

# Wie man ein gutes Protokoll schreibt

Mathias Magdowski

Lehrstuhl für Elektromagnetische Verträglichkeit  
Institut für Medizintechnik  
Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

16. November 2015

# Gliederung

## Motivation

## Wie schreibt man ein gutes Protokoll?

Inhalt

Form

## Gute und schlechte Beispiele

## Tipps für LaTeX

Diagramme mit pgfplots

Schaltpläne mit circuitikz

## Zusammenfassung

# Motivation



# Motivation

## Protokolle:

- ▶ Laborpraktika
- ▶ Forschungsprojekte/Abschlussarbeiten
- ▶ Messungen/Experimente im Berufsleben



# Motivation

## Protokolle:

- ▶ Laborpraktika
- ▶ Forschungsprojekte/Abschlussarbeiten
- ▶ Messungen/Experimente im Berufsleben

## Ziele und Hauptbestandteile:

- ▶ Versuchsdurchführung
- ▶ Beobachtungen
- ▶ Auswertung & Erklärung der Ergebnisse

Wie schreibt man ein gutes Protokoll?

# Inhalt

## Protokollstruktur:

1. Deckblatt
2. Theoretische Grundlagen
3. Vorbereitungsleistungen
4. Versuchsdurchführung und Auswertung
  - ▶ Nummerierung und Inhalt des Teilversuches
  - ▶ Messschaltung
  - ▶ Messwerte in Tabellenform
  - ▶ Auswertung und Diskussion der Ergebnisse
5. Literaturverzeichnis / Quellenverzeichnis
6. Eingeständigkeitserklärung
7. Anhang (eingescannte Originalmesswerte)

# Deckblatt

## Inhalt:

- ▶ Universität, Institut, Lehrstuhl, Lehrveranstaltung
- ▶ Thema, Nummer und Datum des Versuchs
- ▶ Versuchsgruppe und Betreuer
- ▶ Kolloquium, Abgabetermin



# Deckblatt

## Inhalt:

- ▶ Universität, Institut, Lehrstuhl, Lehrveranstaltung
- ▶ Thema, Nummer und Datum des Versuchs
- ▶ Versuchsgruppe und Betreuer
- ▶ Kolloquium, Abgabetermin

## Wichtig:

- ▶ an Vorlage halten
- ▶ vollständig ausfüllen



# Theoretische Grundlagen

## Gut:

- ▶ Grundlagen und Formeln für die Durchführung und Auswertung
- ▶ Quellen angeben
- ▶ Umfang: 1 bis 3 Seiten

# Theoretische Grundlagen

## Gut:

- ▶ Grundlagen und Formeln für die Durchführung und Auswertung
- ▶ Quellen angeben
- ▶ Umfang: 1 bis 3 Seiten

## Schlecht:

- ▶ zu allgemeine und zu breite Darstellung
- ▶ zu ausführliche Herleitung von Formeln
- ▶ aus der Praktikumsanleitung kopieren



# Vorbereitungsleistungen

## Tipps:

- ▶ rechtzeitig vorbereiten
- ▶ nicht kreativ werden
- ▶ im Skript bzw. Übungsmitschriften schauen
- ▶ Wenn es kompliziert wird, macht man meist etwas falsch!

# Versuchsdurchführung und Auswertung

## Wichtig:

- ▶ vorgegebene Untergliederung einhalten
- ▶ einleitende und überleitende Sätze
- ▶ Einheiten korrekt angeben
- ▶ Formeln, Abbildungen und Tabellen nummerieren
- ▶ exakt bleiben

# Versuchsdurchführung und Auswertung

## Wichtig:

- ▶ vorgegebene Untergliederung einhalten
- ▶ einleitende und überleitende Sätze
- ▶ Einheiten korrekt angeben
- ▶ Formeln, Abbildungen und Tabellen nummerieren
- ▶ exakt bleiben

## Diskussion:

- ▶ Besonderheiten, Schwierigkeiten oder Auffälligkeiten
- ▶ Genauigkeit, Fehlerquellen, Verbesserungsmöglichkeiten

# Literaturverzeichnis / Quellenverzeichnis

## Beispiel:

- [1] LANZE, Werner: *Das technische Manuskript - Ein Handbuch mit ausführlichen Anleitungen für Autoren und Bearbeiter*. 3. Essen : Vulkan-Verlag, 1982. – 242 S. – ISBN 978–3802781223
- [2] HERING, Lutz ; HERING, Heike ; HEYNE, Klaus-Geert: *Technische Berichte: Verständlich gliedern, gut gestalten, überzeugend vortragen*. 6. Wiesbaden : Vieweg+Teubner, 2009. – 280 S. – ISBN 978–3834805713

# Literaturverzeichnis / Quellenverzeichnis

## Beispiel:

- [1] LANZE, Werner: *Das technische Manuskript - Ein Handbuch mit ausführlichen Anleitungen für Autoren und Bearbeiter*. 3. Essen : Vulkan-Verlag, 1982. – 242 S. – ISBN 978–3802781223
- [2] HERING, Lutz ; HERING, Heike ; HEYNE, Klaus-Geert: *Technische Berichte: Verständlich gliedern, gut gestalten, überzeugend vortragen*. 6. Wiesbaden : Vieweg+Teubner, 2009. – 280 S. – ISBN 978–3834805713

siehe [https://de.wikipedia.org/wiki/DIN\\_1505-2](https://de.wikipedia.org/wiki/DIN_1505-2)



# Literaturverzeichnis / Quellenverzeichnis

## Beispiel:

- [1] LANZE, Werner: *Das technische Manuskript - Ein Handbuch mit ausführlichen Anleitungen für Autoren und Bearbeiter*. 3. Essen : Vulkan-Verlag, 1982. – 242 S. – ISBN 978–3802781223
- [2] HERING, Lutz ; HERING, Heike ; HEYNE, Klaus-Geert: *Technische Berichte: Verständlich gliedern, gut gestalten, überzeugend vortragen*. 6. Wiesbaden : Vieweg+Teubner, 2009. – 280 S. – ISBN 978–3834805713

siehe [https://de.wikipedia.org/wiki/DIN\\_1505-2](https://de.wikipedia.org/wiki/DIN_1505-2)

siehe <http://www.emv.ovgu.de/>

# Anhang

## Inhalt:

- ▶ eingescannte Originalmesswerte
- ▶ sonstige handschriftliche Aufzeichnungen

# Anhang

## Inhalt:

- ▶ eingescannte Originalmesswerte
- ▶ sonstige handschriftliche Aufzeichnungen

## Wichtig:

- ▶ Auflösung, Kontrast, Helligkeit des Scans
- ▶ Unterschrift des Betreuers muss erkennbar sein
- ▶ keine „Schmier-“ oder „Hilfszettel“

# Form

Protokoll  $\hat{=}$  kleine Abschlussarbeit

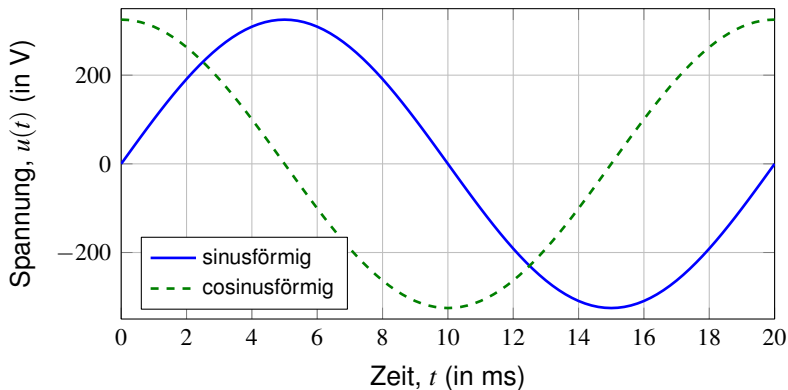
# Form

Protokoll  $\hat{=}$  kleine Abschlussarbeit

siehe *Richtlinien zur Ausarbeitung von Bachelor- und Masterarbeiten*



# Diagramme



**Abbildung 1:** Harmonischer Zeitverlauf einer Spannung mit einer Frequenz von 50 Hz und einem Effektivwert von 230 V

# Tabellen

**Tabelle 1:** Messwerte für einen Aufladevorgang

Zeit, $t$ in s	0	1	2	3
Spannung, $U$ in V	0,00	1,26	1,73	1,90

# Diagramme und Tabellen

## Tabellenüberschrift und Abbildungsunterschrift:

- ▶ sollte selbst eigenständig verständlich sein
- ▶ lieber zu lang als zu kurz



# Diagramme und Tabellen

## Tabellenüberschrift und Abbildungsunterschrift:

- ▶ sollte selbst eigenständig verständlich sein
- ▶ lieber zu lang als zu kurz

## Verweis im Text:

- ▶ „siehe Tabelle 1“ oder „... ist in Abbildung 1 gezeigt“
- ▶ nicht „die folgende Abbildung“

# Diagramme und Tabellen

## Tabellenüberschrift und Abbildungsunterschrift:

- ▶ sollte selbst eigenständig verständlich sein
- ▶ lieber zu lang als zu kurz

## Verweis im Text:

- ▶ „siehe Tabelle 1“ oder „... ist in Abbildung 1 gezeigt“
- ▶ nicht „die folgende Abbildung“

## Ganz schlecht:

- ▶ JPEG-komprimierte Rastergrafiken für Diagramme



## Weitere Hinweise

- ▶ Abkürzungen und Variablen beim ersten Gebrauch einführen

## Weitere Hinweise

- ▶ Abkürzungen und Variablen beim ersten Gebrauch einführen
- ▶ keine englischen Wörter und Anglizismen verwenden
  - ▶ Fit, Plot, Fitfunktion, fitten, plotten, . . .
  - ▶ das macht Sinn

## Weitere Hinweise

- ▶ Abkürzungen und Variablen beim ersten Gebrauch einführen
- ▶ keine englischen Wörter und Anglizismen verwenden
  - ▶ Fit, Plot, Fitfunktion, fitten, plotten, . . .
  - ▶ das macht Sinn
- ▶ Querverweise einfügen (z. B. „wie in Abschnitt 3 gezeigt wurde, . . .“ oder „auf Seite 4“)

## Weitere Hinweise

- ▶ Abkürzungen und Variablen beim ersten Gebrauch einführen
- ▶ keine englischen Wörter und Anglizismen verwenden
  - ▶ Fit, Plot, Fitfunktion, fitten, plotten, . . .
  - ▶ das macht Sinn
- ▶ Querverweise einfügen (z. B. „wie in Abschnitt 3 gezeigt wurde, . . .“ oder „auf Seite 4“)
- ▶ geschützte Leerzeichen hinter Abbildung, Tabelle, Seite, Gleichung, . . . und zwischen Zahlenwert und Einheit

## Weitere Hinweise

- ▶ Abkürzungen und Variablen beim ersten Gebrauch einführen
- ▶ keine englischen Wörter und Anglizismen verwenden
  - ▶ Fit, Plot, Fitfunktion, fitten, plotten, . . .
  - ▶ das macht Sinn
- ▶ Querverweise einfügen (z. B. „wie in Abschnitt 3 gezeigt wurde, . . .“ oder „auf Seite 4“)
- ▶ geschützte Leerzeichen hinter Abbildung, Tabelle, Seite, Gleichung, . . . und zwischen Zahlenwert und Einheit
- ▶ Bindestrich vs. Gedankenstrich

## Weitere Hinweise

- ▶ Abkürzungen und Variablen beim ersten Gebrauch einführen
- ▶ keine englischen Wörter und Anglizismen verwenden
  - ▶ Fit, Plot, Fitfunktion, fitten, plotten, . . .
  - ▶ das macht Sinn
- ▶ Querverweise einfügen (z. B. „wie in Abschnitt 3 gezeigt wurde, . . .“ oder „auf Seite 4“)
- ▶ geschützte Leerzeichen hinter Abbildung, Tabelle, Seite, Gleichung, . . . und zwischen Zahlenwert und Einheit
- ▶ Bindestrich vs. Gedankenstrich
- ▶ Quellen nicht als Fußnoten



## Weitere Hinweise

- ▶ Abkürzungen und Variablen beim ersten Gebrauch einführen
- ▶ keine englischen Wörter und Anglizismen verwenden
  - ▶ Fit, Plot, Fitfunktion, fitten, plotten, ...
  - ▶ das macht Sinn
- ▶ Querverweise einfügen (z. B. „wie in Abschnitt 3 gezeigt wurde, ...“ oder „auf Seite 4“)
- ▶ geschützte Leerzeichen hinter Abbildung, Tabelle, Seite, Gleichung, ... und zwischen Zahlenwert und Einheit
- ▶ Bindestrich vs. Gedankenstrich
- ▶ Quellen nicht als Fußnoten
- ▶ **siehe** `https://de.wikipedia.org/wiki/Liste\_der\_Schaltzeichen\_%28Elektrik/Elektronik%29`

# Einheiten

siehe SI-Broschüre des BIPM

## Formatierung:

- ▶ Einheiten aufrecht (im Formelsatz ebenso Abkürzungen, Funktionen und Operatoren), z. B.:
  - ▶  $U_{\max} = 1 \text{ V}$  statt  $U_{max} = 1 V$
  - ▶  $\sin(x)$  statt  $sin(x)$
  - ▶  $e^x$  statt  $e^x$
  - ▶  $\frac{df}{dx}$  statt  $\frac{df}{dx}$
- ▶ halbes Leerzeichen zwischen Zahl und Einheit
- ▶ einheitliche Formatierung (z. B.  $\text{km h}^{-1}$  vs.  $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ )
- ▶  $U[\text{V}]$  ist falsch, stattdessen  $U/\text{V}$
- ▶  $2,998 \cdot 10^8$  statt  $2,998 \text{ E}+008$



# Software

## WYSIWYG:

- ▶ Microsoft Word
- ▶ Apache OpenOffice

# Software

## WYSIWYG:

- ▶ Microsoft Word
- ▶ Apache OpenOffice

## LaTeX:

- ▶ MikTeX
- ▶ TeXLive

# Software

## WYSIWYG:

- ▶ Microsoft Word
- ▶ Apache OpenOffice

## LaTeX:

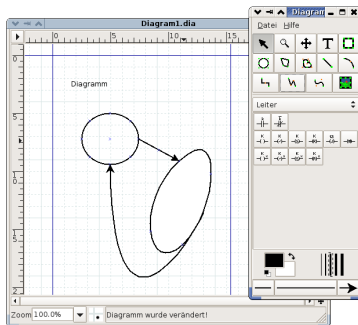
- ▶ MikTeX
- ▶ TeXLive

## WYSIWYM:

- ▶ LyX
- ▶ Scientific WorkPlace
- ▶ BaKoMa TeX

# Software für Bilder

Dia:



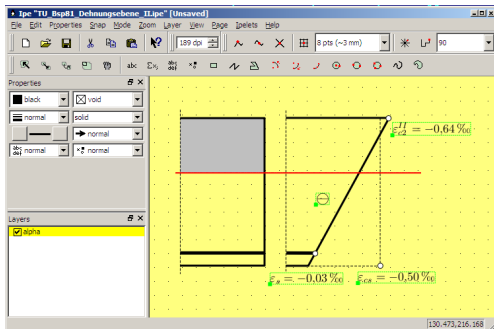
Download: <https://wiki.gnome.org/Apps/Dia/>

von Wikimedia Commons -

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dia-gtk.png#/media/File:Dia-gtk.png>

# Software für Bilder

Ipe:



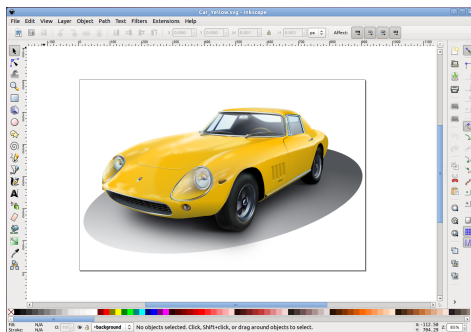
Download: <http://ipe.otfried.org/>

von Wikimedia Commons -

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ipe6pre30.png#/media/File:Ipe6pre30.png>

# Software für Bilder

## Inkscape:



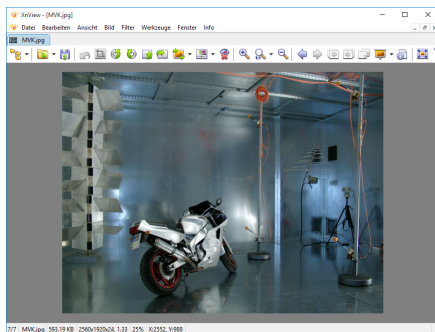
Download: <https://inkscape.org/>

von Wikimedia Commons - [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Inkscape\\_0.48.1.png#/media/File:Inkscape\\_0.48.1.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Inkscape_0.48.1.png#/media/File:Inkscape_0.48.1.png)



# Software für Bilder

## XnView:



Download: <http://www.xnview.com/de/xnview/>

# Hinweise für $\text{\LaTeX}$ -Benutzer

## Nützliche Pakete:

<code>hyperref:</code>	Aktivierung von PDF-Befehlen
<code>amsmath:</code>	mathematischer Formelsatz
<code>siunitx:</code>	Formatierung von Einheiten
<b><code>pgfplots:</code></b>	<b>Erstellen von Diagrammen</b>
<b><code>circuitikz:</code></b>	<b>Erstellen von Schaltbildern</b>
<code>tikz:</code>	TikZ ist kein Zeichenprogramm
<code>csquotes:</code>	einheitliche Anführungszeichen
<code>cite:</code>	bessere Zitate im Text

# Hinweise für $\text{\LaTeX}$ -Benutzer

## Nützliche Editoren:

- ▶ Texmaker
- ▶ TeXstudio
- ▶ TeXworks
- ▶ TeXShop (für Mac)
- ▶ **TeXnicCenter** (für Windows) mit **SumatraPDF**



# Gute und schlechte Beispiele

# Beispiel 1:

## M04 Brückenschaltungen

### 1. Grundlage des Versuchs

#### Brückenschaltung:

Eine Brückenschaltung ist eine elektrische Schaltung, die aus der Parallelschaltung zweier Spannungsteiler zu einer gemeinsamen Spannungsquelle oder Stromsquelle. Die Brückenspannung ( Ausgangsspannung ) ergibt sich aus der Differenz der Beiden Teilspannungen der Spannungsteiler.

#### Abgleichbrücken:

Die Abgleichbrücke dient der Bestimmung der Bauelementgrößen. Unter Verwendung der Abgleichbedingungen werden die gesuchte Parameter berechnet. Durch Verändern eines oder mehrerer der vier Widerstände bzw. Impedanzen in Spannungsteilern wird ein Nullabgleich der Brückenspannung erreicht. Das bedeutet, dass die Brückenspannung bzw. der Brückenstrom Null wird. Bei dem Wechselstrom muss auch die Phase ebenfalls Null sein.

#### Ausschlagbrücke:

Wenn eine Brückenschaltung außerhalb des Nullabgleichs betrieben wird und die Brückenspannung bzw. der zugehörige Brückenstrom als interessierende Größe gemessen, spricht man von einer Ausschlagbrücke.

#### Phasendrehbrücke:

Die Brückenspannung besitzt im diesen Fall im Vergleich zur Eingangsspannung eine Phasenverschiebung. Es ist abhängig von Variation eines oder mehrerer Brückenelemente.

### 2. Versuchsvorbereitung

# Beispiel 1:

## M04 Brückenschaltungen

### 1 Grundlagen des Versuchs

**Brückenschaltung:** Eine Brückenschaltung ist eine elektrische Schaltung, die aus der Parallelschaltung zweier Spannungsteiler zu einer gemeinsamen Spannungsquelle oder Stromquelle. Die Brückenspannung (Ausgangsspannung) ergibt sich aus der Differenz der Beiden Teilspannungen der Spannungsteiler.

**Abgleichbrücken:** Die Abgleichbrücke dient der Bestimmung der Bauelementegrößen. Unter Verwendung der Abgleichbedingungen werden die gesuchte Parameter berechnet. Durch Verändern eines oder mehrerer der vier Widerstände bzw. Impedanzen in Spannungsteilern wird ein Nullabgleich der Brückenspannung erreicht. Das bedeutet, dass die Brückenspannung bzw. der Brückenstrom Null wird. Bei dem Wechselstrom muss auch die Phase ebenfalls Null sein.

**Ausschlagbrücke:** Wenn eine Brückenschaltung außerhalb des Nullabgleichs betrieben wird und die Brückenspannung bzw. der zugehörige Brückenstrom als interessierende Größe gemessen, spricht man von einer Ausschlagbrücke.

**Phasendrehbrücke:** Die Brückenspannung besitzt im diesen Fall im Vergleich zur Eingangsspannung eine Phasenverschiebung. Es ist abhängig von Variation eines oder mehrere Brückenelemente.

### 2 Versuchsvorbereitung

## Beispiel 2:

### Inhaltsverzeichnis

#### 1.Theoretische Grundlagen zum Versuch

##### 1.1 Versuchsziel S.4

##### 1.2 Digitalspeicheroszilloskop S.4

#### 2.Vorbereitungsleistung zum Versuch

##### 2.1 Begriffserklärungen S.5

##### 2.2 Zusammenhang zwischen der Augenblicksleistung und Wirkleistung S.6

#### 3.Versuchsdurchführung

##### 3.1 Durchführen einfacher Messungen

###### 3.1.1 Versuch 3.1.1 S.8

###### 3.1.2 Versuch 3.1.2 S.9

###### 3.1.3 Versuch 3.1.3 S.11

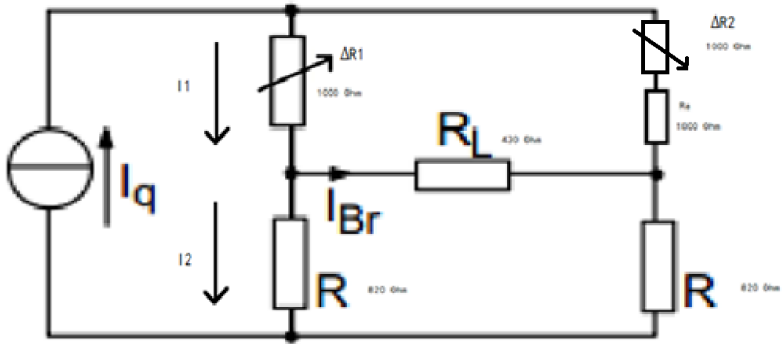
# Beispiel 2:

## Inhaltsverzeichnis

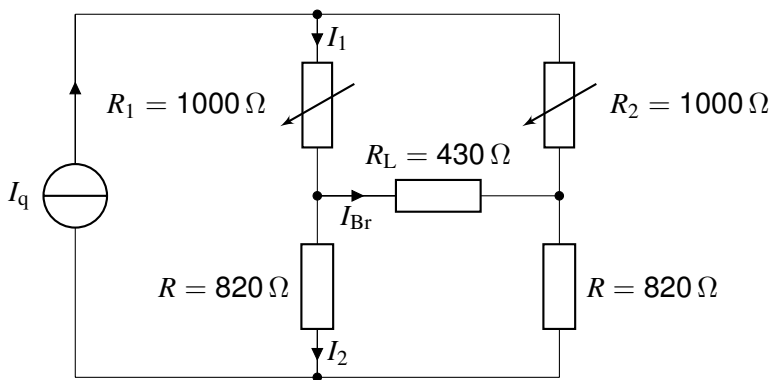
<b>1</b>	<b>Theoretische Grundlagen zum Versuch</b>	<b>1</b>
1.1	Versuchsziel . . . . .	2
1.2	Digitalspeicheroszillogoskop . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Vorbereitungsleistung zum Versuch</b>	<b>2</b>
2.1	Begriffserklärungen . . . . .	3
2.2	Zusammenhang zwischen Augenblicksleistung und Wirkleistung . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Versuchsdurchführung</b>	<b>4</b>
3.1	Durchführen einfacher Messungen . . . . .	4
3.1.1	Versuch: Wirkung verschiedener Bedienelemente . . . . .	5
3.1.2	Versuch: Messung der Periodendauer mittels des Cursors . . . . .	5
3.1.3	Versuch: Oszillographieren eines Halbsinussignals und Wirkung der Kanalkopplung . . . . .	5



## Beispiel 3:



## Beispiel 3:



# Beispiel 4:

## 1 Inhaltliche Schwerpunkte

Zur grafischen Lösung benötigt man die Strom-Spannungskennlinie einer Reihen- oder Parallelschaltung des nichtlinearen Bauelements mit einem Widerstand oder einem weiteren nichtlinearen Bauelement oder mit einer Spannungs- bzw. Stromquelle, so sind Konstruktionsregeln zu beachten, die sich aus den Kirchhoffschen Sätzen ergeben.

Bei der Reihenschaltung werden zur Erfüllung der Maschengleichung die Spannungen (Abszissenwerte der Kennlinien) addiert; bei einer Spannungsquelle erfolgt also eine Parallelverschiebung längs der Spannungsachse. Bei der Parallelschaltung werden zur Erfüllung der Knotengleichung die Ströme (Ordinatenwerte beider Kennlinien) addiert. Eine Stromquelle (unabhängig von der Spannung!) ergibt also eine Parallelverschiebung längs der Stromachse. Beide Konstruktionsregeln sind bei Reihen-Parallelschaltungen anzuwenden. [1]

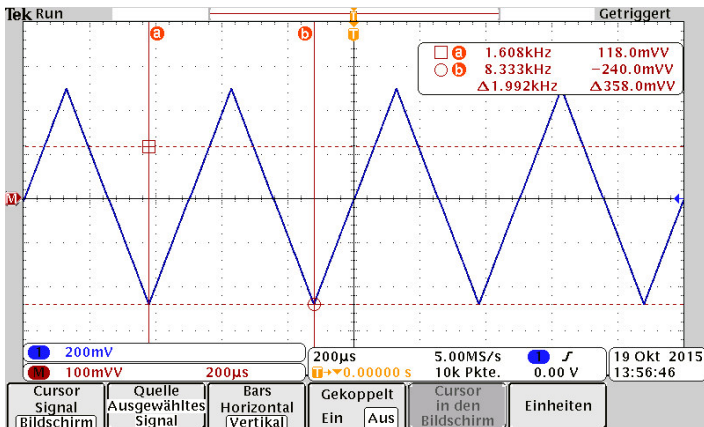
# Beispiel 4:

## 1 Inhaltliche Schwerpunkte

*Im Versuch geht es um die Berechnung von elektrischen Netzwerken mit nichtlinearen Bauelementen. Da eine geschlossene, analytische Lösung oft nicht möglich ist, bieten sich grafische Lösungsverfahren an. Zur grafischen Lösung benötigt man die Strom-Spannungskennlinie einer Reihen- oder Parallelschaltung des nichtlinearen Bauelements mit einem Widerstand oder einem weiteren nichtlinearen Bauelement oder mit einer Spannungs- bzw. Stromquelle, so sind Konstruktionsregeln zu beachten, die sich aus den Kirchhoffschen Sätzen ergeben.*

Bei der Reihenschaltung werden zur Erfüllung der Maschengleichung die Spannungen (Abszissenwerte der Kennlinien) addiert; bei einer Spannungsquelle erfolgt also eine Parallelverschiebung längs der Spannungsachse. Bei der Parallelschaltung werden zur Erfüllung der Knotengleichung die Ströme (Ordinatenwerte beider Kennlinien) addiert. Eine Stromquelle (unabhängig von der Spannung!) ergibt also eine Parallelverschiebung längs der Stromachse. Beide Konstruktionsregeln sind bei Reihen-Parallelschaltungen anzuwenden. [1]

## Beispiel 5:



Grafik 4:Oszillogramm zum Versuch 3.1.2 Messen der Periodendauer mit dem Cursormodus

## Beispiel 5:

### Verbesserungsmöglichkeiten:

- ▶ Menü ausblenden
- ▶ horizontale und vertikale Auflösung optimal einstellen
- ▶ unnötige Kurven und Angaben ausblenden
- ▶ niemals als jpg speichern, besser als png
- ▶ in vernünftiger Größe einbinden

## Beispiel 6:

heiten. Jetzt kann die Verschiebung  $\varphi$  von Kanal 1 gegenüber Kanal 2 errechnet werden.

$$\varphi = \frac{-\frac{1}{2}(\text{Verschiebung})}{2(\text{Periodendauer})} * 2\pi = -90^\circ$$

mathematischer Beweis<sup>[3]</sup>

$$\text{I} u_C(t) = \hat{u} * \sin(\omega t + \varphi_u)$$

$$\text{II} i_C(t) = \hat{i} * \sin(\omega t + \varphi_i)$$

$$\text{III} u_C = \frac{1}{C} \int i_C * dt$$

$$u_C = \frac{1}{C} * \hat{i}_C * \int \sin(\omega t + \varphi_i)$$

$$u_C = \frac{1}{C} * \hat{i}_C * \frac{1}{\omega} * [-\cos(\omega t) + \varphi_i]$$

$$u_C = \frac{1}{\omega C} * \hat{i}_C * \sin(\omega t) + \varphi_i + \frac{\pi}{2}$$

Das Ergebnis der kombinierten Umformung weicht minimal von Formel(I) ab, weswegen man von der Betrachtung auf  $\varphi_u = \varphi_i + \pi/2$

## Beispiel 6:

Jetzt kann die Phasenverschiebung  $\varphi$  von Kanal 1 gegenüber Kanal 2 im Bogenmaß errechnet werden. Dabei bezeichnet  $t_{\text{Verschiebung}}$  die Zeitverschiebung und  $t_{\text{Periodendauer}}$  die Periodendauer der Signale, die auch als Vielfache der Skalenteilung (div) angegeben werden können.

$$\varphi = \frac{t_{\text{Verschiebung}}}{t_{\text{Periodendauer}}} \cdot 2\pi = \frac{-\frac{1}{2} \text{div}}{2 \text{div}} \cdot 2\pi = -\frac{\pi}{2} \quad (1)$$

Im Gradmaß ergibt sich  $\varphi = -90^\circ$ .

Für einen mathematischen Beweis, wird angenommen, dass die Spannung  $u_C(t)$  und  $i_C(t)$  sinusförmig sind.

$$u_C(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi_u) \quad (2)$$

$$i_C(t) = \hat{i} \cdot \sin(\omega t + \varphi_i) \quad (3)$$

Außerdem gilt folgender Zusammenhang zwischen Strom und Spannung.

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \cdot \int i_C(t) dt \quad (4)$$



## Beispiel 6:

Einsetzen von (3) in (4) ergibt:

$$u_C(t) = \frac{\hat{i}}{C} \cdot \int \sin(\omega t + \varphi_i) dt \quad (5)$$

Bilden der Stammfunktion mit der Integrationskonstante  $K$ :

$$= -\frac{\hat{i}}{\omega C} \cdot \cos(\omega t + \varphi_i) + K \quad (6)$$

Nutzen von  $\sin\left(x - \frac{\pi}{2}\right) = -\cos(x)$ :

$$= \frac{\hat{i}}{\omega C} \cdot \sin\left(\omega t + \varphi_i - \frac{\pi}{2}\right) + K \quad (7)$$

Ein Koeffizientenvergleich von (2) mit (7) liefert  $\varphi_u = \varphi_i - \frac{\pi}{2}$  und damit die oben gemessene Phasenverschiebung von  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ .



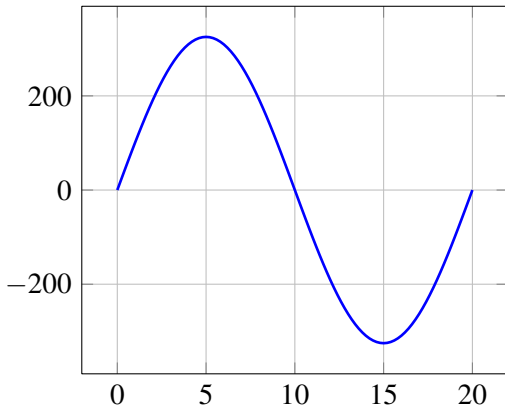
# Tipps für LaTeX



# Diagramme mit pgfplots

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}
    \addplot+[
      domain=0:20,
      samples=101,
    ] {sin(deg(x*2*pi/20))*sqrt(2)*230};
  \end{axis}
\end{tikzpicture}
```

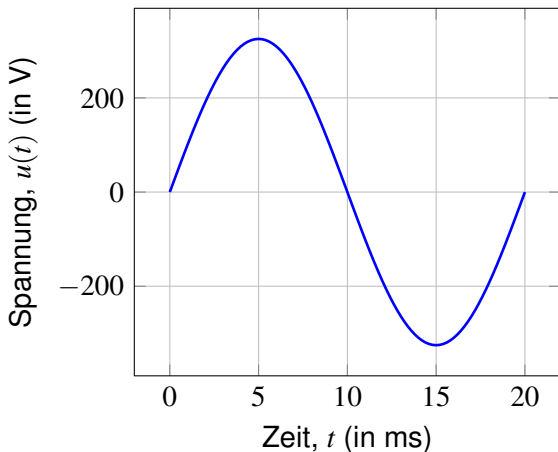
# Diagramme mit pgfplots



## Achsen beschriften

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}[
    xlabel={Zeit, $t$ (in \si{\milli\second})},
    ylabel={Spannung, $u(t)$ (in \si{\volt})},
  ]
  \addplot+[
    domain=0:20,
    samples=101,
  ] {sin(deg(x*2*pi/20))*sqrt(2)*230};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

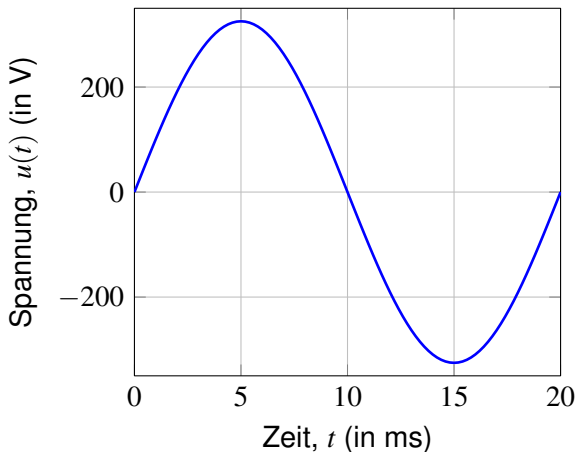
# Achsen beschriften



## Achsen begrenzen

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}[
    xlabel={Zeit,  $t$  (in  $\text{ms}$ )},
    ylabel={Spannung,  $U(t)$  (in  $\text{V}$ )},
    xmin=0, xmax=20,
    ymin=-350, ymax=350,
  ]
  \addplot+[
    domain=0:20,
    samples=101,
  ] {sin(deg(x*2*pi/20))*sqrt(2)*230};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

# Achsen begrenzen

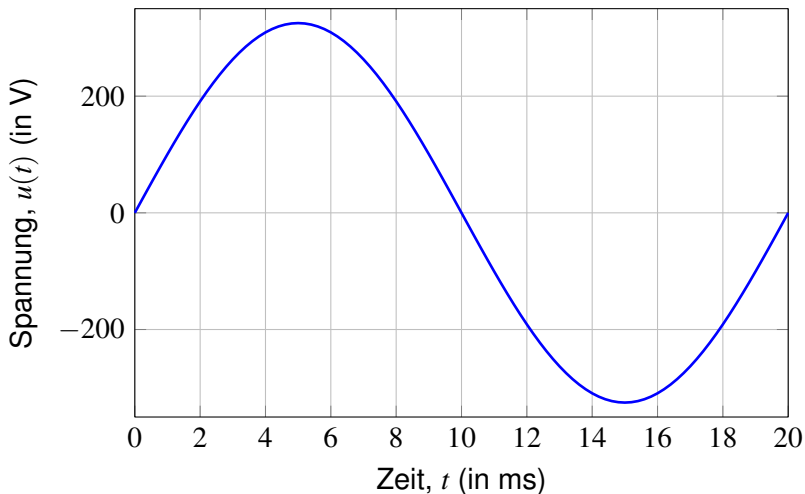




## Diagramm skalieren

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}[
    xlabel={Zeit,  $t$  (in \si{\milli\second})},
    ylabel={Spannung,  $u(t)$  (in \si{\volt})},
    xmin=0,xmax=20,ymin=-350,ymax=350,
    width=0.8\textwidth,
    height=0.5\textwidth,
  ]
  \addplot+[
    domain=0:20,
    samples=101,
  ] {sin(deg(x*2*pi/20))*sqrt(2)*230};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
```

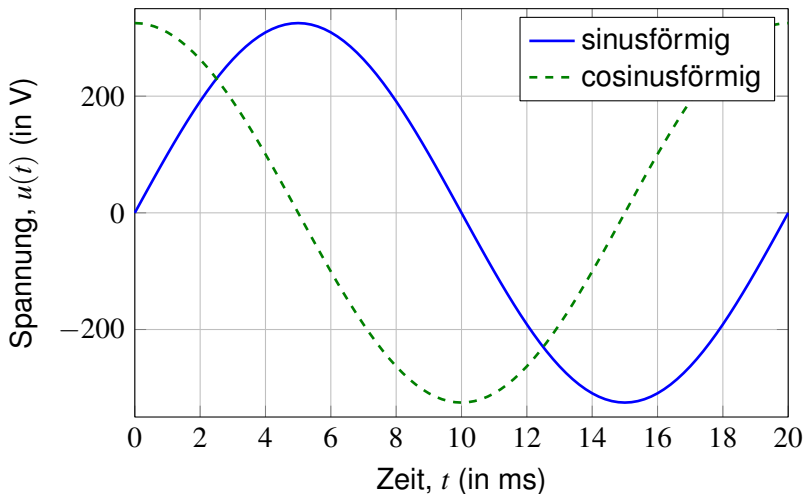
# Diagramm skalieren



## Zweite Kurve und Legende

```
\begin{tikzpicture}
  \begin{axis}[
    xlabel={Zeit,  $t$  (in \si{\milli\second})},
    ylabel={Spannung,  $u(t)$  (in \si{\volt})},
    xmin=0,xmax=20,ymin=-350,ymax=350,
    width=0.8\textwidth,height=0.5\textwidth,]
    \addplot+[domain=0:20,samples=101]
      {sin(deg(x*2*pi/20))*sqrt(2)*230};
    \addlegendentry{sinusförmig};
    \addplot+[domain=0:20,samples=101]
      {cos(deg(x*2*pi/20))*sqrt(2)*230};
    \addlegendentry{cosinusförmig};
  \end{axis}
\end{tikzpicture}
```

## Zweite Kurve und Legende



# Weitere Möglichkeiten des pgfplots-Pakets

## Daten aus:

- ▶ Formeln
- ▶ direkte Angabe von Datenpunkten
- ▶ Daten aus Textdateien

# Weitere Möglichkeiten des pgfplots-Pakets

## Daten aus:

- ▶ Formeln
- ▶ direkte Angabe von Datenpunkten
- ▶ Daten aus Textdateien

## Diagrammarten:

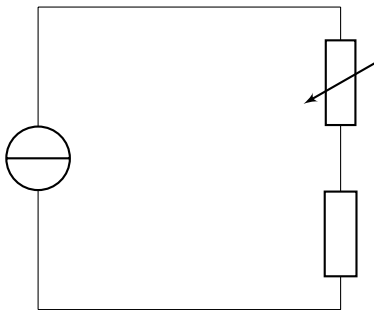
- ▶ Liniendiagramme (linear, geglättet, konstant)
- ▶ Balkendiagramme (horizontal, vertikal)
- ▶ *comb plots* und *quiver plots*
- ▶ Polarkoordinaten, Dreiecksdiagramm, Smithdiagramm
- ▶ 3D: Linien, Gitter, Oberflächen, Konturen



# Schaltpläne mit circuitikz

```
\begin{tikzpicture}
  % äußere Masche
  \draw (0,0) to[I] (0,4)
  to[short] (4,4)
  to[vR] (4,2)
  to[R] (4,0)
  to[short] (0,0);
\end{tikzpicture}
```

# Schaltpläne mit circuitikz

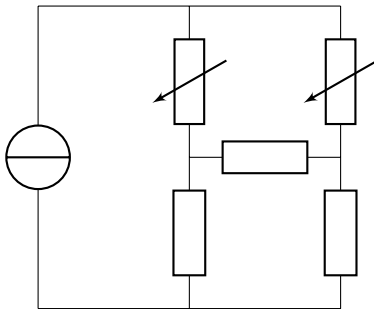




## Innere Zweige hinzufügen

```
\begin{tikzpicture}
  % äußere Masche
  \draw (0,0) to[I] (0,4)
  to[short] (4,4)
  to[vR] (4,2)
  to[R] (4,0)
  to[short] (0,0);
  % innere Zweige
  (2,4) to[vR] (2,2)
  to[R] (2,0)
  (2,2) to[R] (4,2);
\end{tikzpicture}
```

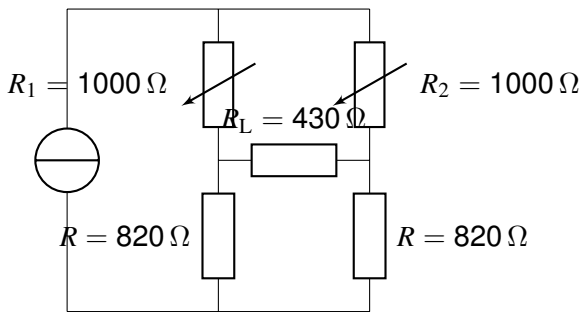
# Innere Zweige hinzufügen



## Bauelemente beschriften

```
\begin{tikzpicture}
  % äußere Masche
  \draw (0,0) to[I] (0,4)
  to[short] (4,4)
  to[vR, l=${R_2=\SI{1000}{\ohm}}$] (4,2)
  to[R, l=${R=\SI{820}{\ohm}}$] (4,0)
  to[short] (0,0)
  % innere Zweige
  (2,4) to[vR, l_=${R_1=\SI{1000}{\ohm}}$] (2,2)
  to[R, l_=${R=\SI{820}{\ohm}}$] (2,0)
  (2,2) to[R, l=${R_{\ind{L}}=\SI{430}{\ohm}}$] (4,2);
\end{tikzpicture}
```

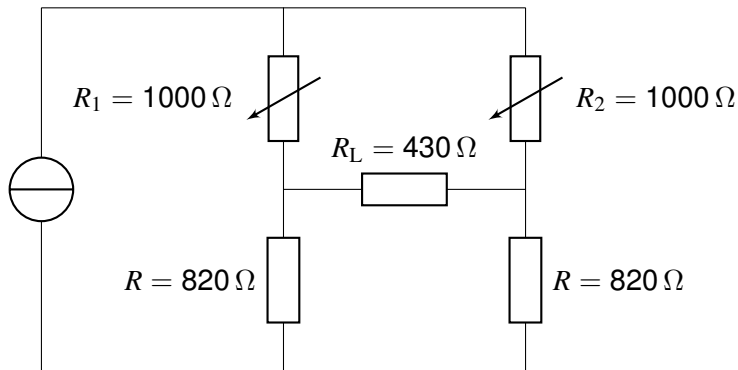
## Bauelemente beschriften



# Skalieren

```
\begin{tikzpicture}[xscale=1.6,yscale=1.2]
  % äußere Masche
  \draw (0,0) to[I] (0,4)
  to[short] (4,4)
  to[vR, l=${R_2=\SI{1000}{\ohm}}$] (4,2)
  to[R, l=${R=\SI{820}{\ohm}}$] (4,0)
  to[short] (0,0)
  % innere Zweige
  (2,4) to[vR, l_=${R_1=\SI{1000}{\ohm}}$] (2,2)
  to[R, l_=${R=\SI{820}{\ohm}}$] (2,0)
  (2,2) to[R, l=${R_{\ind{L}}=\SI{430}{\ohm}}$] (4,2);
\end{tikzpicture}
```

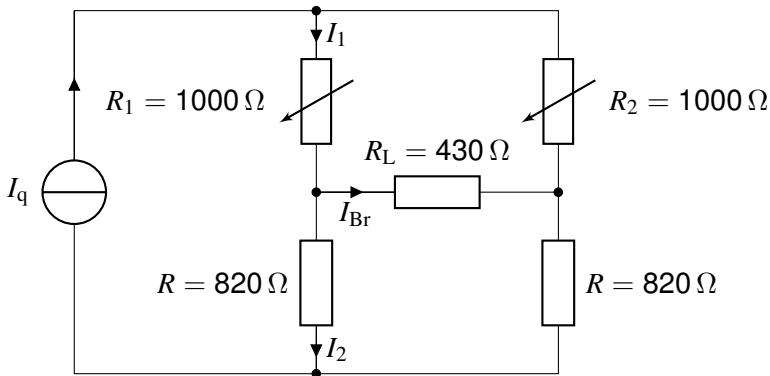
# Skalieren



## Ströme beschriften, Lötunkte setzen

```
\begin{tikzpicture} [xscale=1.6,yscale=1.2]
  % äußere Masche
  \draw (0,0) to[I, i=$I_{\ind{q}}$] (0,4)
  to[short] (4,4)
  to[vR, l=${R_2=\SI{1000}\ohm}$] (4,2)
  to[R, l=${R=\SI{820}\ohm}$] (4,0)
  to[short] (0,0)
  % innere Zweige
  (2,4) to[vR, l_=${R_1=\SI{1000}\ohm}$,
  i>^=$I_1$, *-] (2,2)
  to[R, l_=${R=\SI{820}\ohm}$, i=$I_2$, -*] (2,0)
  (2,2) to[R, l=${R_{\ind{L}}=\SI{430}\ohm}$,
  i>_=$I_{\ind{Br}}$, *-*] (4,2);
\end{tikzpicture}
```

## Ströme beschriften, Lötunkte setzen





# Weitere Möglichkeiten des circuitikz-Pakets

## Bauelemente:

1-Pole: Masse, Antenne, ...

2-Pole: Grundelemente, Quellen, Instrumente, Schalter, ...

3-Pole: Transistoren, gesteuerte Quellen, Umschalter, ...

4-Pole: Transformatoren, Koppler, ...

# Weitere Möglichkeiten des circuitikz-Pakets

## Bauelemente:

1-Pole: Masse, Antenne, ...



2-Pole: Grundelemente, Quellen, Instrumente, Schalter, ...

3-Pole: Transistoren, gesteuerte Quellen, Umschalter, ...

4-Pole: Transformatoren, Koppler, ...

## Darstellung und Beschriftung:

- ▶ Strom- und Spannungspfeile
- ▶ Knotenbeschriftung
- ▶ europäische oder amerikanische Darstellung

(  vs.  )

# Zusammenfassung

# Zusammenfassung

Der Betreuer sollte sehen, dass ihr euch  
Mühe gegeben habt!



# Zusammenfassung

großes Protokoll  $\hat{=}$  Abschlussarbeit

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!

Gibt es Fragen?