihe allen Symbolen angehängt, z. B. $U_{A1\#1}$ und $U_{A1\#2}$. Dadurch kann bei der Spaltenbelegung einer Tabelle und der Achsenbelegung eines Diagramms zwischen den Messreihen unterschieden werden.

Alternativ können die einzelnen Messreihen auch erst nacheinander aufgenommen und einzeln abgespeichert werden. Beim Laden mehrerer vergleichbarer Messreihen (mit gleichen Messgrößen) können Messreihen auch nachträglich noch angehängt werden.

Diese Auswahl ist identisch zu [Messparameter → Neue Messreihe anhängen](#).

Messung → Messreihe auswählen

Wählt die aktuelle Messreihe aus. Die aktuelle Messreihe ist

- die Messreihe, in die gemessen wird, wenn keine neue Messreihe angehängt wird,
- die Messreihe, die beim Löschen der aktuellen Messreihe gelöscht wird,
- die Messreihe, deren Messwerte bei Drag & Drop aus den Kanal-Buttons in die Tabelle und das Diagramm gezogen werden.

Messung → Aktuelle Messreihe löschen

Löscht die aktuell ausgewählte Messreihe. Dabei werden alle Werte gelöscht, die während dieser Messreihe aufgenommen wurden, auch wenn sie zur Zeit nicht dargestellt werden.

Tabelle-Menü

Die Darstellung der Tabelle lässt sich auch nach einem Klick mit der rechten Maustaste in der Tabelle ändern.

Messwerte ändern

Einzelne Messwerte lassen sich nach dem Anklicken mit der linken Maustaste ändern oder auf andere Messwertzeilen ziehen (Drag & Drop).

Zeilen auswählen

Zusammen mit der Umschalt-Taste oder der Strg-Taste lassen sich einzelne oder mehrere Tabellenzeilen markieren. Wenn Zeilen markiert sind, dann wird die Markierung bei [Tabelle → Tabelle kopieren](#) berücksichtigt und es können bei [Datei → Drucken → Tabelle drucken](#) die markierten Zeilen als Druckbereich ausgewählt werden.

Die Zeilenauswahl kann durch Doppelklick auf eine Tabellenzelle wieder ausgeschaltet werden.

Statuszeile


Eine einzelne markierte Tabellenzeile wird in die Statuszeile am unteren Bildschirmrand eingetragen. Diese Tabellenzeile lässt sich durch Drücken von  oder **F6** auch in einem größeren Fenster darstellen bzw. wieder ausblenden.

Tabelle → Spaltenbelegung ändern

Ruft die [Einstellungen Darstellung](#) auf. Dort kann die Spaltenbelegung der Tabelle geändert werden.

Alternativ kann die Spaltenbelegung durch Drag & Drop zwischen den Kanal-Buttons und dem Tabellenkopf geändert werden.

Tabelle → Schriftgröße wählen

Die Schriftgröße der Tabelle ist einstellbar. Zur Auswahl steht eine kleine, mittlere und eine große Schrift.

Tabelle → Letzte Tabellenzeile löschen (Alt+L)

Löscht die jeweils letzte Zeile der aktuellen Messreihe in der Tabelle.

Tabelle → Tabelle kopieren

Kopiert die Tabelle als Text in die Zwischenablage von Windows. Dort steht sie dann zur Weiterverarbeitung anderen Windows-Programmen zur Verfügung.

Tabelle → Fenster kopieren

Kopiert das Hauptfenster als Bitmap in die Zwischenablage von Windows. Dort steht es dann zur Weiterverarbeitung anderen Windows-Programmen zur Verfügung.

Diagramm-Menü

Die zahlreichen grafischen Auswertungen sind auch nach einem Klick mit der rechten Maustaste im Diagramm zugänglich.

	Achsenbelegung ändern		Anpassung durchführen
	Koordinaten anzeigen		Integral berechnen
	Linienbreite wählen		Poissonverteilung berechnen
	Werteanzeige wählen		Gaußverteilung berechnen
	Skalierung wählen		Minimum und Maximum bestimmen
	Raster einblenden		Formfaktor bestimmen
	Zoomen		Welligkeit bestimmen
	Zoom ausschalten		Äquivalenzpunkt bestimmen
	Markierung setzen		Zwickelabgleich durchführen
	Text		Systole und Diastole bestimmen
	Senkrechte Linie		CAN/LIN-Bitschaft decodieren
	Waagerechte Linie		Letzte Auswertung löschen
	Differenz messen		Alle Auswertungen löschen
	Röntgenenergien		Bereich löschen (nur Messwerte)
	Mittelwert einzeichnen		Diagramm kopieren
	Peakschwerpunkt berechnen		Fenster kopieren

Markieren eines Messwertes

Durch Anklicken eines Messwertes wird dieser im Diagramm markiert und gleichzeitig sein y-Wert in der Tabelle ausgewählt. Diese Markierung lässt sich durch die Auswahl eines anderen y-Wertes in der Tabelle ändern oder durch Auswahl eines x-Wertes in der Tabelle löschen.

Markieren eines Kurvenbereiches

Für einige Auswertungen ist es erforderlich, einen Kurvenbereich zu markieren, für den die Auswertung berechnet werden soll.

Dazu bewegt man den Mauszeiger bei gedrückter linker Maustaste vom Anfang bis zum Ende des Kurvenbereichs. Alternativ kann auch der Anfangs- und der Endpunkt angeklickt werden.

Während der Markierung des Kurvenbereichs erscheint der markierte Bereich cyan und die Auswertung wird berechnet.


Editieren einer Auswertung

Eine Auswertung kann durch Doppelklick auf diese Auswertung editiert werden. Wenn der Bereich geändert wird, wird die Auswertung neu berechnet.

Wird der Bereich außerhalb des Diagramms verschoben, wird die Auswertung gelöscht.

Die Auswertungen werden automatisch neu berechnet, wenn die Messung erneut gestartet wird ohne eine [neue Messreihe anzuhängen](#) oder wenn sich die Messwerte ändern (z. B. während der Aufnahme eines Spektrums).

Statuszeile

In die Statuszeile am unteren Bildschirmrand werden Auswertungsergebnisse eingetragen. Diese Ergebnisse lassen sich durch Drücken von  oder **F6** auch in einem größeren Fenster darstellen bzw. wieder ausblenden.

Drag & Drop

Die Auswertungsergebnisse der Statuszeile lassen sich mit der Maus in die Tabelle oder das Diagramm ziehen (Drag & Drop). Auf diese Weise lassen sich Diagramme erstellen, die von Auswertungsergebnissen abhängen oder Auswertungsergebnisse schnell in Diagramm eintragen.

Wenn mehrere Auswertungsergebnisse in der Statuszeile stehen, wird die Statuszeile ab dem Auswertungsergebnis kopiert, über dem die Maus beim Ziehen gestanden hat.

Diagramm → Achsenbelegung ändern

Ruft die [Einstellungen Darstellung](#) auf. Dort kann die Achsenbelegung des Diagramms geändert werden. Auch eine Umrechnung der Achsen ist dort möglich.

Alternativ kann die Achsenbelegung durch Drag & Drop zwischen den Kanal-Buttons und dem Diagramm geändert werden.

x,y Diagramm → Koordinaten anzeigen (Alt+K)

Nach dem Einschalten dieser Funktion enthält die [Statuszeile](#) die aktuellen Koordinaten des Mauszeigers, wenn dieser sich in einem Diagramm befindet. Die Koordinatenanzeige ist solange aktiv, bis sie durch die erneute Wahl dieses Menüpunkts wieder ausgeschaltet wird oder eine Auswertung ein Ergebnis in die Statuszeile schreibt.







Die aktuellen Koordinaten können auch in das Diagramm geschrieben werden. Dabei muss der Menüpunkt [Text](#) mit Alt+T über die Tastatur aufgerufen werden, ohne die Position des Mauszeigers zu verändern, da sonst die falschen Koordinaten übernommen werden.

// Diagramm → Linienbreite wählen

Die Linienbreite für die Anzeige des Diagramms und der darin durchgeführten Auswertungen ist einstellbar. Zur Auswahl stehen schmale, mittelbreite und dicke Linien.

% Diagramm → Werteanzeige wählen

Es stehen sechs verschiedene Funktionen zur Verfügung, um die Anzeige der Werte zu beeinflussen.

 Werte einblenden	Quadrate, Dreiecke, Kreise, Rauten, ...
 Verbindungslinien einblenden	Verbindungslinien zwischen den Messpunkten
 Akima-Interpolation	Werte zwischen Messpunkten nach Akima interpoliert
 sinc-Interpolation	Werte zwischen Messpunkten mit $\text{sinc}(x)=\sin(\pi x)/\pi x$ interpoliert
 Balken einblenden	Messwertbalken
 Achsen einblenden	Nulllinie der x- und y-Achse

Die Interpolationen Akima und sinc werden nicht über Definitionslücken hinweg und nicht während einer Messung berechnet. Während der Messung werden die Punkte nur durch gerade Linienstücke verbunden. Erst nach der Messung berechnet die Interpolation die Kurvenstücke zwischen den Messpunkten. Die sinc-Interpolation ist ideal für Signale, die keine Frequenzanteile über der halben Abtastfrequenz enthalten. Sie führt dann zu einem 10-fach Oversampling.

L Diagramm → Skalierung wählen

Im Diagramm kann die x- und die y-Skalierung aus- und wieder eingeblendet werden.

Diagramm → Raster einblenden

Im Diagramm kann ein Raster aus- und wieder eingeblendet werden.

🔍 Diagramm → Zoomen (Alt+Z)

Nach Aktivierung dieses Menüpunkts, muss der Bereich definiert werden, der vergrößert werden soll. Das geschieht mit der linken Maustaste.

Eine bereits gezoomte Darstellung lässt sich auch weiter zoomen. Ein Zoom kann anschließend durch [Zoom ausschalten](#) wieder zurückgesetzt werden.

🔍 Diagramm → Zoom ausschalten (Alt+A)

Setzt den aktuell gewählten Ausschnitt des Diagramms wieder in seine Ausgangsgröße zurück.

+ Diagramm → Markierung setzen

Es stehen fünf verschiedene Markierungsfunktionen zur Verfügung.

ABC Diagramm → Markierung setzen → Text (Alt+T)

Mit der Textfunktion kann das Diagramm an beliebigen Stellen mit frei wählbarem Text beschriftet werden. Nach der Texteingabe ist der Text nur noch an die gewünschte Stelle zu verschieben und mit der linken Maustaste zu platzieren.

Nach allen Auswertungen, die in der Statuszeile Zahlenwerte als Ergebnis geliefert haben, werden diese Zahlenwerte als Textvorschlag angegeben, der übernommen, editiert oder verworfen werden kann.

| Diagramm → Markierung setzen → Senkrechte Linie (Alt+S)

Mit dieser Funktion lassen sich beliebig positionierbare senkrechte Linien in das Diagramm einzeichnen. Die Position wird in der [Statuszeile](#) eingetragen.

— Diagramm → Markierung setzen → Waagerechte Linie (Alt+W)

Mit dieser Funktion lassen sich beliebig positionierbare waagerechte Linien in das Diagramm einzeichnen. Die Position wird in der [Statuszeile](#) eingetragen.

↘ Diagramm → Markierung setzen → Differenz messen (Alt+D)

Nach Anklicken eines Bezugspunktes können beliebige Linien in das Diagramm eingezeichnet werden. Die Koordinatendifferenz zwischen Start- und Endpunkt der jeweiligen Linie wird in der [Statuszeile](#) eingetragen.

keV Diagramm → Markierung setzen → Röntgenenergien

zeigt ein Periodensystem und fügt die relevanten [Röntgenenergien](#) des ausgewählten Elements als Markierungen in das Diagramm ein, wenn die x-Achse des Diagramms die Einheit keV besitzt.

∞ Diagramm → Mittelwert einzeichnen

Nach Wahl der Mittelwertberechnung muss noch mit der linken Maustaste der [Kurvenbereich](#) gewählt werden, für den der Mittelwert berechnet werden soll. Der Mittelwert wird zusammen mit seinem statistischen Fehler in der [Statuszeile](#) eingetragen.

📈 Diagramm → Peakschwerpunkt berechnen

Es wird der Schwerpunkt des markierten [Peaks](#) berechnet und in die [Statuszeile](#) eingetragen.

f(x) Diagramm → Anpassung durchführen

Es stehen verschiedene Anpassungen zur Verfügung:

	Ausgleichsgerade	$y = Ax + B$
	Ursprungsgerade	$y = Ax$
	Tangente	$y = Ax + B$
	Normalparabel	$y = Ax^2$
	Parabel	$y = Ax^2 + Bx + C$
	Hyperbel 1/x	$y = A/x + B$
	Hyperbel 1/x²	$y = A/x^2 + B$
	Exponentialfunktion	$y = A \cdot \exp(-x/B)$
	Einhüllende einer Schwingung	$y = \pm A \cdot \exp(-x/B) + C$ (Dämpfung bei Luftreibung)
	Gaußkurven gleicher Breite	$y = \Sigma$ Gaußkurven mit gleichem σ
	Gaußkurven vorgegebener Energie	$y = \Sigma$ Gaußkurven mit festem μ und gleichem σ
	Freie Anpassung	$y = f(x, A, B, C, D)$

Nach Wahl der Anpassung muss noch mit der linken Maustaste der [Kurvenbereich](#) gewählt werden, in dem die Anpassung ausgeführt werden soll.

Die Gaußanpassungen passen im einfachsten Fall genau eine Gaußkurve im markierten Bereich an. Soll eine Summe aus mehreren Gaußkurven angepasst werden, muss die Anzahl und ungefähre Position der einzelnen Maxima (Peaks) vorgegeben werden. Dies geschieht durch vorher eingezeichnete Markierungen ([Peakschwerpunkte](#), [senkrechte Linien](#) oder markierte [Röntgenenergien](#)).

Gaußkurven gleicher Breite passt die Amplituden A_i und Positionen μ_i aller Gaußkurven an und verwendet dabei immer die gleiche Breite σ :

$$\sum_i A_i \cdot e^{-\frac{(x-\mu_i)^2}{2\sigma^2}}$$

Gaußkurven vorgegebener Energie passt nur noch die Amplituden A_i und eine Breite σ an. Dies bietet sich besonders bei markierten Röntgenenergien an.

Bei der **freien Anpassung** müssen vor der [Bereichsmarkierung](#) die Funktion $f(x, A, B, C, D)$ und sinnvolle Startwerte angegeben werden. Für die Funktionseingabe gelten die üblichen [Regeln](#). Die Startwerte sollten möglichst realistisch gewählt werden, damit die Anpassung eine gute Chance auf Erfolg hat. Falls eine Anpassung fehlschlägt, kann sie mit veränderten Startwerten wiederholt werden. Außerdem können einzelne Parameter A, B, C oder D während der Anpassung konstant gehalten werden.

Die aktuellen Parameter der Anpassung (A, B, C und D) werden bei der Anpassung in der [Statuszeile](#) eingetragen.

∫ dx Diagramm → Integral berechnen

Der Wert des Integrals ergibt sich aus der Fläche, die der mit der linken Maustaste gewählte [Kurvenbereich](#) mit der x-Achse einschließt, aus der Peakfläche, oder aus der Fläche, die der gewählte [Kurvenbereich](#) zum Ursprung einschließt. Der Wert des Integrals wird in der [Statuszeile](#) eingetragen.

Bei VKA-Messungen ist das Ergebnis aber kein echtes Integral über die x-Achse (Energie oder Kanäle), sondern nur die Summe über die Kanäle und hat die Einheit "Ereignisse".

Diagramm → Weitere Auswertungen → Poissonverteilung berechnen

(nur sinnvoll bei Häufigkeitsverteilungen)

Aus dem markierten [Bereich](#) des Histogramms wird die Gesamtanzahl n der Ereignisse, der Mittelwert μ und die Standardabweichung σ berechnet, in die [Statuszeile](#) eingetragen sowie die daraus errechnete Poissonverteilung eingezeichnet:

$$y = n \frac{\mu^x}{x!} e^{-\mu}$$

Diagramm → Weitere Auswertungen → Gaußverteilung berechnen

(nur sinnvoll bei Häufigkeitsverteilungen)

Aus dem markierten [Bereich](#) des Histogramms wird die Gesamtanzahl n der Ereignisse, der Mittelwert μ und die Standardabweichung σ berechnet, in die [Statuszeile](#) eingetragen sowie die daraus errechnete Gaußverteilung eingezeichnet:

$$y = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Diagramm → Weitere Auswertungen → Minimum und Maximum bestimmen

Es wird das Minimum und das Maximum des markierten [Bereichs](#) berechnet und in die [Statuszeile](#) eingetragen.

Diagramm → Weitere Auswertungen → Formfaktor bestimmen

(nur sinnvoll bei periodischen Kurven)

Für den markierten Bereich $[t_1, t_2]$ eines periodischen Signals (z. B. $U(t)$) werden berechnet und in die Statuszeile eingetragen:

Gleichrichtwert
(Mittelwert des
Absolutbetrags)

$$U_{\text{ABS MEAN}} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} |U(t)| \cdot dt$$

Effektivwert

$$U_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} U^2(t) \cdot dt}$$

Formfaktor

$$f = \frac{U_{\text{RMS}}}{U_{\text{ABS MEAN}}}$$

Dabei sollte immer eine ganze Zahl von Perioden markiert werden.

Diagramm → Weitere Auswertungen → Welligkeit bestimmen

(nur sinnvoll bei periodischen Kurven)

Für den markierten Bereich $[t_1, t_2]$ eines periodischen Signals (z.B. $U(t)$) werden berechnet und in die Statuszeile eingetragen:

$$U_{\text{MEAN}} = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} U(t) \cdot dt$$

Effektivwert

$$U_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} U^2(t) \cdot dt}$$

Welligkeit

$$r = \frac{\sqrt{U_{\text{RMS}}^2 - U_{\text{MEAN}}^2}}{U_{\text{MEAN}}}$$

Dabei sollte immer eine ganze Zahl von Perioden markiert werden.

Diagramm → Weitere Auswertungen → Äquivalenzpunkt bestimmen (nur sinnvoll bei Titrationskurven pH-Wert gegen Volumen)

Im markierten [Kurvenbereich](#) der Titrationskurve werden der Äquivalenzpunkt und der pK-Wert bestimmt und in die [Statuszeile](#) eingetragen. Bei starken Säuren oder Basen (mit $pK < 1$) ist es sinnvoll, nur den Bereich unmittelbar vor und nach dem Äquivalenzpunkt zu markieren. Dadurch kann vermieden werden, dass ein unkorrekter pK-Wert ausgegeben wird.

Diagramm → Weitere Auswertungen → Zwickelabgleich durchführen

Beim Zwickelabgleich werden nacheinander zwei Bereiche markiert, in denen zunächst eine Geradenanpassung durchgeführt wird.

Zwischen den beiden Geraden wird eine senkrechte Linie so angepasst, dass die beiden Zwickel (Dreiecke), die zwischen senkrechter Linie, den beiden Geraden und der gemessenen Kurve entstehen, die gleiche Fläche haben.

Es wird die Position der senkrechten Linie in die [Statuszeile](#) eingetragen.

Diagramm → Weitere Auswertungen → Systole und Diastole bestimmen (nur sinnvoll bei Blutdruckkurven)

Im markierten [Kurvenbereich](#) der Blutdruckkurve werden Systole und Diastole bestimmt und in die [Statuszeile](#) eingetragen.

Diagramm → Weitere Auswertungen → CAN/LIN-Botschaft decodieren

Durch Anklicken einer CAN- oder LIN-Botschaft wird diese decodiert und das Ergebnis in die [Statuszeile](#) eingetragen.

Diagramm → Letzte Auswertung löschen

Die jeweils letzte Auswertung dieser Darstellung wird wieder zurückgenommen.

Diagramm → Alle Auswertungen löschen

Alle Auswertungen dieser Darstellung werden gelöscht.

Diagramm → Bereich löschen (nur Messwerte)

Die Messwerte des markierten [Kurvenbereichs](#) werden gelöscht. Das betrifft nur Messwerte, die auf der y-Achse dargestellt werden. Nicht gelöscht werden können berechnete Größen (z. B. durch eine [Formel](#)) oder Werte auf der x-Achse.

Diagramm → Diagramm kopieren

Kopiert das Diagramm als Bitmap oder als Metafile in die Zwischenablage von Windows. Dort steht sie dann zur Weiterverarbeitung anderen Windows-Programmen zur Verfügung.

Diagramm → Fenster kopieren

Kopiert das Hauptfenster als Bitmap in die Zwischenablage von Windows. Dort steht es dann zur Weiterverarbeitung anderen Windows-Programmen zur Verfügung.

Fenster-Menü

Fenster → CASSY-Module anzeigen (F5)

Zeigt die die [aktuelle Anordnung](#) von CASSY-Modulen und Sensorboxen an.

Fenster → Einstellungen anzeigen

Zeigt die aktuellen [Einstellungen](#) an (z. B. [CASSYs](#), [Rechner](#), [Darstellungen](#)).

Fenster → Messparameter anzeigen

Zeigt die aktuellen [Messparameter](#) an.

Fenster → Großanzeige der Statuszeile ein-/ausblenden (F6)

Stellt den Inhalt der [Statuszeile](#) groß dar oder blendet ihn wieder aus.

Fenster → Anzeigeeinstrumente aus-/einblenden (F7)

Schließt alle geöffneten Anzeigeeinstrumente oder öffnet sie wieder.

Fenster → Anzeigeeinstrumente gruppieren (F8)

Gruppirt alle geöffneten Anzeigeeinstrumente damit sie gemeinsam verschoben, verkleinert oder vergrößert werden können.

Fenster → Anzeigeeinstrumente anordnen

Ordnet alle geöffneten Anzeigeeinstrumente regelmäÙg neben- und übereinander an.

Hilfe-Menü

Hilfe → Hilfe (F1)

Ruft diese Hilfe auf.

Hilfe → Neues in CASSY Lab 2

Zeigt die wichtigsten [Änderungen](#) im Vergleich zu CASSY Lab 1 an.

Hilfe → Versuchsbeispiele

Zeigt eine Übersicht über alle mitgelieferten [Versuchsbeispiele](#) an.

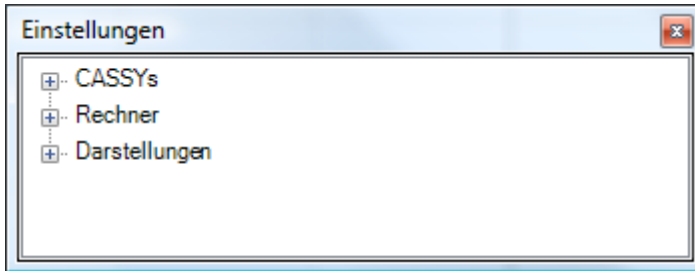
Hilfe → Info über ...




Gibt Auskunft über die Version der Software und ermöglicht die Eingabe des [Freischaltcodes](#).


Einstellungen und Messparameter

Fenster → Einstellungen anzeigen

Über dieses zentrale Dialogfenster lassen sich alle Einstellungen vornehmen. Dazu stellt die Baumansicht drei Wurzelknoten bereit:

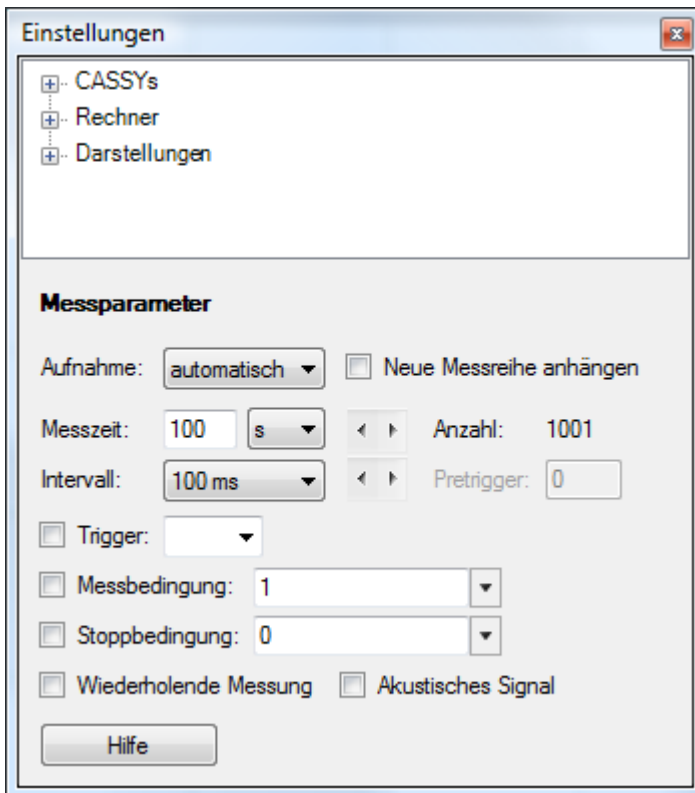


-  [CASSYs](#) (Definition der Ein- und Ausgänge der angeschlossenen CASSYs)
-  [Rechner](#) (Definition zusätzlicher Größen)
-  [Darstellungen](#) (Änderung der Spaltenbelegungen der Tabellen und Achsenbelegungen der Diagramme)

Wenn in der Baumstruktur in einem Unterknoten ein Problem (z. B. falsches CASSY, falsche Sensorbox, Syntaxfehler in einer Formel) aufgetreten ist, dann zeigt der erste sichtbare (übergeordnete) Knoten ein gelbes , das auf dieses Problem hinweist.


Fenster → Messparameter anzeigen

Die Messparameter werden auch bei jeder Einstellung eines Eingangs oder Ausgangs angezeigt oder falls kein Knoten in der Baumansicht ausgewählt ist.



Die Vorgaben in diesem Fenster hängen von den aufgesteckten Sensorboxen ab. Das vereinfacht die Anpassung an eine spezielle Messaufgabe, weil sensorboxtypische Einstellungen bereits durchgeführt worden sind.

Automatische Aufnahme

Die Software entscheidet über den exakten Zeitpunkt einer Messwertaufnahme. Nach dem Start der Messung mit  oder **F9** wird zunächst auf einen eventuell eingestellten **Trigger** gewartet und danach jeweils nach Ablauf des angegebenen Zeitintervalls eine Messwertzeile aufgenommen. Das **Intervall**, die **Anzahl** der Messpunkte pro Messung

sowie die gesamte **Messzeit** können vorher den Erfordernissen angepasst werden. Dabei kann mit **wiederholende Messung** eine fortlaufende Anzeige erreicht werden.

[Sensor-CASSY 2](#) und [Pocket-CASSY](#) unterstützen bei Zeitintervallen unter 100 ms einen Pretrigger, der angibt, wieviele Messwerte bereits vor dem Triggerzeitpunkt $t = 0$ aufgenommen werden sollen.


Bei Zeitintervallen ab 10 ms wird zusätzlich zum Trigger auch die **Messbedingung** und die **Stoppbedingung** ausgewertet und eventuell ein **akustisches Signal** bei Messwertaufnahme abgegeben. Die Messbedingung und die Stoppbedingung sind [Formeln](#).

Eine Messbedingung ungleich 0 bedeutet AN="Messwertaufnahme möglich", eine Messbedingung gleich 0 bedeutet AUS="Messwertaufnahme blockiert". Der Messvorgang läuft dann während die Messung gestartet ist **und** das Ergebnis der Formel AN ist. Wird z. B. die Messung am 21.4.1999 zwischen 13:00 Uhr und 14:00 Uhr erwünscht, so kann die Formel lauten: `date = 21.4.1999 and time >= 13:00 and time <= 14:00`.

Eine Stoppbedingung ungleich 0 bedeutet AN="Messung gestoppt", eine Stoppbedingung gleich 0 bedeutet AUS="Messung nicht gestoppt".

Bei einigen Messgrößen (z. B. Rate, Frequenz, Laufzeit, Dunkelzeit, Weg bei Verwendung der [GM-Box](#) oder der [Timer-Box](#)) wertet die Software das angegebene Zeitintervall nicht aus. In diesem Fall wird die Messung von der Torzeit oder den Messimpulsen selbst gesteuert.

Manuelle Aufnahme

Der Anwender entscheidet über den exakten Zeitpunkt einer Messwertaufnahme. Bei jedem Start mit  oder **F9** wird genau **eine** Messwertzeile aufgenommen, d. h. die aktuellen Anzeigewerte der Instrumente in die Tabelle und in das Diagramm übernommen. Für eine komplette Messreihe ist daher eine wiederholte manuelle Aufnahme erforderlich.

Neue Messreihe anhängen

Ermöglicht die aufeinanderfolgende Aufnahme mehrerer Messreihen. Bei automatischer Messwertaufnahme muss dieser Schalter nur einmal gesetzt werden, um alle folgenden Messungen anzuhängen. Bei manueller Messwertaufnahme muss der Schalter jedes Mal neu gesetzt werden, wenn wieder eine neue Messreihe angefangen werden soll.

Bei mehr als einer aufgenommenen Messreihe wird zur Unterscheidung der Symbole der fortlaufende Index der Messreihe allen Symbolen angehängt, z. B. $U_{A1\#1}$ und $U_{A1\#2}$. Dadurch kann bei der Spaltenbelegung einer Tabelle und der Achsenbelegung eines Diagramms zwischen den Messreihen unterschieden werden.

Alternativ können die einzelnen Messreihen auch erst nacheinander aufgenommen und einzeln abgespeichert werden. Beim Laden mehrerer vergleichbarer Messreihen (mit gleichen Messgrößen) können Messreihen auch nachträglich noch angehängt werden.

Diese Auswahl ist identisch zu  [Messung → Neue Messreihe anhängen](#)

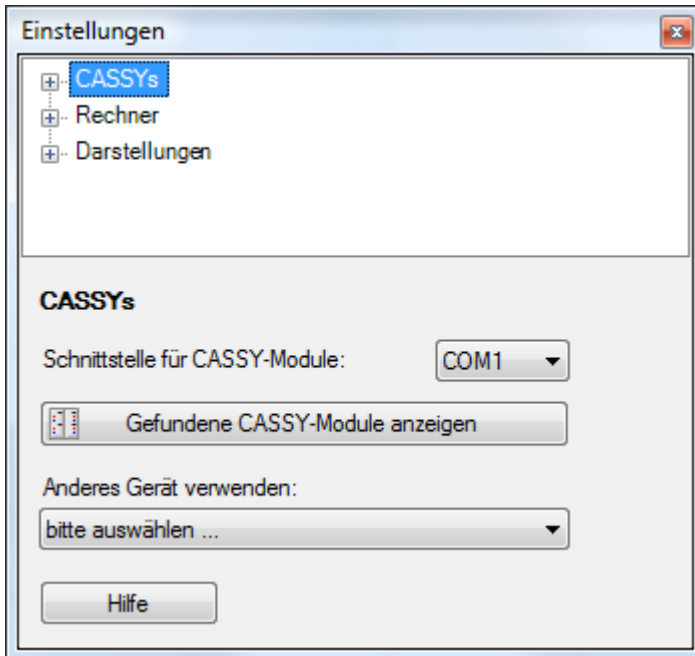
Messwerte ändern und löschen / Parametereingabe

Alle Messwerte (außer Zeit und Formeln) können in der Tabelle editiert werden. Dazu wird die Messwertzelle angeklickt und mit der Tastatur der Zahlenwert editiert.

Zum Löschen von Messwerten gibt es mehrere Möglichkeiten:

- ✕ [Messung → Aktuelle Messreihe löschen](#)
- ✕ [Tabelle → Letzte Tabellenzeile löschen](#)
- ✕ [Diagramm → Bereich löschen](#)

Einstellungen CASSYs

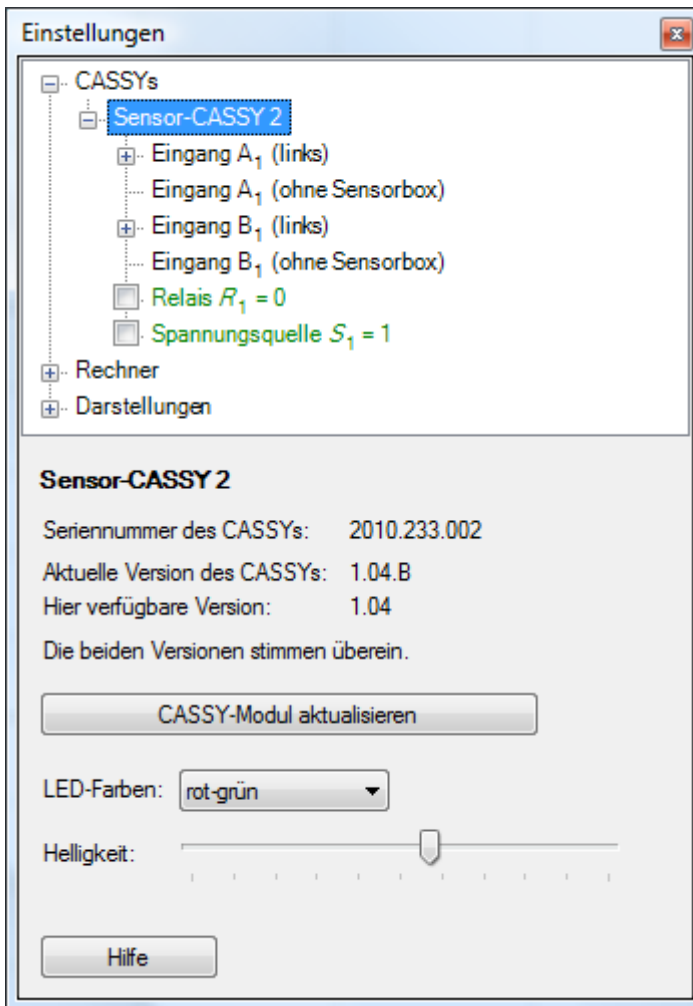


Hier kann die Schnittstelle angegeben werden, an der serielle CASSY-Module gesucht werden sollen. CASSYs mit USB-Schnittstelle werden automatisch gefunden.

Auch wenn ein CASSY-Modul über einen USB-Seriell-Adapter an einen USB-Port des Computers angeschlossen wurde, bleibt es ein serielles CASSY-Modul. Es muss hier dann die serielle Schnittstelle des USB-Seriell-Adapters angegeben werden, die z. B. im Windows-Geräte manager ermittelt werden kann.

Gefundene CASSY-Module anzeigen öffnet ein Fenster, das alle erkannten [CASSYs](#) darstellt.

Wenn [andere Geräte](#) zur Messung verwendet werden sollen, dann lassen sie sich hier auswählen.



Das angegebene CASSY-Modul bezeichnet das erkannte Gerät und die Versionsinformation des CASSY-Moduls. Wenn die Version der in dem CASSY-Modul implementierten Software neuer oder älter als die hier vorliegende Software ist, erfolgt eine entsprechende Mitteilung. Durch **CASSY-Modul aktualisieren** überschreibt die hier vorliegende Software die Software, die im CASSY-Modul implementiert ist (egal ob neuer oder älter).

Beim CASSY-Display und beim Mobile-CASSY können hier auch der Datenlogger ausgelesen und die Echtzeituhr im CASSY auf die Systemzeit des Computers gestellt werden.

Beim Sensor-CASSY 2 können hier auch die Farben und die Helligkeit der seitlichen Leuchtdioden eingestellt werden.

Tipp

Wenn die hier vorliegende Software älter ist als das CASSY-Modul oder die Software aktualisiert werden soll, kann vom Internetserver <http://www.ld-didactic.de> die aktuelle Version geladen werden.

 [Update aus dem Internet laden](#)

Einstellungen Analogeingang / Timereingang

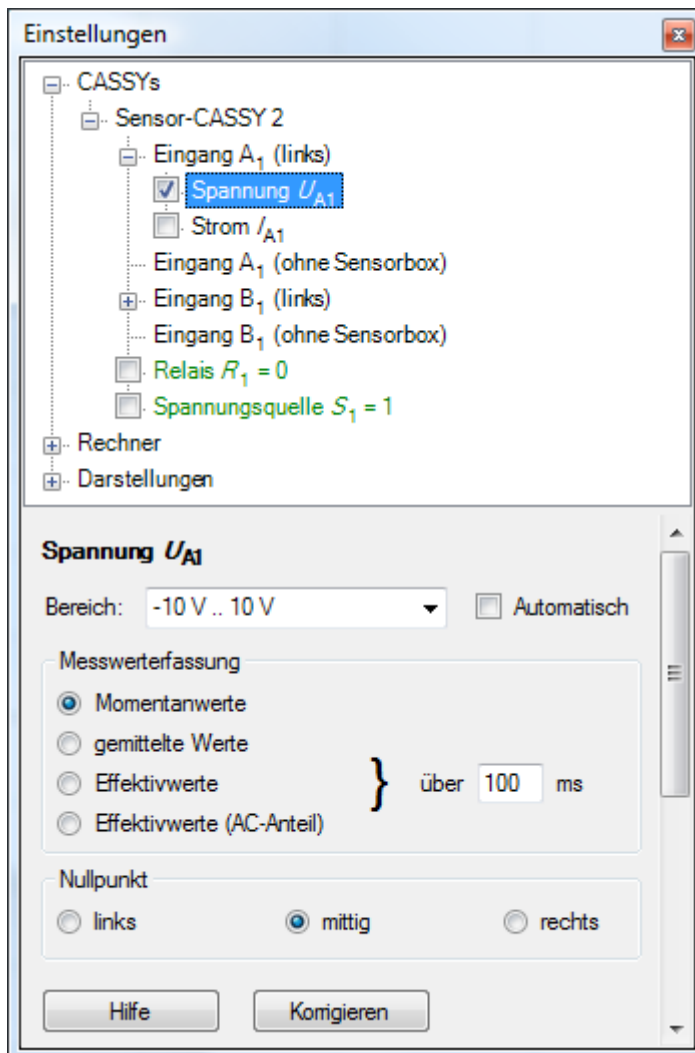
Sensor-CASSY bietet zwei galvanisch getrennte Sensoreingänge A und B, die sowohl Spannung (bzw. Eingang A auch Stromstärke) als auch [andere Messgrößen](#) – [bestimmt durch die aufgesteckte Sensorbox](#) – erfassen können. Die Erkennung der Sensorbox und damit der Messmöglichkeiten geschieht **automatisch**, d. h., in der Darstellung der [CASSY-Anordnung](#) werden die Eingänge mit eventuell aufgesteckten Sensorboxen skizziert. Dort werden sie zur Vorbereitung einer Messung auch durch Anklicken aktiviert.

Die [angezeigte Auswahl der Messgrößen](#) und Messbereiche hängt also davon ab, ob und welche [Sensorbox](#) aufgesteckt ist. Andere Messgrößen erfordern eine andere Sensorbox (siehe auch Produktkatalog).

Sensor-CASSY 2 bietet sogar vier Eingänge A und B, von denen die linken Eingänge A und B galvanisch getrennt sind und gleichzeitig mit den rechten Sensoreingängen A und B verwendet werden können.

Power-CASSY bietet neben dem [Funktionsgeneratorausgang](#) für Spannung oder Strom einen Analogeingang, der die jeweils andere Größe misst.

Profi-CASSY bietet zwei Spannungseingänge A und B mit dem festen Messbereich ± 10 V.



Die ausgewählte Messgröße kann als Momentanwert gemessen, über viele Messwerte gemittelt oder ihr Effektivwert bestimmt werden. Normalerweise reicht eine ungemittelte Messung der **Momentanwerte** aus. Ist das Eingangssignal jedoch verrauscht oder mit "Brumm" überlagert, sind **gemittelte Werte** erforderlich. Bei Wechselspannungen misst man in der Regel **Effektivwerte**. Wenn das Zeitintervall kleiner als 10 ms ist, weicht in den letzten beiden Fällen die Messwertaufnahme in die Tabelle und in das Diagramm von den Anzeigeeinstrumenten ab. Dadurch ist es gleichzeitig möglich, Kurvenformen und Effektivwerte darzustellen.

Standardmäßig werden die gemittelten Werte und die Effektivwerte während einer Zeit von 100 ms berechnet. Diese Zeit kann global für alle Eingänge verändert werden. Bei Verwendung des [Power-CASSYs](#) oder des [Profi-CASSYs](#) wird diese Zeit bei jeder Frequenzänderung des Ausgangssignals so verändert, dass immer eine ganze Anzahl von Perioden ausgewertet wird.

Wenn die Genauigkeit der Messwerte nicht ausreicht, kann diese durch [Korrigieren](#) noch erhöht werden. Dies kann z. B. erforderlich werden, wenn eine spezielle pH-Elektrode an das Programm angepasst werden soll.

Spezialtasten (oft nicht sichtbar)

- Box-LED** Leuchtdiode auf der Sensorbox an/aus, z. B. SMOOTH ([Brücken-Box](#)) oder COMPENSATION (Voraussetzung zum Taraabgleich bei der [B-Box](#))
- **0** ← Nullpunkteinstellung (macht den aktuellen Wert zum Nullpunkt), z. B. für Weg, Kraft, Druck, Ereignisse, Stoß
- s** ↔ **-s** Vorzeichenumkehr beim Weg (Bewegungsaufnehmer mit der [BMW-Box](#))

Außerdem gibt es noch spezielle Eingabefelder, die die Benutzung der [BMW-Box](#), [GM-Box](#) und [Timer-Box](#) erheblich erleichtern (z. B. Torzeit, Breite der Unterbrecherfahne) und auch nur angezeigt werden, wenn die passende Box aufgesteckt ist.

Bei der [Reaktionstest-Box](#) muss das Reaktionssignal erst durch das Drücken eines Tasters (Hand- oder Fußtaster) angefordert werden. Die eigentliche Reaktion muss dann nach Erscheinen des Zeigers im Anzeigeinstrument entsprechend der Farbe des Zeigers (rot, grün oder gelb) erfolgen.

Bei der [Klima-Box](#) muss vor der ersten Messung mit dem Feuchtesensor (529 057) dieser kalibriert werden. Dazu sind auf dem Feuchtesensor vier Werte C1 bis C4 angegeben. Wenn diese einmal eingegeben worden sind, werden sie im CASSY gespeichert. Sie brauchen dann nicht noch einmal angegeben werden und stehen auch für eine spätere Messung mit dem CASSY-Display zur Verfügung.

Messwerte korrigieren

Istwerte	x Faktor	+ Offset	= Sollwerte	
0,00 V	x 1	+ 0,00 V	=	<input type="text"/> V
0,00 V	x 1	+ 0,00 V	=	<input type="text"/> V

Buttons: Offset korrigieren, Faktor korrigieren, Schließen, Hilfe, Korrektur aus

Zur Korrektur von Messwerten gibt es verschiedene Möglichkeiten, die sich alle einfach aus dem Dialogfenster ergeben.

Links vom Gleichheitszeichen können ein Offset (Verschiebung) und/oder ein Faktor eingegeben werden, mit denen die Software aus den links angezeigten Messwerten (Istwerte) die Anzeigewerte rechts vom Gleichheitszeichen (Sollwerte) berechnet. Zur Berechnung der Korrektur muss jeweils **Offset korrigieren** oder **Faktor korrigieren** betätigt werden.

Alternativ können auch die beiden Sollwerte oder jeweils ein Sollwert und ein Rechenwert vorgegeben werden. **Korrektur löschen** verwirft die Korrektur.

Abspeichern

Eine Korrektur wird zusammen mit den anderen Einstellungen des Programms abgespeichert. Damit die Korrektur nach einem erneuten Laden noch der Realität entspricht, ist darauf zu achten, dass die selben Elektroden und Sensorboxen am selben Sensor-CASSY wieder verwendet werden (evtl. Elektroden, Sensorboxen und CASSYs markieren).

Beispiele

Zwei Pufferlösungen mit pH 3 und pH 9 sollen zur Korrektur verwendet werden. Dann sind die beiden Sollwerte 3 und 9 (rechts eingeben). Wenn die pH-Elektrode in der pH 3-Lösung eingetaucht ist, muss der Taster neben dem Sollwert 3 (z. B. **Offset korrigieren**) und bei pH 9-Lösung der andere Taster (z. B. **Faktor korrigieren**) betätigt werden.

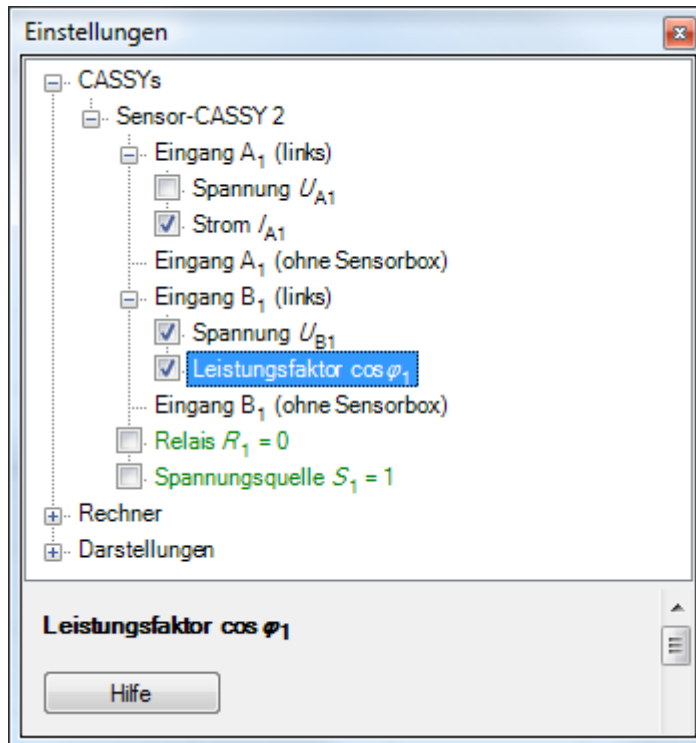
Eine Leitfähigkeitselektrode mit dem K-Faktor 1,07 soll an die Software angepasst werden. Dazu ist lediglich der Faktor 1,07 in die zweite Zeile als Faktor einzugeben und **Faktor korrigieren** zu wählen.

Einstellungen Leistungsfaktor $\cos \varphi$ / Phasenverschiebung φ

[Sensor-CASSY](#), [Sensor-CASSY 2](#) und [Profi-CASSY](#) unterstützen die Messung des Leistungsfaktors $\cos \varphi$, wenn auf beiden Spannungs-/Stromeingängen Effektivwerte gemessen werden. Der Leistungsfaktor ist in den Einstellungen des Spannungseingangs U_B aktivierbar, wenn beide Eingänge aktiv sind.

[Power-CASSY](#) unterstützt die Messung des Phasenwinkels φ zwischen Strom- und Spannung, der bei Bedarf aktiviert werden kann.

[Profi-CASSY](#) unterstützt die Messung des Phasenwinkels φ zwischen Ausgang U_X und Eingang U_A , der bei Bedarf aktiviert werden kann.

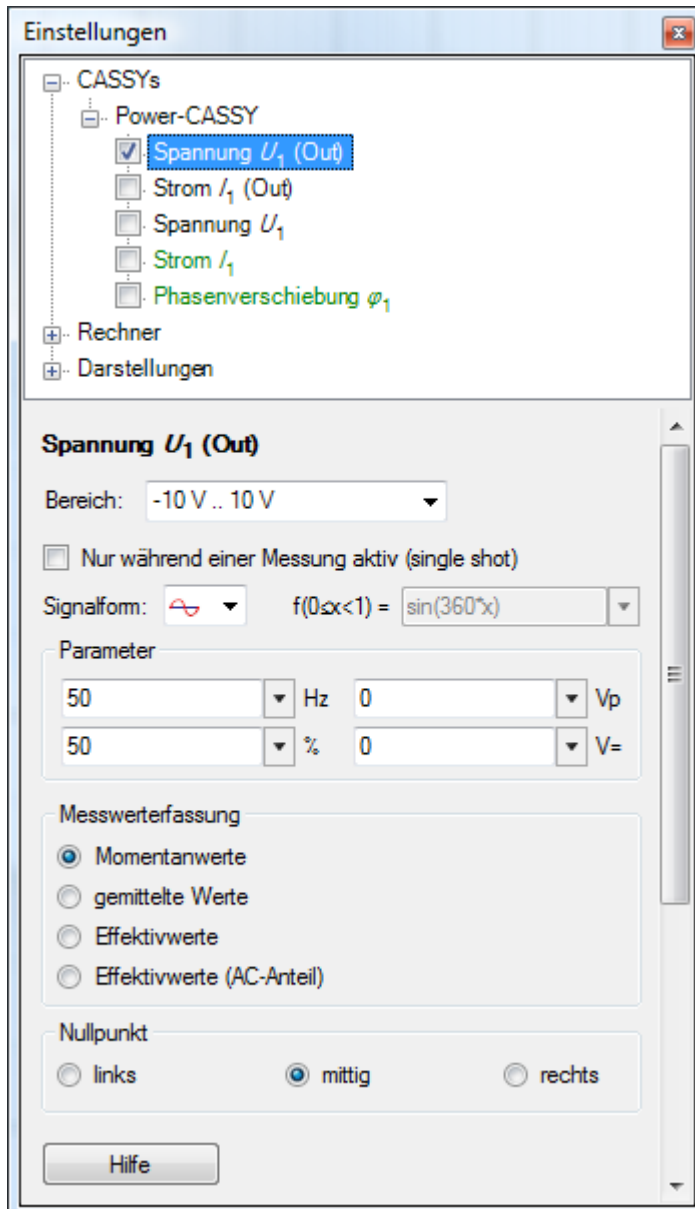


Der Leistungsfaktor und die Phasenverschiebung können nur aktiviert und deaktiviert werden. Weitere Einstellungen sind nicht möglich.

Einstellungen Funktionsgenerator

Das [Power-CASSY](#) ist ein computergesteuerter Leistungsfunktionsgenerator, dessen Stellgröße des Funktionsgenerators wahlweise die Spannung U (Spannungsquelle) oder der Strom I (Stromquelle) ist. Beim Betrieb als Spannungsquelle wird gleichzeitig der fließende Strom I und im Betrieb als Stromquelle die anliegende Spannung U gemessen. Stellbereich und Messbereich sind dabei wählbar.

Das [Profi-CASSY](#) ist auch ein computergesteuerter Funktionsgenerator am Ausgang X.







Die Ausgabe des Funktionsgenerators kann durch **Nur während einer Messung aktiv (single shot)** auf die eigentliche Messzeit beschränkt werden. Zwischen zwei Messungen ist der Funktionsgenerator dann aus und es ist dann auch keine Bestimmung von Mittelwerten oder Effektivwerten möglich.

Die ausgegebene Kurvenform, Frequenz f (in Hz oder kHz), Amplitude A (in Vp oder Ap), Gleichspannungsoffset O (in V= oder A=) und Tastverhältnis (in %) kann in bestimmten Bereichen eingestellt werden:

Power-CASSY

Kurvenform	Frequenz f	Amplitude A	Offset O	Tastverhältnis r
DC	-	-	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-
	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	0 % ..100 %
	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	0 % ..100 %
	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	0 % ..100 %
$f(x)$	0,01 Hz - 10 kHz	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-10 V..10 V / -1 A..1 A	-

Profi-CASSY

Kurvenform	Frequenz f	Amplitude A	Offset O	Tastverhältnis r
DC	-	-	-10 V .. 10 V	-
	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	0 % .. 100 %
 , 	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	0 % .. 100 %
	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	0 % .. 100 %
f(x)	0,01 Hz - 1000 Hz	-10 V .. 10 V	-10 V .. 10 V	-

Rechteck und Dreieck stehen in zwei Varianten zur Verfügung. Die symmetrische Kurvenform liegt zwischen -A und +A. Die asymmetrische Kurvenform zwischen 0 und +A.

Negative Amplituden A sind erlaubt und spiegeln das Signal um 0. Das Tastverhältnis legt das Verhältnis zwischen ansteigenden und abfallenden Kurventeilen fest. So kann z. B. leicht aus einem Dreieckssignal (50 %) ein Sägezahn-signal (100 %) werden.

Zusätzlich zu den üblichen Kurvenformen bietet das CASSY auch eine frei programmierbare Kurvenform. Dazu muss eine Formel f(x) eingegeben werden, die die Kurvenform beschreibt. Zur Ermittlung der Kurvenform wird diese Funktion der Variablen x im Intervall [0,1[ausgewertet und mit der angegebenen Frequenz f, Amplitude A und Offset O ausgegeben. Zur Formeleingabe gelten die auch sonst üblichen [Regeln](#). Außerdem erlaubt die Funktion **synth(a:b:c:...)** die Definition einer harmonischen Zusammensetzung nach $a \cdot \sin(360 \cdot x) + b \cdot \sin(2 \cdot 360 \cdot x) + c \cdot \sin(3 \cdot 360 \cdot x) + \dots$. Das Signal wird auch wieder mit der angegebenen Frequenz f, Amplitude A und Offset O ausgegeben (siehe auch das Beispiel zur [Tonsynthese](#)).

Das Feld zur Formeleingabe ist relativ klein. Für die Eingabe längerer Formeln kann auch ein üblicher Texteditor verwendet werden und dann die Formel über Kopieren und Einfügen in das Eingabefeld (rechte Maustaste) übertragen werden.

Die Werte können als Momentanwert dargestellt, über viele Messwerte gemittelt oder ihr Effektivwert bestimmt werden. Normalerweise reicht eine ungemittelte Darstellung der **Momentanwerte** aus. Wenn das CASSY kontinuierlich aktiv ist (und nicht nur während einer Messung), dann können auch **gemittelte Werte** oder **Effektivwerte** angezeigt werden. Wenn das Zeitintervall kleiner als 10 ms ist, weicht in den letzten beiden Fällen die Messwertaufnahme in die Tabelle und in das Diagramm von den Anzeigeelementen ab. Dadurch ist es gleichzeitig möglich, Kurvenformen und Effektivwerte darzustellen.

Tipp

Anstelle von festen Zahlenwerten lassen sich auch [Formeln](#) für Frequenz, Amplitude, Offset und Tastverhältnis angeben. So lässt sich z. B. die Frequenz einer Sinusschwingung oder die ausgegebene Spannung flexibel steuern (z. B. bei [Resonanzkurvenaufnahmen](#) oder [Regelungen](#)). Allerdings kann die Initialisierung der Ausgabe einer neuen Frequenz (oder Amplitude, Offset, Tastverhältnis) im CASSY ein paar 100 ms dauern. Die Parameter können daher nur schrittweise und nicht kontinuierlich erhöht werden.

Einstellungen Analogausgang Y

Das [Profi-CASSY](#) bietet neben dem Analogausgang X, der als [Funktionsgenerator](#) genutzt werden kann, auch einen zweiten Analogausgang Y, der mit einer [Formel](#) belegt werden und dadurch seinen Ausgangspegels programmgesteuert ändern kann.

Da diese Formel vom PC berechnet und deren Ergebnis zum CASSY übertragen wird, sind Änderungen am Analogausgang Y im besten Fall nur alle 10 ms möglich.

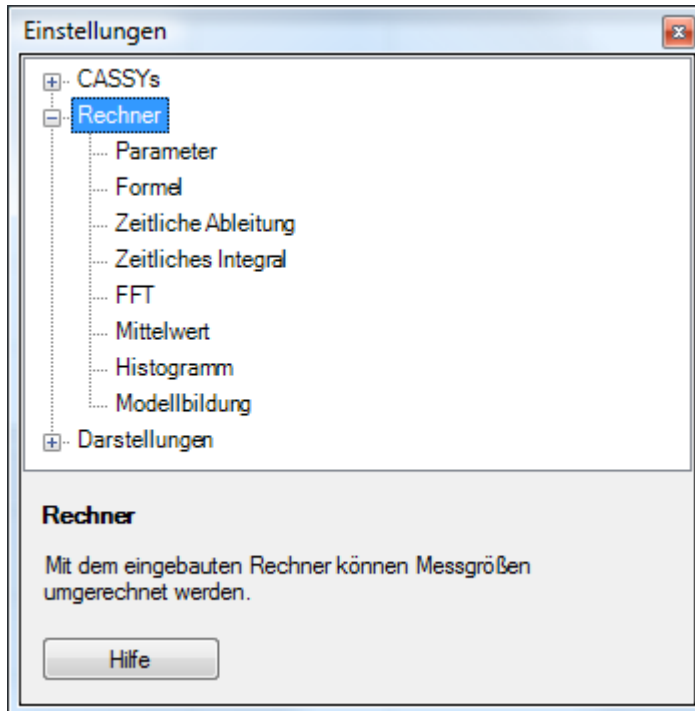
Einstellungen Digitaleingang/-ausgang

Das [Profi-CASSY](#) bietet 16 Digitaleingänge und 16 Digitalausgänge, die jeweils in Gruppen von 8 Ein- oder Ausgängen aktiviert werden können.

Die Eingänge I₀ bis I₁₅ geben den aktuellen Pegel der Eingänge wieder. Die Ausgänge Q₀ bis Q₁₅ können mit [Formeln](#) belegt werden und dadurch ihre Ausgangspegel programmgesteuert ändern.

Da diese Formeln vom PC berechnet und deren Ergebnisse zum CASSY übertragen werden, sind Änderungen an einem Digitalausgang im besten Fall nur alle 10 ms möglich.

Einstellungen Rechner



Einige Größen können nicht direkt mit CASSY gemessen werden und liegen deshalb nicht als [CASSY-Kanal](#) vor. Wenn solche Größen trotzdem in einer Tabelle oder in einem Diagramm angezeigt werden sollen, müssen die Größen hier definiert werden.

Neu legt dazu einen neuen Datensatz an, beginnend mit dem Namen dieser Größe. Die neue Größe muss ein Symbol erhalten, unter dem sie angesprochen werden kann. Dieses Symbol sollte aus möglichst wenigen, aber aussagekräftigen Buchstaben bestehen und darf auch aus einem &-Zeichen gefolgt von einem Buchstaben bestehen. Es wird dann der entsprechende [griechische Buchstabe](#) angezeigt (sonst nur der lateinische). Außerdem sind die vorgeschlagenen Werte für den Messbereich und die Achsenskalierung (wichtig für die analoge und grafische Darstellung) sowie die Anzahl der signifikanten Nachkommastellen (wichtig für die digitale und tabellarische Darstellung) den individuellen Erfordernissen anzupassen.

Griechische Buchstaben

&a &b &c &d &e &f &g &h &i &j &k &l &m &n &o &p &q &r &s &t &u &v &w &x &y &z
 α β γ δ ε φ χ η ι κ λ μ ν ο π ρ σ τ υ φ ω ξ ψ ζ
 &A &B &C &D &E &F &G &H &I &J &K &L &M &N &O &P &Q &R &S &T &U &V &W &X &Y &Z
 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

Parameter

Der aktuelle Wert eines Parameters wird entweder im Einstellungsfenster eingegeben oder durch Ziehen am Zeiger seines Anzeigeinstruments verändert. Durch Definition eines Anzeigebereichs von 0 bis 1 und Anzahl Nachkommastellen gleich 0 lassen sich auch binäre Parameter (Schalter) definieren, die durch Klick auf ihr Anzeigeinstrument umgeschaltet werden können. Damit Parameter leicht von anderen Kanälen unterschieden werden können, sind ihre Zeiger magenta.

Es gibt drei verschiedene Parametertypen:

- Konstant (ohne Tabellenspalte)
- Manuell in die Tabelle
- Automatisch in die Tabelle

Eine Konstante ist eine Größe, auf deren Wert über das vergebene Symbol dieser Konstante in [Formeln](#) und [Modellbildungen](#) zugegriffen werden kann. Dadurch lassen sich [Formeln](#) oder [Modellbildungen](#) beispielsweise leicht so variieren, dass das Ergebnis der Rechnung möglichst genau mit der Messung übereinstimmt. Änderungen am Wert einer Konstanten gelten für alle Messreihen - auch nachträglich.

Manuelle Parameter können nur manuell über die Tastatur oder durch Drag & Drop in die Tabelle eingetragen werden und sind notwendig, wenn eine eigene Tabelle nur mit Auswertungsergebnissen anderer Messungen gefüllt werden soll.

Automatische Parameter werden während einer Messung automatisch in ihre Tabellenspalte eingetragen, können dort aber auch manuell über die Tastatur oder durch Drag & Drop geändert werden. Es ist sinnvoll den Parameter **vorher** einzugeben, damit bei der manuellen Messwertaufnahme direkt die richtigen Messpunkte im Diagramm erscheinen und nicht noch einmal der alte Parameterwert verwendet wird.

Automatische und manuelle Parameter können also in jeder Tabellenzeile einen anderen Wert haben und sind üblicherweise nicht konstant. Deswegen kann die Modellbildung auf sie nicht zugreifen.

Formel

Abhängig von bereits bekannten Größen lässt sich über eine mathematische Formel eine neue Messgröße definieren. Die bekannten Größen werden dabei über Ihre Symbole angesprochen, die in der angezeigten Liste aufgeführt sind. Die eigentliche Formel wird unter Beachtung der korrekten [Formelschreibweise](#) eingegeben (siehe auch [Beispiele](#)). Damit umgerechnete Größen leicht von anderen Kanälen unterschieden werden können, sind ihre Zeiger violett.

Ableitung, Integral, FFT (Fourier-Transformation), Mittelwert, Histogramm

Für die zeitliche Ableitung, das zeitliche Integral und die FFT (Fourier-Transformation) muss lediglich der zu transformierende Kanal ausgewählt werden. Beim Mittelwert muss zusätzlich das Zeitintervall vorgegeben werden, in dem gemittelt werden soll. Für sinnvolle Mittelungen muss das Zeitintervall der Mittelung größer als das Zeitintervall der Messung sein. Beim Histogramm muss zusätzlich die Kanalbreite vorgegeben werden. Für die FFT wird das **Frequenzspektrum** und für das Histogramm die **Häufigkeitsverteilung** automatisch als weitere [Darstellung](#) erzeugt, auf die über die Darstellungsseiten umgeschaltet werden kann. Damit umgerechnete Größen leicht von anderen Kanälen unterschieden werden können, sind ihre Zeiger violett.

Anmerkungen

Bei einer Ableitung verschlechtert sich die Auflösung mit kleinerem Zeitintervall Δt . Ist beispielsweise die Auflösung einer Wegmessung $\Delta s = 1 \text{ mm}$ und mit einem Zeitintervall von $\Delta t = 100 \text{ ms}$ gemessen, so hat die erste Ableitung $v(i) = (s(i+1) - s(i-1)) / 2\Delta t$ eine Auflösung von $\Delta v = 0,005 \text{ m/s}$ und die zweite Ableitung eine Auflösung $\Delta a = 0,025 \text{ m/s}^2$. Bei einem Zeitintervall von $\Delta t = 50 \text{ ms}$ erhöhen sich diese Fehler auf $\Delta v = 0,01 \text{ m/s}$ und $\Delta a = 0,1 \text{ m/s}^2$. Daher sollte Δt möglichst groß gewählt werden (z. B. 200 ms für Bewegungen auf einer Fahrbahn oder 50 ms für schwingende Federn).

Die maximale Frequenz einer FFT beträgt die Hälfte der Abtastrate. Wird also mit einem Zeitintervall $\Delta t = 10 \text{ } \mu\text{s}$ ($f = 100 \text{ kHz}$) gemessen, so geht der Frequenzbereich der FFT bis 50 kHz. Die Auflösung in diesem Frequenzbereich hängt dagegen von der Anzahl der Messwerte ab. Je mehr Originalmesswerte aufgenommen worden sind, um so besser ist auch die Frequenzauflösung im Frequenzspektrum.

Modellbildung

Mit der Modellbildung werden real gemessene Werte mit einem mathematischen Modell verglichen. Es können insbesondere geeignete [Konstanten](#) so gewählt und verändert werden, dass das Modell möglichst gut mit der Realität überein stimmt. Im Gegensatz zur Anpassung (z. B. [freie Anpassung](#)), bei der die Funktionsgleichung bereits bekannt sein muss, reicht für die Modellbildung die Angabe von Differenzialgleichungen erster Ordnung aus.

Die mathematische Definition des Modells geschieht durch die Angabe der Anfangswerte zur Zeit t_0 und der Differenzialgleichungen. Diese Zahlenwerte oder Formeln müssen unter Beachtung der korrekten [Formelschreibweise](#) eingegeben werden. Alle Formeln dürfen dabei von [Konstanten](#) abhängen, deren Werte nachträglich durch Ziehen am Zeiger ihres Anzeigeinstruments verändert werden können. Zusätzlich dürfen die Differenzialgleichungen von der Messzeit t , von den definierten Modellgrößen und von Formeln abhängen, die wiederum selbst nur von Konstanten oder von der Messzeit t abhängen dürfen. Alle erlaubten Abhängigkeiten der Differenzialgleichungen sind vor ihrem Eingabefeld aufgelistet. Damit Modellgrößen leicht von anderen Kanälen unterschieden werden können, sind ihre Zeiger blau.

Die Modellbildung kann nur Differenzialgleichungen erster Ordnung berechnen. Wenn eine Differenzialgleichung höherer Ordnung berechnet werden soll, dann muss die Differenzialgleichung in mehrere Differenzialgleichungen erster Ordnung aufgeteilt werden (siehe Beispiel).

Die **Anfangszeit** t_0 , die **Genauigkeit** und die **Rechenzeit** sind Eigenschaften für alle Modellgrößen und sind deshalb direkt unter dem Knoten Modellbildung der Baumansicht einstellbar.

Die wählbare **Genauigkeit** legt das Abbruchkriterium fest, bei dem die numerische Integration der Differenzialgleichungen beendet werden soll. Eine geringere Genauigkeit verringert die Rechenzeit, erhöht aber auch den Fehler des Ergebnisses.

Die wählbare **Rechenzeit** legt die maximale Zeit fest, die zur numerischen Integration der Differenzialgleichungen zur Verfügung steht. Wenn die Rechenzeit unter Berücksichtigung der vorgegebenen Genauigkeit zu niedrig gewählt wurde, dann beginnen die berechneten Werte nach wie vor bei der gewählten Anfangszeit, enden aber vorzeitig.

Beispiele

Das bekannteste Beispiel einer Differenzialgleichung zweiter Ordnung ist sicher die Newtonsche Bewegungsgleichung $F=m \cdot a$ oder $s''=F(s,v,t)/m$. Die beiden Modellgrößen sind in diesem Fall der Weg s und die Geschwindigkeit v und die erste Differenzialgleichung ist $s'=v$. Die beschleunigende Kraft F aus der zweiten Differenzialgleichung $s''=v'=(F_1+F_2+F_3)/m$ hängt vom speziellen Experiment ab und ist z. B.:

$F_1 = -m \cdot g$ für Fallversuche

$F_1 = -D \cdot s$ für Federschwingungen

Außerdem können unterschiedliche Reibungsarten auftreten, die zusätzliche Kräfte bewirken:

$F_2 = -c \cdot \text{sgn}(v)$ für Coulomb-Reibung (z. B. Festkörperreibung)

$F_2 = -c \cdot \text{sgn}(v) \cdot |v|$ für Stokes-Reibung (z. B. laminare Fluidreibung)

$F_2 = -c \cdot \text{sgn}(v) \cdot |v|^2$ für Newton-Reibung (z. B. Luftwiderstand, turbulente Fluidreibung)

Bei erzwungenen Schwingungen (Resonanz) kommt dann noch die anregende Kraft hinzu, z. B.:

$F_3 = A \cdot \sin(360 \cdot f \cdot t)$, sin berechnet den Sinus im Gradmaß

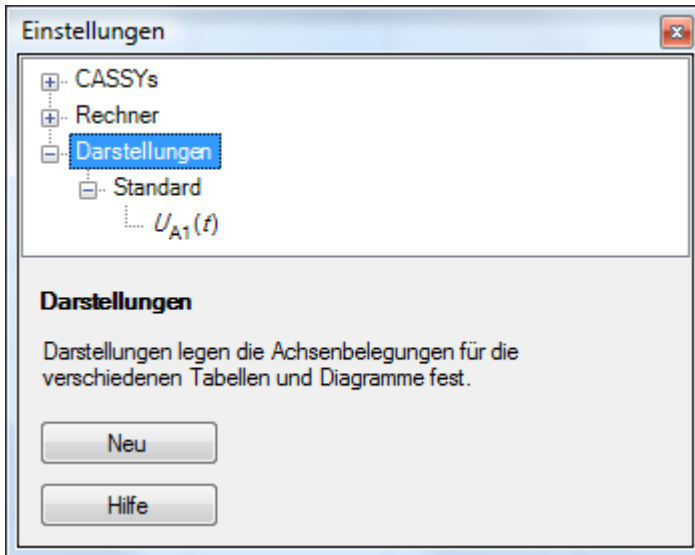
$F_3 = A \cdot r \sin(\omega \cdot t)$, rsin berechnet den Sinus im Bogenmaß

Als weitere Beispiele bieten sich die Kondensatoraufladung und -entladung, Hochpass und Tiefpass an, die alle mit einer Differenzialgleichung erster Ordnung $Q'=(U_0-Q/C)/R$ für die Ladung Q des Kondensators beschrieben werden können.

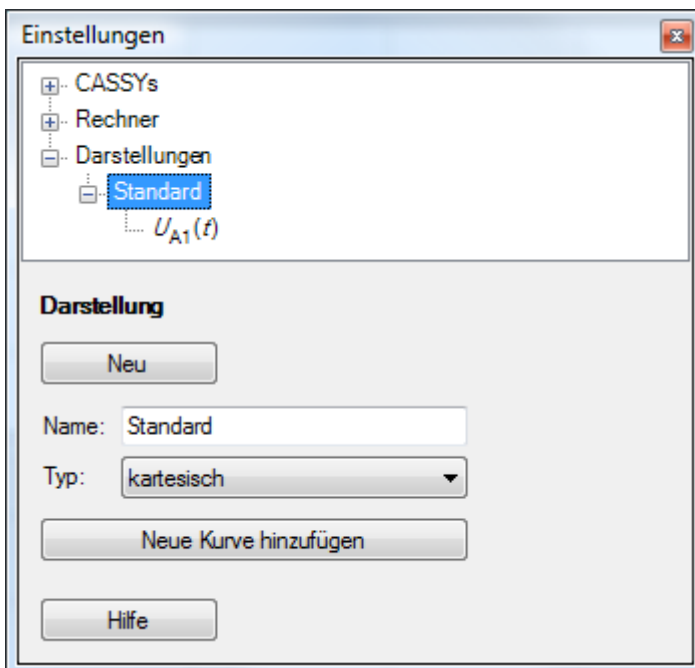
In den Versuchsbeispielen sind einige Modellbildungen enthalten:

- [Freier Fall mit g-Leiter \(mit Modellbildung\)](#)
- [Schwingungen eines Federpendels \(mit Modellbildung\)](#)
- [Schwingungen eines Federpendels mit Festkörperreibung \(mit Modellbildung\)](#)
- [Schwingungen eines Federpendels mit Schmiermittelreibung \(mit Modellbildung\)](#)
- [Schwingungen eines Federpendels mit laminarer Flüssigkeitsreibung \(mit Modellbildung\)](#)
- [Schwingungen eines Federpendels mit turbulenter Flüssigkeitsreibung/Luftreibung \(mit Modellbildung\)](#)
- [Dreikörperproblem \(mit Modellbildung\)](#)
- [Auf- und Entladung eines Kondensators \(mit Modellbildung\)](#)
- [Gedämpfter Schwingkreis \(mit Modellbildung\)](#)
- [Erzwungene Schwingungen \(mit Modellbildung\)](#)
- [Tiefpass-Filter \(mit Modellbildung\)](#)
- [Hochpass-Filter \(mit Modellbildung\)](#)

Einstellungen Darstellungen

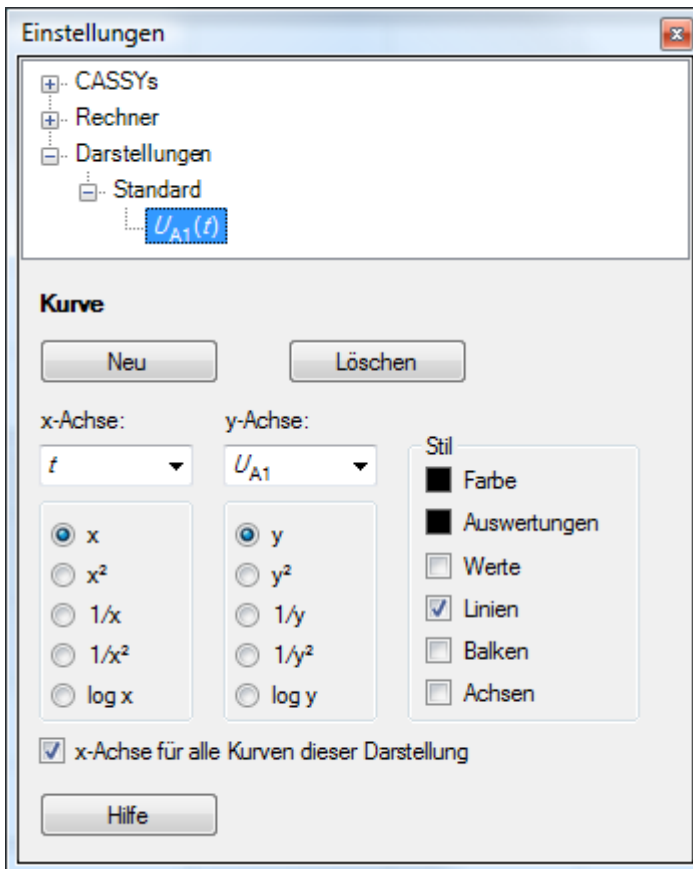


Wenn eine Darstellung nicht ausreicht, können durch **Neu** weitere erzeugt werden, die mit ihrem Namen in die Darstellungsseiten einsortiert werden. Dort kann dann mit der Maus bequem zwischen den verschiedenen Darstellungen umgeschaltet werden.



Für jede Darstellung kann gewählt werden, ob ein kartesisches Diagramm oder ein Polardiagramm dargestellt werden soll. Bei Polardiagrammen muss als x-Achse ein Winkel (Bereich 0° bis 360°) gewählt werden. Jede y-Achse wird dann als Betrag r einer komplexen Zahl gedeutet und entsprechend des Winkels dargestellt. Dabei muss der Ursprung nicht bei $r = 0$ liegen, sondern kann auch negativ sein (z. B. für die Darstellung von Antennen-Richtdiagrammen in dB).

Neue Kurve hinzufügen erstellt eine neue Kurve in der aktuellen Darstellung.



Neu erstellt eine neue Kurve in der aktuellen Darstellung. Es können beliebig viele Kurven in einer Darstellung definiert werden.

Jede Messgröße kann frei auf die x- oder die y-Achse gelegt und im Bedarfsfall dabei noch umgerechnet (x^2 , $1/x$, $1/x^2$, $\log x$) werden. Für die x-Achse sind drei weitere Größen vordefiniert: n (Tabellenzeile), t (Zeit), f (Frequenz für [FFT](#)).

Wenn mehr als eine y-Achse dargestellt wird, kann die sichtbare y-Achsenkalierung im Diagramm durch einen entsprechend bezeichneten Button umgeschaltet werden.

Üblicherweise bekommen alle Kurven automatisch die selbe x-Achse. Wird dies nicht gewünscht, kann **x-Achse für alle Kurven dieser Darstellung** ausgeschaltet werden.

Der Stil jeder Kurve wird normalerweise von ihrer Darstellung vorgegeben, kann aber hier individuell geändert werden. Dazu gehört auch die Farbe der Kurve und die Farbe ihrer Auswertungen.

Anmerkungen

Die angezeigten Kanäle lassen sich alternativ auch mit der linken Maustaste zwischen den Kanal-Buttons und der Tabelle und dem Diagramm hin und herziehen (Drag & Drop).

Die rechte Maustaste eröffnet auf den Skalen auch die Möglichkeit, die Achsen umzurechnen (x^2 , $1/x$, $1/x^2$, $\log x$) sowie Skalenminimum und Maximum zu verändern. Mit der linken Maustaste können Skalen verschoben werden.

Formelschreibweise

Variablen einer Formel $f(\text{time}, \text{date}, n, t, \dots)$

Eine Formel $f(\dots)$ darf von allen unten aufgeführten Kanälen abhängen. Dazu ist das Symbol des Kanals als Variablenname zu verwenden. Z. B. ist das Ergebnis der Formel $\text{UA1} > 5$ gleich 1, wenn die Spannung größer ist als 5 V und sonst gleich 0.

Formel für	darf abhängen von
Messbedingung	allen Kanälen
Formel	Eingängen, seriellen Messgeräten, Parametern und Formeln
Relais/Spannungsquelle	Eingängen, seriellen Messgeräten, Parametern und Formeln
Analogausgang	Eingängen, seriellen Messgeräten, Parametern und Formeln
Digitalausgang	Eingängen, seriellen Messgeräten, Parametern und Formeln
Modell	Modellgrößen, Konstanten und Formeln, die nur von Konstanten und von der Zeit t abhängen

Zusätzlich darf die Formel noch von der Uhrzeit [time](#) in Sekunden, dem Datum [date](#) der Messzeit [t](#) in Sekunden und der Anzahl [n](#) der aufgenommenen Messwerte abhängen. Am Ende einer Formel darf ein Kommentar stehen, wenn dieser durch ein Semikolon von der Formel getrennt ist.

Mitunter bestehen die Symbole aus einem &-Zeichen gefolgt von einem Buchstaben. In diesem Fall wird der entsprechende [griechische Buchstabe](#) angezeigt (sonst der lateinische). Bei der Formeleingabe ist das &-Zeichen mit einzugeben.

Indezzugriff und Zugriff auf andere Messreihen

Über [...] kann auf ein beliebiges Tabellenelement der aktuellen Messreihe zugegriffen werden, z. B. liefert $\text{UA1}[1]$ immer den ersten Messwert der Messgröße UA1 oder $\text{UA1}[n-1]$ den vorangegangenen Wert.

$\text{UA1}[0]$ ist nicht definiert. Um Definitionslücken bei der Verwendung von $\text{UA1}[n-1]$ zu vermeiden, kann $(n>1)*\text{UA1}[n-1]$ geschrieben werden.

Über # kann auf eine andere Messreihe zugegriffen werden, z. B. berechnet $\text{NA1}-\text{NA1}\#1$ die Differenz des aktuellen Spektrums zum ersten Spektrum (Untergrundkorrektur).

Funktionen in einer Formel

Innerhalb einer Formel dürfen die folgenden Funktionen auftreten. Die Funktionsargumente müssen nur dann in Klammern stehen, wenn sie zusammengesetzt sind, z. B. bei **square(t/10)**.

ramp	Rampe (Sägezahn zwischen 0 und 1, $\text{ramp}(x) = \text{frac}(x)$)
square	Rechteck (zwischen 0 und 1, $\text{square}(x) = \text{ramp}(x) < 0.5$)
saw	Dreieck (zwischen 0 und 1)
shift	Einmalige Rampe (ist 0 wenn Argument < 0, 1 wenn Argument > 1, sonst gleich dem Argument)
sin	Sinus im Gradmaß (Periode 360°)
cos	Cosinus im Gradmaß (Periode 360°)
tan	Tangens im Gradmaß (Periode 360°)
arcsin	Arcus Sinus im Gradmaß
arccos	Arcus Cosinus im Gradmaß
arctan	Arcus Tangens im Gradmaß
rsin	Sinus im Bogenmaß (Periode 2π)
rcos	Cosinus im Bogenmaß (Periode 2π)
rtan	Tangens im Bogenmaß (Periode 2π)
rarsin	Arcus Sinus im Bogenmaß
rarccos	Arcus Cosinus im Bogenmaß
rarctan	Arcus Tangens im Bogenmaß
delta	Änderung gegenüber der letzten Messwertaufnahme
new	ist 1, wenn sich das Argument geändert hat, 0 sonst
random	Zufallszahl ($0 \leq \text{random}(x) < x$)
sqr	Quadratwurzel
exp	Exponentialfunktion
ln	natürlicher Logarithmus
log	dekadischer Logarithmus
int	Integer-Funktion (die nächst kleinere ganze Zahl)
frac	Nachkomma-Funktion (Abstand zur nächst kleineren ganzen Zahl)
abs	Absolutbetrag
sgn	Signum (ist 1 wenn Argument > 0, -1 wenn Argument < 0, 0 wenn Argument = 0)

odd	ist 1 wenn Argument ungerade, 0 wenn Argument gerade
even	ist 1 wenn Argument gerade, 0 wenn Argument ungerade
not	logische Invertierung (ist 1 wenn Argument gleich 0, ist 0 sonst)
defined	ist 1 wenn Argument definiert ist, 0 wenn Argument undefiniert
<u>sec</u>	rundet die Zeit auf volle Sekunden ab ($\text{sec}(x) = \text{int}(x)$)
<u>min</u>	rundet die Zeit auf volle Minuten ab ($\text{min}(x) = 60 * \text{int}(x/60)$)
<u>day</u>	gibt den Wochentag zurück (1 = Montag, ...)

Verknüpfung der Variablen und Funktionen

Alle Variablen (oder auch eingegebene Zahlenwerte) können durch die üblichen mathematischen Operatoren verknüpft werden.

Die Operatoren haben unterschiedliche Prioritäten. Je höher ein Operator in der folgenden Liste steht, desto höher ist seine Priorität bei der Auswertung der Formel ("Punktrechnung vor Strichrechnung"). Soll eine andere Auswertungsreihenfolge erzwungen werden, so sind die betreffenden Ausdrücke in Klammern zu setzen.

- 1) **^** Potenzierung
- 2) ***** Multiplikation
- /** Division
- 3) **+** Addition
- Subtraktion
- 4) **=** Test auf Gleichheit
- <** Test auf Ungleichheit
- >** Test auf Größer
- >=** Test auf Größer oder Gleich
- <=** Test auf Kleiner
- <=** Test auf Kleiner oder Gleich
- 5) **and** logische Und-Verknüpfung
- 6) **or** logische Oder-Verknüpfung

Beispiele für die Verwendung der Variablen time, date, n und t

t <= 100

hat während der ersten 100 s der Messung den Wert 1 und danach den Wert 0. Diese Formel kann z. B. für das Zeitfenster verwendet werden um die Messung nach 100 s zu stoppen.

time >= 12:30:35

hat ab der Uhrzeit 12:30:35 den Wert 1, vorher den Wert 0. Es muss der Operator >= verwendet werden, da exakte Gleichheit nur für 1/100 s gilt und damit praktisch nicht erreicht wird.

min(time) = 11:45 and date = 18.3.1997

ist nur während der einen Minute am 18.3.1997 um 11:45 wahr (Wert 1) und sonst falsch (Wert 0).

0,5 * (n - 1)

errechnet aus der Nummer der laufenden Messung z. B. ein Volumen. In diesem Fall werden alle 0,5 ml ein Messwert aufgenommen und so aus n das Volumen berechnet. Für die erste Tabellenzeile hat n den Wert 1.

Beispiele für die Erzeugung von Frequenzen

ramp(t/10)

erzeugt eine Rampe mit einer Periodendauer von 10 Sekunden (t ist die Messzeit in Sekunden und startet mit Start der Messung bei 0). Die Rampe startet mit 0 und endet mit 1. Werden andere Amplituden benötigt, so muss zusätzlich mit der gewünschten Amplitude multipliziert werden.

saw(t/5)

erzeugt ein Dreieck mit einer Periodendauer von 5 Sekunden.

square(t/5)

erzeugt analog zum vorigen Beispiel ein Rechteck mit einer Periodendauer von 5 Sekunden. Nach jeweils 2.5 Sekunden wird zwischen 0 und 1 und umgekehrt gewechselt.

$10 * (\text{ramp}(t/10) < 0.4)$

erzeugt wieder ein Rechteck. Diesmal jedoch mit der Amplitude 10 und einem Tastverhältnis von 40%. 40% der Zeit ist der Klammerausdruck 1 (wahr) und die restlichen 60% der Zeit ist er 0 (falsch).

 $\text{shift}((\text{time}-12:30)/100)$

erzeugt eine einmalige Rampe ab der Uhrzeit 12:30 für die Dauer von 100 Sekunden. In dieser Zeit wächst der Wert der Formel kontinuierlich von 0 auf 1.

 $\sin(360 * t/7)$

erzeugt eine Sinusschwingung mit der Periodendauer 7 Sekunden und der Amplitude 1.

Beispiele für die Rangfolge der Auswertung arithmetischer Ausdrücke **$x + y^z * 2$**

besitzt die Operator-Rangfolge $^$, $*$ und $+$. Das hat zur Folge, dass zuerst y^z ausgewertet wird, das Ergebnis anschließend mit zwei multipliziert und erst zum Schluss x addiert wird. Soll die vorgegebene Operator-Rangfolge unterdrückt werden, so müssen die betreffenden Ausdrücke in Klammern gesetzt werden.

 $(x + y)^{(z * 2)}$

im Gegensatz zum vorigen Beispiel werden hier zunächst die Addition $x + y$ sowie die Multiplikation $z * 2$ ausgeführt. Erst zum Schluss werden die beiden Einzelergebnisse miteinander potenziert.

Beispiele für die Auswertung Boolescher Ausdrücke **$x < 5$**

kann entweder den Wert 0 (falsch, für $x \geq 5$) oder den Wert 1 (wahr, für $x < 5$) haben.

 $x1 < 5 \text{ and } x2 > 0$

hat den Wert 1 (wahr, wenn gleichzeitig $x1 < 5$ und $x2 > 0$ ist) und sonst den Wert 0. Es müssen keine Klammern gesetzt werden, da der Operator **and** eine geringere Priorität hat als **<** und **>**.

 $5 * (T < 20)$

hat in der Klammer nur die Werte 0 (falsch) und 1 (wahr). Diese Werte werden jedoch noch mit 5 multipliziert. Eine solche Formel ist daher nur bei Analogausgängen sinnvoll. In diesem Fall würde am Analogausgang eine Spannung von 5 V ausgegeben werden, wenn T kleiner als 20 wird (z. B. eine Temperatur).

 $\text{time} \geq 12:30$

hat ab der Uhrzeit 12:30 den Wert 1, vorher den Wert 0. Es muss der Operator **\geq** verwendet werden, da exakte Gleichheit nur für 1/100 s gilt und damit praktisch nicht erreicht wird.

 $\text{sec}(\text{time}) = 11:45:07 \text{ and date} = 18.3.1997$

ist nur während der einen Sekunde am 18.3.1997 um 11:45:07 wahr (Wert 1) und sonst falsch (Wert 0).

 $\text{day}(\text{date}) = 1$

ist jeden Montag wahr (Wert 1) und sonst falsch (Wert 0).

Formelbeispiele

Einfacher Regler: $\vartheta A11 < 25$

(ϑ als &J eingeben) ist 1, wenn die Temperatur kleiner als 25 °C ist und 0 sonst (z. B. zur Steuerung einer Heizung).

Zweipunkt-Regler: $\vartheta A11 < 25$ or ($\vartheta A11 < 27$ and R1) ; R1 ist Symbol der Formel

(ϑ als &J eingeben) ist 1, wenn die Temperatur kleiner als 25 °C ist oder - für den Fall, dass der Wert vorher auch schon 1 war - sogar bis 27 °C und 0 sonst (z. B. zur Zweipunkt-Steuerung einer Heizung). Der Regler schaltet also unter 25 °C ein und über 27 °C wieder aus.

Rampe: $8 * \text{ramp}(t/10)$

erzeugt eine Rampe von 0 bis 8 mit der Periodendauer 10 s (0,1 Hz).

Rechteck mit freiem Tastverhältnis: $\text{ramp}(t/10) < 0.8$

erzeugt ein Rechteck mit der Periodendauer 10 s (0,1 Hz). 80% der Periodendauer ist das Rechteck 1 und sonst 0.

Temperaturkompensation pH: $7 + (\text{pHA1} - 7) * (25 + 273) / (\vartheta B1 + 273)$

(ϑ als &J eingeben) korrigiert den bei 25 °C kalibrierten pH-Wert pHA1 für die neue Temperatur $\vartheta B1$.












Temperaturkompensation Leitfähigkeit: $\text{CA1} / (1 + (\vartheta B1 - 25) / 45)$

(ϑ als &J eingeben) korrigiert die bei 25 °C kalibrierte Leitfähigkeit CA1 für die neue Temperatur $\vartheta B1$.

CASSYs

Fenster → CASSY-Module anzeigen (F5)

Hier wird die aktuelle Anordnung von CASSY-Modulen und Sensorboxen angezeigt. Wenn sich die aktuelle Anordnung ändert (z. B. neues Modul oder neue Sensorbox), wird diese Änderung auch in der Anzeige durchgeführt. Es werden die folgenden Geräte angezeigt:

-  [Sensor-CASSY \(524 010\)*](#)
-  [Sensor-CASSY 2 \(524 013\)*](#)
-  [Power-CASSY \(524 011\)*](#)
-  [Profi-CASSY \(524 016\)*](#)
-  [CASSY-Display \(524 020\)*](#)
-  [Pocket-CASSY \(524 006\)*](#)
-  [Mobile-CASSY \(524 009\)*](#)
-  [Joule- und Wattmeter \(531 831\)](#)
-  [Universelles Messinstrument Physik \(531 835\)](#)
-  [Universelles Messinstrument Chemie \(531 836\)](#)
-  [Universelles Messinstrument Biologie \(531 837\)](#)

Geräte, die mit einem * gekennzeichnet sind, benötigen für die uneingeschränkte Verwendung die Eingabe eines gültigen [Freischaltcodes](#).



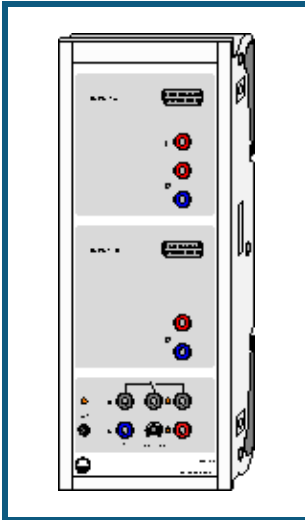
Durch Anklicken eines Kanals ① lässt sich dieser aktivieren und einstellen. Die einstellbaren Größen hängen vom CASSY-Modul und der [aufgesteckten Sensorbox](#) ab. Für jeden aktivierten Kanal werden während einer Messung Messwerte in die Tabelle und das Diagramm aufgenommen. Deren [Darstellung](#) (Spalten- und Achsenbelegung) kann geändert werden.

Für bereits aktivierte Kanäle wird der aktivierte Anordnung angezeigt und eventuelle Abweichungen zum aktuellen Anordnung mit zwei roten Linien durchgestrichen. Somit ist es z. B. leicht möglich, nach dem Laden einer Messdatei, die damals vorliegende Anordnung von CASSY-Modulen und Sensorboxen wiederherzustellen.

Wird nicht die aktuelle Anordnung angezeigt, so kann die Anordnung durch Löschen der ungültigen Kanäle aktualisiert werden (entweder einzeln oder durch alle gemeinsam durch ☐ **Datei** → **Neu**).


Messparameter anzeigen öffnet das [Messparameter-Fenster](#).

Sensor-CASSY



Einführung

Sensor-CASSY (USB bzw. seriell) ist ein kaskadierbares Interface zur Messdatenaufnahme

- zum Anschluss an den USB-Port eines Computers bzw. die serielle Schnittstelle RS232, an ein weiteres CASSY-Modul oder an das CASSY-Display
 - 4-fach galvanisch getrennt (Eingänge A und B, Relais R, Spannungsquelle S)
 - bis zu 8 CASSY-Module kaskadierbar (dadurch Vervielfachung der Ein- und Ausgänge)
 - bis zu 8 Analogeingänge pro Sensor-CASSY über Sensorbox nachrüstbar
 - automatische Sensorboxerkennung durch CASSY Lab (plug & play)
 - mikrocontrollergesteuert mit CASSY-Betriebssystem (jederzeit bequem über Software für Leistungserweiterungen aktualisierbar)
 - variabel aufstellbar als Tisch-, Pult- oder Demogerät (auch im CPS/TPS-Experimentierahmen)
 - Spannungsversorgung 12 V AC/DC über Hohlstecker oder ein benachbartes CASSY-Modul
-  [Developer Information für eigene Softwareentwicklung im Internet verfügbar](#)

Sicherheitshinweise

- Zu Ihrer eigenen Sicherheit Sensor-CASSY nicht mit Spannungen über 100 V beschalten.
- Transport mehrerer kaskadierter CASSY-Module nur im Experimentierahmen oder einzeln (die mechanische Stabilität der Kopplung ohne Experimentierahmen reicht nur zum Experimentieren und nicht zum Transport aus).
- Zur Spannungsversorgung der CASSY-Module möglichst nur mitgeliefertes Steckernetzgerät (12 V / 1,6 A) verwenden.
- Ein Sensor-CASSY kann auch ein benachbartes Modul mit Spannung versorgen solange die Gesamtstromaufnahme kleiner 1,6 A bleibt (reicht für max. 2 Module, schaltet bei Überlast ab). Erforderlichenfalls weitere Sensor-CASSYs separat mit Spannung versorgen.

Technische Daten

- 5 Analoge Eingänge (jeweils 2 beliebige Eingänge A und B gleichzeitig nutzbar)
 - 2 [Analoge Spannungseingänge](#) A und B auf 4-mm-Sicherheitsbuchsen

Auflösung:	12 Bit
Messbereiche:	$\pm 0,3/1/3/10/30/100$ V
Messfehler:	± 1 % zuzüglich 0,5 % vom Bereichsendwert
Eingangswiderstand:	1 M Ω
Abtastrate:	max. 200.000 Werte/s (= 100.000 Werte/s pro Eingang)
Anzahl Messwerte:	praktisch unbegrenzt (PC-abhängig) bis 100 Werte/s, bei höherer Messrate max. 32.000 Werte (= 16.000 Werte pro Eingang)
 - 1 [Analoger Stromeingang](#) A auf 4-mm-Sicherheitsbuchsen

Messbereiche:	$\pm 0,1/0,3/1/3$ A
Messfehler:	Spannungsmessfehler zuzüglich 1 %
Eingangswiderstand:	< 0,5 Ω (außer bei Überlast)

 weitere Daten siehe Spannungseingänge
 - 2 [Analoge Eingänge](#) auf Sensorbox-Steckplätzen A und B (Anschluss aller [CASSY-Sensorboxen und Sensoren](#) möglich)

Messbereiche:	$\pm 0,003/0,01/0,03/0,1/0,3/1$ V
Eingangswiderstand:	10 k Ω

 weitere Daten siehe Spannungseingänge
 Technische Daten ändern sich entsprechend einer aufgesteckten Sensorbox. Erkennung der dann möglichen Messgrößen und Bereiche automatisch durch CASSY Lab nach Aufstecken einer Sensorbox
- 4 [Timer-Eingänge](#) mit 32-Bit-Zählern auf Sensorbox-Steckplätzen A und B
 (z. B. für [BMW-Box](#), [GM-Box](#) oder [Timer-Box](#))

Zählfrequenz:	max. 100 kHz
Zeitauflösung:	0,25 μ s
Messzeit zwischen zwei Ereignissen am selben Eingang:	min. 100 μ s
Messzeit zwischen zwei Ereignissen an verschiedenen Eingängen:	min. 0,25 μ s
Speicher:	max. 10.000 Zeitpunkte (= 2.500 pro Eingang)
- 1 [Umschaltrelais](#) (Schaltanzeige mit LED)

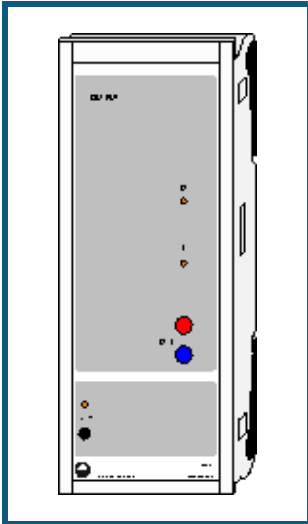
Bereich:	max. 100 V / 2 A
----------	------------------
- 1 [Analoger Ausgang \(PWM-Ausgang\)](#) (pulsweitenmoduliert, schaltbare Spannungsquelle, Schaltanzeige mit LED, z. B. für Haltemagnet oder Experimentversorgung)

Spannung variabel:	max. 16 V / 200 mA (Last $\geq 80 \Omega$)
PWM-Bereich:	0 % (aus), 5-95 % (1 % Auflösung), 100 % (an)
PWM-Frequenz:	100 Hz
- 12 Digitale Eingänge (TTL) auf Sensorbox-Steckplätzen A und B
 (z. Zt. nur für automatische Sensorbox-Erkennung verwendet)
- 6 Digitale Ausgänge (TTL) auf Sensorbox-Steckplätzen A und B
 (z. Zt. nur für automatische Messbereichumschaltung einer Sensorbox verwendet)
- 1 USB-Port (USB-Version) bzw. serielle Schnittstelle RS232 (SubD-9) zum Anschluss eines Computers
- 1 CASSY-Bus zum Anschluss weiterer CASSY-Module oder des CASSY-Displays
- Abmessungen (BxHxT): 115 mm x 295 mm x 45 mm
- Masse: 1 kg

Lieferumfang


- 1 Sensor-CASSY
- 1 Software CASSY Lab 2 ohne Freischaltcode für Windows XP/Vista/7 mit ausführlicher Hilfe (16 Nutzungen frei, dann als Demoversion nutzbar)
- 1 Installationsanleitung
- 1 USB-Kabel bzw. serielles Kabel (SubD-9)
- 1 Steckernetzgerät 12 V / 1,6 A

Power-CASSY



Einführung

Power-CASSY (USB bzw. seriell) ist ein kaskadierbares Interface nutzbar als programmierbare Spannungs- oder Stromquelle (Leistungsfunktionsgenerator) mit integrierter Strom- oder Spannungsmessung

- zum Anschluss an den USB-Port eines Computers bzw. die serielle Schnittstelle RS232, an ein weiteres CASSY-Modul oder an das CASSY-Display
 - galvanisch getrennt
 - bis zu 8 CASSY-Module kaskadierbar (dadurch Vervielfachung der Ein- und Ausgänge)
 - mikrocontrollergesteuert mit CASSY-Betriebssystem (jederzeit bequem über Software für Leistungserweiterungen aktualisierbar)
 - variabel aufstellbar als Tisch-, Pult- oder Demogerät (auch im CPS/TPS-Experimentierahmen)
 - Spannungsversorgung 12 V (nur Wechselspannung) über Hohlstecker
-  [Developer Information für eigene Softwareentwicklung im Internet verfügbar](#)

Sicherheitshinweise

- Transport mehrerer kaskadierter CASSY-Module nur im Experimentierahmen oder einzeln (die mechanische Stabilität der Kopplung ohne Experimentierahmen reicht nur zum Experimentieren und nicht zum Transport aus).
- Zur Spannungsversorgung der CASSY-Module möglichst nur mitgeliefertes Steckernetzgerät (12 V / 1,6 A) verwenden.

Technische Daten

- 1 Programmierbare Spannungsquelle mit gleichzeitiger Strommessung
(z. B. für Kennlinienaufnahme)

Auflösung:	12 Bit
Aussteuerbereich:	± 10 V
Messbereich:	$\pm 0,1/0,3/1$ A
Spannungsfehler:	± 1 % zuzüglich 0,5 % vom Bereichsendwert
Stromfehler:	Spannungsfehler zuzüglich ± 1 %
Abtaste:	200.000 Werte/s (= 100.000 Werte/s Spannung und Strom)
Anzahl Messwerte:	praktisch unbegrenzt (PC-abhängig) bis 100 Werte/s, bei höherer Messrate max. 32.000 Werte (= 16.000 Werte für Spannung und Strom)
- 1 Programmierbare Stromquelle mit gleichzeitiger Spannungsmessung
(alternativ zur Spannungsquelle wählbar)

Aussteuerbereich:	± 1 A
Messbereich:	$\pm 1/3/10$ V

 weitere Daten siehe Spannungsquelle
- 1 USB-Port (USB-Version) bzw. serielle Schnittstelle RS232 (SubD-9) zum Anschluss eines Computers
- 1 CASSY-Bus zum Anschluss weiterer CASSY-Module oder des CASSY-Displays
- Abmessungen (BxHxT): 115 mm x 295 mm x 45 mm
- Masse: 1,0 kg

Lieferumfang

- 1 Power-CASSY
- 1 Software CASSY Lab 2 ohne Freischaltcode für Windows XP/Vista/7 mit ausführlicher Hilfe (16 Nutzungen frei, dann als Demoversion nutzbar)
- 1 Installationsanleitung
- 1 USB-Kabel bzw. serielles Kabel (SubD-9)
- 1 Steckernetzgerät 12 V / 1,6 A

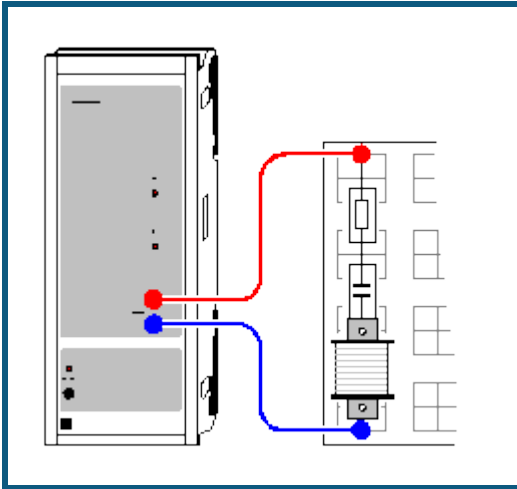
Hinweise zur Leistungsgrenze

Das Power-CASSY kann bedingt durch die Leistungsfähigkeit des mitgelieferten Steckernetzgeräts nicht in allen Fällen einen Gleichstrom von 1 A bei 10 V garantieren. Erst wenn ein zweites Steckernetzgerät (nicht im Lieferumfang enthalten) eingesteckt ist, hat das Power-CASSY auch in solchen Grenzfällen noch ausreichend Leistungsreserven.

Die Abtaste von 100 kHz für den Ausgabekanal begrenzt die ausgegebene Frequenz auf maximal 10 kHz. Dabei ist die Signalform mit 10 μ s aufgelöst, besteht also aus mindestens 10 Punkten pro Periode jeweils im Abstand von 10 μ s. Lässt sich damit die eingestellte Frequenz oder das Tastverhältnis nicht exakt erreichen, dann wird versucht, beide Vorgaben über eine längere Zeit gemittelt möglichst genau zu erreichen.

Wird Power-CASSY als Stromquelle betrieben, wird die maximale Frequenz zusätzlich durch eine virtuelle Ausgangskapazität von bis zu 10 μ F verringert. Bei einer ohmschen Last von $R = 100 \Omega$ ergibt die Ausgangskapazität eine Zeitkonstante von $R \cdot C = 1$ ms und damit eine Grenzfrequenz von etwa 1000 Hz. Bei induktiven Lasten liegt die Grenzfrequenz noch deutlich darunter (ein Widerstand in Serie mit der Induktivität kann helfen). Bei kapazitiven Lasten liegt die wirksame Kapazität um bis zu 10 μ F höher.

Erzwungene Schwingungen (Resonanz)



Versuchsbeschreibung

Einem elektrischen RLC-Serienschwingkreis wird eine Sinusschwingung der Frequenz f mit konstanter Amplitude aufgeprägt. Dabei stellt sich nach einer kurzen Einschwingzeit im Schwingkreis ebenfalls eine Schwingung der Frequenz f ein.

Untersucht wird der Effektivwert des fließenden Stroms I und die Phasenlage φ des Stroms zur aufgeprägten Spannung in Abhängigkeit von der Frequenz f und dem ohmschen Dämpfungswiderstand R . Die Ortskurven veranschaulichen die Addition komplexer Widerstände.

Benötigte Geräte

1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab 2	524 220
1	Rastersteckplatte DIN A4	576 74
1	STE Spule 500 Windungen	590 83
1	STE Kondensator 4,7 μF , 5 %	578 16
2	STE Widerstände 1 Ω	577 19
1	STE Widerstand 5,1 Ω	577 21
1	STE Widerstand 10 Ω	577 20
1	STE Widerstand 20 Ω	577 23
1	STE Widerstand 47 Ω	577 28
1	Paar Kabel, 50 cm, rot und blau	501 45
1	PC mit Windows XP/Vista/7	

Versuchsaufbau (siehe Skizze)

Der Schwingkreis wird entsprechend der Skizze an das Power-CASSY angeschlossen. Bei Bedarf werden zusätzliche Dämpfungswiderstände in Serie geschaltet.

Versuchsdurchführung

Einstellungen laden

- Messung mit starten. Es wird die Frequenz f automatisch in kleinen Schritten erhöht. Nach einer kurzen Einschwingzeit werden jeweils der Effektivwert des Stroms I sowie die Phasenlage φ zwischen Spannung und Strom gemessen und dargestellt.

Die Schrittweite ist variabel und richtet sich nach den Vorgaben für die Anzahl n_0 , die Startfrequenz f_0 und die ungefähre Resonanzfrequenz f_1 . Zwischen den beiden Frequenzen f_0 und f_1 werden n_0 Messwerte aufgenommen. Danach wird die Frequenz f noch weiter erhöht und zwar so, dass um $f=f_1$, also in der Nähe der Resonanzfrequenz, die Werte besonders dicht aufgenommen werden. Dadurch reduziert sich die erforderliche Messzeit erheblich im Vergleich zu äquidistanten Frequenzschritten. Die Vorgaben können durch Schieben der Zeiger mit der Maus oder durch Ändern des Parameterwertes nach Anklicken mit der rechten Maustaste geändert werden.

Die **Messbedingung** $\Delta t > 2/f+2$ sorgt für eine Einschwingzeit von $2/f+2$ s nach einer Frequenzerhöhung.

Die **Stopbedingung** $f > 5000$ or $f > 5 \cdot f_1$ beendet die Messung bei 5 kHz oder der 5-fachen Resonanzfrequenz.

- Messung bei Bedarf mit anderen Dämpfungswiderständen wiederholen.

Auswertung

Zur exakten Bestimmung der Resonanzfrequenz des Schwingkreises eignet sich beispielsweise die Bestimmung des [Peakschwerpunkts](#) in der Darstellung **Resonanz**.

In weiteren Darstellungen werden auch die **Leistung** und die **Phase** über der Frequenz dargestellt.

Die beiden letzten Darstellungen zeigen die **Ortskurven** für den komplexen Widerstand Z des Schwingkreises sowie für den komplexen Leitwert Y . In der Z -Darstellung lässt sich sehr schön die Addition komplexer Widerstände in der Serienschaltung ablesen: $Z = R + i\omega L + 1/i\omega C$. Da im Beispiel für jeden Dämpfungswiderstand nur die Frequenz ω , und damit der Imaginärteil von Z variiert wird, bleibt der reelle ohmsche Teil konstant. In der komplexen Zahlenebene entstehen somit senkrechte Geraden, deren Abstand von der imaginären Achse gerade dem ohmschen Widerstand R entspricht. Da im Beispiel die Spule einen ohmschen Innenwiderstand von etwa $4\ \Omega$ besitzt, ist auch der Abstand von der imaginären Achse um etwa $4\ \Omega$ größer als der jeweilige Dämpfungswiderstand.

Anmerkung

Für einen Wechselstromkreis kann man schreiben

$$U = |U| \cdot e^{i\omega t} \text{ und } I = |I| \cdot e^{i(\omega t - \varphi)}$$

wobei der komplexe Widerstand $Z = U/I$ nicht mehr von t abhängt

$$Z = |U|/|I| \cdot e^{i\varphi} = |Z| \cdot e^{i\varphi} \text{ (Z-Ortskurve)}$$

Umgekehrt gilt

$$Y = 1/Z = 1/|Z| \cdot e^{-i\varphi} \text{ (Y-Ortskurve)}$$

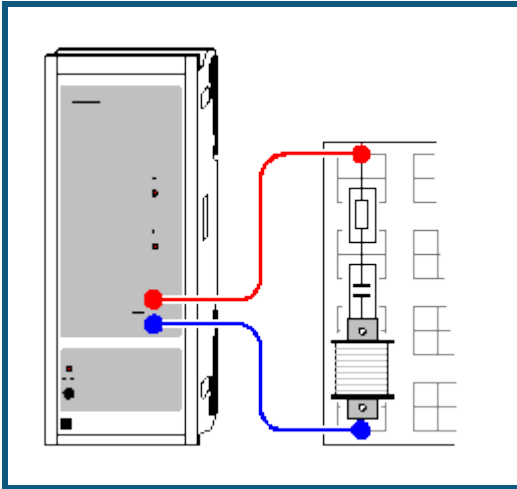
Die Y -Ortskurve entspricht der komplexen Inversion der Z -Ortskurve ($r \rightarrow -r$, $\varphi \rightarrow -\varphi$). Durch diese Transformation entstehen aus den Geraden $Z = R + i\omega L + 1/i\omega C$ der Z -Ortskurven in der Y -Darstellung Kreise (Spiegelung am Einheitskreis).

Tipps

Die Messinstrumente lassen sich mit  gleichzeitig ausblenden und wieder einblenden.

Eine einfache Logarithmierung der Frequenz- oder der Stromachse lässt sich nach Anklicken der entsprechenden Achse mit der rechten Maustaste erreichen.

Erzwungene Schwingungen (mit Modellbildung)



Versuchsbeschreibung

Einem elektrischen RLC-Serienschwingkreis wird eine Sinusschwingung der Frequenz f mit konstanter Amplitude aufgeprägt. Dabei stellt sich nach einer kurzen Einschwingzeit im Schwingkreis ebenfalls eine Schwingung der Frequenz f ein.

Als Ergänzung zum [vorangegangenen Versuch](#) wird hier der gemessene Stromverlauf mit dem Stromverlauf $I_C(t)$ verglichen.

Für den Schwingkreis gilt

$$U_C(t) = Q_C(t) / C$$

$$U(t) = L \cdot I_C'(t) + U_C(t) + R \cdot I_C(t)$$

und die Modellgleichungen lauten:

$$Q_C'(t) = I_C(t)$$

$$I_C'(t) = (U(t) - U_C(t) - R \cdot I_C(t)) / L$$

Die Konstanten R , L und C entsprechen dem verwendeten Widerstand, der Spule und dem Kondensator.

Benötigte Geräte

1	Power-CASSY	524 011
1	CASSY Lab 2	524 220
1	Rastersteckplatte DIN A4	576 74
1	STE Spule 500 Windungen	590 83
1	STE Kondensator 4,7 μ F, 5 %	578 16
2	STE Widerstände 1 Ω	577 19
1	STE Widerstand 5,1 Ω	577 21
1	STE Widerstand 10 Ω	577 20
1	STE Widerstand 20 Ω	577 23
1	STE Widerstand 47 Ω	577 28
1	Paar Kabel, 50 cm, rot und blau	501 45
1	PC mit Windows XP/Vista/7	

Versuchsaufbau (siehe Skizze)

Der Schwingkreis wird entsprechend der Skizze an das Power-CASSY angeschlossen. Bei Bedarf werden zusätzliche Dämpfungswiderstände in Serie geschaltet.

Versuchsdurchführung

- Einstellungen laden
- Messung mit starten
- Messung bei Bedarf mit veränderter Frequenz f (Zeiger im Anzeigeinstrument verschieben) oder mit anderen Dämpfungswiderständen wiederholen.

Modellbildung

Die Anfangsbedingungen für die Ladung Q des Kondensators und für den Strom I_C sind beide Null, weil der Schwingkreis vor der Messung spannungs- und stromlos ist. Die Konstanten Widerstand R , Kapazität C und Induktivität L können durch Ziehen am Zeiger des entsprechenden Anzeigeinstruments (oder durch Linksklick oder nach Rechtsklick) so verändert werden, dass das [Modell](#) mit der Messung überein stimmt. Dabei ist der Gleichstromwiderstand der Spule (ca. $4\ \Omega$) beim Dämpfungswiderstand R mit zu berücksichtigen.

Das Power-CASSY schaltet erst mit Start der Messung die anregende Frequenz ein. Dadurch wird auch der Einschwingvorgang des Schwingkreises sichtbar. Abhängig von Dämpfung und Frequenz kann man sehen, dass der Schwingkreis zu Anfang mit seiner Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) schwingt, bevor er auf die anregende Frequenz gezwungen wird.