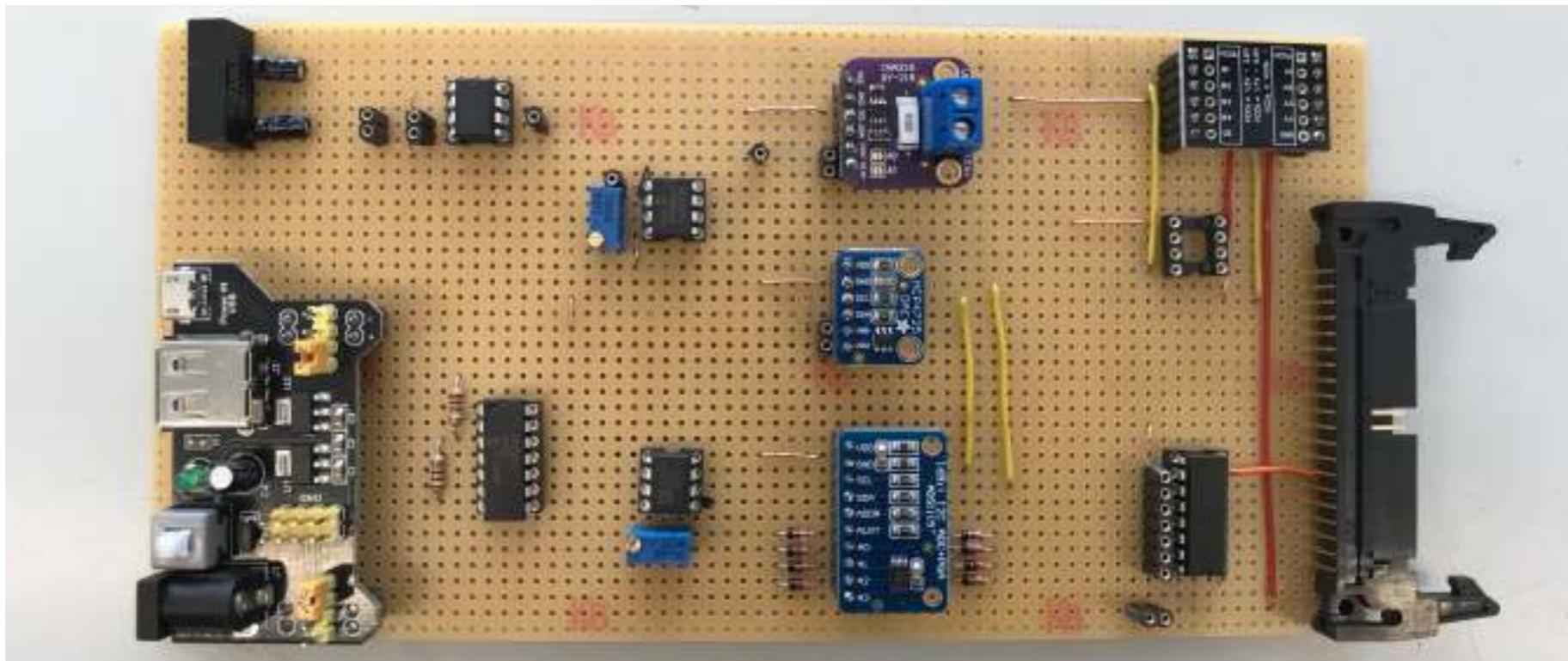


Digitales Messsystem mit aktiver Messbereichserweiterung

HARDWARE
INSTITUT FÜR EXPERIMENTELLE TEILCHENPHYSIK



Agenda

- Motivation
- Konzeption, Funktionsumfang
- Signalverlauf
- Umsetzung
- Grundsaltungen (optional)
- Versuche: Thermoeffekt, Kraftmessung, Photoeffekt
- Fragen, Anregungen, Diskussion

Motivation

- Digitale Messtechnik intransparent
- Funktionsweise von Oszillographen und Datenloggern nicht immer vollständig klar
- Übergang / Zusammenhang von analogen zu digitalen Signalen

➔ Grundlegendes Verständnis und Transparenz soll vermittelt werden

Konzeption, Funktionsumfang

- einfache Bedienung
- einfache Theorie: Grundsaltungen
- einfache Reparatur
- mehrere Schutzmechanismen
- Spannungen von μV bis V
- erweiterbar
- kostengünstig
- reproduzierbar

Vom Signal zur Darstellung

Signal

Verstärkung / Spannungsteiler

Pegelanpassung

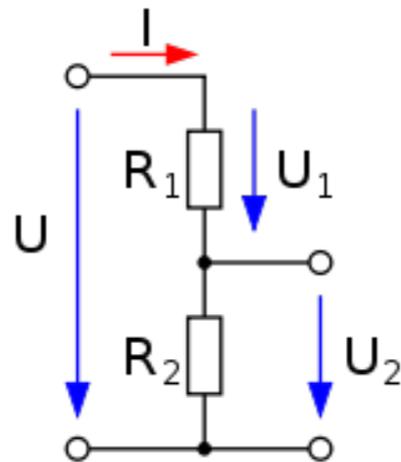
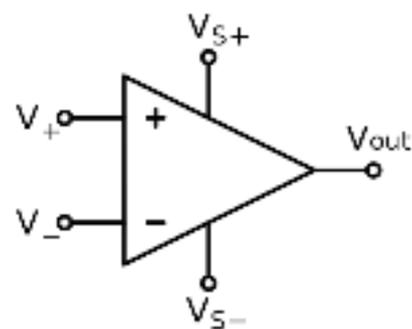
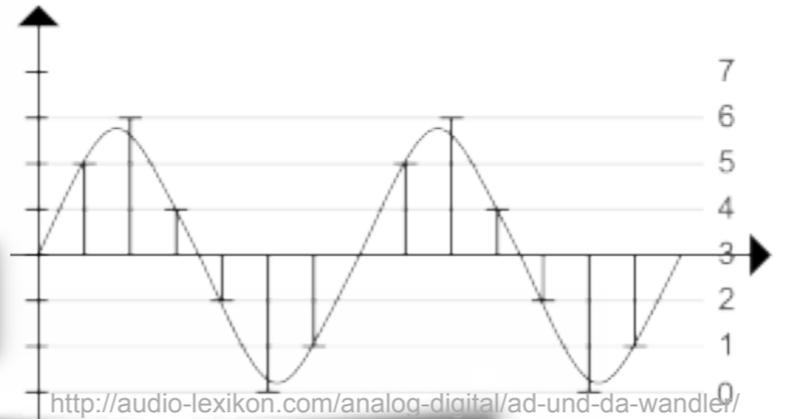
Analog-Digitalwandler

Raspberry Pi

Weiterverarbeitung mit Software



https://www.electronics-tutorials.ws/dccircuits/dcp_1.html



https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverstärker#/media/Datei:Op-amp_symbol.svg

https://de.wikipedia.org/wiki/Spannungsteiler#/media/Datei:Einfacher_unbelasteter-Spannungsteiler.svg

<https://www.okdo.com/de/shop/raspberry-pi/other-accessories/99130100-pi-sbcs/raspberry-pi-4-model-b-board-with-1gb-lpddr4-sdram/>

Motivation



Funktionen



**Signalverlauf,
Umsetzung**



Physikalische
Grundlagen

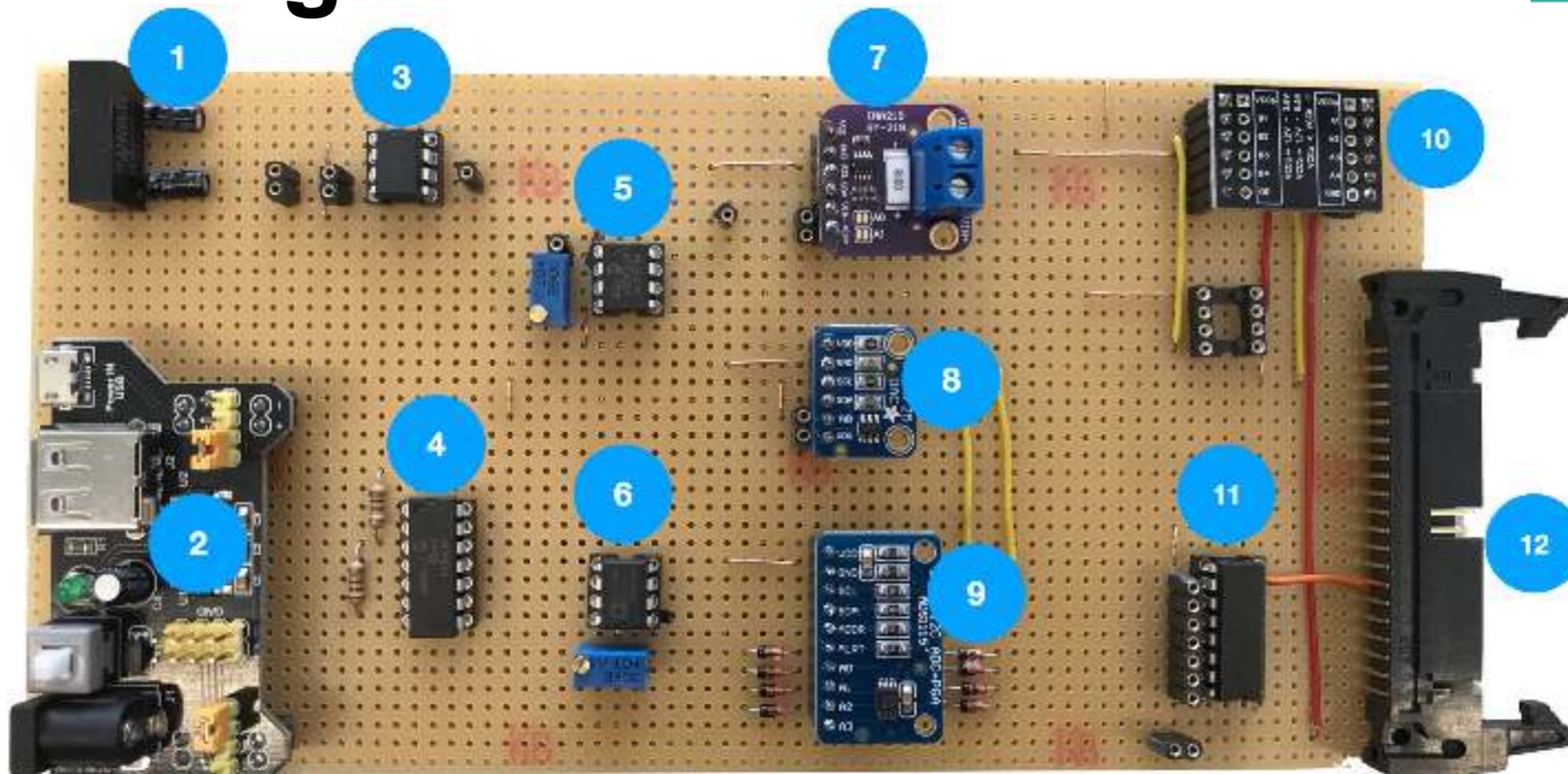


Messungen



Ausblick

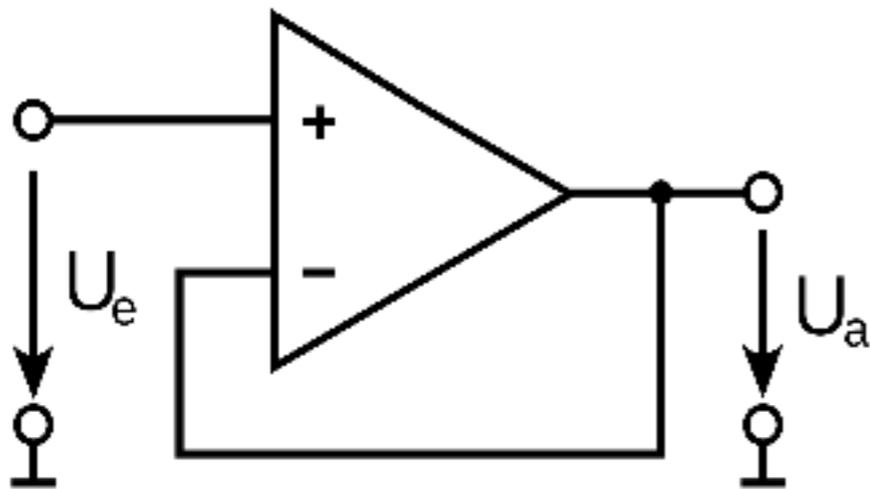
Umsetzung



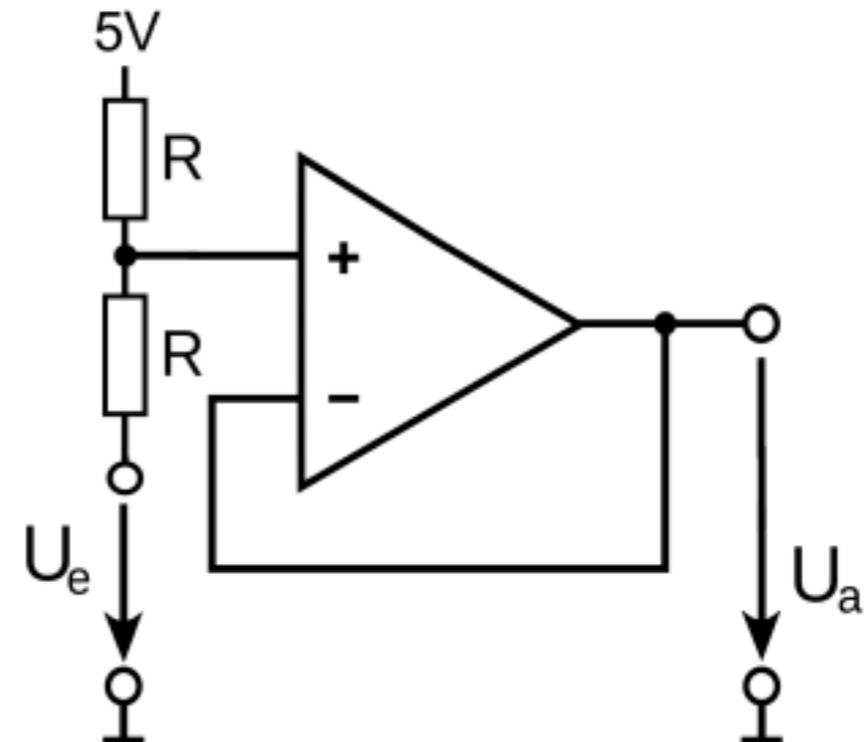
- | | | | | | |
|---|---------------------|---|--------------------------|----|---|
| 1 | DC/DC-Wandler | 5 | Referenzspannung | 9 | Analog-Digital-Konverter |
| 2 | Spannungsversorgung | 6 | Instrumentenverstärker | 10 | I ² C-Pegelwandler (Anhang A) |
| 3 | Elektrometer | 7 | Strom-/Spannungssensor | 11 | Digitale Open-Collector Ausgänge (Anhang B) |
| 4 | Pegelwandler | 8 | Digital-Analog-Konverter | 12 | Anbindung an Raspberry Pi |

Motivation ➤ Funktionen ➤ **Signalverlauf, Umsetzung** ➤ Physikalische Grundlagen ➤ Messungen ➤ Ausblick

OPV-Grundsaltungen



https://de.wikipedia.org/wiki/Spannungsfolger#/media/Datei:Voltage_follower_4clamp_II.svg



https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Voltage_follower_4clamp.svg (bearbeitet)

Spannungsfolger / Impedanzwandler

$$U_A = U_E$$

Pegelwandler

$$U_A = (U_E + 5V) / 2$$

Motivation



Funktionen



Signalverlauf,
Umsetzung



**Physikalische
Grundlagen**

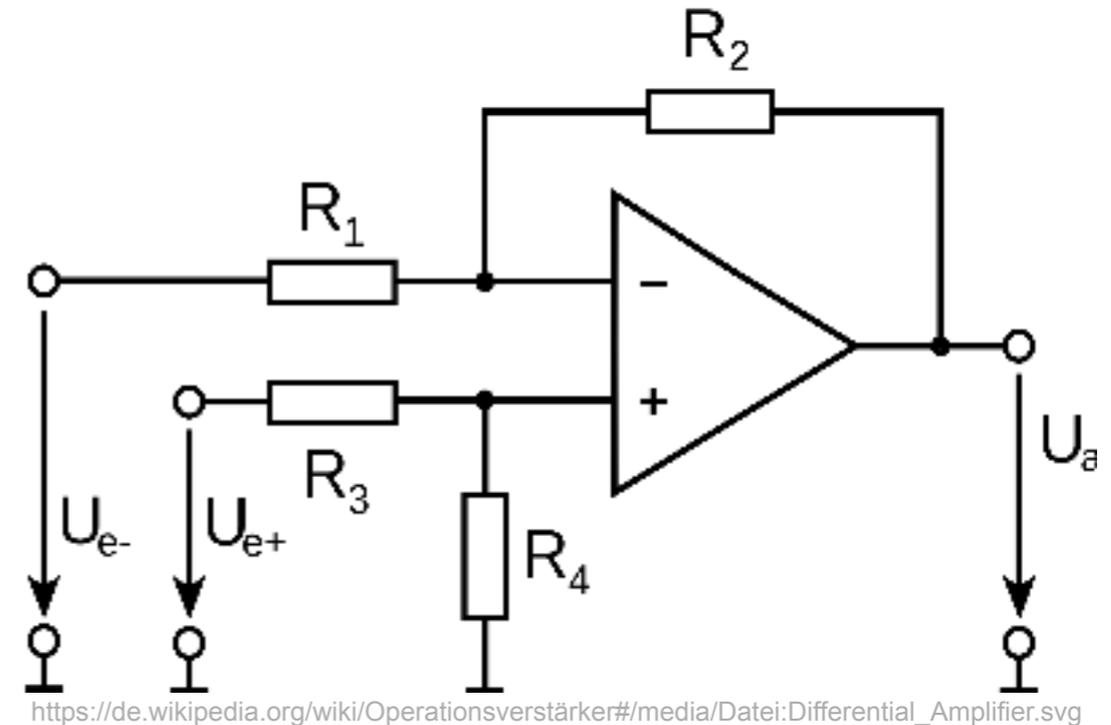
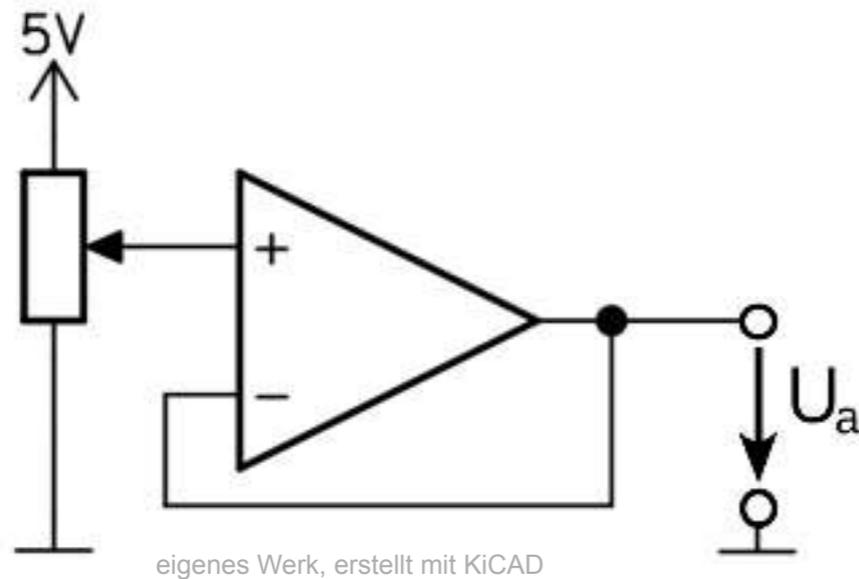


Messungen



Ausblick

OPV-Grundsaltungen



Referenzspannung

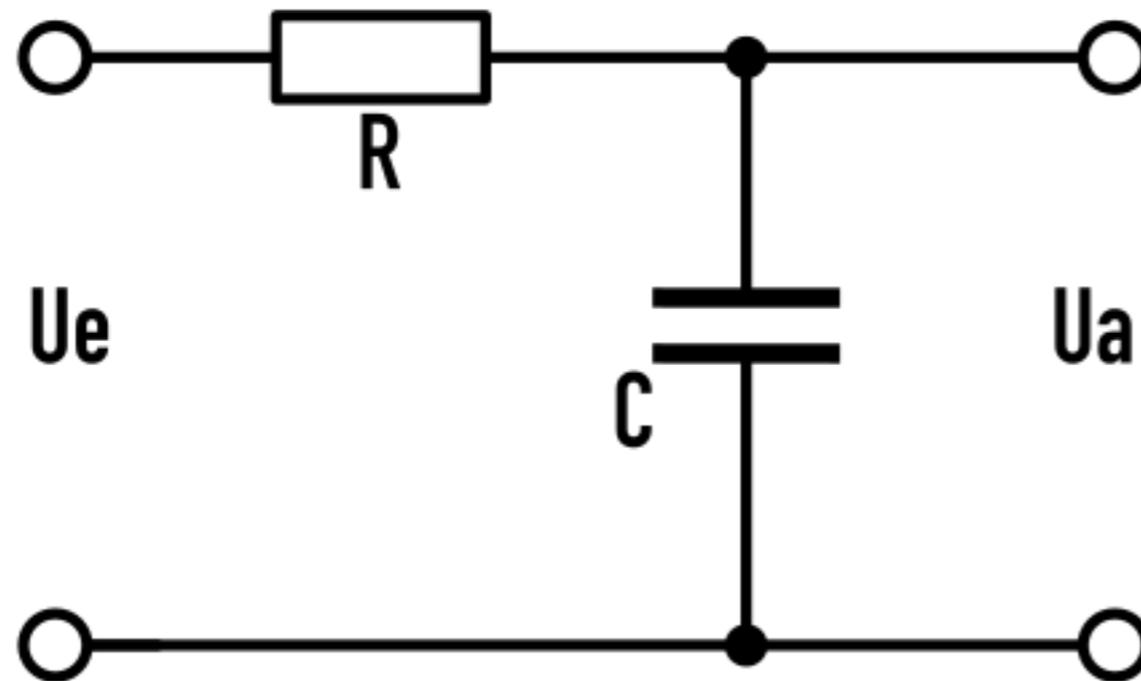
$$U_A = 0V \dots 5V$$

Differenzverstärker → Instrumentenverstärker

$$U_a = A \cdot (U_{e+} - U_{e-})$$

Mit $A = 2 \dots 1000$

RC - Tiefpass



<https://de.wikipedia.org/wiki/Tiefpass>

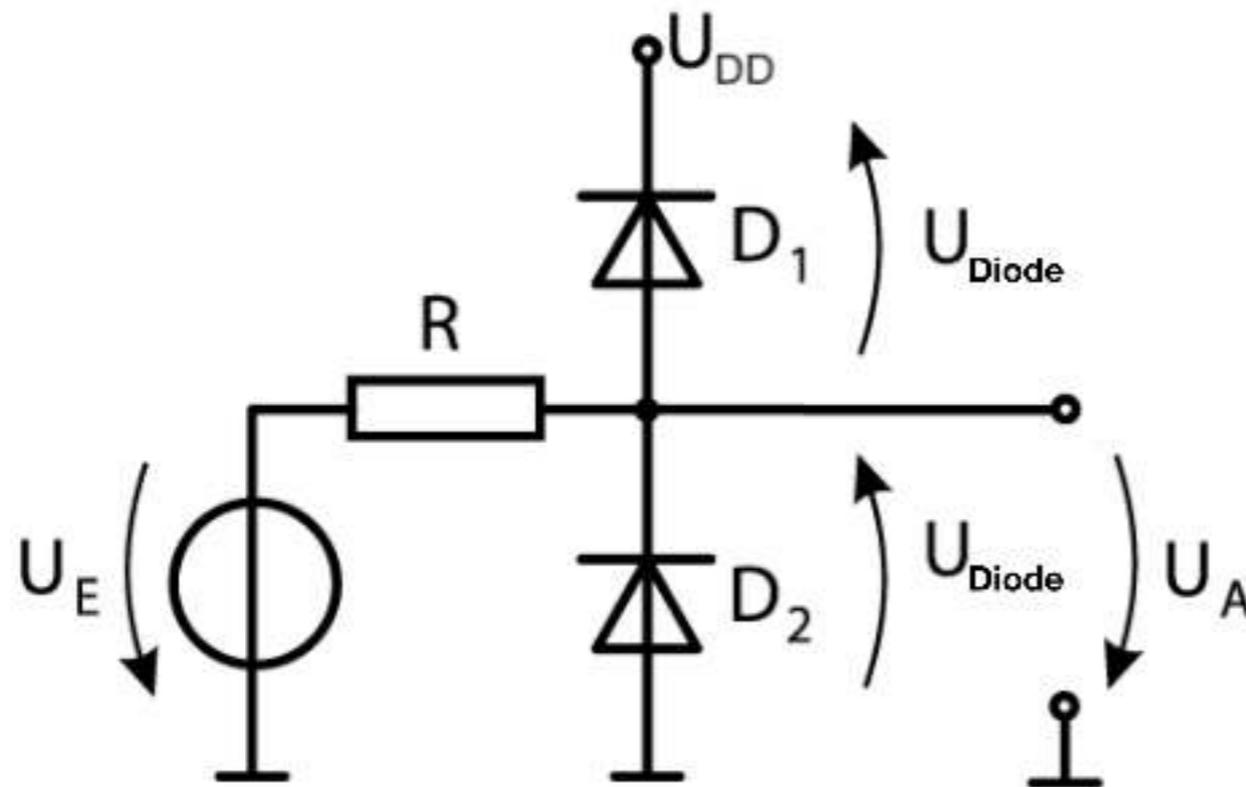
$$U_A \approx$$

0V, für $f_E \gg f_G$

U_E , für $f_E \ll f_G$



Schutzschaltung mit Dioden



<https://www.physikerboard.de/topic,34457,-eingangsschutzschaltung.html> (bearbeitet)

$U_A =$

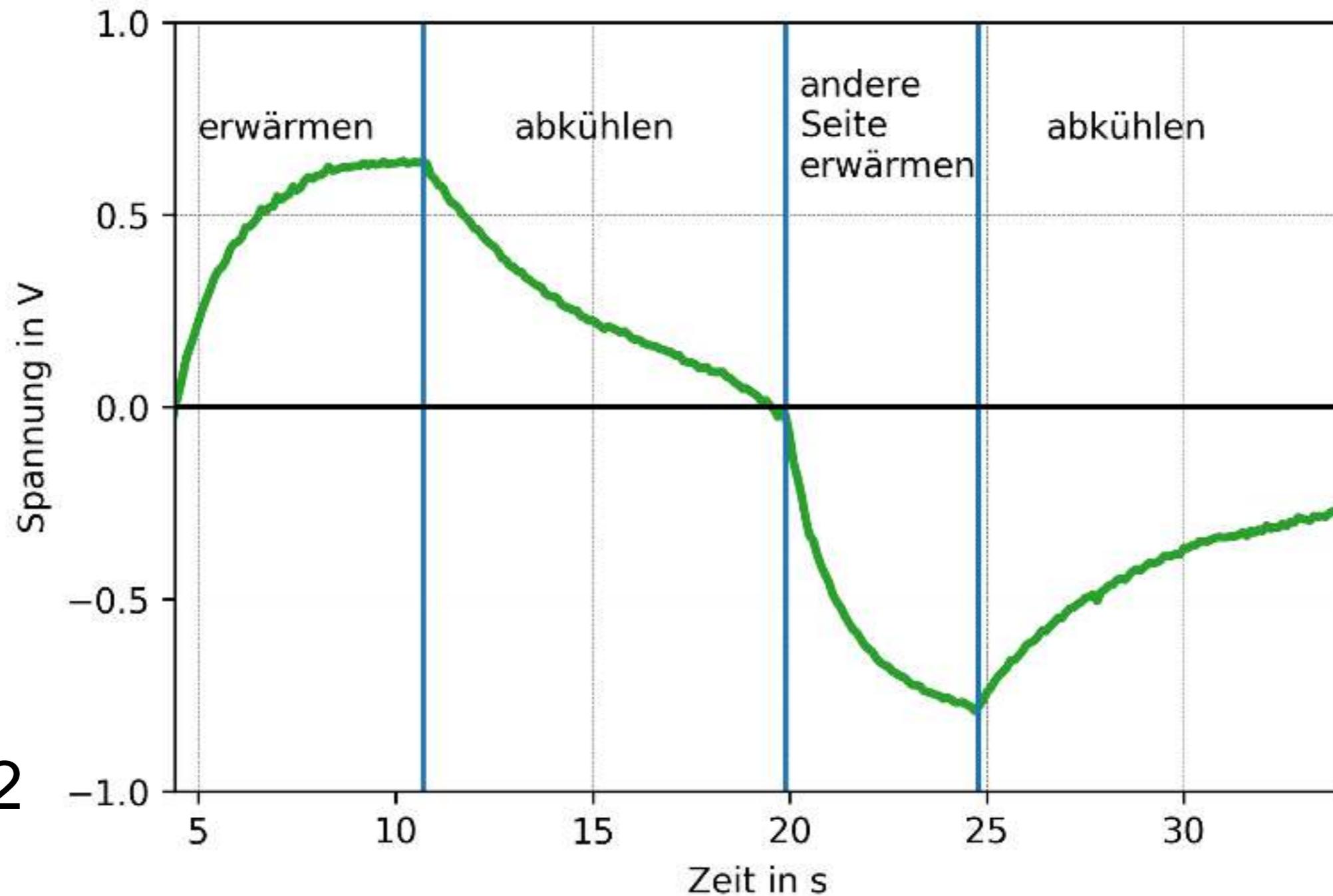
5,7V, für $U_E > 5,7V$

U_E , sonst

-0,7V, für $U_E < -0,7V$



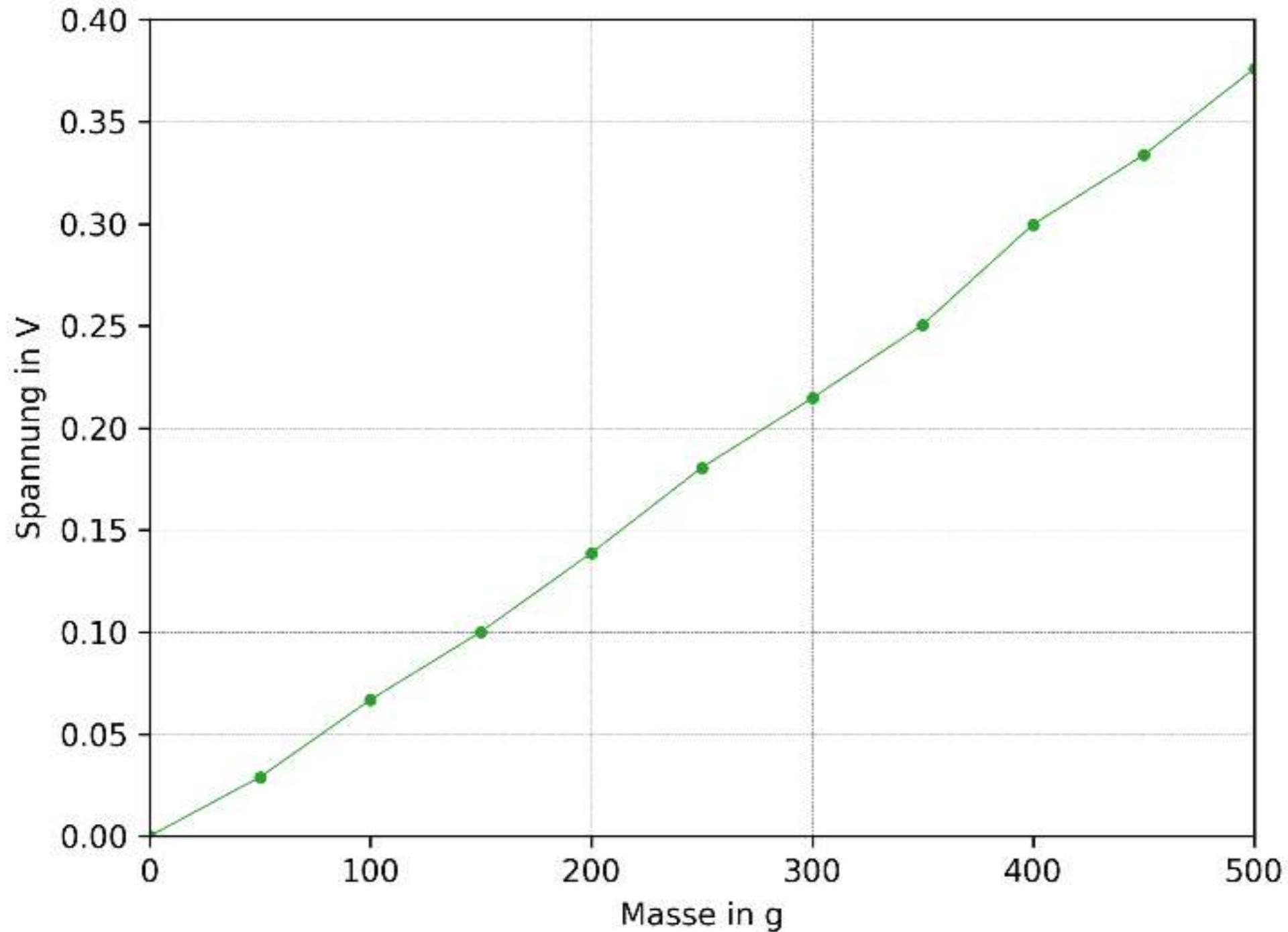
Messergebnisse - Thermoelement



$A = 12$

Motivation > Funktionen > Signalverlauf, Umsetzung > Physikalische Grundlagen > Baugruppen > **Messungen** > Ausblick

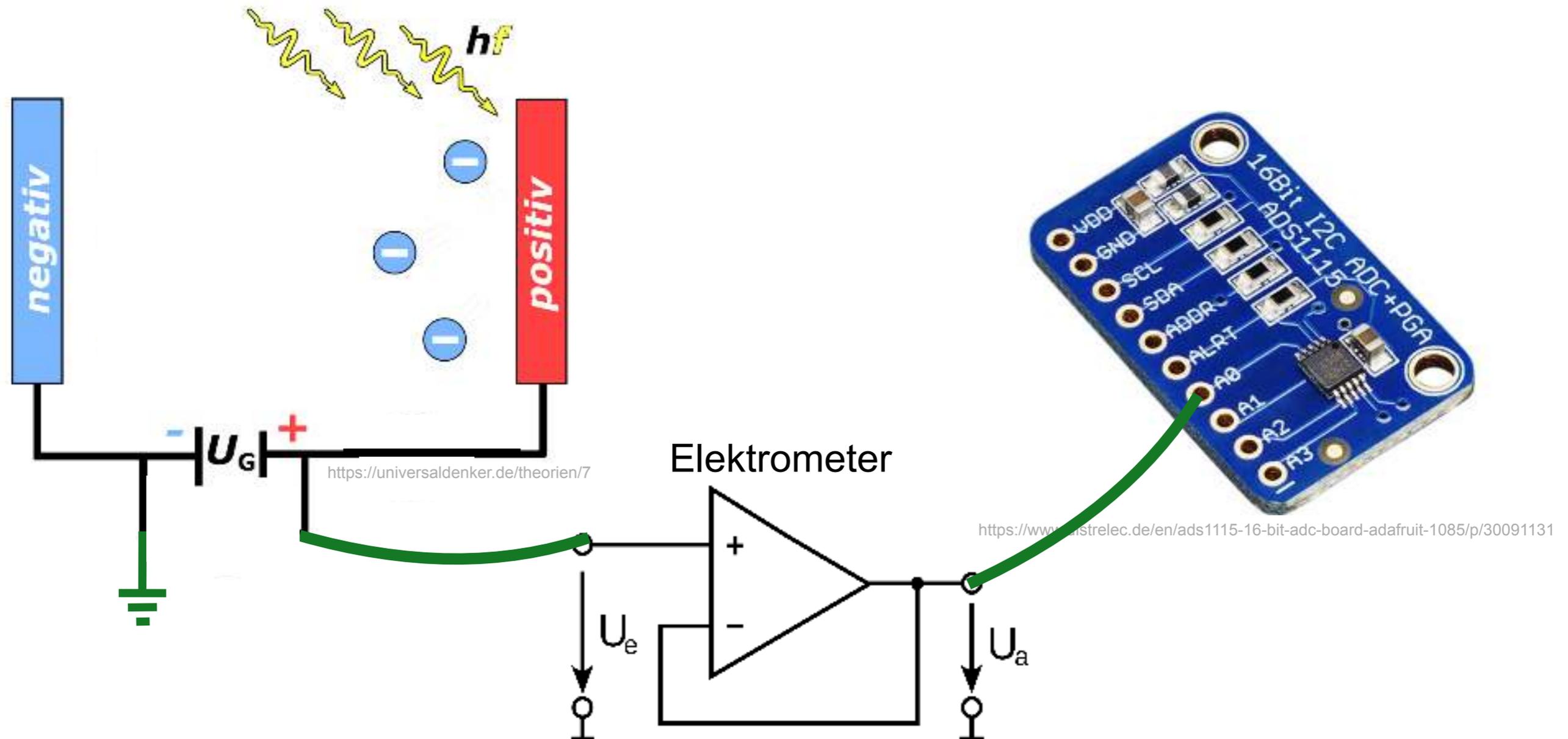
Messergebnisse - Kraftmessung



$A = 18$

Motivation > Funktionen > Signalverlauf, Umsetzung > Physikalische Grundlagen > Baugruppen > **Messungen** > Ausblick

Messergebnisse - Photoeffekt



Motivation



Funktionen



Signalverlauf,
Umsetzung



Physikalische
Grundlagen

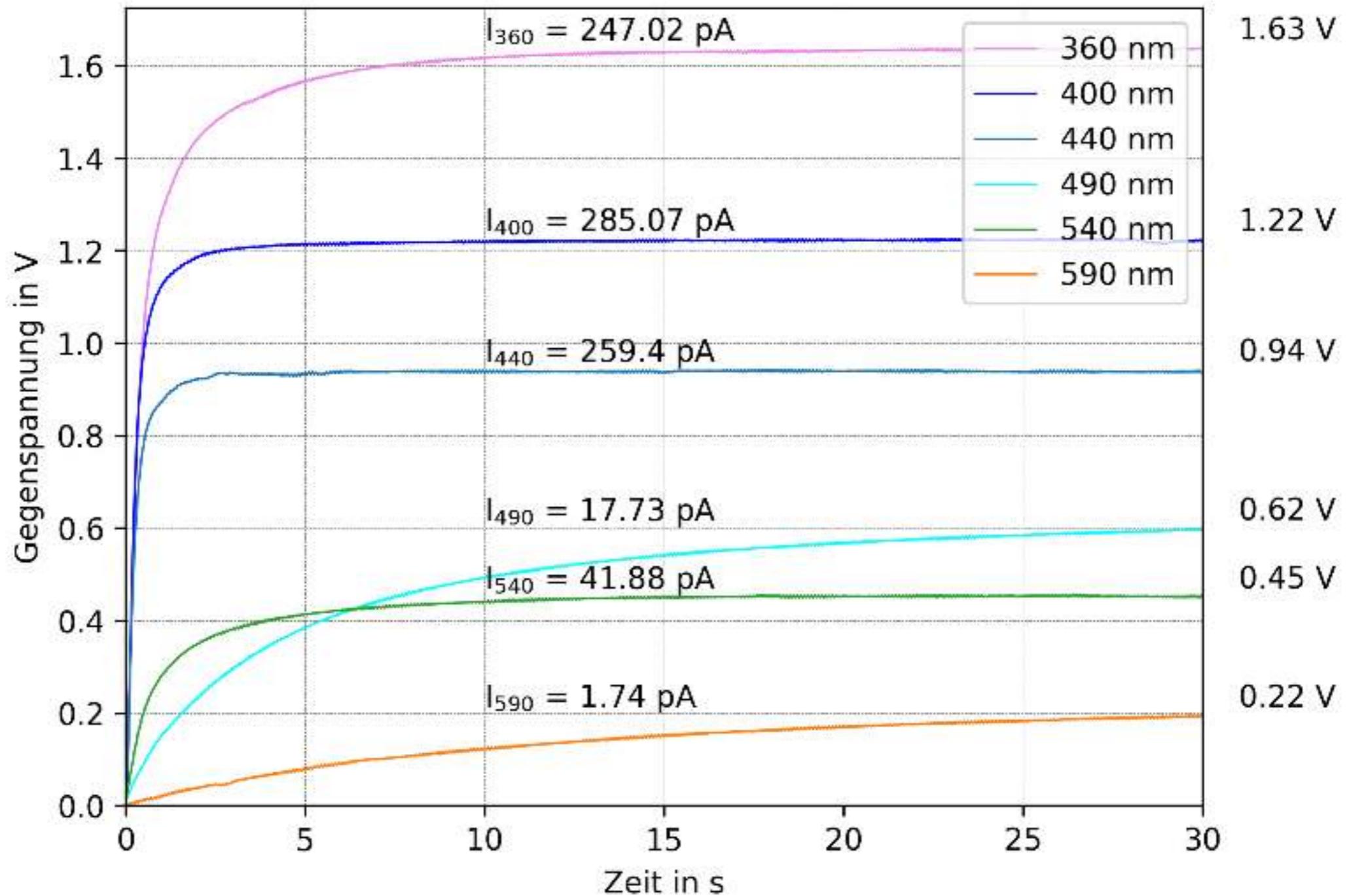


Messungen

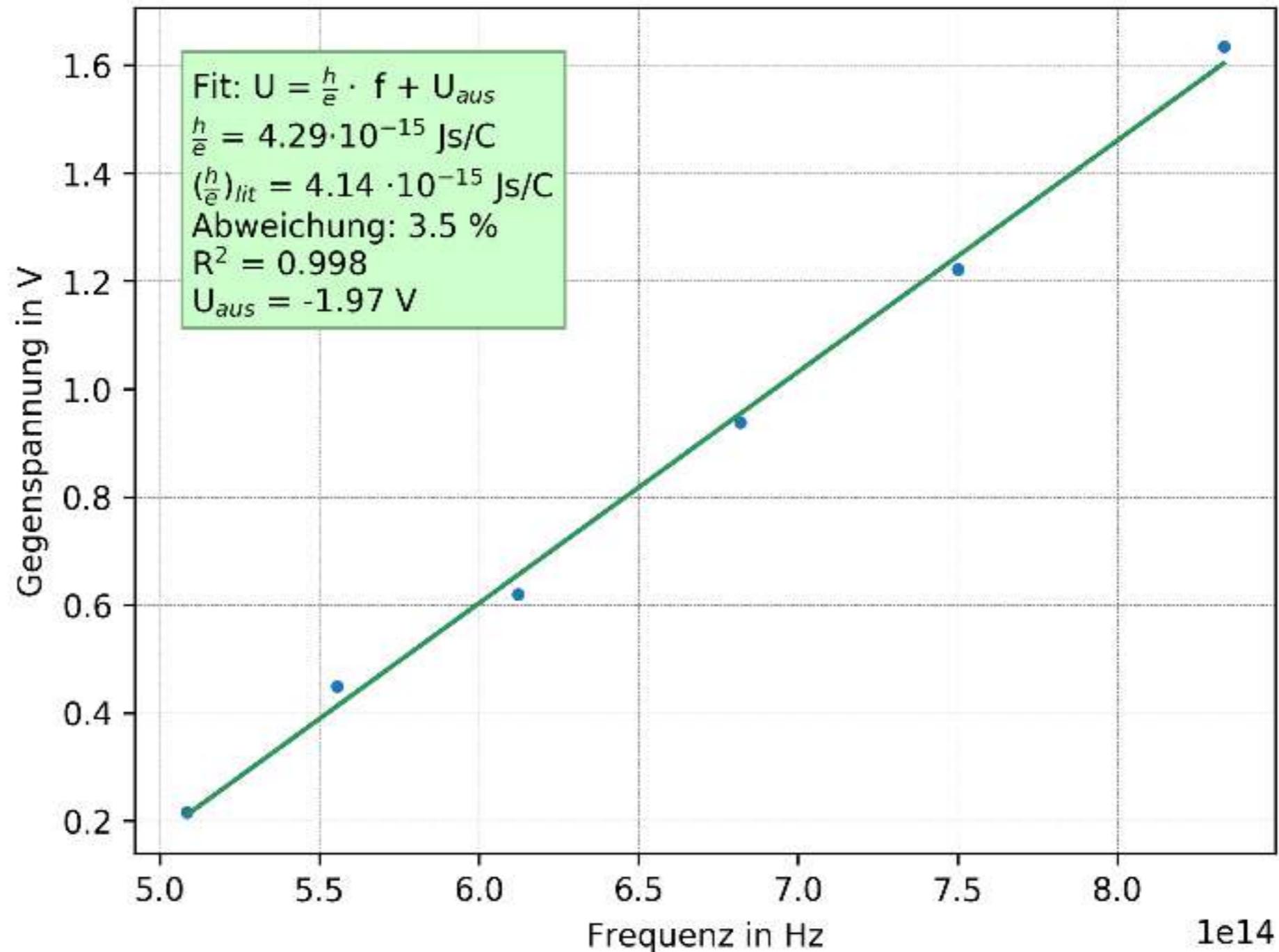


Ausblick

Messergebnisse - Photoeffekt



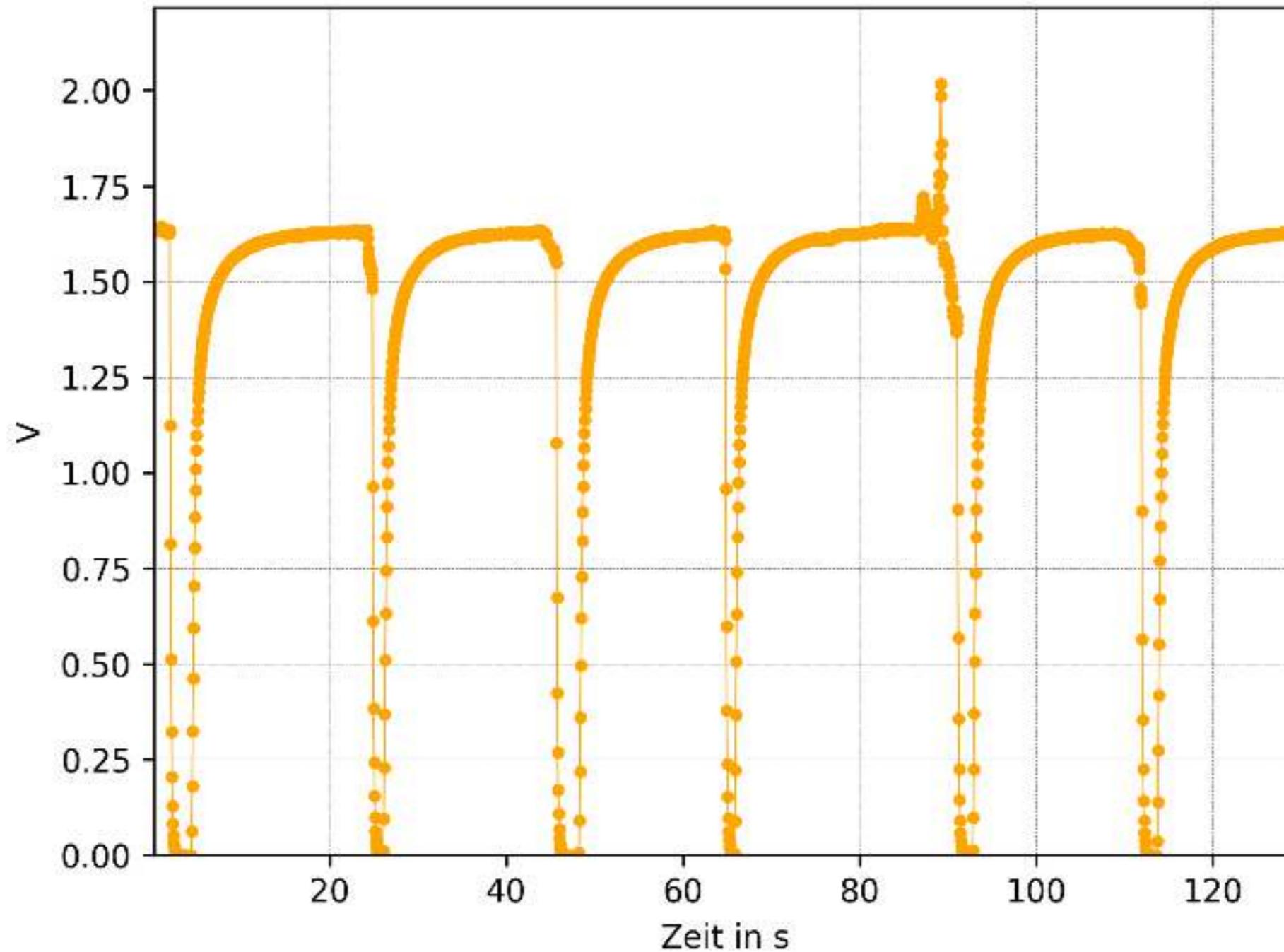
Messergebnisse - Photoeffekt



Diskussion

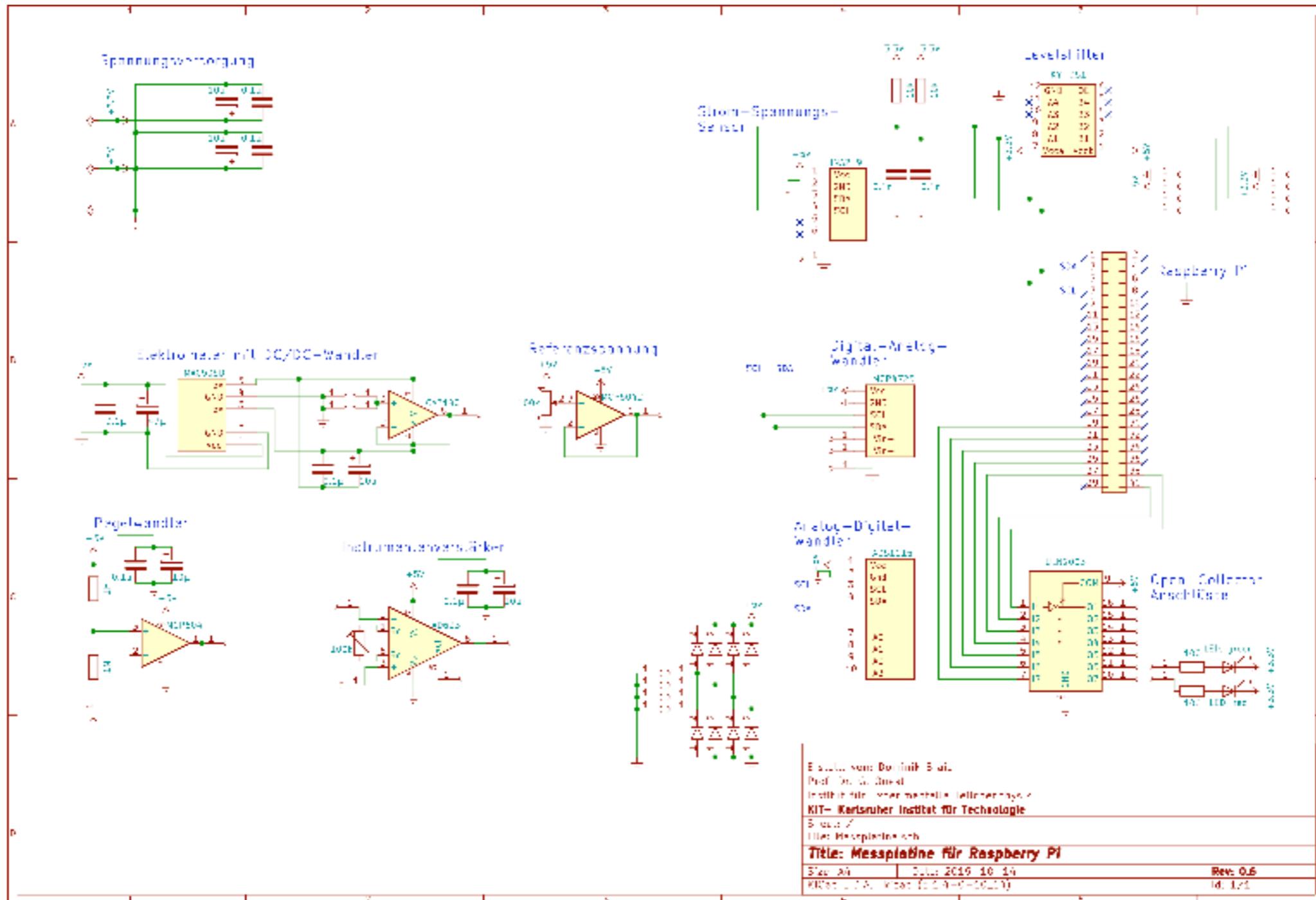
Motivation ➤ Funktionen ➤ Signalverlauf, Umsetzung ➤ Physikalische Grundlagen ➤ Baugruppen ➤ Messungen ➤ **Ausblick**

Messergebnisse - Photoeffekt



Motivation ➤ Funktionen ➤ Signalverlauf, Umsetzung ➤ Physikalische Grundlagen ➤ Baugruppen ➤ **Messungen** ➤ Ausblick

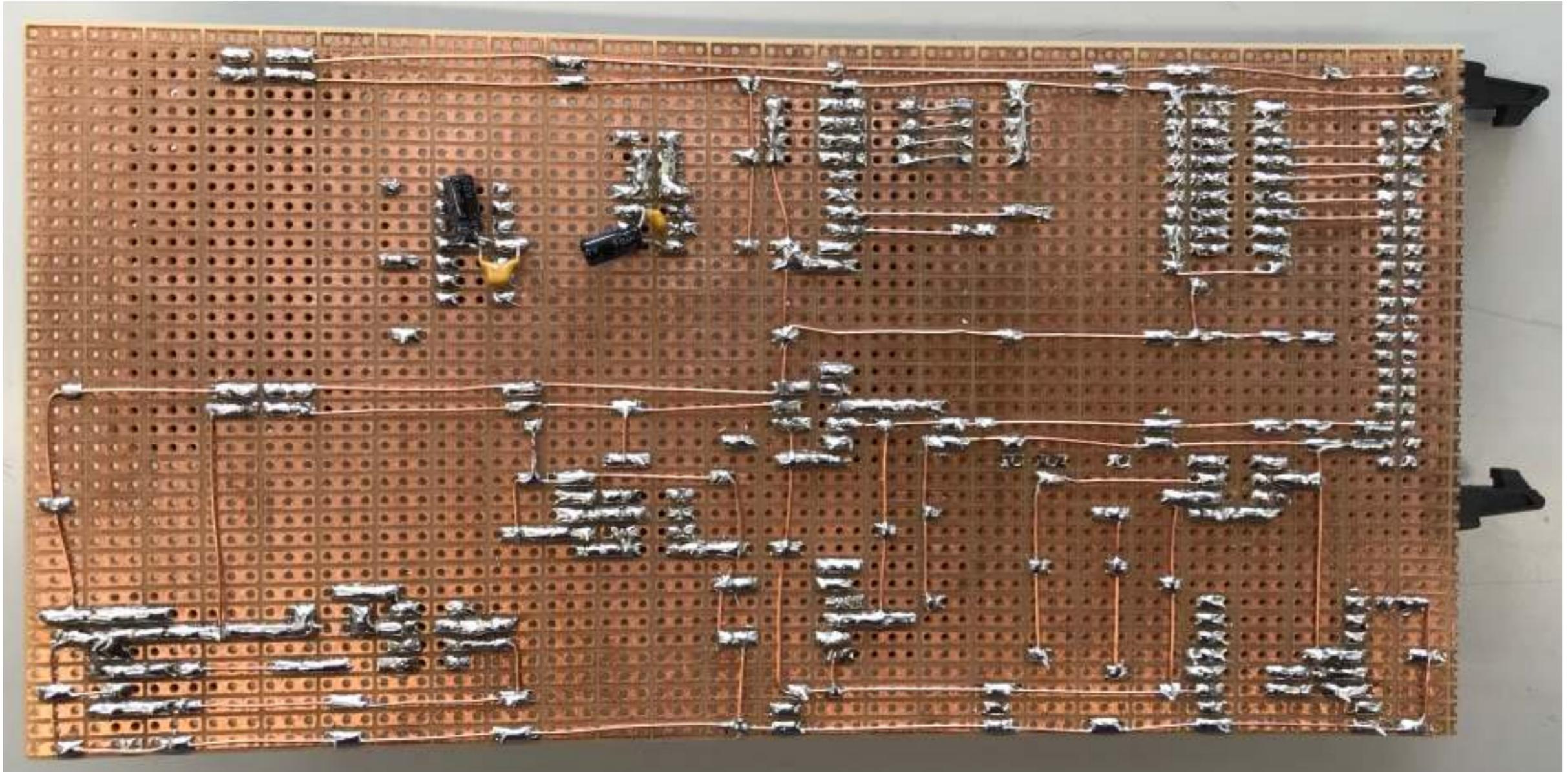
Umsetzung



Referenz: Kicad

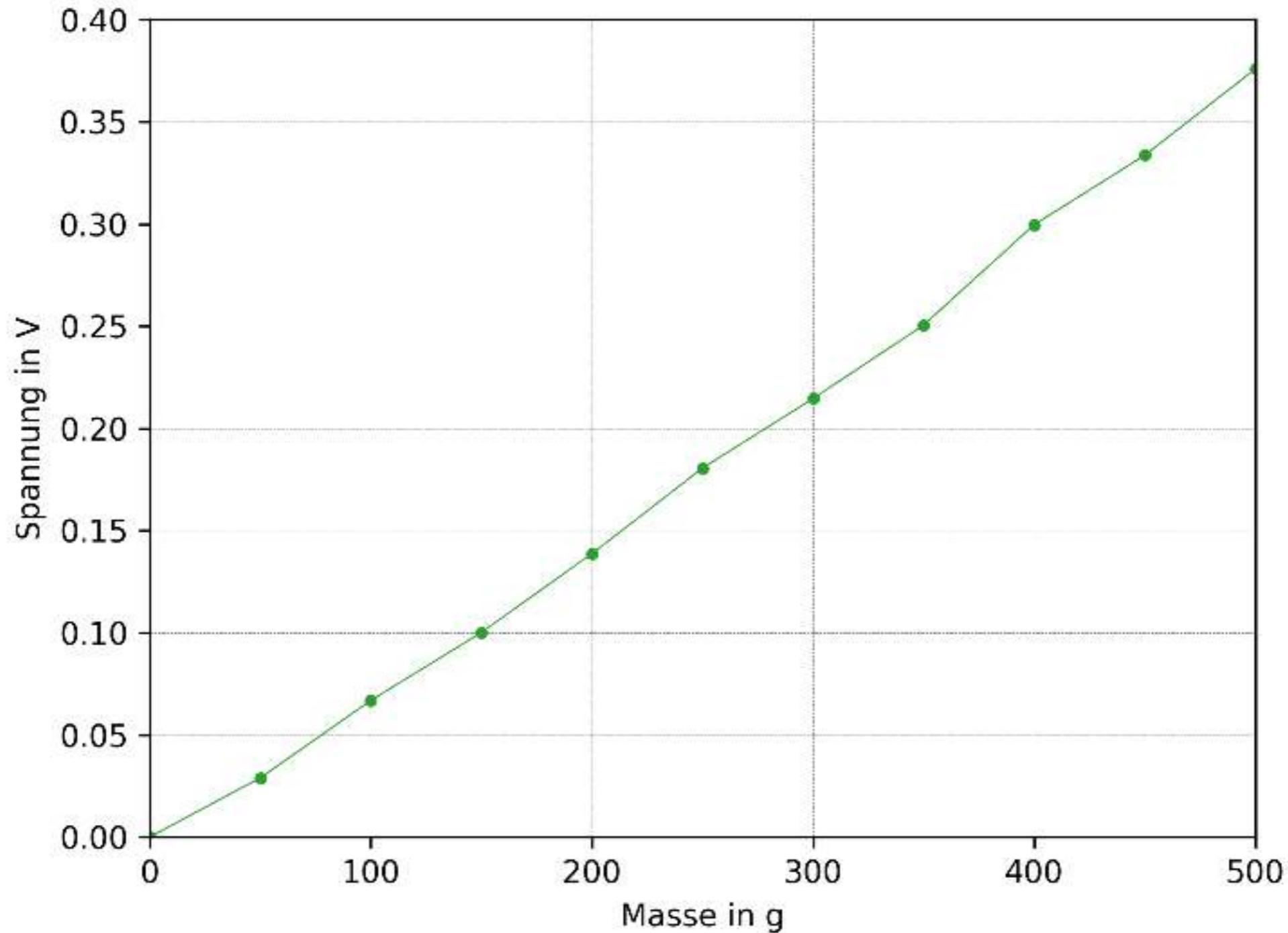
Motivation ➤ Funktionen ➤ **Signalverlauf, Umsetzung** ➤ Physikalische Grundlagen ➤ Baugruppen ➤ Messungen ➤ Ausblick

Umsetzung



Motivation ➤ Funktionen ➤ **Signalverlauf, Umsetzung** ➤ Physikalische Grundlagen ➤ Baugruppen ➤ Messungen ➤ Ausblick

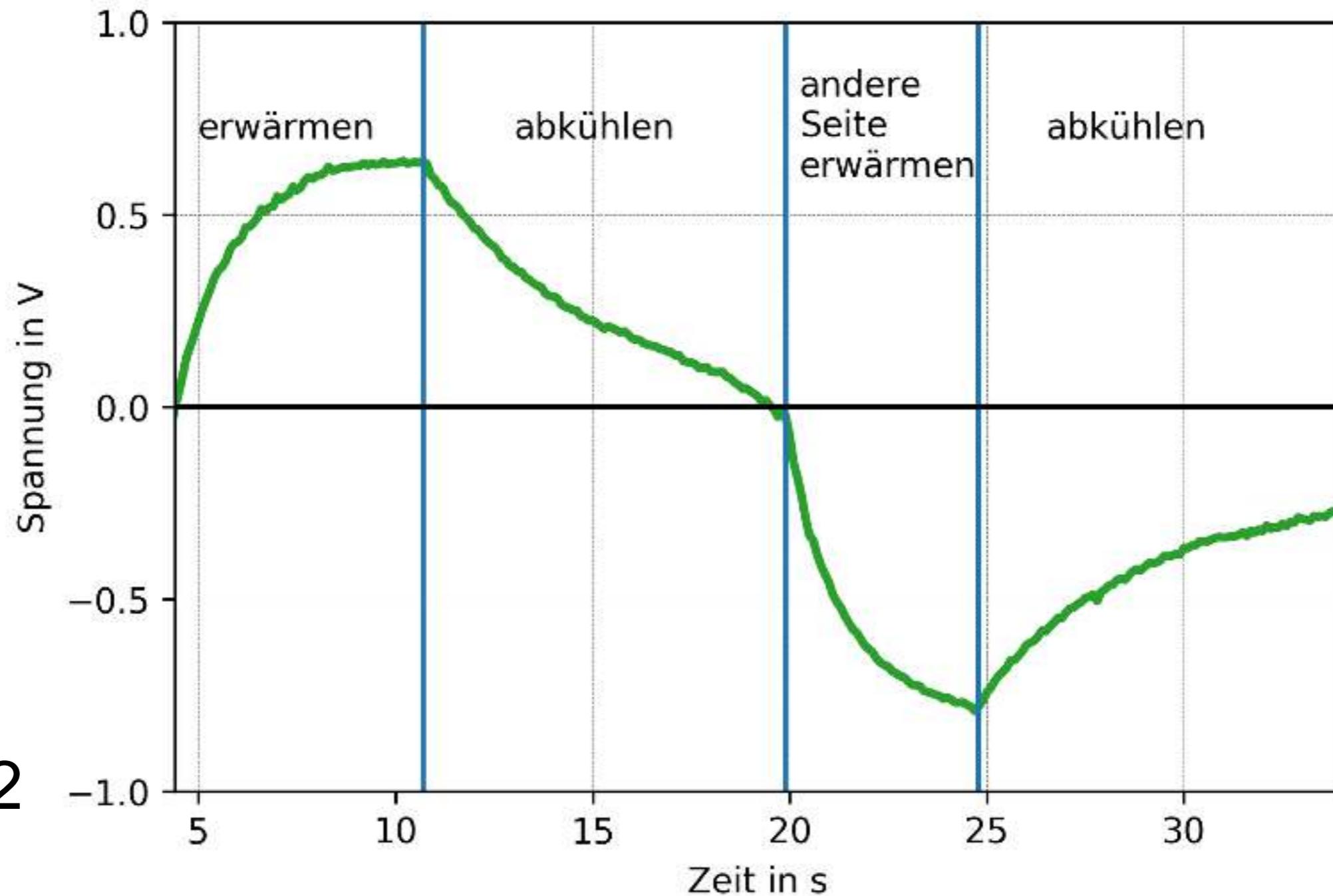
Messergebnisse - Kraftmessung



$A = 18$

Motivation ➤ Funktionen ➤ Signalverlauf, Umsetzung ➤ Physikalische Grundlagen ➤ Baugruppen ➤ **Messungen** ➤ Ausblick

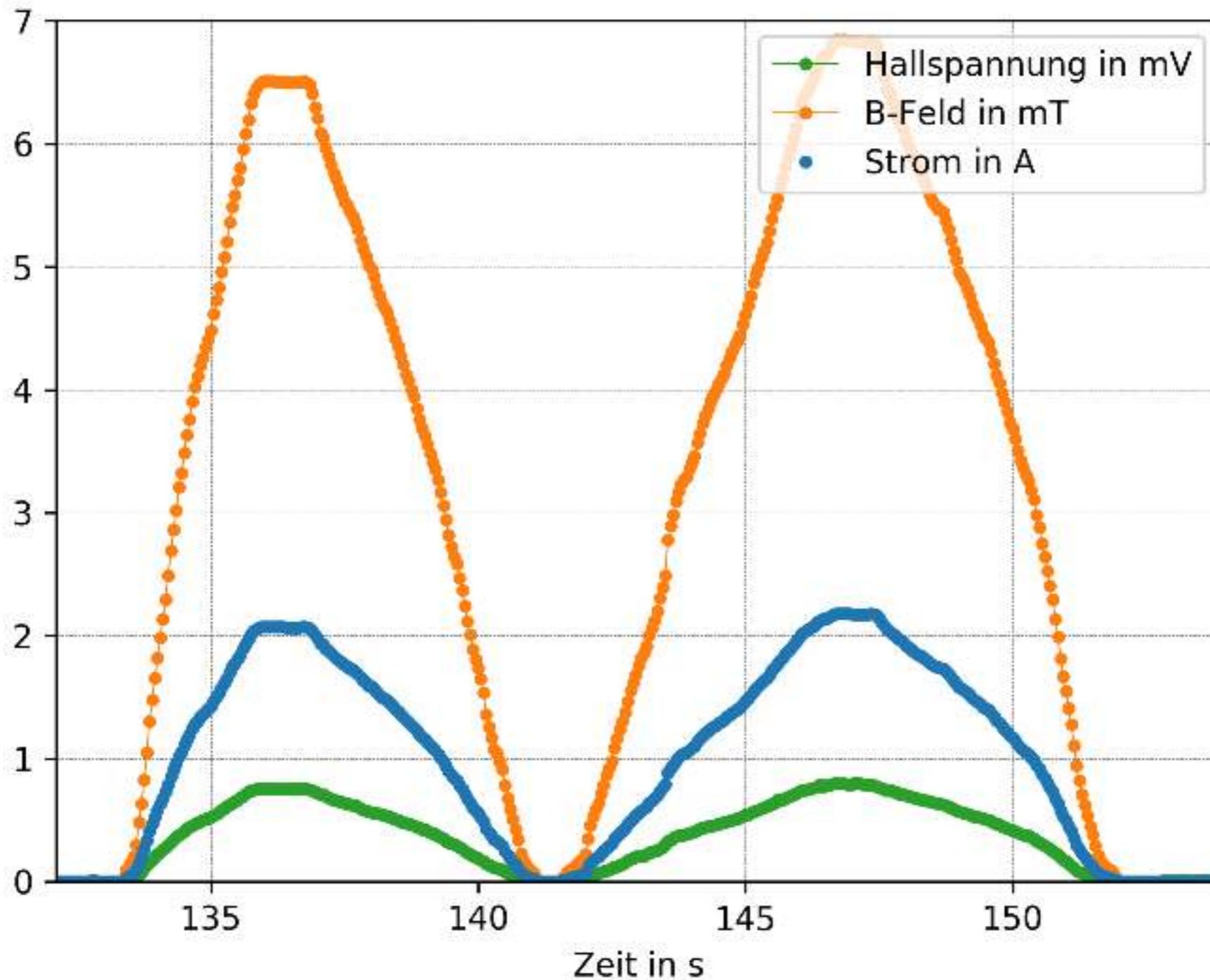
Messergebnisse - Thermoelement



$A = 12$

Motivation > Funktionen > Signalverlauf, Umsetzung > Physikalische Grundlagen > Baugruppen > **Messungen** > Ausblick

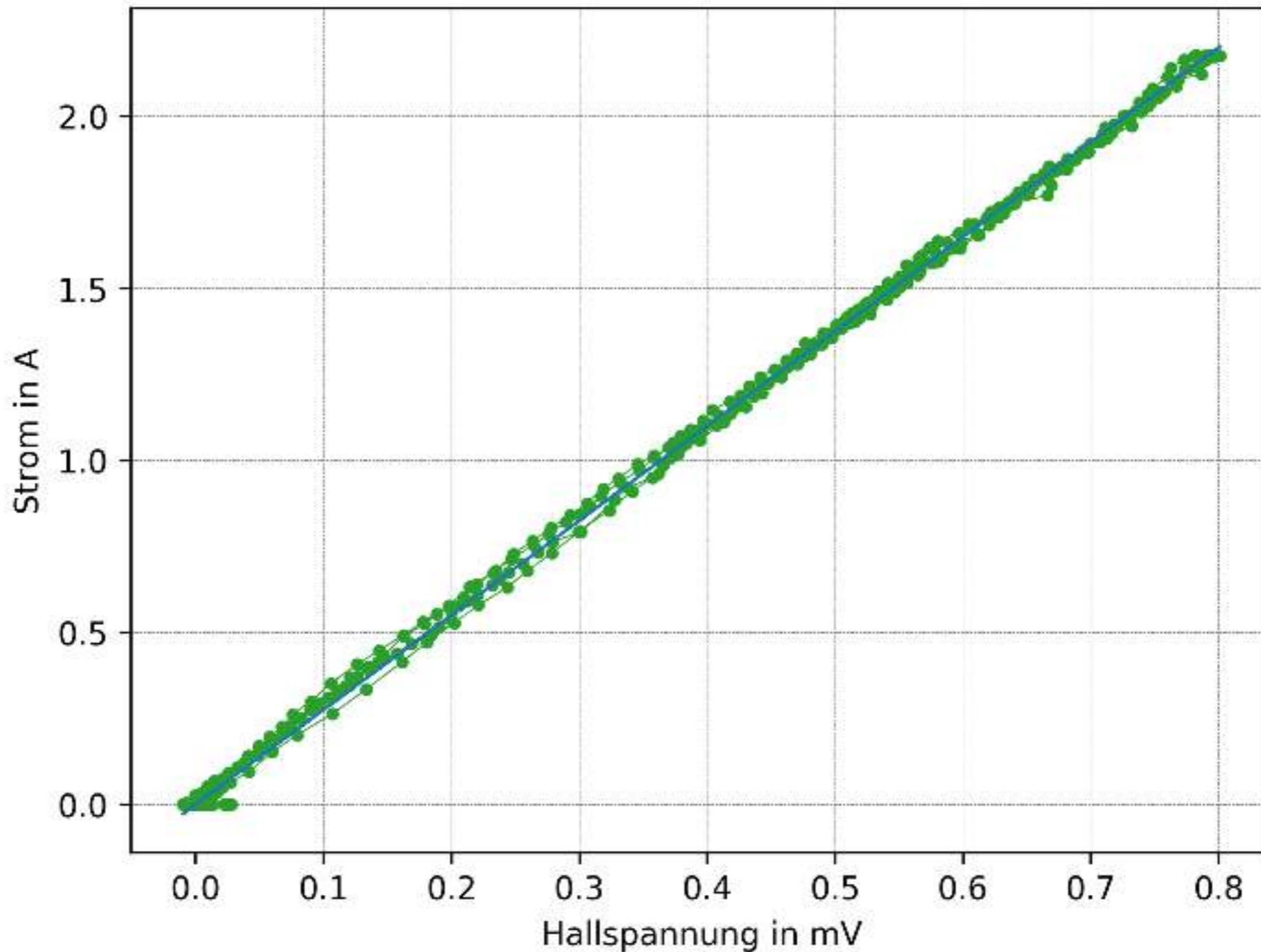
Messergebnisse - Halleffekt



$A = 102$

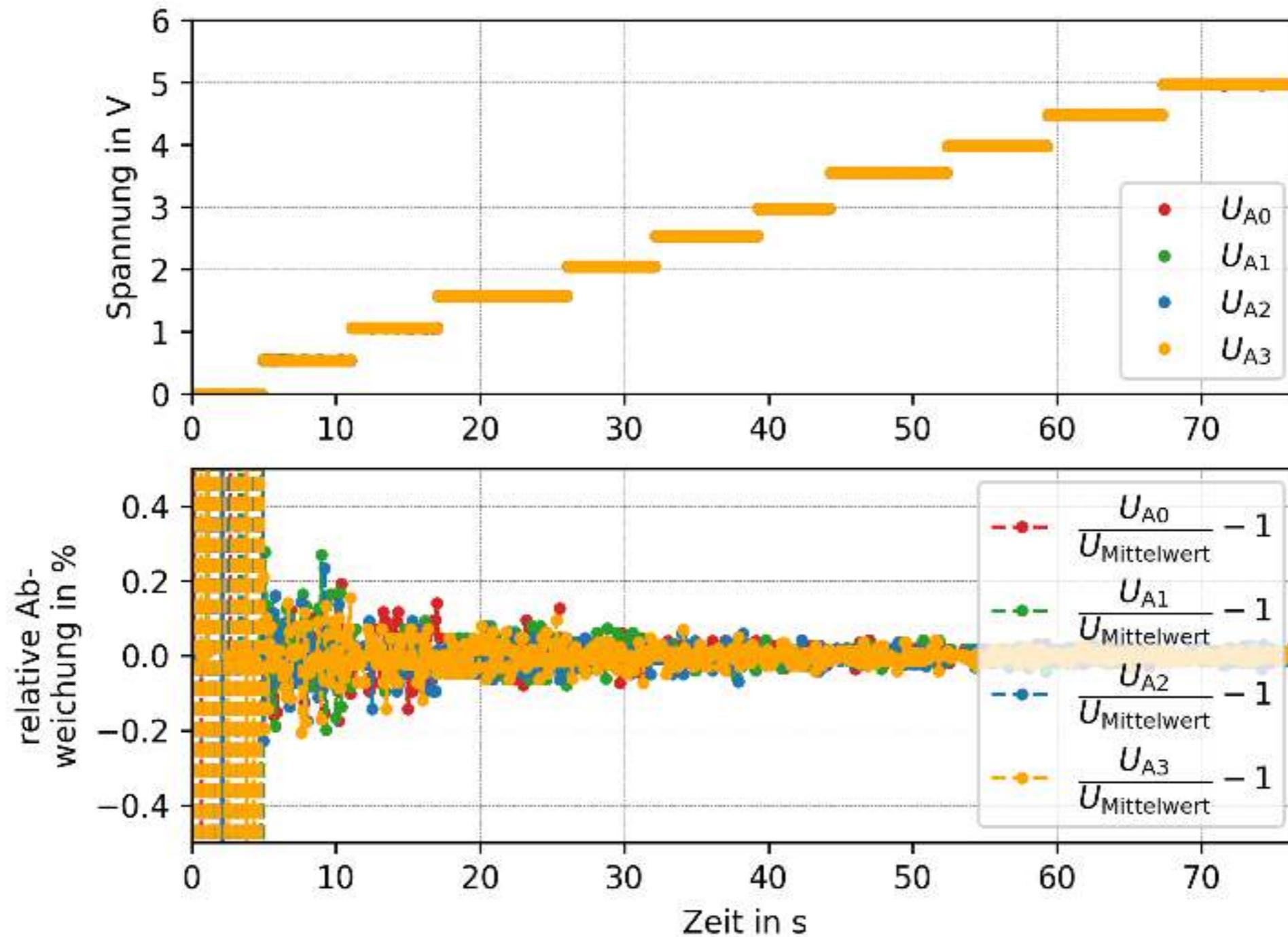
Motivation > Funktionen > Signalverlauf, Umsetzung > Physikalische Grundlagen > Baugruppen > **Messungen** > Ausblick

Messergebnisse - Halleffekt



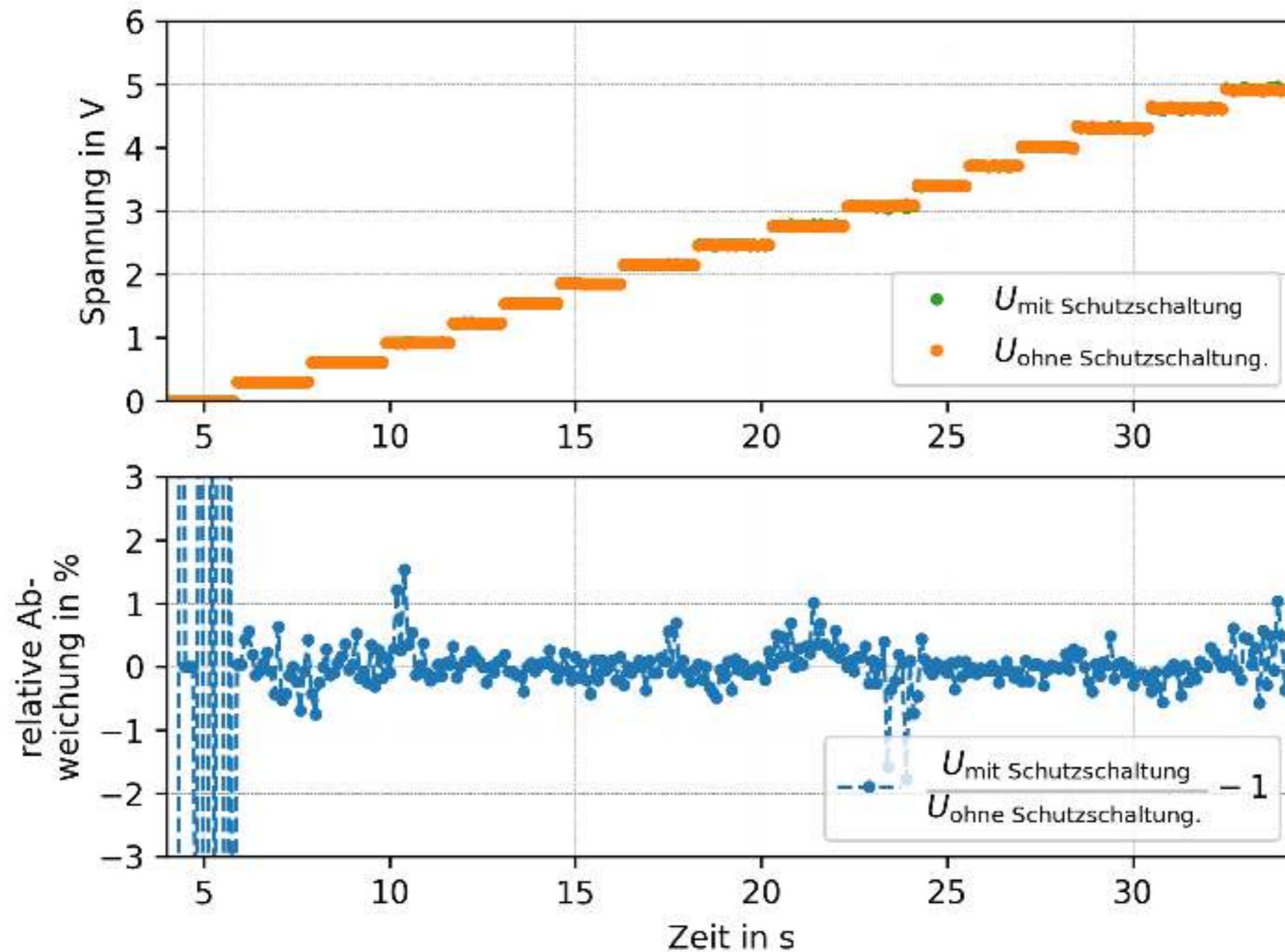
Motivation ➤ Funktionen ➤ Signalverlauf, Umsetzung ➤ Physikalische Grundlagen ➤ Baugruppen ➤ **Messungen** ➤ Ausblick

ADC Kanäle

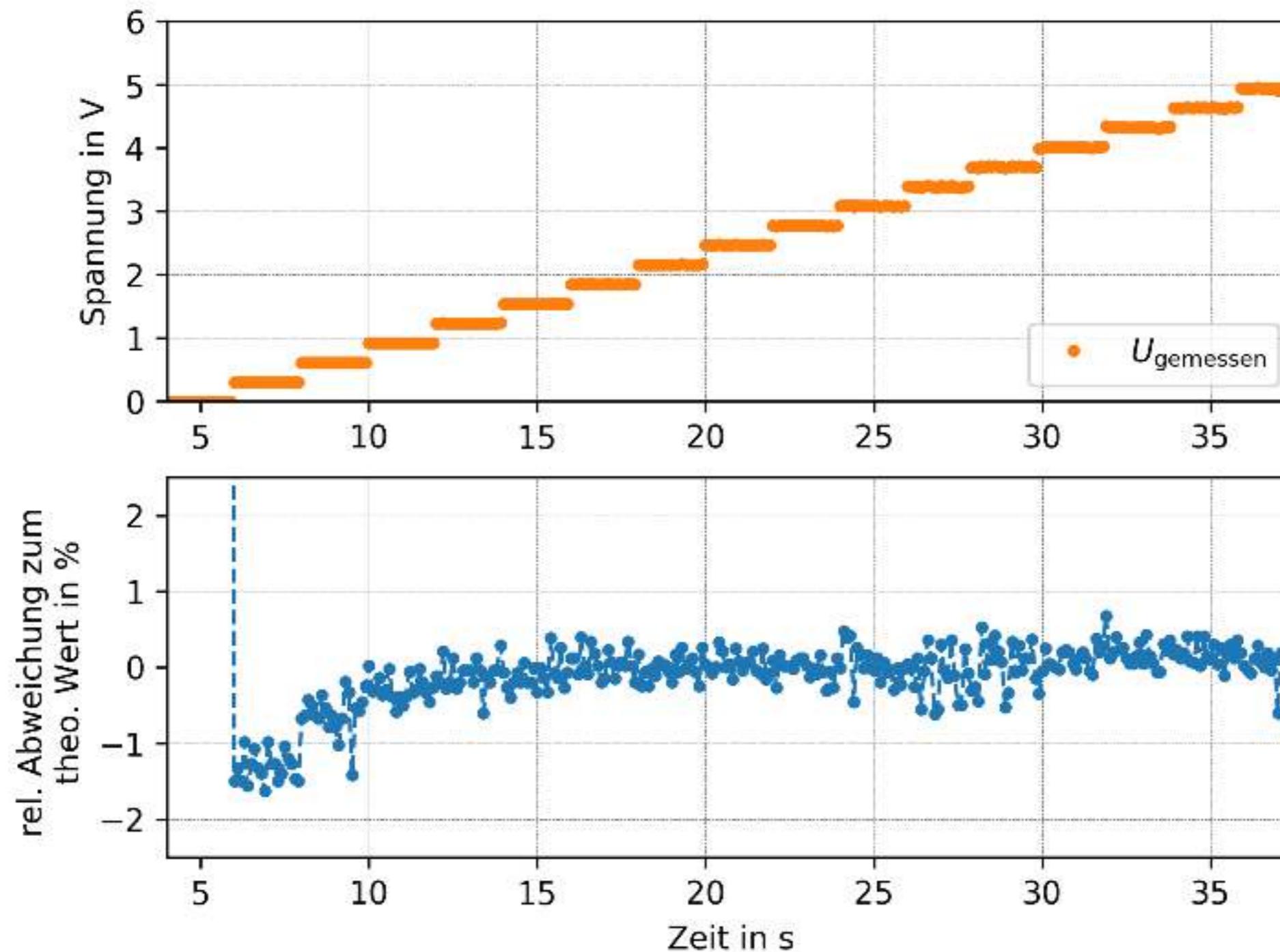


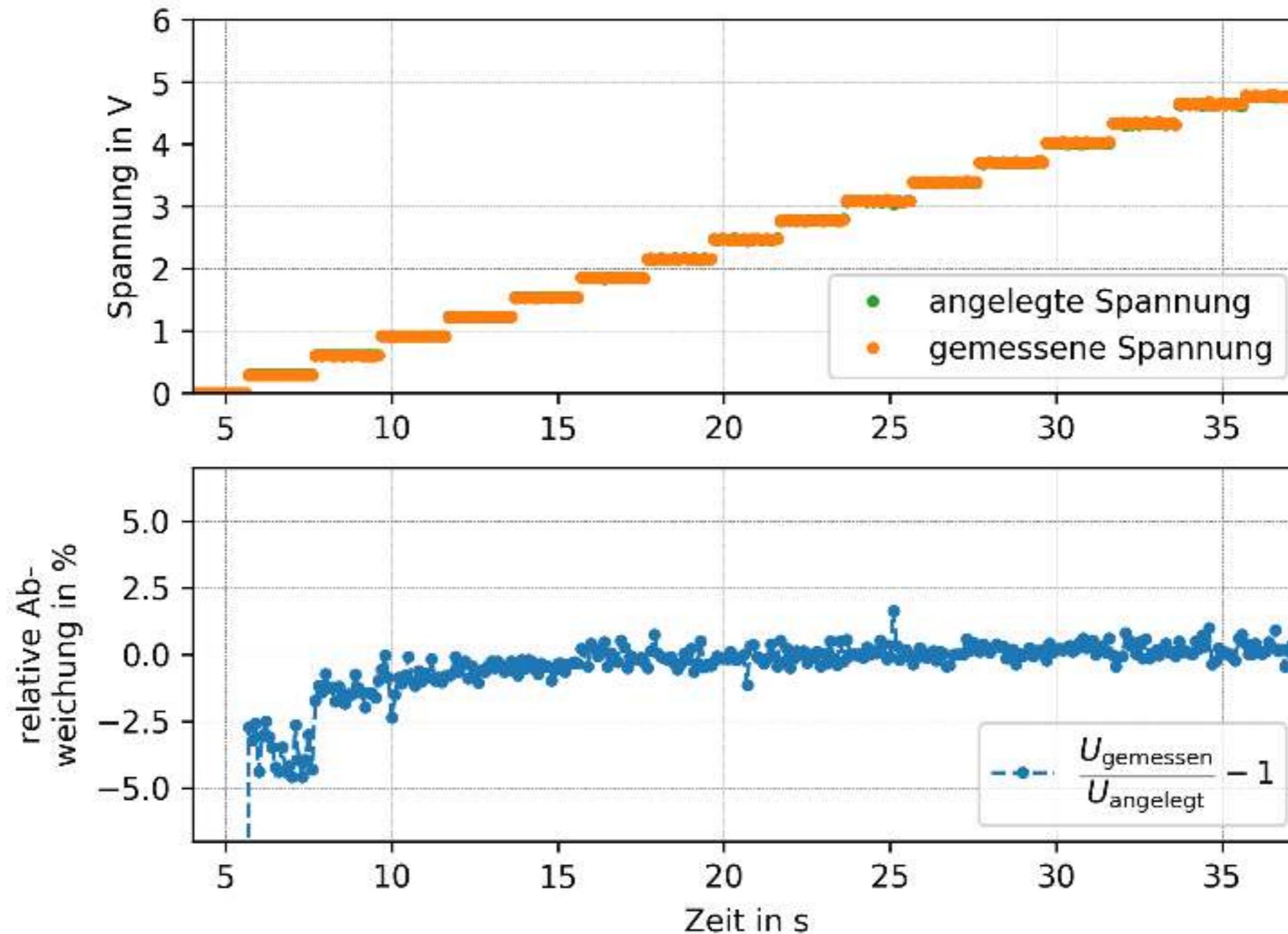
Motivation ➤ Funktionen ➤ Signalverlauf, Umsetzung ➤ Physikalische Grundlagen ➤ **Baugruppen** ➤ Messungen ➤ Ausblick

Schutzschaltung

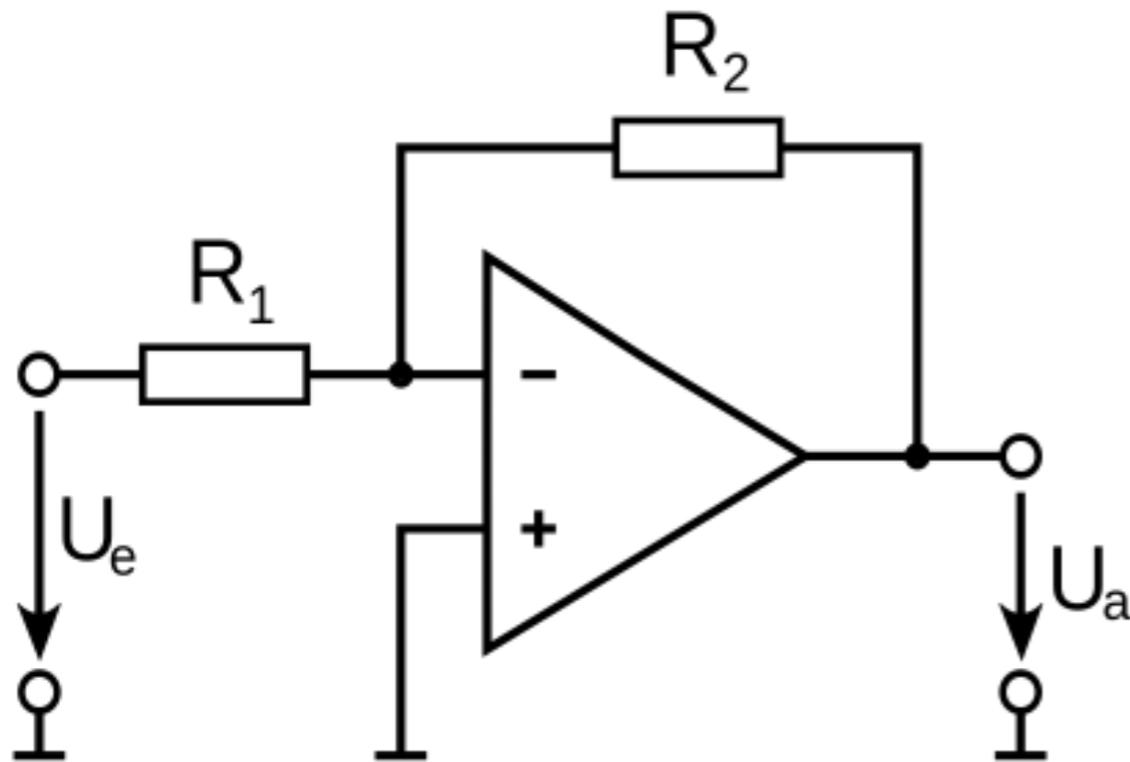


Motivation ➤ Funktionen ➤ Signalverlauf, Umsetzung ➤ Physikalische Grundlagen ➤ **Baugruppen** ➤ Messungen ➤ Ausblick





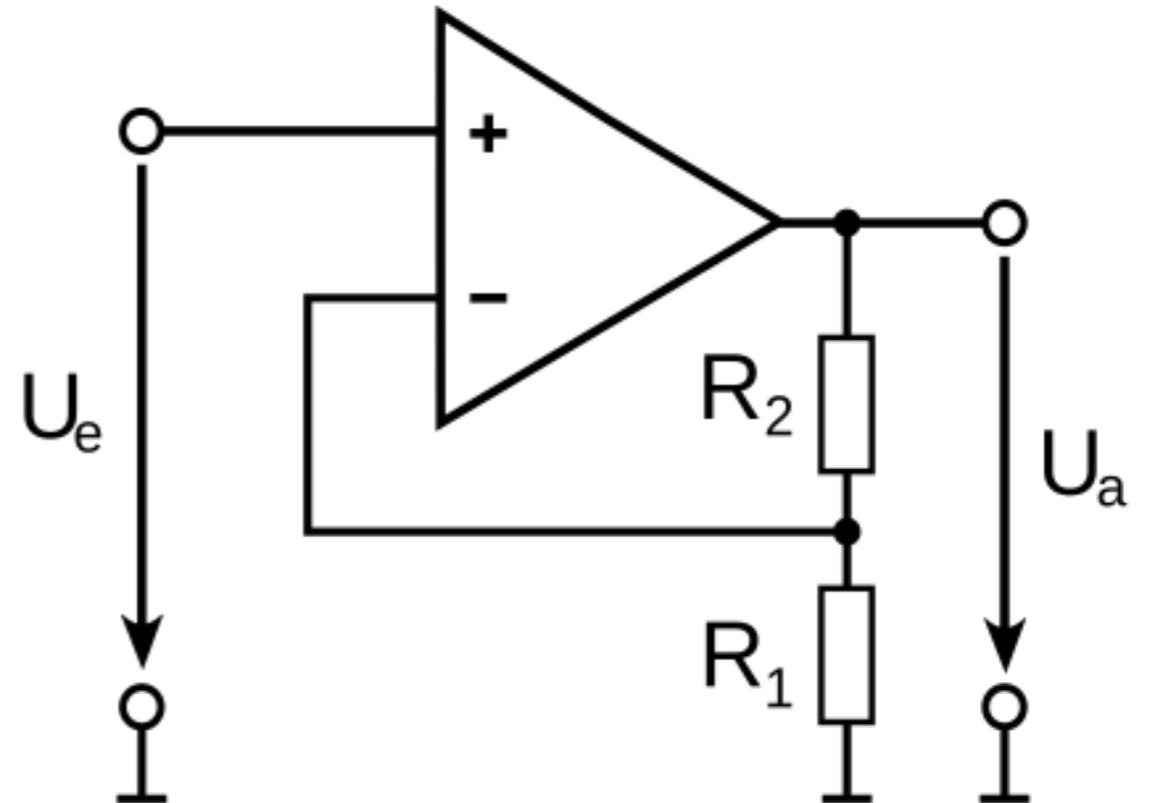
OPV-Grundsaltungen



https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverstärker#/media/Datei:Inverting_Amplifier.svg

Invertierender Verstärker

$$U_a = v \cdot U_e = -\frac{R_2}{R_1} \cdot U_e$$



https://de.wikipedia.org/wiki/Operationsverstärker#/media/Datei:Noninverting_Amplifier.svg

Nicht-Invertierender Verstärker

$$U_a = v \cdot U_e = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot U_e$$