

# **Versuchsprotokoll**

**Hardwarepraktikum, SoSe24**  
**Versuch Nr. 1**

**Protokoll von**  
**Tom Mohr, Martin Ohmeyer**

## 6 Widerstandskennlinie

### Vorberlegung

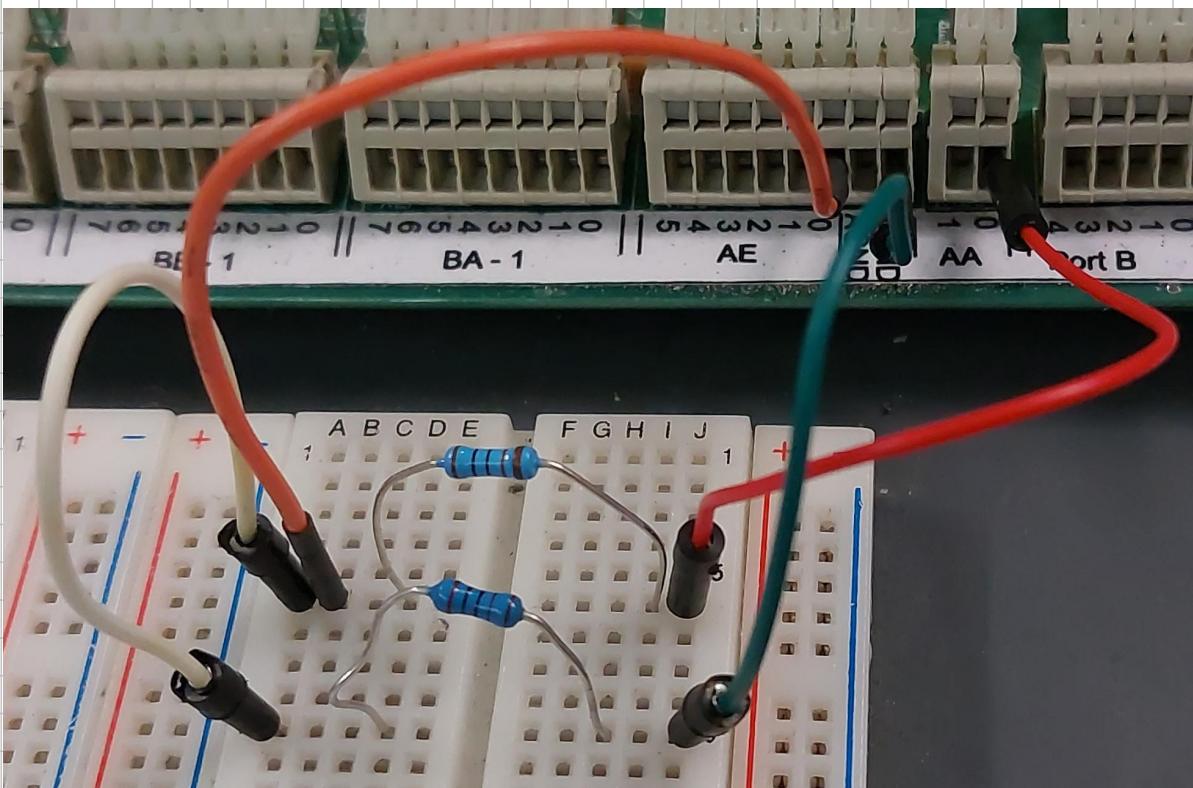
Sind in einem Stromkreis mehrere Verbraucher in Reihe geschaltet, fällt über sie alle zusammen die Gesamtheit der angelegten Spannung ab. Über jedem individuellen Verbraucher fällt dabei genau die Spannung ab, die im Verhältnis zu seinem Widerstand, verglichen mit den Widerständen aller anderen Verbraucher, steht.

Konkret bedeutet dies, dass bei 6.1 jeweils 50% der angelegten Spannung über beide Widerstände abfallen sollte. Die gemessene Spannung über dem oberen Widerstand sollte also stets 50% der Spannung, der Spannungsquelle, betragen.

Bei 6.2 verändern sich die Widerstandsverhältnisse. Der obere Widerstand ist nun nur noch 1/10 so groß wie der untere. Über dem oberen Widerstand sollten folglich 1/10 der Spannung abfallen, während die gemessene Spannung am unteren Widerstand 9/10 der angelegten Spannung betragen sollte.

### Durchführung

Aufbau des Stromkreises gemäß Schaltplan.



Schaltkreis aus 6.1

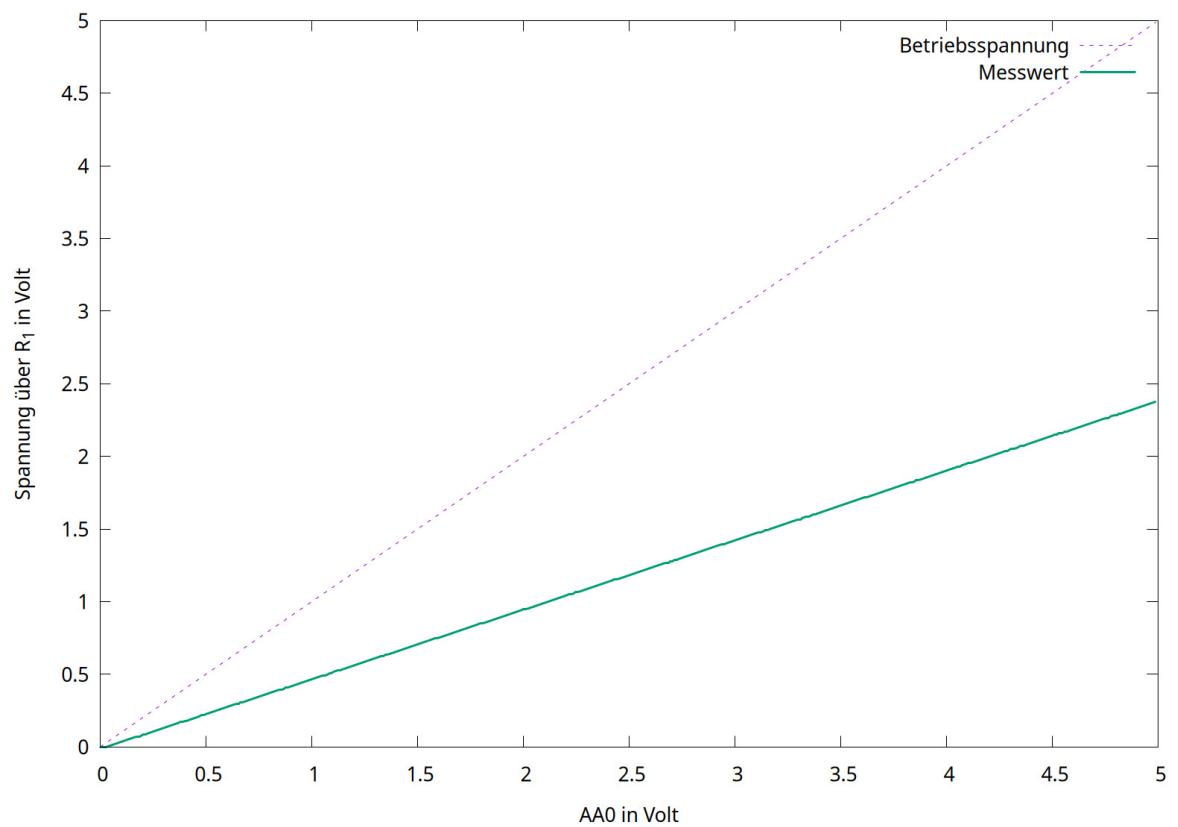
## Aufgabe 6.1

### Verwendete Bauteile und Wertebereiche

- 2x  $1\text{ k}\Omega$  Widerstand
- 1x B15 Board
- Skalpell und Kabel

### Auswertung

Aufgabe 6.1



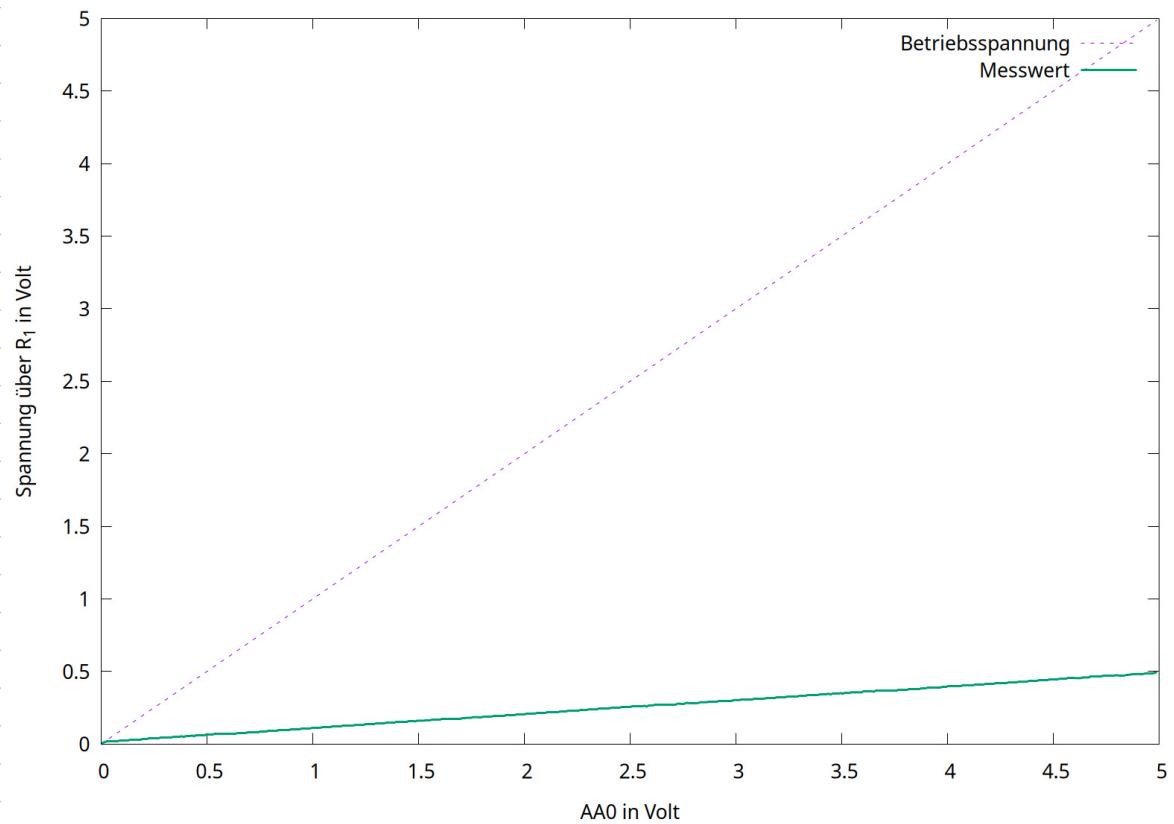
## Aufgabe 6.2

### Verwendete Bauteile und Werkzeuge

- 7x 1 k $\Omega$  Widerstand
- 1x 100  $\mu$ F Kondensator
- 1x B15 Board
- Steckbrett und Kabel

### Auswertung

Aufgabe 6.1



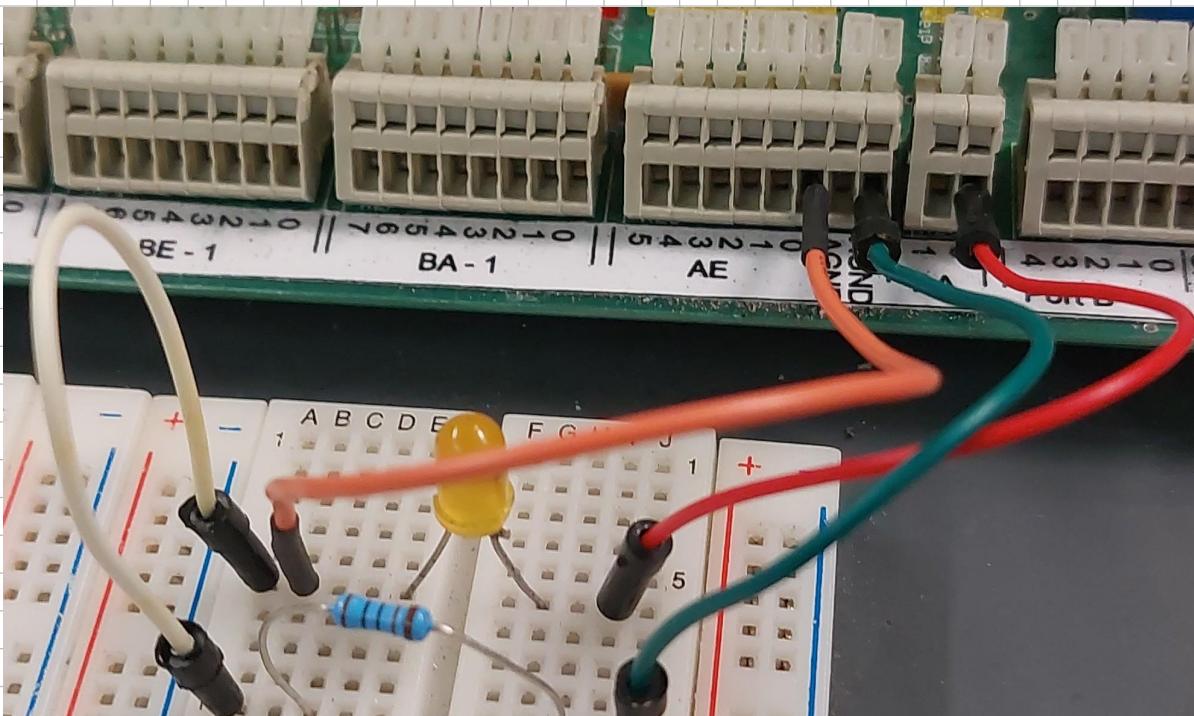
## 7 Diodenkennlinie

### Vorbereitung -

Eine Diode hat 4 Spannungsbereiche, welche es bei ihrem Betrieb zu beachten gibt.

Im I(U) Diagramm von rechts nach links: Den Durchlassbereich, in dem sie leitet; den Bereich (vor) der Schleusenspannung, in welchen sie noch nicht leitet; den Sperrbereich, in dem sie gar nicht leitet und den Durchbruchbereich, nach dessen Erreichen sie beschädigt wird (ausgenommen die Z-Diode). Diese Bereiche sind für jede Art von Diode individuell. Der Durchlassbereich ist dann erreicht, wenn die Spannung, die über die Diode abfällt, gleichzubleiben beginnt.

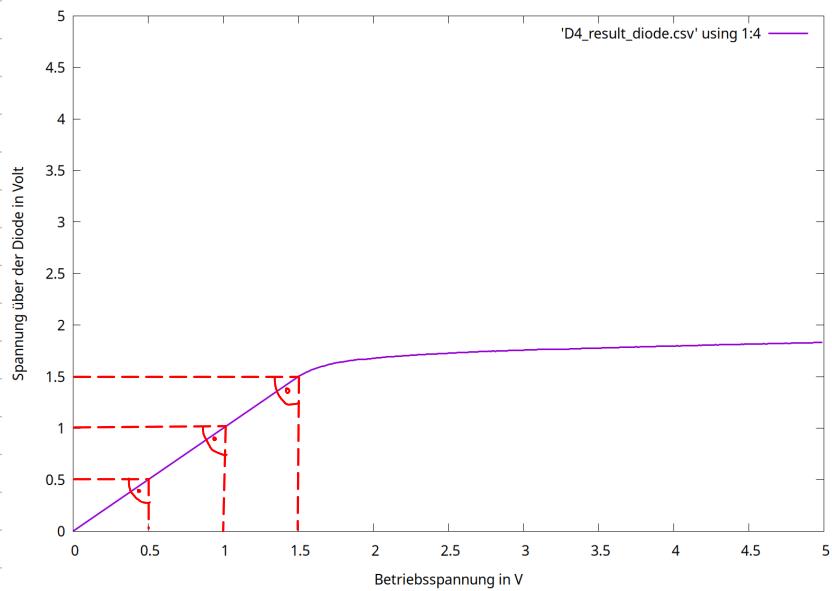
### Durchführung



Messung der gelben LED

## Aufgabe 7.1

Aufgabe 7.1

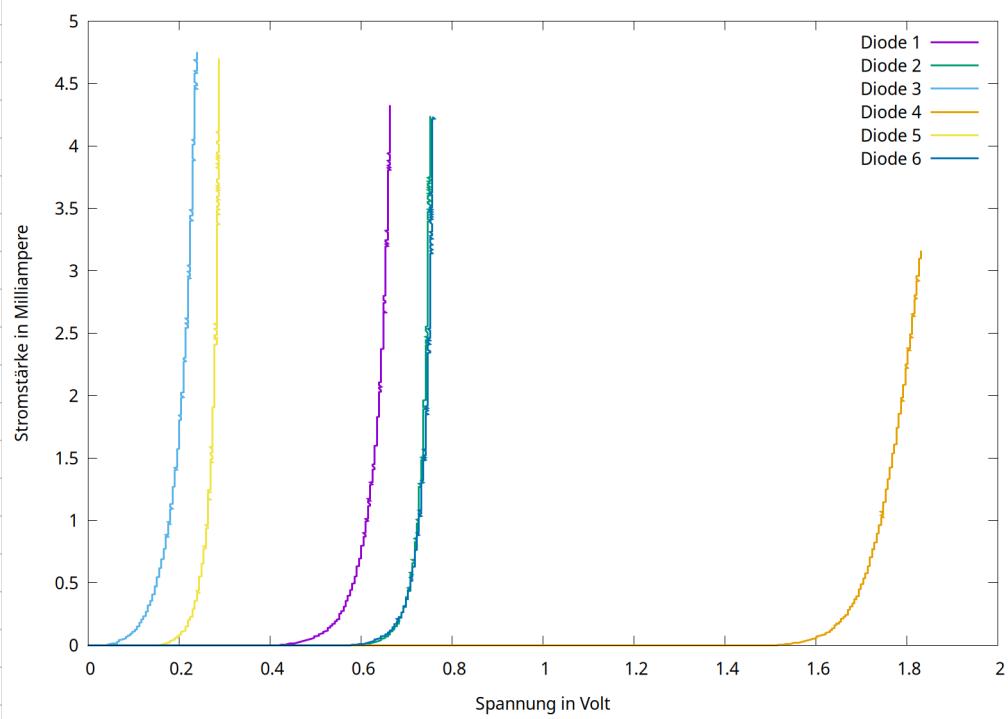


Die Spannung über der Diode steigt zu Beginn der Messung linear an. Über der Diode fällt (fast) genauso die angelegte Spannung ab. Grund dafür ist, dass die Diode bis zum Erreichen der Flussspannung nicht leitet und quasi einen „unendlich“ hohen Widerstand hat. Ihr Widerstand ist damit deutlich höher als der von  $R_2$ . Die Folge ist ein (fast) ausschließlicher Spannungsabfall über der Diode, wie in Aufgabe 6 bereits erklärt wurde.

Mit Erreichen der Flussspannung beginnt die Diode zu leiten. Sie behält nun asymptotische Weise die über sie abfallende Spannung konstant, auch wenn die angelegte Spannung steigt. Die Flussspannung dieser Diode liegt bei ca. 1,6 V - 1,7 V.

### Aufgabe 7.3

Aufgabe 7.3



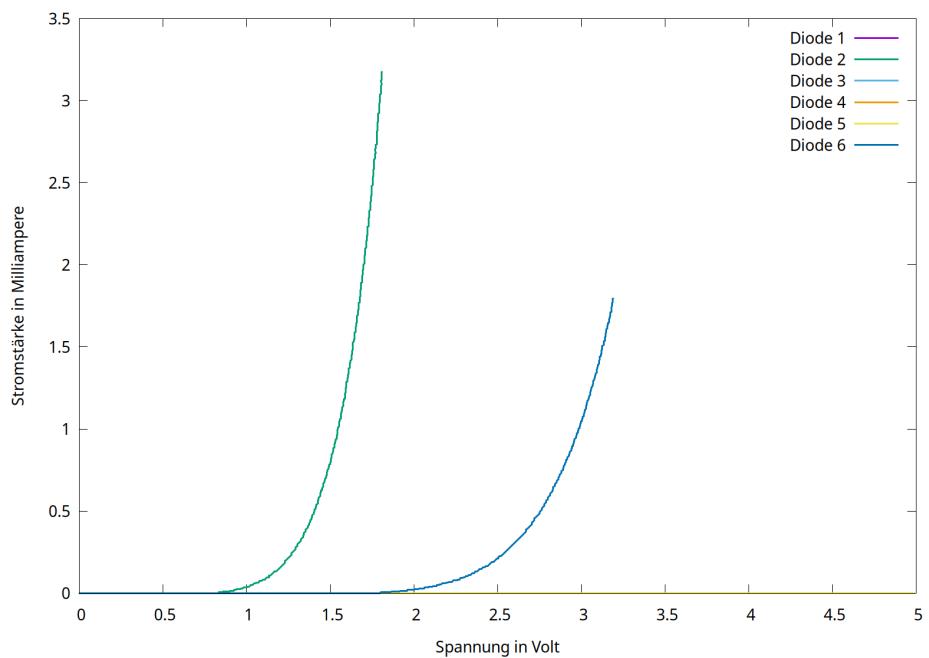
Hinweis:

Die Berechnung „Diode ...“ berichtet sich auf die Bilder in PDF der Aufgabenstellung.  
Diode 1 entspricht also Diode 1 in der Aufgabenstellung.

Diode	Flussspannung
1	0,6V
2	0,7V
3	0,2V
4	1,8V
5	0,22V
6	0,7V

## Aufgabe 7.5

Aufgabe 7.4



Bei den Dioden 2 und 6 handelt es sich um Zehnodiöden. Sie sind darauf ausgelegt, auch in Sperrrichtung zu leiten, falls eine gewisse Spannung überschritten wird. Bei den Dioden 2 und 6 ist nach einiger Zeit ein hoher Stromfluss erkennbar. Zehnodiöden eignen sich durch ihre Eigenschaften z.B. zum Überspannungsschutz.

## 8 Transistoren

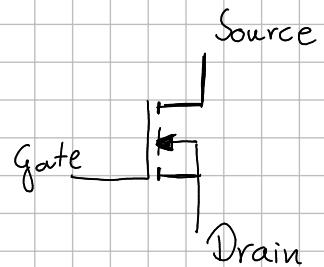
### Aufgabe 8.1

- Gemeinsamkeiten:
- Verwendung als elektronische Schalter
  - Verwendung zur Verstärkung von Stößen
  - Basierend auf Halbleitern

- Unterschiede:
- Bipolartransistoren sind Stromgesteuert, Unipolartransistoren sind Spannungs gesteuert
  - Bipolartransistoren haben im Betrieb (insbesondere beim Halten eines Zustandes) eine hohe Leistungsaufnahme; Unipolartransistoren benötigen zum Halten eines Zustandes keinen Strom, beim Umschalten kommt es jedoch zu einer kurzen Elektronenbewegung

Aufgabe 8.2

(n-Kanal MOSFET)



Technische Stromflussrichtung  
der zu schaltenden  
Stromes

A blue vertical arrow points downwards from the Drain terminal, indicating the direction of current flow through the drain terminal. This arrow is labeled with handwritten text: "Technische Stromflussrichtung der zu schaltenden Stromes".

## 8.1 MOSFET

### Aufgabe 8.3

geg:  $J_{max\ R_1} = 100 \text{ mA} = 0,1 \text{ A}$  ges:  $R_1, R_2$

$$J_{max\ R_2} = 5 \text{ mA} = 0,005 \text{ A}$$

$$U = 5 \text{ V}$$

Lsg:  $R = \frac{U}{J}$

$$R_1 = \frac{5 \text{ V}}{0,1 \text{ A}}$$

$$= \underline{\underline{50 \Omega}}$$

$$R_2 = \frac{5 \text{ V}}{0,005 \text{ A}}$$

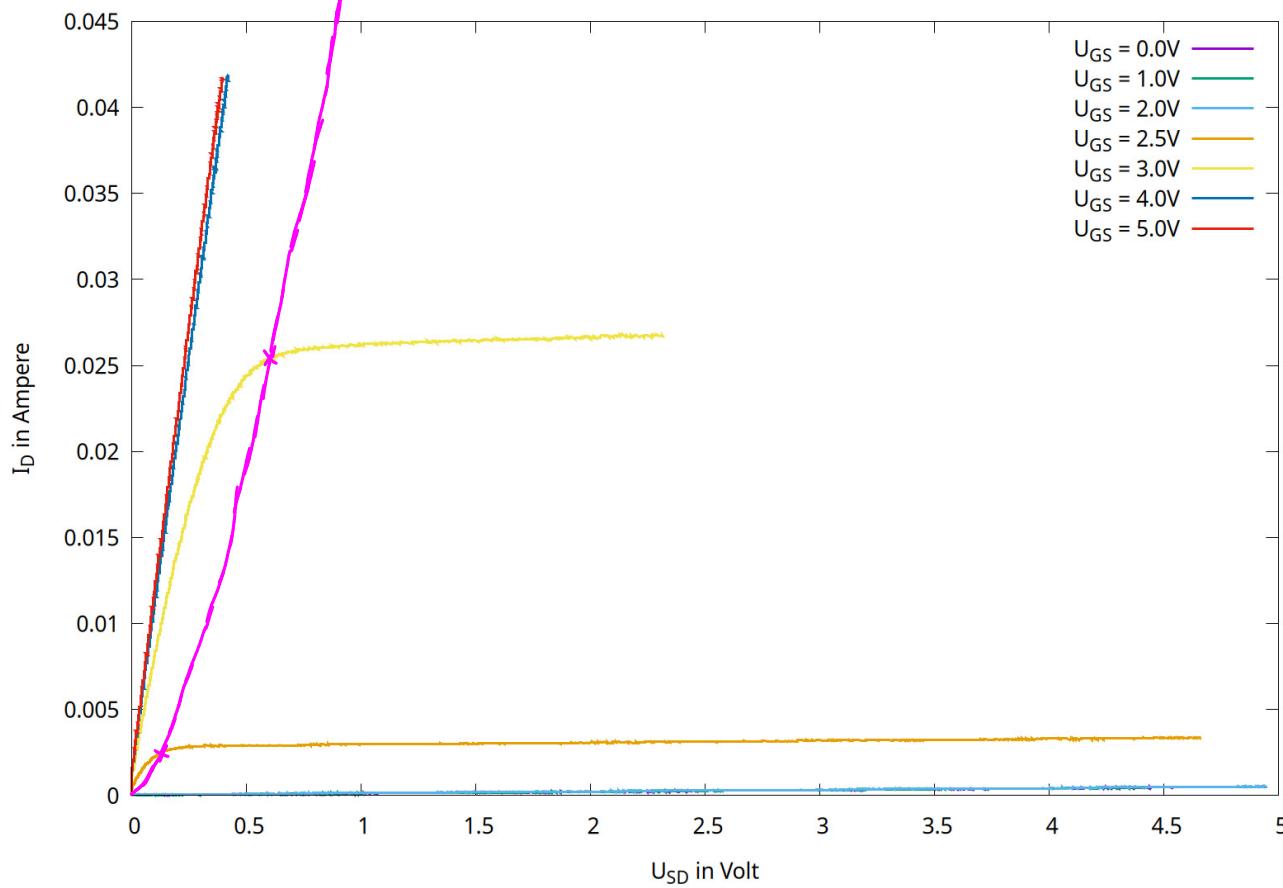
$$= \underline{\underline{1000 \Omega}}$$

## Aufgabe 8.4 und Aufgabe 8.5

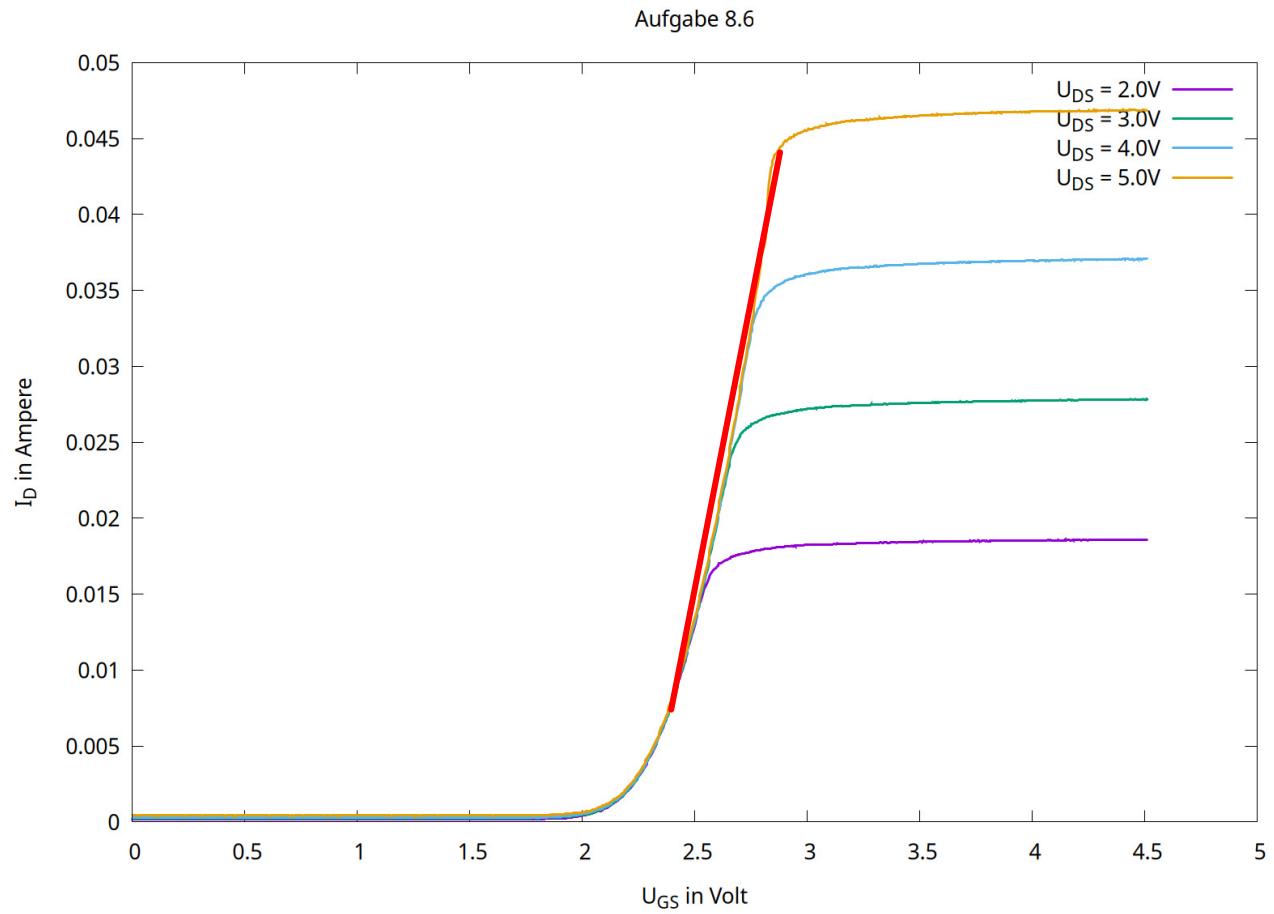
## Lineaver Bereich

## Sättigungsbereich

## Aufgabe 8.4



Aufgabe 8.6 und 8.7



Es ist sinnvoll, den Transistor im rot markierten Bereich als Verstärker zu betreiben. Entlang dieser Linie bewirkt eine kleine Veränderung der Gate-Source-Spannung eine große Änderung im Stromfluss durch Source und Drain. Genau dieser Effekt ist von einem Verstärker gewünscht.

### Aufgabe 8.8 und Aufgabe 8.9

Im Fall des MOSFET war die Spannung „vor“ und „hinter“  $R_2$  meist null. Gemäß dem ohmischen Gesetz  $I = \frac{U}{R}$  beweist dies, dass zum Halten eines Zustandes kein Strom durch das Gate des Transistors fließt. Sind Stromstärke und Spannung null, ist auch die Leistung  $P = U \cdot I$  des Transistors null.

Beim Umschalten der Zustände im Transistor, kommt es jedoch zu einem kleinen Stromfluss. Grund dafür ist, dass sich innerhalb des Transistors zur Bildung und Auflösung des Kanals Elektronen bewegen müssen, was durch das Anlegen eines elektrischen Feldes realisiert wird. Das Anlegen dieses elektrischen Feldes kommt dem Laden (und dann auch Entladen) eines Transistors gleich.

Diese Eigenschaften machen den Unipolartransistor relativstromsparend, besonders verglichen mit einem Bipolartransistor.

Aufgabe 8.10

$$\text{geg: } I_{\max R_1} = 100 \text{ mA} = 0,1 \text{ A} \quad \text{ges: } R_1, R_2$$

$$I_{\max R_2} = 5 \text{ mA} = 0,005 \text{ A}$$

$$U = 5 \text{ V}$$

$$\text{Lsg: } R = \frac{U}{I}$$

$$R_1 = \frac{5 \text{ V}}{0,1 \text{ A}}$$

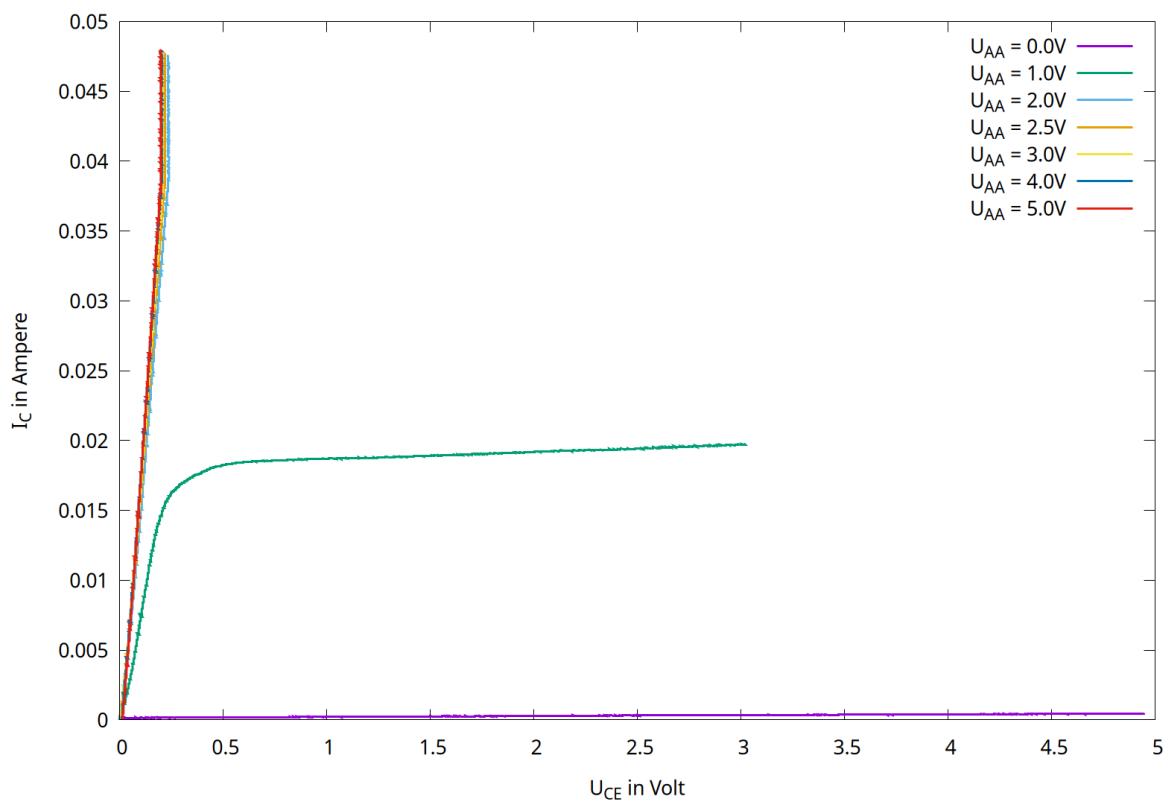
$$= \underline{\underline{50 \Omega}}$$

$$R_2 = \frac{5 \text{ V}}{0,005 \text{ A}}$$

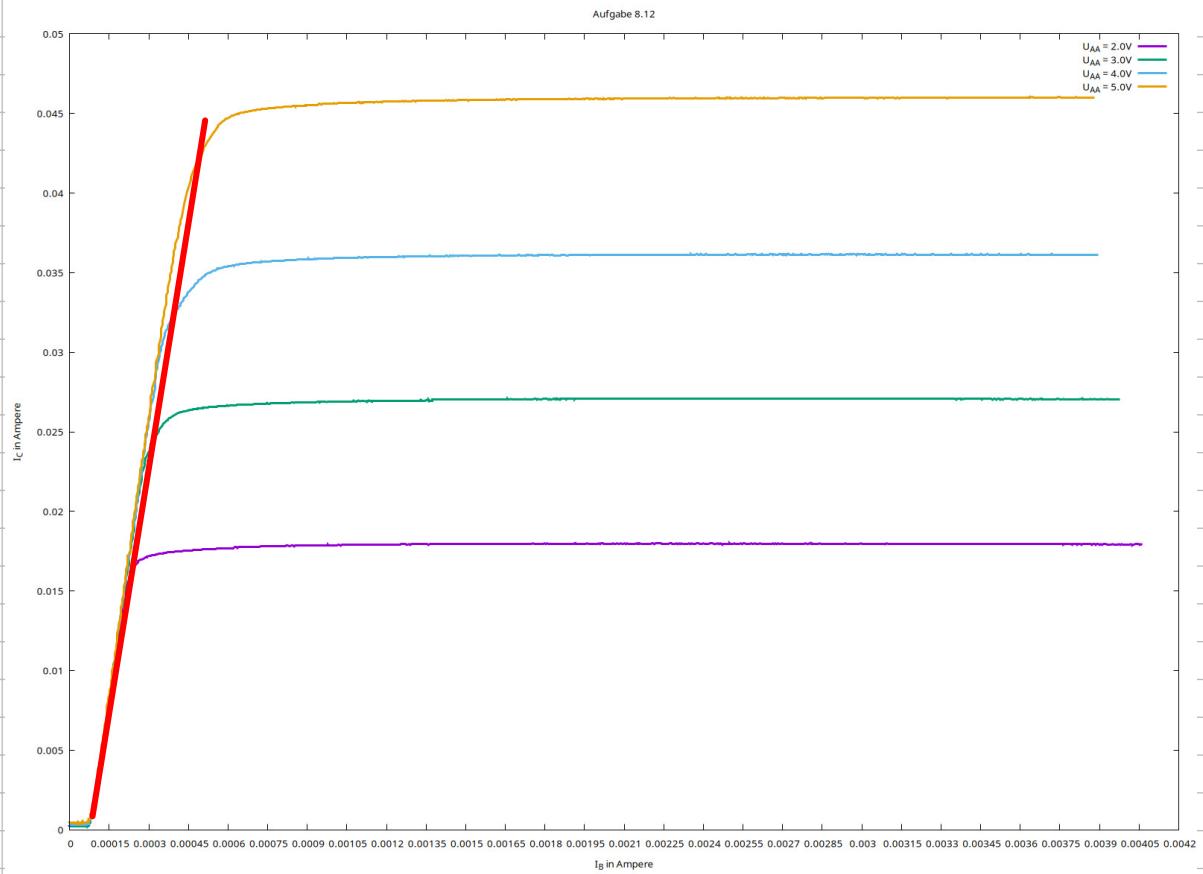
$$= \underline{\underline{1000 \Omega}}$$

## Aufgabe 8.11

## Aufgabe 8.11



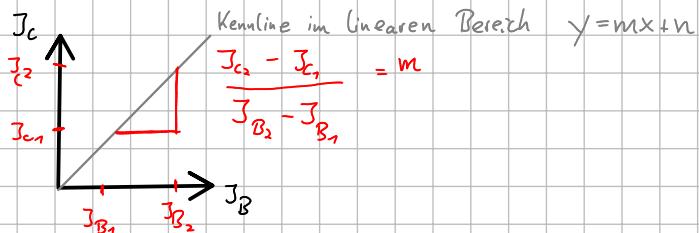
## Aufgabe 8.12 und Aufgabe 8.13



Es ist sinnvoll, den Transistor im rot markierten Bereich als Verstärker zu betreiben. Entlang dieser Linie bewirkt eine kleine Änderung der Basisstromstärke eine große Änderung im Stromfluss durch Collector u. Emitter. Genaus dieser Effekt ist von einem Verstärker gewünscht

Hinweis: Zur Berechnung der Verstärkung nehmen wir die genauen Messwerte aus der csv - Datei. Die Verstärkung wird exemplarisch für die angelegte Spannung von 5V berechnet.

Ausatz: Die Verstärkung des Transistors entspricht dem Anstieg (also der Steigung) der Kennlinie im linearen Bereich.



$J_B$  in A

$J_c$  in A

Beginn der Verstärkung: 0.0000830890 ( $J_{B_1}$ )

0.0008797654 ( $J_{C_1}$ )

Ende der Verstärkung 0.0006402737 ( $J_{B_2}$ )

0.0450146628 ( $J_{C_2}$ )

$$m = \frac{0.0450146628 - 0.0006402737}{0.0008797654 - 0.0000830890} = \underline{\underline{55,6984}}$$

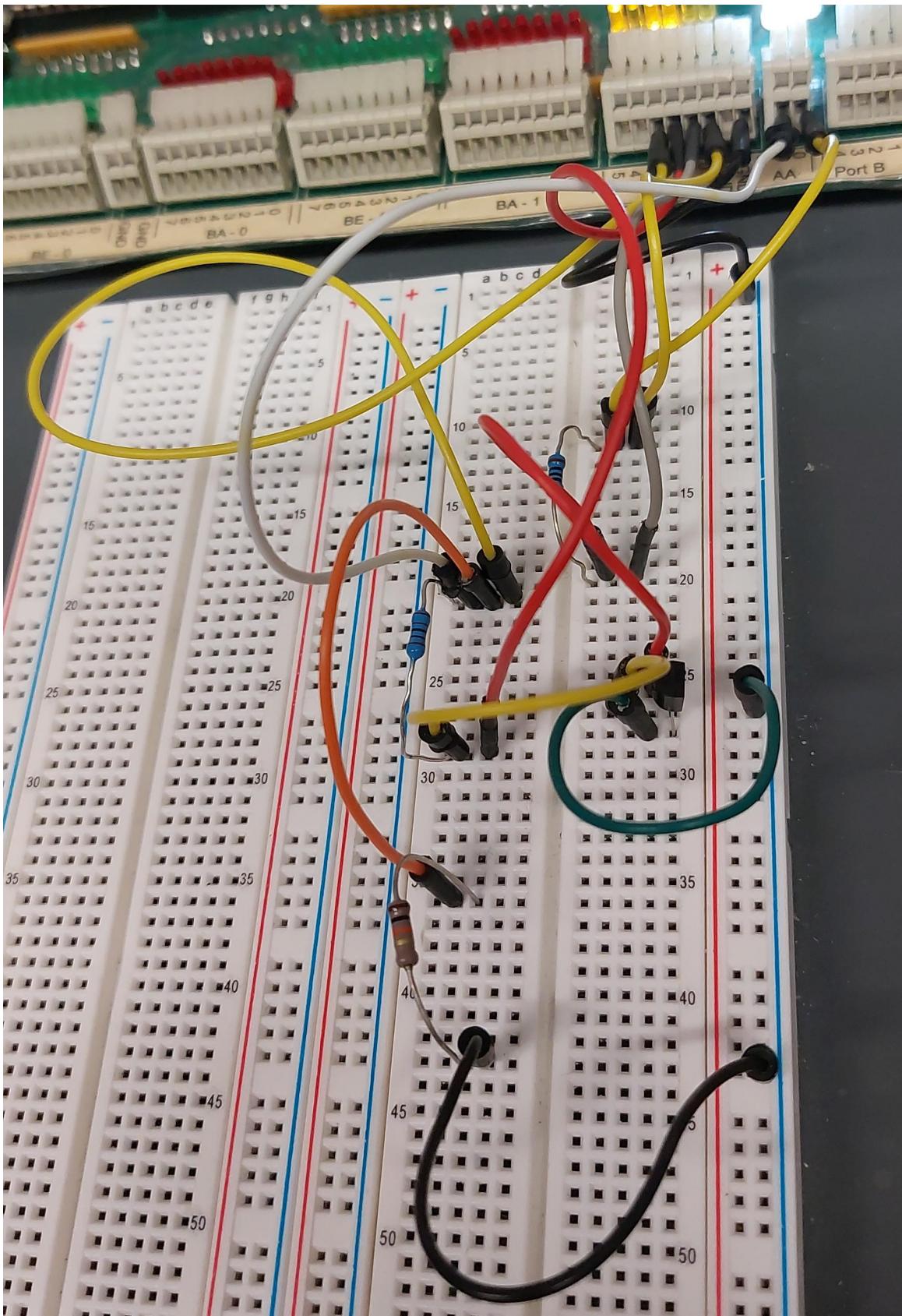
Es handelt sich um eine ca. 56-fache Verstärkung.

### Aufgabe 8.14

Die Spannung über  $R_2$  folgt nahezu dem Rechtecksignal der angelegten Spannung. Liegt eine Spannung von 5V an, fallen ca. 4,5V davon über dem Widerstand ab. Dies spricht für einen hohen Stromfluss. Der Transistor benötigt also einen Basisstrom, um einen Stromfluss vom Emitter zum Collector zu ermöglichen. Tatsächlich hat der Transistor von aktuellem Zustand eine hohe Leistung, was ihn für die Nutzung in moderner Elektronik ungeeignet macht.

## Anhang zu Aufgabe 8

## Aufgebaute Schaltung gemäß Schaltplan



### Beispielhafter Codeausschnitt

Mit folgendem Code wurde Aufgabe 8.4 berechnet. Alle anderen Aufgaben wurden gleichermaßen, nur mit angepasster Rechnung, gemessen.

Aufgrund der Irrelevanz für die Rechnung ist die Funktion druckeKennline() nicht mit aufgeführt.

```
// rechnet einen Integer Wert [0-1023] in eine Spannung [0-5] in Volt um
double toVolt(const uint16_t &spannung_Integer)
{
    return spannung_Integer * (5.0 / 1023.0);
}

// rechnet eine Spannung [0-5] in Volt in einen Integer Wert [0-1023]
uint16_t toInt(const double &spannung_Volt)
{
    return round(spannung_Volt * (1023.0 / 5.0));
}

void aufgabe_8_4()
{
    // Setzen der abzuarbeitenden Gate-Spannungen
    std::vector<double> spannungenGateSource_Volt{0.0, 1.0, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0};

    for (double const &spannungGateSource_Volt: spannungenGateSource_Volt)
    {
        // Setzen der Gatespannung
        drv.analogWrite1(toInt(spannungGateSource_Volt));

        // Ermitteln der Messwerte
        std::array<uint16_t, 1024> buffer_AE0, buffer_AE1;
        drv.analogSequence(0, buffer_AE0.data(), 0, 1, buffer_AE1.data(), 0, 0, 1, 1023);

        // Berechnen der Stromstärke ID
        uint8_t R1_Ohm = 100;
        std::vector <std::pair<double, double>> kennlinie;
        for (uint16_t i = 0; i < buffer_AE0.size(); i++)
        {
            double spannungSourceDrain_Volt = toVolt(buffer_AE1.at(i));
            double spannungR1_Volt = toVolt(buffer_AE0.at(i) - buffer_AE1.at(i));
            double stromDrain_Ampere = spannungR1_Volt / R1_Ohm;

            kennlinie.push_back({spannungSourceDrain_Volt, stromDrain_Ampere});
        }

        // Ausgeben der Messwerte
        std::string orderpfad = "./aufgabe_8_4/";
        std::string dateiname = "Kennlinie_ID_von_USD_bei_UGS_von_" + std::to_string(spannungGateSource_Volt) + "V.csv";
        std::string dateipfad = orderpfad + dateiname;
        druckeKennlinie(kennlinie, dateipfad);
    }
}
```