
Bau und Vermessung von Batterien im SoSe 2024

Hinweise zur Anfertigung der Laborprotokolle

Version: 1.0 (24. April 2024)

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Hinweise	2
1.1	Ziel eines Protokolls	2
1.2	Aufbau des Protokolls	2
1.3	Tipps	3
2	Tabellen	4
3	Abbildungen	7
4	Formeln	9
5	Ersatzschaltbilder	11
6	Quellen	13
	Literatur	13

1 Allgemeine Hinweise

1.1 Ziel eines Protokolls

Ein (Labor-)Protokoll hat den Zweck, anderen Personen eine möglichst exakte Reproduktion der wissenschaftlichen Arbeit zu ermöglichen. Dabei kann vorausgesetzt werden, dass diese allgemeine Kenntnisse der Materie (hier z.B. Elektrotechnik) besitzen. Im Modul „Bau und Vermessung von Batterien“ kann können kurze theoretische Erläuterungen und Herleitungen im Haupttext des Protokolls angegeben werden, während längere Herleitung (falls überhaupt benötigt) in den Anhang eines Protokolls gehören.

Im Idealfall kann eine fremde Person nur anhand des Laborprotokolls und mit Hilfe der im Versuch verwendeten Geräte und Bauteile den gesamten Laborversuch selbstständig durchführen.

1.2 Aufbau des Protokolls

Im Rahmen dieser Veranstaltung besteht ein Protokoll aus folgenden Bestandteilen:

- Einleitung: Zielstellung und durchgeführte (Teil-)Versuche
- Versuchsdurchführung: genauer Aufbau und Ablauf der (Teil-)Versuche
- Versuchsauswertung: Darstellung, Beschreibung und Interpretation der Messergebnisse
- Zusammenfassung: abschließende Einschätzung der Ergebnisse, auch in Bezug zur Zielstellung in der Einleitung

1.3 Tipps

Allgemeines:

- Stellen Sie Fragen zum Protokoll rechtzeitig per E-Mail an Ihre:n Betreuer:in!
- Lesen Sie das Protokoll vor der Abgabe noch einmal gründlich durch, um grobe Rechtschreib- und Grammatikfehler zu eliminieren.
- Schreiben Sie grundsätzlich im Präsens (außer dann, wenn Sie Ereignisse beschreiben, die sich konkret auf Ihren Labortermine beziehen).
- Achten Sie auf ein ordentliches Layout aller Bestandteile (also auch aller Abbildungen, Formeln und Tabellen).
- Kompilieren Sie Ihr Dokument immer mindestens zweimal, damit Referenzen im Text ordnungsgemäß aktualisiert werden (wichtiges Indiz: keine „??“ im Text).

Inhalt:

- Stellen Sie sicher, dass alle Versuchsinhalte abgedeckt sind.
- Stellen Sie sicher, dass jede Abbildung und jede Tabelle im Text referenziert werden. **Abbildungen und Tabellen ohne Erklärung werden bei der Bewertung ignoriert!**
- Vermeiden Sie unnötig lange oder doppelte Erklärungen.
- Dokumentieren Sie Formeln und Rechenwege.
- Überlegen Sie sich gut, woher Messabweichungen oder größere Messfehler stammen könnten. „Bauteilabweichungen“ und „Messtoleranzen“ sind zu allgemein und auch nicht immer die Ursache!

Quellenangaben:

- Fremde Inhalte (auch die Versuchsanleitung) müssen mit Quellenangaben versehen werden!
- Zu jedem Protokoll gehört ein Quellenverzeichnis (siehe LaTeX-Vorlage).
- **Protokolle mit fehlenden Quellenangaben werden mit einem Extra-Punktabzug oder in extremen Fällen mit null Punkten bewertet!**

2 Tabellen

Layout:

- Jede Tabelle hat eine aussagekräftige Überschrift.
- Die Einheiten der Größen stehen entweder im Tabellenkopf oder in jeder Zelle.
- Bei größeren Tabellen (siehe Abb. 2.1) empfiehlt sich eine weitere Unterteilung der Spalten oder ggf. Zeilen in Blöcke.

In Abb. 2.1 werden die wichtigsten Anforderungen an eine Tabelle noch einmal grafisch dargestellt.

Überschrift

Tabellenkopf

Einheiten

Tabelle 2.1. Messadapterplatine: Charakterisierung der INA211-IC				
Block	INA-Position			
	1		2	
	U_{in} in mV	U_{out} in V	U_{in} in mV	U_{out} in V
1	-10,0433	0,0320	-9,9538	0,0508
	-8,0605	0,9900	-7,9602	1,0440
	-6,0114	2,0150	-5,9889	2,0280
	-3,9706	3,0320	-4,0380	3,0030
	-2,0173	4,0060	-1,9859	4,0260
	-0,9936	4,5180	-1,0693	4,4840
	(0)	5,0190	(0)	5,0200
	0,9965	5,5100	1,0769	5,5560
	2,0017	6,0070	2,0017	6,0180
	3,9775	6,9800	4,0173	7,0000
	6,1699	8,0700	6,1850	8,0800
	8,0865	9,0300	8,0850	9,0300
	9,9602	9,9600	10,0835	10,0300
2	-10,0606	0,0438	-10,0433	0,0365
	-8,0387	1,0320	-8,0916	1,0040
	-6,0057	2,0420	-6,0527	2,0200
	-4,0576	3,0160	-4,0353	3,0260
	-1,9921	4,0440	-2,0302	4,0260
	-1,0423	4,5180	-1,0337	4,5220
	(0)	5,0340	(0)	5,0340
	1,0424	5,5590	1,0353	5,5520
	1,9830	6,0270	1,9486	6,0080
	4,0775	7,0500	4,0940	7,0600
	5,9913	8,0100	6,1466	8,0800
	8,0772	9,0400	8,1155	9,0600
	10,0621	10,0300	10,0763	10,0400

Abbildung 2.1. Beispiel-Tabelle, Inhalt nach [Otto, S. 33]

Im Folgenden ist der Quelltext für die Beispiel-Tabelle in Abb. 2.1 dokumentiert:

```
\begin{table}[H]
\centering
\caption{Messadapterplatine: Charakterisierung der INA211-IC}
\label{tab:MAP_Kennlinie}
\renewcommand*{\arraystretch}{1.1}
\begin{footnotesize}
\begin{tabular}{lrrrr}
\toprule
%
& \multicolumn{4}{l}{INA-Position} \\
& \multicolumn{2}{r}{1} & \multicolumn{2}{r}{2} \\
& \multicolumn{4}{l}{\hrule} \\
Block & $U_{\mathrm{in}}$ in \si{\milli\volt} & & $U_{\mathrm{out}}$ in \si{\volt} & \\
& & & & $U_{\mathrm{in}}$ in \si{\milli\volt} & & $U_{\mathrm{out}}$ in \si{\volt} \\
%
\midrule
%
1 & \num{-10,0433} & \num{0,0320} & \num{-9,9538} & \num{0,0508} \\
& \num{-8,0605} & \num{0,9900} & \num{-7,9602} & \num{1,0440} \\
& \num{-6,0114} & \num{2,0150} & \num{-5,9889} & \num{2,0280} \\
& \num{-3,9706} & \num{3,0320} & \num{-4,0380} & \num{3,0030} \\
& \num{-2,0173} & \num{4,0060} & \num{-1,9859} & \num{4,0260} \\
& \num{-0,9936} & \num{4,5180} & \num{-1,0693} & \num{4,4840} \\
& $(\num{0})$ & $\num{5.0190}$ & $(\num{0})$ & $\num{5.0200}$ \\
& \num{0,9965} & \num{5,5100} & \num{1,0769} & \num{5,5560} \\
& \num{2,0017} & \num{6,0070} & \num{2,0017} & \num{6,0180} \\
& \num{3,9775} & \num{6,9800} & \num{4,0173} & \num{7,0000} \\
& \num{6,1699} & \num{8,0700} & \num{6,1850} & \num{8,0800} \\
& \num{8,0865} & \num{9,0300} & \num{8,0850} & \num{9,0300} \\
& \num{9,9602} & \num{9,9600} & \num{10,0835} & \num{10,0300} \\
%
\midrule
%
2 & \num{-10,0606} & \num{0,0438} & \num{-10,0433} & \num{0,0365} \\
& \num{-8,0387} & \num{1,0320} & \num{-8,0916} & \num{1,0040} \\
& \num{-6,0057} & \num{2,0420} & \num{-6,0527} & \num{2,0200} \\
& \num{-4,0576} & \num{3,0160} & \num{-4,0353} & \num{3,0260} \\
& \num{-1,9921} & \num{4,0440} & \num{-2,0302} & \num{4,0260} \\
& \num{-1,0423} & \num{4,5180} & \num{-1,0337} & \num{4,5220} \\
& $(\num{0})$ & $\num{5.0340}$ & $(\num{0})$ & $\num{5.0340}$ \\
& \num{1,0424} & \num{5,5590} & \num{1,0353} & \num{5,5520} \\
& \num{1,9830} & \num{6,0270} & \num{1,9486} & \num{6,0080} \\
& \num{4,0775} & \num{7,0500} & \num{4,0940} & \num{7,0600} \\
& \num{5,9913} & \num{8,0100} & \num{6,1466} & \num{8,0800} \\
& \num{8,0772} & \num{9,0400} & \num{8,1155} & \num{9,0600} \\
& \num{10,0621} & \num{10,0300} & \num{10,0763} & \num{10,0400} \\
%
\bottomrule
\end{tabular}
\end{footnotesize}
\end{table}
```

Außerdem ist unten stehend noch der Code für eine Blanko-Tabelle eingefügt:

```
\begin{table}[H]
  \centering
  \caption{Tabellen-Überschrift}
  \label{tab:Tabelle}
  \begin{tabular}{llll}
    \toprule
    %
    & & & \\
    %
    \midrule
    %
    & & & \\
    %
    \bottomrule
  \end{tabular}
\end{table}
```

3 Abbildungen

Layout:

- Jede Abbildung hat eine aussagekräftige Unterschrift.
- Komplexe Diagramme mit vielen Messkurven sollten in mehrere (Teil-)Abbildungen unterteilt werden.
- Graphen sollten idealerweise auch bei Schwarz-Weiß-Druck unterscheidbar sein (bei digitaler Abgabe nicht kritisch).
- Diagramme müssen Achsenbeschriftungen (mit Einheiten) sowie bei mehreren Graphen eine Legende aufweisen.
- In durchgezogenen Messkurven, die nur aus wenigen Messpunkten bestehen, sollten diese Punkte markiert werden (z.B. mit „X“-Markern).

In Abb. 3.1 werden die wichtigsten Anforderungen an eine Abbildung noch einmal grafisch dargestellt.

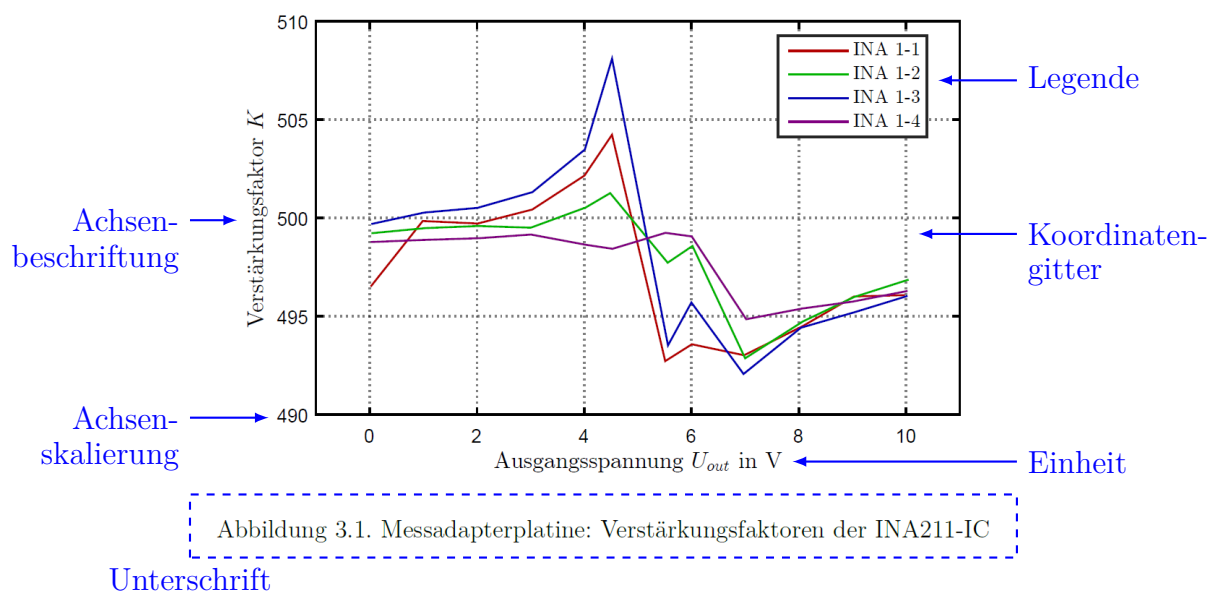


Abbildung 3.1. Beispiel-Abbildung, Inhalt nach [Otto, S. 34]

Im Folgenden ist der Quelltext für die Beispiel-Abbildung in Abb. 3.1 dokumentiert:

```
\begin{figure}[H]
  \centering
  \pdfpxdimen=\dimexpr 1 in/300\relax
  \includegraphics[trim = {120px 120px 120px 120px},%
    clip, width = 0.8\textwidth]{src/Plot_MAP_Kennlinien.pdf}
  \caption{Messadapterplatine: Verstärkungsfaktoren der INA211-IC}
  \label{fig:MAP_Kennlinie}
\end{figure}
```

Außerdem ist unten stehend noch der Code für eine Blanko-Abbildung eingefügt:

```
\begin{figure}[H]
  \centering
  \includegraphics[width = 0.95\linewidth]{Dateipfad}
  \caption{Bildunterschrift}
  \label{fig:Abbildung}
\end{figure}
```


4 Formeln

Rechenwege und relevante Formeln sollten im Protokoll dokumentiert werden. Dazu bieten sich die *align*-Umgebung oder für einzelne Formeln die *equation*-Umgebung an. Wird im Text an anderer Stelle auf Formeln Bezug genommen, sollten diese nummeriert werden.

In Abb. 4.1 ist eine *align**-Umgebung mit mehreren, aneinander ausgerichteten Formeln dargestellt.

$$\begin{aligned}
 U_{\text{out}} &= I_{\text{in}} \cdot (R_{\text{shunt}} + 0,5 \text{ m}\Omega) \cdot 500 + U_{\text{ref}} & (4.0.1) \\
 U_{\text{out,min}} &= I_{\text{in,min}} \cdot (R_{\text{shunt}} + 0,5 \text{ m}\Omega) \cdot 500 + U_{\text{ref}} \\
 &= -4 \text{ A} \cdot (2 \text{ m}\Omega + 0,5 \text{ m}\Omega) \cdot 500 + 5 \text{ V} = 0 \text{ V} \\
 U_{\text{out,max}} &= I_{\text{in,max}} \cdot (R_{\text{shunt}} + 0,5 \text{ m}\Omega) \cdot 500 + U_{\text{ref}} \\
 &= 4 \text{ A} \cdot (2 \text{ m}\Omega + 0,5 \text{ m}\Omega) \cdot 500 + 5 \text{ V} = 10 \text{ V}
 \end{aligned}$$

↑
Nummerierung

↑
Ausrichtung am Gleichheitszeichen

Abbildung 4.1. Beispiel-Formeln, Inhalt nach [Otto, S. 26]

Im Folgenden ist der Quelltext für die Beispiel-Formeln in Abb. 4.1 dokumentiert:

```

\begin{align*}
U_{\mathrm{out}} &= I_{\mathrm{in}} \cdot (R_{\mathrm{shunt}} + \mathrm{SI}{0,5}{\mathrm{milli}\mathrm{ohm}}) \cdot 500 + U_{\mathrm{ref}} \backslash \text{numberthis} \\
\\ \\
U_{\mathrm{out, min}} &= I_{\mathrm{in, min}} \cdot (R_{\mathrm{shunt}} + \mathrm{SI}{0,5}{\mathrm{milli}\mathrm{ohm}}) \cdot 500 + U_{\mathrm{ref}} \\
\\
&= \mathrm{SI}{-4}{\mathrm{ampere}} \cdot (\mathrm{SI}{2}{\mathrm{milli}\mathrm{ohm}} + \mathrm{SI}{0,5}{\mathrm{milli}\mathrm{ohm}}) \cdot 500 + \mathrm{SI}{5}{\mathrm{volt}} = \mathrm{SI}{0}{\mathrm{volt}} \\
\\ \\
U_{\mathrm{out, max}} &= I_{\mathrm{in, max}} \cdot (R_{\mathrm{shunt}} + \mathrm{SI}{0,5}{\mathrm{milli}\mathrm{ohm}}) \cdot 500 + U_{\mathrm{ref}} \\
\\
&= \mathrm{SI}{4}{\mathrm{ampere}} \cdot (\mathrm{SI}{2}{\mathrm{milli}\mathrm{ohm}} + \mathrm{SI}{0,5}{\mathrm{milli}\mathrm{ohm}}) \cdot 500 + \mathrm{SI}{5}{\mathrm{volt}} = \mathrm{SI}{10}{\mathrm{volt}} \\
\end{align*}

```

Außerdem ist unten stehend noch der Code für eine Blanko-Umgebung mit automatischer Nummerierung (*align*) bzw. ohne automatische Nummerierung (*align**) eingefügt:

```
\begin{align}
  a = b + c
\end{align}
%
\begin{align*}
  a = b + c
\end{align*}
```

Eine Nummerierung kann zeilenweise mit dem Befehl *nonumber* unterdrückt und mit dem Befehl *numberthis* erzwungen werden.

5 Ersatzschaltbilder

Zur Veranschaulichung elektrischer Modelle ist es oft hilfreich, Ersatzschaltbilder einzuführen. Diese können in einem externen Programm oder direkt in LaTeX gezeichnet werden. Wichtig ist auch hier die Bildunterschrift, da es sich um Abbildungen handelt.

In Abb. 5.1 ist beispielhaft ein vereinfachtes Ersatzschaltbild einer Batteriezelle dargestellt.

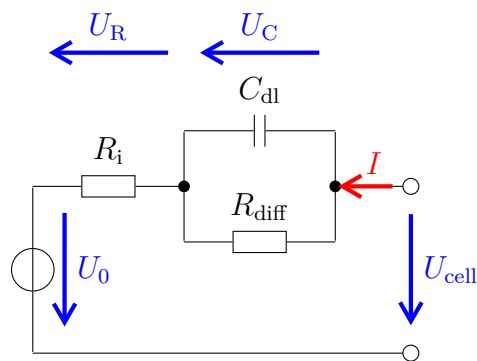


Abbildung 5.1. Vereinfachtes Modell einer Batteriezelle [Otto, S. 15]

Das Ersatzschaltbild in Abb. 5.1 ist mit *tikz* erstellt worden; der Quelltext ist im Folgenden dokumentiert:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}[circuit ee IEC, font = \sfamily]
\matrix(M) [
matrix of nodes, nodes in empty cells,
inner sep = 0pt, outer sep = -.1\pgflinewidth,
column sep = 10mm, row sep = 7mm,
nodes = {minimum width = 0pt}
]
{
&&&&&&\\
&&&&&&\\
&&&&&&\\
&&&&&&\\
&&&&&&\\
&&&&&&\\
};
%
% Symbols
%
\draw[circuit symbol unit = 8pt]
(M-3-1) to [voltage source = {info = $$}] (M-6-1);
\draw[circuit symbol unit = 8pt]
(M-3-1) to [resistor = {info = $\mathrm{i}$}] (M-3-3);
\draw[circuit symbol unit = 8pt]
(M-2-3) to [capacitor = {info = $\mathrm{dl}$}] (M-2-5);
\draw[circuit symbol unit = 8pt]
(M-4-3) to [resistor = {info = $\mathrm{diff}$}] (M-4-5);
%
% Connections
%
\draw (M-2-3) --(M-4-3);
\draw (M-2-5) --(M-4-5);
\draw (M-3-5) --(M-3-6);
\draw (M-6-1)--(M-6-6);
\draw[fill = black] (M-3-3) circle (2pt);
\draw[fill = black] (M-3-5) circle (2pt);
\draw[fill = white] (M-6-6) circle (3pt);
\draw[fill = white] (M-3-6) circle (3pt);
%
% Current and Voltage Arrows
%
\draw[UPfeil = 10pt]
(M-3-6) --(M-6-6)
node[midway, right]{$\mathrm{cell}$};
\draw[UPfeil = 10pt]
([xshift = 12pt]M-3-1.east) --([xshift = 12pt]M-6-1.east)
node[midway, right]{$\mathrm{0}$};
\draw[UPfeil = 6pt]
([yshift = 8pt]M-1-3.north) --([yshift = 8pt]M-1-1.north)
node[midway, above]{$\mathrm{R}$};
\draw[UPfeil = 6pt]
([yshift = 8pt]M-1-5.north) --([yshift = 8pt]M-1-3.north)
node[midway, above]{$\mathrm{C}$};
\draw[IPfeil = 4pt]
([xshift = -1mm]M-3-6.center)--([xshift = -1mm]M-3-5.center)
node[midway, above]{$\mathrm{I}$};
%
\end{tikzpicture}
\caption{Vereinfachtes Modell einer Batteriezelle}
\label{fig:ESB}
\end{figure}
```

6 Quellen

Quellen müssen immer dann angegeben werden, wenn ein Inhalt – Text, Abbildung, Daten etc. – nicht selbst erstellt worden ist. Dabei gibt es zwei Hauptmethoden:

1. Quellen (automatisch) durchnummerieren: „[1]“, „[2]“, „[3]“, ...
2. Quellen manuell benennen: „[Skript]“, „[Übung]“, ...

Unabhängig von der gewählten Methode müssen die Quellen im Quellenverzeichnis dokumentiert werden – wenn möglich, unter Angabe eines Links.

Dabei können Quellen alleinstehend oder inkl. Seitenzahl(en) referenziert werden. Der unten stehende Quelltext führt auf die Textverweise „[Otto]“, „[Otto, S. 42]“, „[Otto, S. 23ff]“:

```
\cite{src:Otto}  
%  
\cite[S. 42]{src:Otto}  
%  
\cite[S. 23ff]{src:Otto}
```

Beispiele für unterschiedliche Arten von Quellen sind in der Protokollvorlage enthalten. Für dieses Dokument lautet die Quelle [Otto]:

Literatur

- [Otto] Otto, M.; „Entwicklung und Anfertigung einer Messadapterplatine für einen Batterieteststand und Anwendung des Aufbaus zur Untersuchung der Stromverteilung in parallelverschalteten Zellen“, Masterarbeit am FG Elektrische Energietechnik, November 2021
keineURL, da interne Abschlussarbeit
Letzter Zugriff: 20.11.2022, 15.00 Uhr