



GEP  
Praktikum 2

2021

# B6-Brücke

7. Dezember 2021

Emily Antosch 2519935

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>2</b>
<b>1 Einführung</b>	<b>3</b>
<b>2 Vorbereitung</b>	<b>3</b>
<b>3 Messreihe</b>	<b>4</b>
3.1 Messung der Steuerspannung und der gleichgerichteten Spannung . . . . .	4
3.2 Messung von verschiedenen Kenndaten der B6-Brücke bei ohmscher Last . . . . .	5
3.3 Messung von verschiedenen Kenndaten der B6-Brücke bei ohmsch-induktiver Last . .	7
<b>4 Auswertung</b>	<b>7</b>
4.1 Kennlinie von Steuerspannung zu Zündwinkel . . . . .	7
4.2 Kennlinie von Winkel zu gleichgerichteten Spannung bei ohmscher Last . . . . .	7
4.3 Kennlinie von Winkel zu gleichgerichteter Spannung bei ohmsch-induktiver Last . .	8
4.4 Scheinleistung und Leistungsfaktor . . . . .	8
<b>5 Konklusion</b>	<b>9</b>

## Abbildungsverzeichnis

1	Aufbau der B6-Brücke . . . . .	3
2	Startmessung des Winkels bei 10V . . . . .	4
3	Beispielhafte Bilder vom Oszilloskop . . . . .	5
4	Zur Messung 3.2: Bilder vom Oszilloskop . . . . .	6
5	Zur Messung 3.2: Bilder vom Oszilloskop . . . . .	6
6	Zur Messung 3.3: Bilder vom Oszilloskop . . . . .	7
7	Zur Messung 3.3: Bilder vom Oszilloskop . . . . .	8
8	Kennlinie der Messung 3.1 mit Winkel zu Steuerspannung . . . . .	9
9	Gemessene zur theoretischen Kennlinie bei ohmscher Last . . . . .	10
10	Gemessene zur theoretischen Kennlinie bei ohmsch-induktiver Last . . . . .	11

## Tabellenverzeichnis

1	Messreihe der Steuerspannung und der gleichgerichteten Spannung im Bezug auf den Zündverzögerungswinkel . . . . .	5
2	Kenndaten der B6-Brücke bei ohmscher Last in tabellarischer Form . . . . .	5
3	Kenndaten der B6-Brücke bei ohmsch-induktiver Last in tabellarischer Form . . . . .	7

## 1 Einführung

In diesem Versuch wollen wir uns mit der netzgeführten B6-Brücke beschäftigen. Dabei wollen wir sowohl eine ohmsche als auch eine ohmsch-induktive Last untersuchen und unsere Ergebnisse mit verschiedenen Messgeräten festhalten.

## 2 Vorbereitung

Wir wollen uns zunächst über den Aufbau der B6-Brücke klar werden:

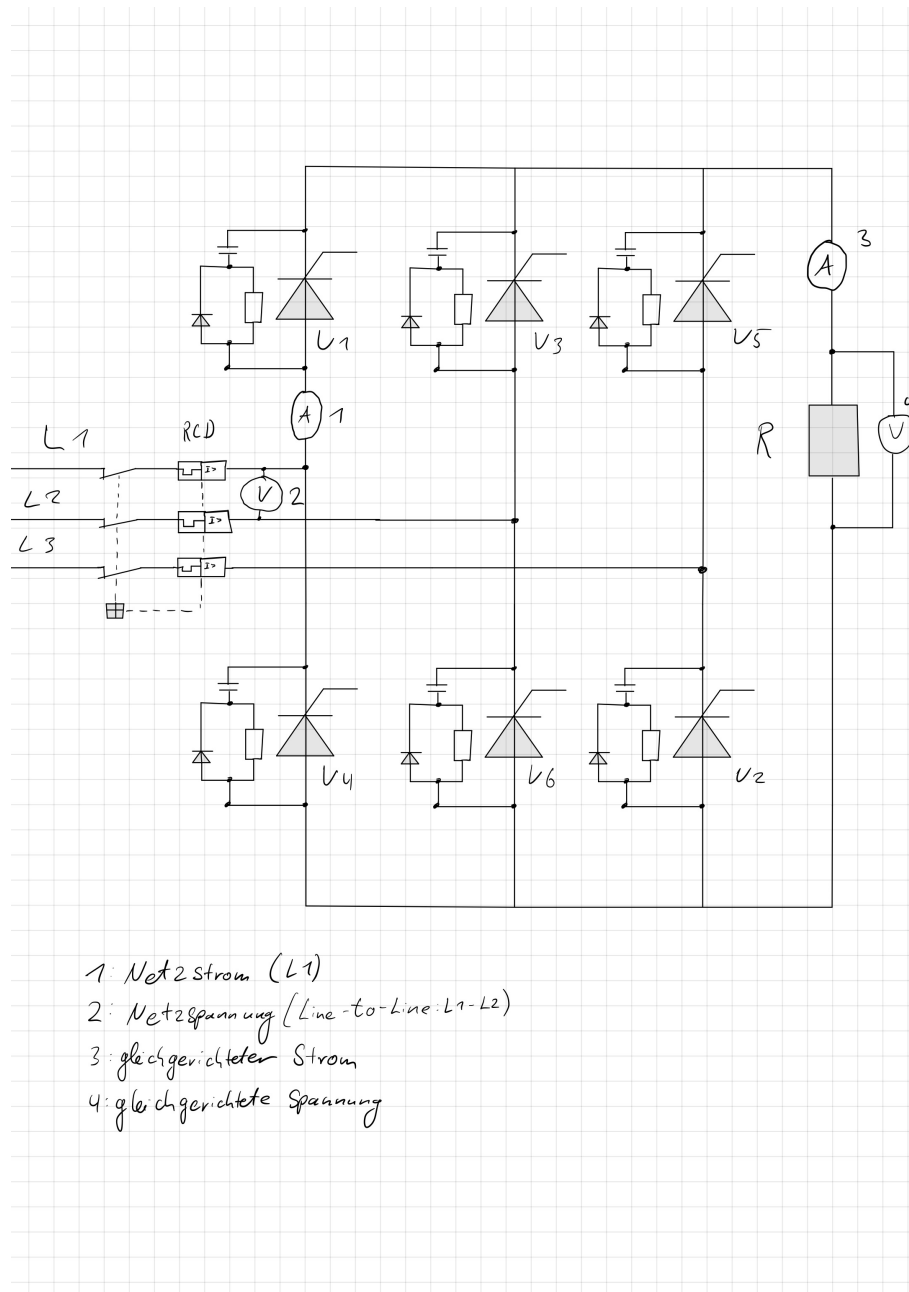


Abbildung 1: Aufbau der B6-Brücke

Zusätzlich wollen wir uns im Vorfeld überlegen, inwieweit wir sicherstellen können, dass die

vorgegebenen Werte eingehalten werden können. Mit  $U_S = 26V$  und  $I_{d,max} = 2A$  können wir nun bei maximaler Aussteuerung der Schaltung, also bei  $\alpha = 0^\circ$ , die maximale Spannung

$$U_{di\alpha} = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U_L \cdot \cos(0^\circ) = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot 26V = 60.816V$$

berechnen. Um nun eine ohmsche Last zu berechnen, die die Schaltung in diesen Werten beschränkt rechnen wir

$$R_L = \frac{U_{di\alpha}}{I_{d,max}} = \frac{60,816V}{2A} = 30.4\Omega$$

### 3 Messreihe

#### 3.1 Messung der Steuerspannung und der gleichgerichteten Spannung

Wir wollen zunächst unseren Offset bei der Einstellung unseres Zündverzögerungswinkels ermitteln. Dabei stellen wir unsere Steuerspannung  $U_{St} = 10V$  auf das Maximum ein und messen vom Null-durchgang der Spannung  $U_{21}$  zur ersten Zündung. Wir erhalten eine Verzögerung von  $\Delta t = 3.68ms$ , damit rechnen wir

$$\Delta\alpha = \Delta t \cdot 360^\circ \cdot \frac{1}{T} - 60^\circ = 3.68ms \cdot 360^\circ \cdot \frac{1}{20ms} - 60^\circ = 6,2^\circ$$

und erhalten damit den Winkel, den wir bei der minimalen Einstellung unseres Zündwinkeltransformators haben. Alle weiteren Messungen basieren dann auf diesem Offset. Der Bild auf dem Oszilloskop ist dann unten noch einmal dargestellt:

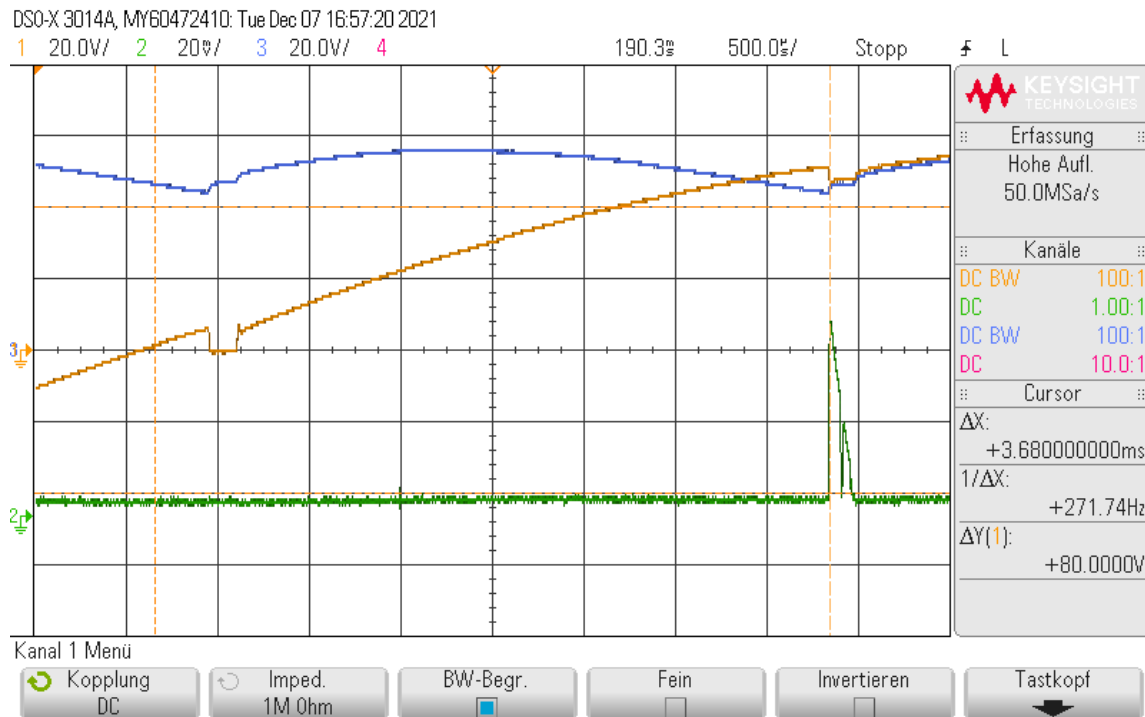


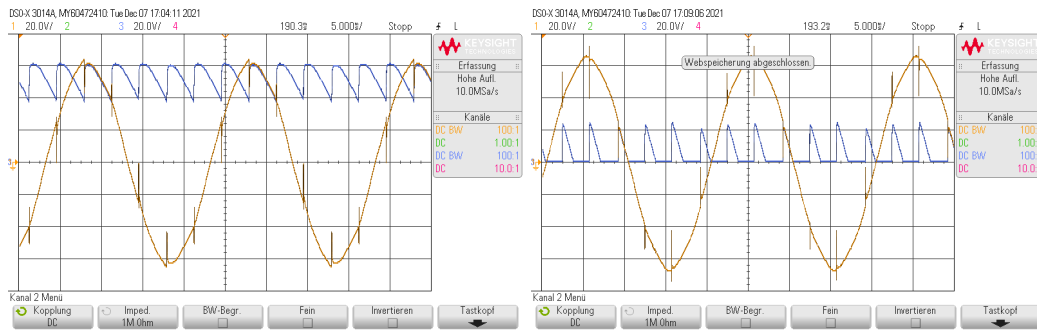
Abbildung 2: Startmessung des Winkels bei 10V

Wir wollen nun uns die Tabelle der Werte einmal anschauen:

$\alpha$	$U_{St}$	$U_{di\alpha}$
$6,2^\circ$	56,6V	10,008V
$24,2^\circ$	53,01V	9,058V
$42,2^\circ$	44,1V	8,059V
$60,2^\circ$	31,6V	6,976V
$78,2^\circ$	20,23V	6,131V
$96,2^\circ$	8,96V	5,181V
$114,2^\circ$	1,53V	4,239V
$132,2^\circ$	0,003V	3,3V

Tabelle 1: Messreihe der Steuerspannung und der gleichgerichteten Spannung im Bezug auf den Zündverzögerungswinkel

Beispielhaft wollen wir uns dann auch das Oszilloskopbild mit den Spannungen  $U_{21}$  und  $U_{di\alpha}$  anschauen:



(a) Oszilloskopbild zur Messung 3.1 für den Winkel  $24,2^\circ$  (b) Oszilloskopbild zur Messung 3.1 für den Winkel  $96,2^\circ$

Abbildung 3: Beispielhafte Bilder vom Oszilloskop

### 3.2 Messung von verschiedenen Kenndaten der B6-Brücke bei ohmscher Last

Im nächsten Schritt wollen wir uns unter der vorher berechneten ohmschen Last, also eine Zusammenschaltung von drei  $100\Omega$ -Widerständen, verschiedene Kenndaten der B6-Brücke anschauen. Auch hier schauen wir uns die Werte in Abhängigkeit von dem Zündverzögerungswinkel  $\alpha$  ausgehend von unserem Offset in  $18^\circ$ -Schritten an. Dabei entsprechen  $18^\circ$  genau einer Milisekunde Verzögerung.

$\alpha$	$P_{zu}$	$U_S$	$I_L$	$I_d$	$U_{di\alpha}$
$6,2^\circ$	33,4W	1,39A	25,24V	1,67A	56,3V
$24,2^\circ$	28,8W	1,297A	25,36V	1,55A	52,2V
$42,2^\circ$	19,75W	1,073A	25,67V	1,26A	42,34V
$60,2^\circ$	10,77W	0,7083A	25,9V	0,866A	28,55V
$78,2^\circ$	4,1W	0,49A	26,3V	0,4512A	15,14V
$96,2^\circ$	0,728W	0,217A	26,39V	0,1577A	5,204V
$114,2^\circ$	0W	0A	26,6V	0,04A	0,33V
$132,2^\circ$	0W	0A	26,5V	0A	0,08V

Tabelle 2: Kenndaten der B6-Brücke bei ohmscher Last in tabellarischer Form

Um unsere Messungen graphisch zu überprüfen, schauen wir uns die dazugehörigen Oszilloskopbilder auch an. Wir erkennen, dass eine Erhöhung des Zündverzögerungswinkels mit dem Absinken der Leistung einhergeht. Das entspricht auch unseren Vorstellungen. Auch die gleichgerichtete Spannung ist proportional zum Zündverzögerungswinkel.

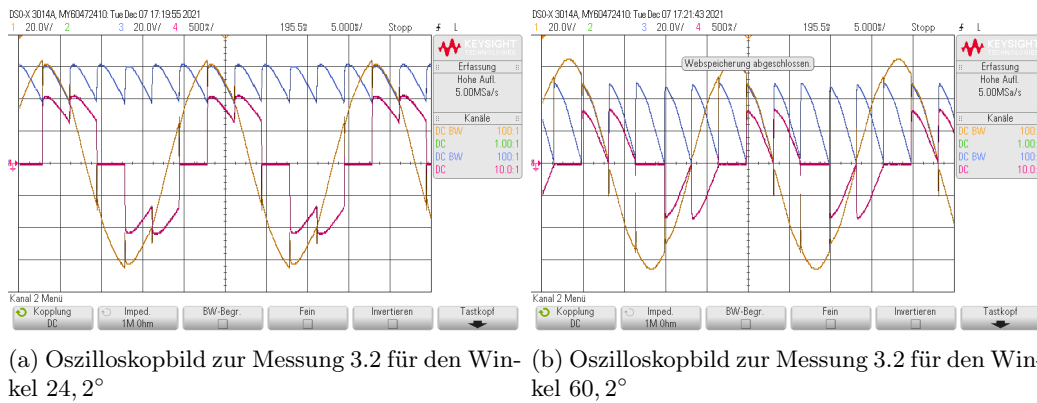


Abbildung 4: Zur Messung 3.2: Bilder vom Oszilloskop

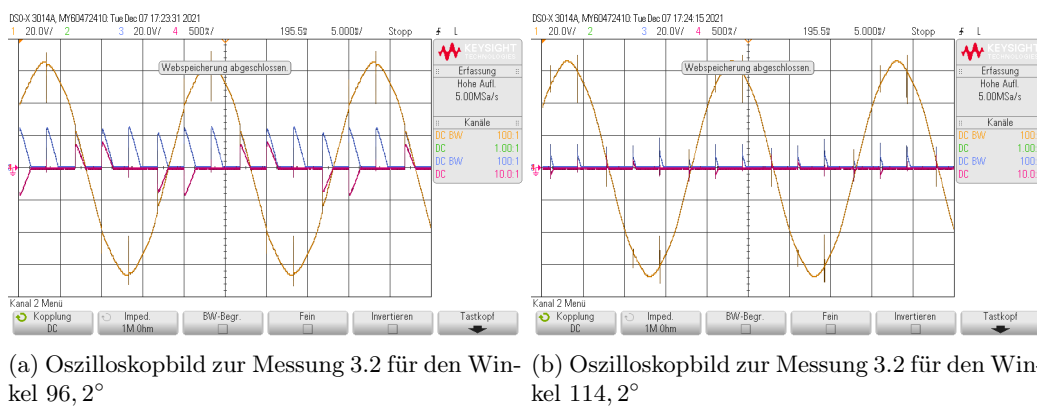


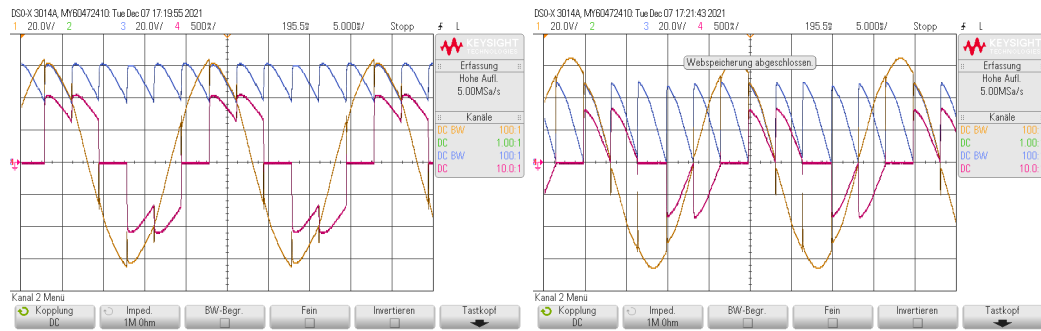
Abbildung 5: Zur Messung 3.2: Bilder vom Oszilloskop

### 3.3 Messung von verschiedenen Kenndaten der B6-Brücke bei ohmsch-induktiver Last

Wir wiederholen jetzt die Messung mit einer ohmsch-induktiven Last, indem wir zu dem Widerstand noch eine Induktivität mit  $L = 50mH$  in Reihe schalten.

$\alpha$	$P_{zu}$	$U_S$	$I_L$	$I_d$	$U_{di\alpha}$
$6,2^\circ$	$33,15W$	$1,347A$	$25,96V$	$1,626A$	$58,17V$
$24,2^\circ$	$27,99W$	$1,236A$	$26,03V$	$1,493A$	$53,26V$
$42,2^\circ$	$17,75W$	$0,977A$	$26,15V$	$1,192A$	$42,26V$
$60,2^\circ$	$7,49W$	$0,636A$	$26,42V$	$0,77A$	$27,6V$
$78,2^\circ$	$0,936W$	$0,213A$	$26,4V$	$0,26A$	$9,13V$
$96,2^\circ$	$55mW$	$5mA$	$26,58V$	$2,2mA$	$-0,378VV$
$114,2^\circ$	$0W$	$0A$	$26,48V$	$0,7mA$	$0V$
$132,2^\circ$	$0W$	$0A$	$26,58V$	$0,21mA$	$0V$

Tabelle 3: Kenndaten der B6-Brücke bei ohmsch-induktiver Last in tabellarischer Form



(a) Oszilloskopbild zur Messung 3.3 für den Winkel  $24,2^\circ$  (b) Oszilloskopbild zur Messung 3.3 für den Winkel  $60,2^\circ$

Abbildung 6: Zur Messung 3.3: Bilder vom Oszilloskop

## 4 Auswertung

### 4.1 Kennlinie von Steuerspannung zu Zündwinkel

Aus der Messreihe 3.1 wollen wir die Kennlinie  $\alpha = f(U_{St})$  erstellen:

Wir erkennen einen anti-proportionalen Zusammenhang zwischen der Steuerspannung  $U_{St}$  und dem Winkel  $\alpha$ . Dabei haben wir einen ungefähre Steigung von

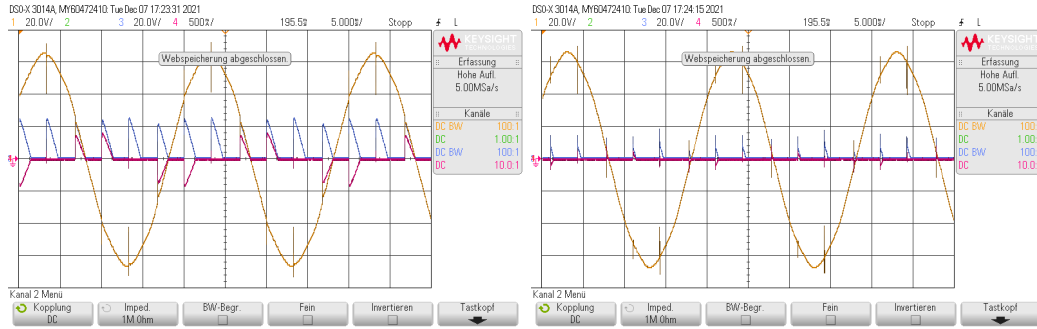
$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{6,2^\circ - 132,2^\circ}{10,008V - 3,3V} = \frac{-126^\circ}{6,7V} = -18,8 \frac{Grad}{V}$$

ermitteln können.

### 4.2 Kennlinie von Winkel zu gleichgerichteten Spannung bei ohmscher Last

Als nächstes vergleichen wir die gemessenen Kennlinie von Winkel zu gleichgerichteter Spannung bei ohmscher Last zu der theoretischen Kennlinie:

Die gemessene und die theoretische Kennlinie haben am Anfang der Messung zunächst ein kleines Offset, der sich dann aber im Verlauf der Messung immer besser anpasst. Bei hohem Zündverzögerungswinkel sind die beiden Kennlinien beinahe identisch. Zur Berechnung der theoretischen



(a) Oszilloskopbild zur Messung 3.3 für den Winkel  $96,2^\circ$  (b) Oszilloskopbild zur Messung 3.3 für den Winkel  $114,2^\circ$

Abbildung 7: Zur Messung 3.3: Bilder vom Oszilloskop

Kennlinie sollte bedacht werden, dass eine B6-Brücke bei rein ohmscher Last ab  $\alpha > 60^\circ$  in einen lückenden Betrieb geht. Es gilt:

$$a_{th} = \begin{cases} \cos(\alpha) & 0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ \\ 1 + \frac{\cos(\alpha)}{2} - \frac{\sqrt{3} \cdot \sin(\alpha)}{2} & 60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ \end{cases}$$

mit der Gleichung

$$U_{di\alpha,th} = \frac{3 \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cdot U_L \cdot a_{th} \quad (1)$$

### 4.3 Kennlinie von Winkel zu gleichgerichteter Spannung bei ohmsch-induktiver Last

Wir wiederholen die Analyse jedoch diesmal bei ohmsch-induktiver Last. Die Kennlinien sehen dabei folgendermaßen aus:

Auch hier berechnen wir die theoretische Steuerkennlinie über

$$a_{th} = \cos(\alpha) \quad 0^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ$$

mit der Gleichung (1).

Diese Kennlinien sind am Beginn der Messung ziemlich nah beieinander, driften jedoch ab einem Winkel von ca.  $\alpha = 78,2^\circ$  stark voneinander ab. Die theoretische Kennlinie geht dabei auch weit in den negativen Bereich über. Dies lässt sich auf die Speichereigenschaft der Spule zurückführen. In der mathematischen Berechnung erreicht der  $\cos(\alpha)$  für  $\alpha > 90^\circ$  den negativen Bereich, weshalb die berechnete Kennlinie hier in den negativen Bereich übergeht.

### 4.4 Scheinleistung und Leistungsfaktor

Im letzten Teil der Auswertung wollen wir nun die Scheinleistung und den daraus resultierenden Leistungsfaktor berechnen. Die Scheinleistung berechnet sich über

$$S = U_{1N} \cdot I_L$$

Für den Leistungsfaktor rechnen wir

$$\lambda = \frac{P_{zu}}{S} \quad \text{mit } P_{zu} \text{ als Wirkleistung}$$

Die Größen für die Berechnung der beiden Werte können wir aus den Messungen 3.2 und 3.3 entnehmen.



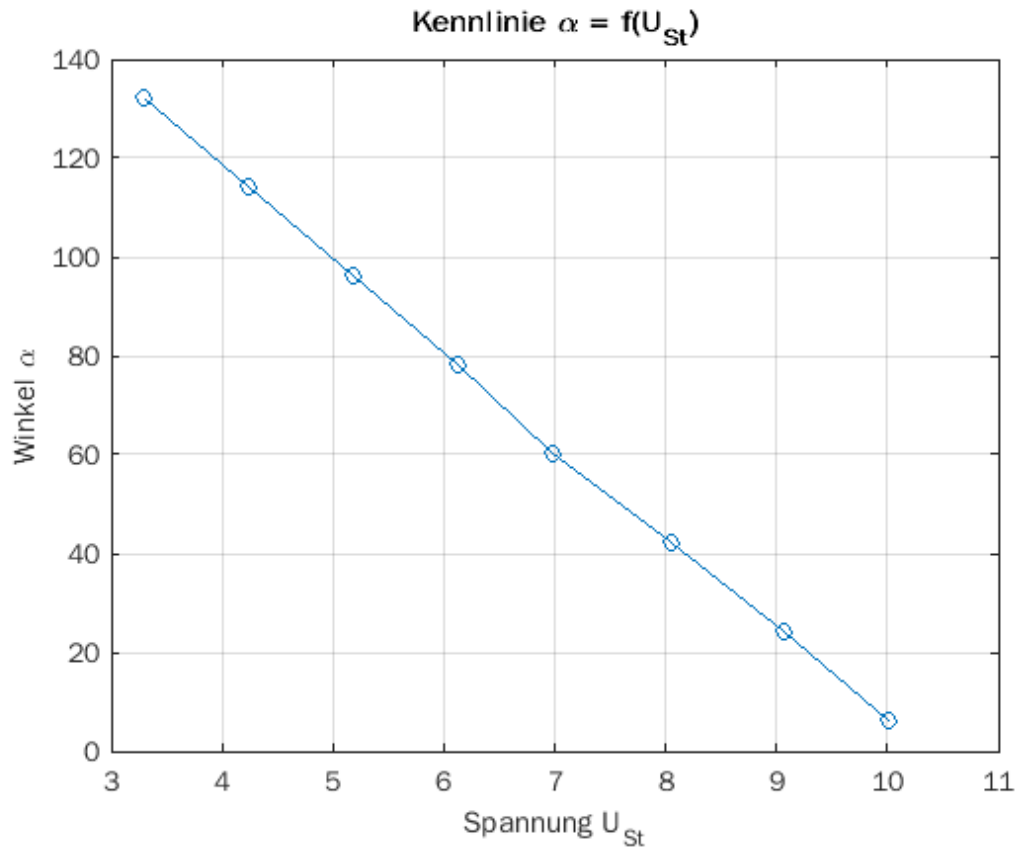


Abbildung 8: Kennlinie der Messung 3.1 mit Winkel zu Steuerspannung

## 5 Konklusion

Aus dem Labor konnten wir das Verhalten der B6-Brücke besser verstehen, indem wir verschiedene Schaltvorgänge und Verhalten der Schaltung genauer untersucht haben und selbst mit der Schaltung arbeiten konnten. Wir haben viele Zusammenhänge, die wir in der Vorlesung bereits behandelt haben, besser verinnerlichen können.

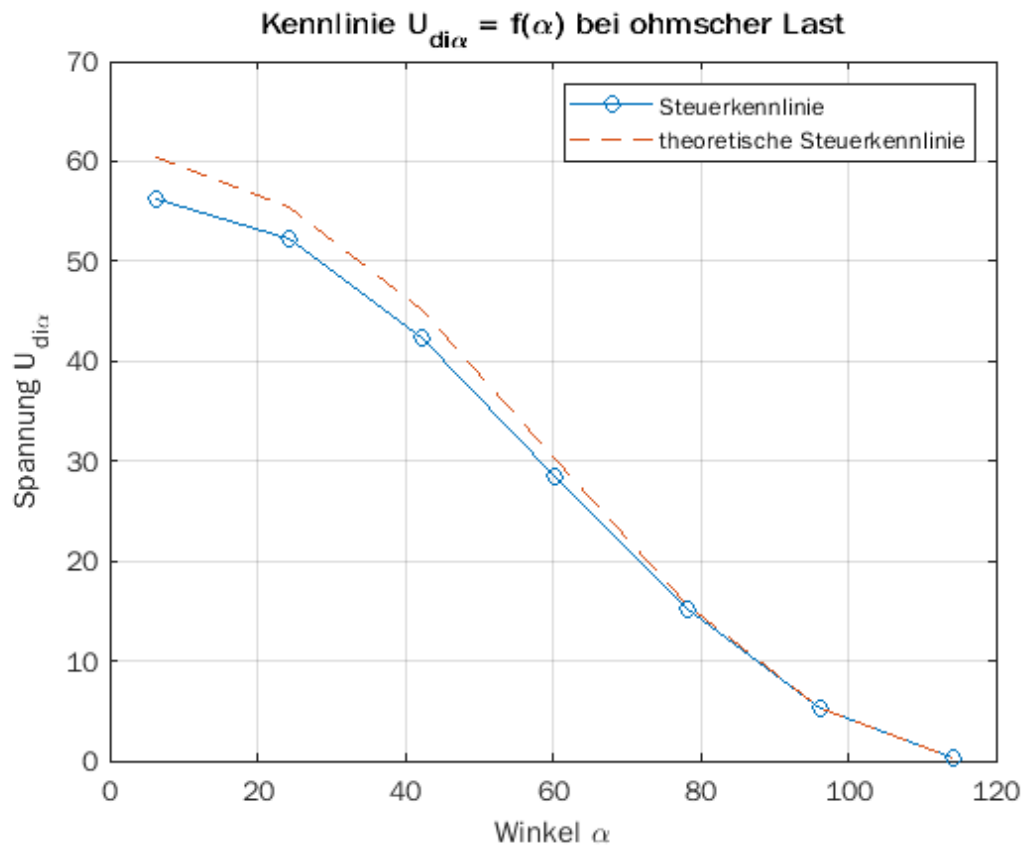


Abbildung 9: Gemessene zur theoretischen Kennlinie bei ohmscher Last

(a) bei ohmscher Last

$S$	$P_{zu}$	$\lambda$
35,0836VA	33,4W	0,952
32,891VA	28,8W	0,8756
27,5439VA	19,75W	0,717
18,345VA	10,77W	0,5871
12,887VA	4,1W	0,3182
5,7266VA	0,728W	0,1271
0VA	0W	—
0VA	0W	—

(b) bei ohmsch-induktiver Last

$S$	$P_{zu}$	$\lambda$
34,9681VA	33,15W	0,948
32,1731VA	27,99W	0,87
25,5485VA	17,75W	0,6948
16,8031VA	7,49W	0,4458
5,6232VA	0,936W	0,1665
0,1329VA	0,055W	0,4138
0VA	0W	—
0VA	0W	—

Tabelle 4: Tabelle der Scheinleistung und des Leistungsfaktors

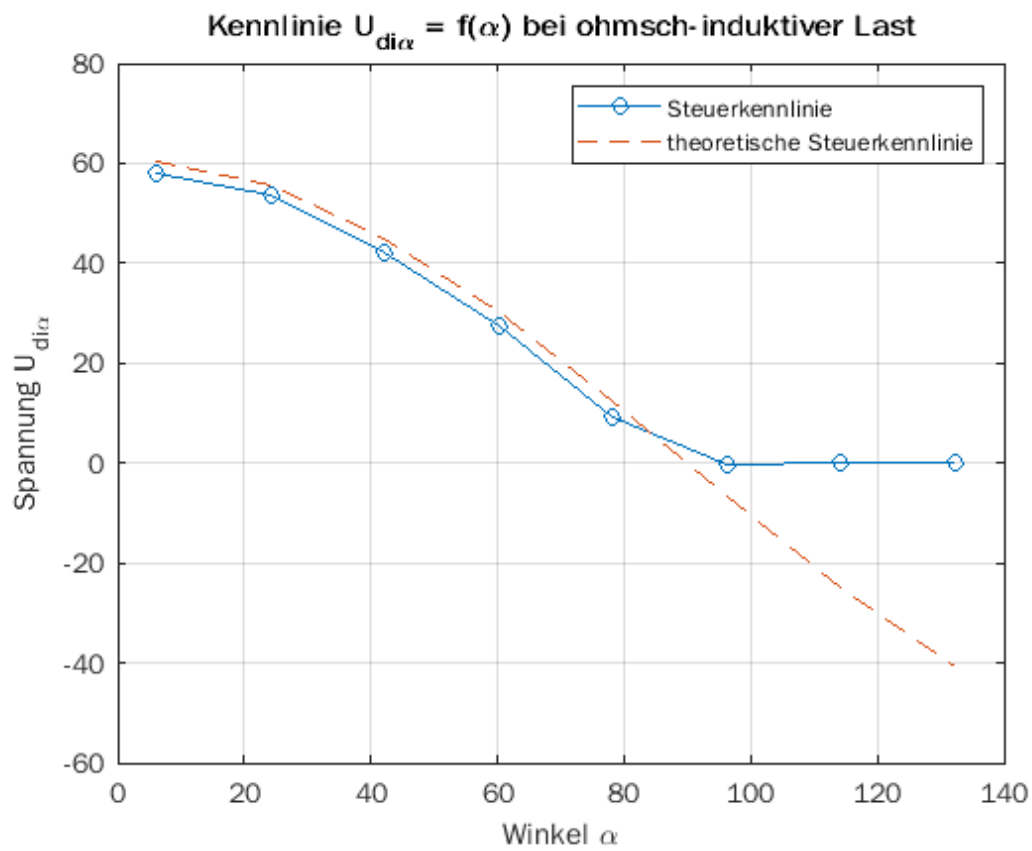


Abbildung 10: Gemessene zur theoretischen Kennlinie bei ohmsch-induktiver Last