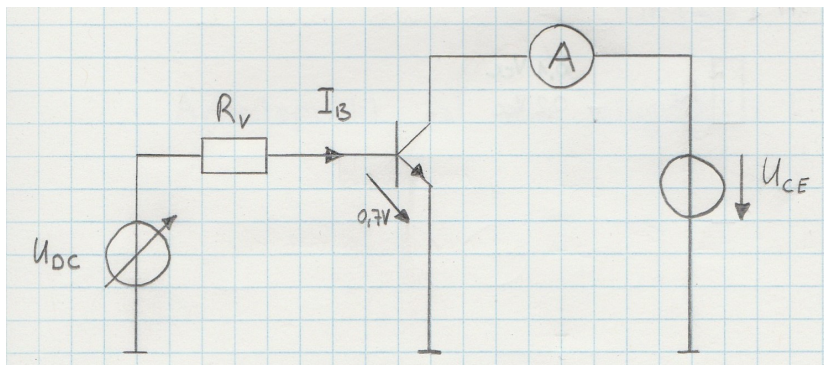


Höhere Technische Bundes- lehr- und Versuchsanstalt Rankweil		Laboratorium Raumbezeichnung: HF-Labor		Katalog - Nummer	9
				Tag d. Übg.	30.11.2015
Gruppe	C	Protokoll erstellt von: Teammitglied:	Milojevic Boban Petrovic Milos	Kl./Jg.	1AAELI
3	Multimeter 34401A	Agilent	540-05/2003/2		
2	Multimeter 34401A	HP	540-05/137/97		
1	Netzgerät E3631A	Agilent	540-04/2004/3		
Pos.	Gerät	Erzeuger-Firma	Inv./Nr.	Nähere Angaben	
Lehrer	BUE	Transistorkennlinien		Übgs. Nr.	II/3
geprüft				Abgabe am	14.12.15

Laborübung II/3 Transistorkennlinien

Aufgabenstellung:

Mit Hilfe des NPN-Transistors 2N3904 sollten wir einzelne Messung durchführen und mit diesen Messwerten die Eingangskennlinie, die Übertragungskennlinie und die Ausgangskennlinie darstellen. Dabei benutzten wir folgenden Messaufbau:



Um diese Schaltung betreiben zu können, war es wichtig, einen Vorwiderstand R_V zu bestimmen. Aus der ersten Angabe entnehmen wir einen maximalen Basisstrom I_{BMAX} von 0,2mA. $U_{DCMAX} = 25V$ (maximale Spannung vom Netzgerät)

$$R_V = \frac{U_{DCMAX}}{I_{BMAX}} = \frac{25V}{0,2mA} = 125k\Omega \approx 118550\Omega$$

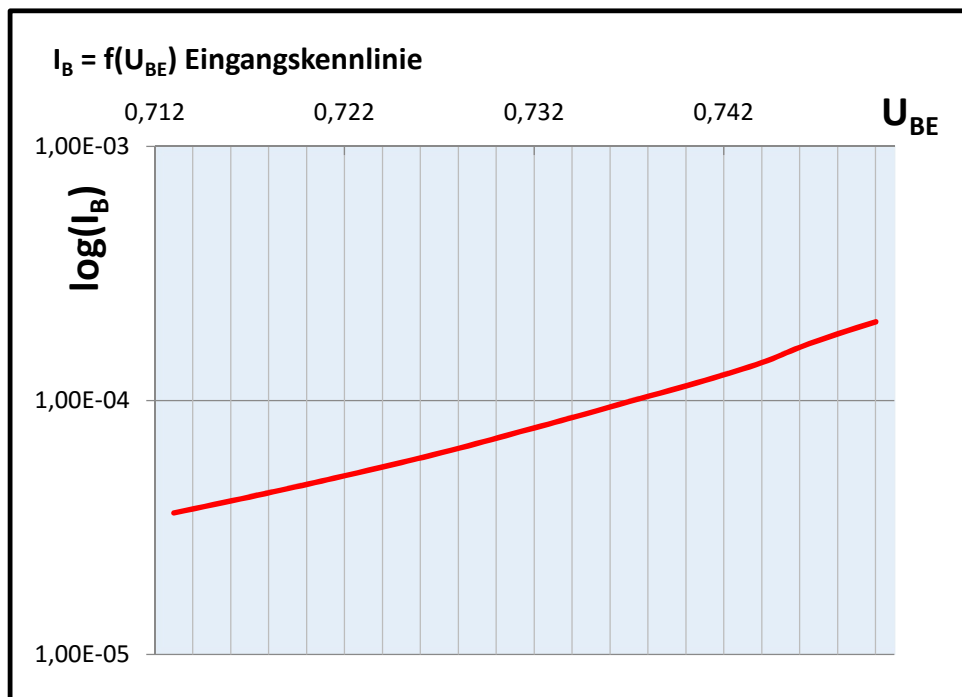
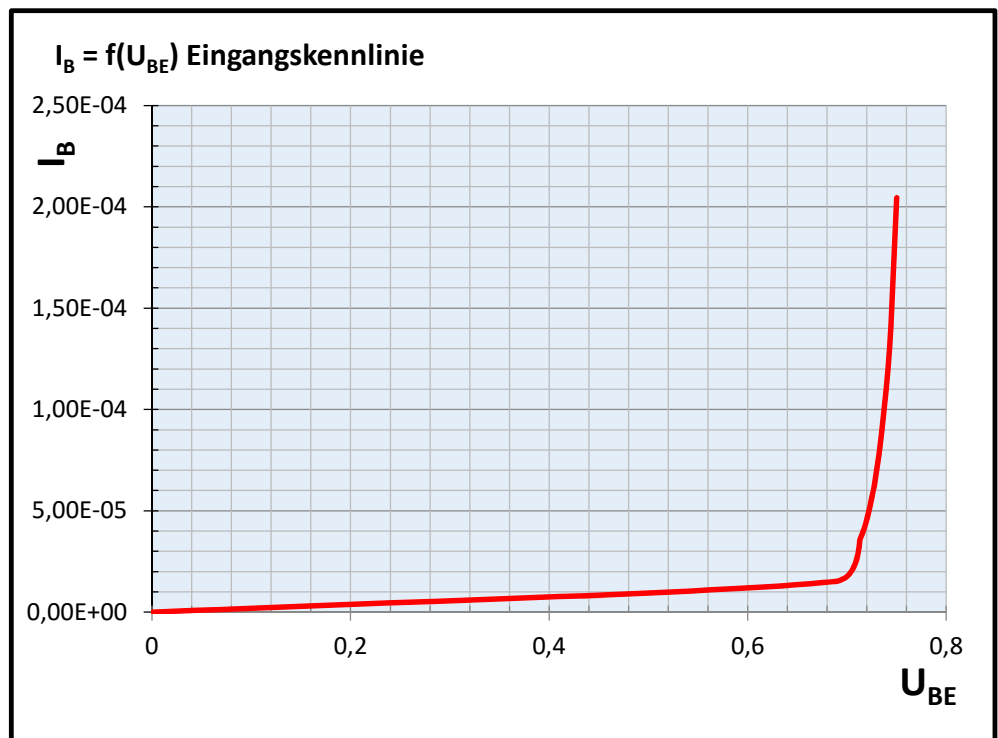
Diesen Vorwiderstand haben wir für alle Kennlinien verwendet.

Aufgabe 1: Eingangskennlinie

Die Spannung U_{DC} wurde von 0 bis 22V am Netzgerät eingestellt und dabei die Spannung U_{BE} gemessen. Der Strom I_B kann man aus folgender Gleichung berechnen:

$$I_B = \frac{U_{DC} - U_{BE}}{R_V}$$

Messwerte Eingangskennlinie		
$U_{DC}[V]$	$U_{BE}[V]$	$I_B[A]$
0	0	0
2,5	6,88E-01	1,53E-05
5	7,13E-01	3,62E-05
7,5	7,25E-01	5,71E-05
10	7,32E-01	7,82E-05
12,5	7,37E-01	9,92E-05
15	7,41E-01	1,20E-04
17,5	7,44E-01	1,41E-04
20	7,46E-01	1,62E-04
22,5	7,48E-01	1,83E-04
25	7,50E-01	2,05E-04



Aus der Mathematik wissen wir, wenn bei einer Exponentialfunktion die y-Achse logarithmiert wird, dass diese Funktion eine Gerade wird.

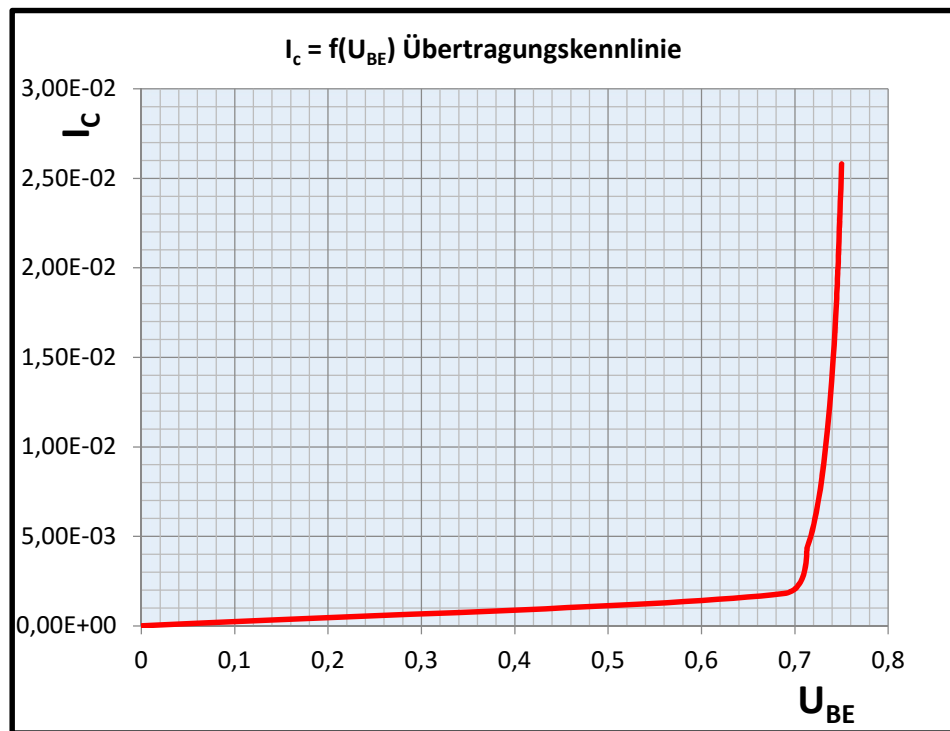
Eine weitere Aufgabe war es $r_{BE}(I_B = 100\mu A)$ zu berechnen:

$$\text{Bei } I_B = 100\mu A: r_{BE} = \frac{\Delta U_{BE}}{\Delta I_B} = \frac{0,741V - 0,737V}{120\mu A - 99\mu A} = 190\Omega$$

Aufgabe 2: Übertragungskennlinie

Zeitgleich als wir die Werte für die Eingangskennlinie aufgenommen wurden, haben wir eine Spannung $U_{CE} = 5V$ an den Kollektor und Emitter angelegt um den Kollektorstrom I_C zu messen.

Messwerte Übertragungskennlinie		
$U_{DC}[V]$	$U_{BE}[V]$	$I_C[A]$
0	0	0
2,5	6,88E-01	1,81E-03
5	7,13E-01	4,38E-03
7,5	7,25E-01	7,00E-03
10	7,32E-01	9,65E-03
12,5	7,37E-01	1,23E-02
15	7,41E-01	1,50E-02
17,5	7,44E-01	1,77E-02
20	7,46E-01	2,00E-02
22,5	7,48E-01	2,30E-02
25	7,50E-01	2,58E-02



Zusätzliche Aufgaben waren es die Steilheit und die Stromverstärkung aus den Messwerten zu berechnen:

$$\text{Bei } I_C = 3mA: S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{BE}} = \frac{4,39mA - 1,81mA}{0,713V - 0,688V} = 0,10mho$$

$$\text{Bei } I_C = 10mA: S = \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{BE}} = \frac{12,3mA - 9,6mA}{0,737V - 0,732V} = 0,53mho$$

$$\text{Bei } I_C = 3mA: \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{4,39mA - 1,81mA}{36,2\mu A - 15,3\mu A} = 123$$

$$\text{Bei } I_C = 10mA: \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{12,3mA - 9,6mA}{99,2\mu A - 78,2\mu A} = 126$$

Aufgabe 3: Ausgangskennlinie

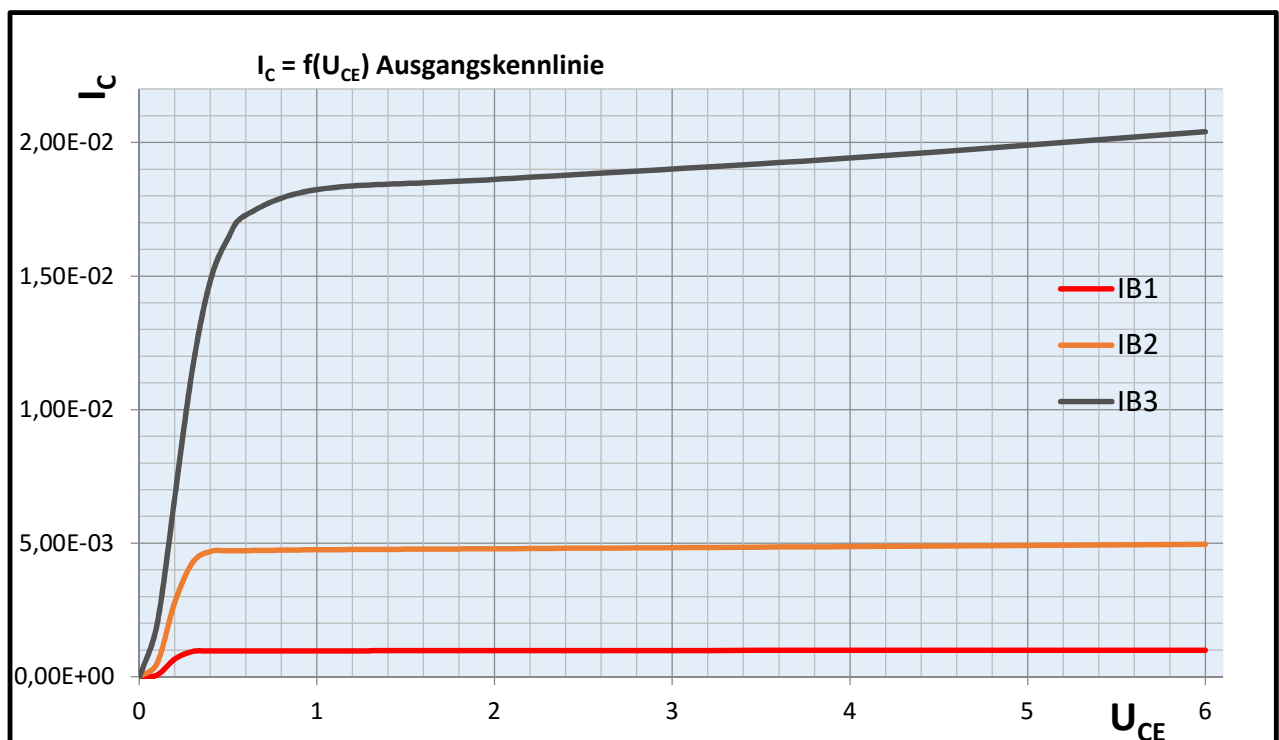
Es sollten drei Ausgangskennlinien gezeichnet werden. Als erstens mussten drei Basisströme bestimmt werden bei drei maximalen Kollektorströmen von 1mA, 5mA und 20mA und einem U_{CE} von 5V. Um diese Basisströme berechnen zu können, mussten wir am Netzgerät (U_{DC}) so lange drehen, bis wir den gewünschten I_C ermittelt haben. Mit der Formel, die wir schon mal verwendet haben, lässt sich dann der I_B berechnen:

$$I_B = \frac{U_{DC} - U_{BE}}{R_V}$$

	Bestimmung Basisströme		
	$U_{DC}[V]$	$U_{BE}[V]$	$I_B[A]$
$I_C = 1mA$	1,71	0,678	8,71E-06
$I_C = 5mA$	5,56	0,715	4,09E-05
$I_C = 20mA$	19,69	0,746	1,60E-04

Jetzt kann die Ausgangskennlinie ermittelt werden. Bei jeweils gleichbleibenden Basisstrom haben wir an der U_{CE} gedreht und uns die Messwerte für I_C aufgeschrieben:

Messwerte Ausgangskennlinie			
$U_{CE}[V]$	$I_C[A]$ bei I_{B1}	$I_C[A]$ bei I_{B2}	$I_C[A]$ bei I_{B3}
0	0	0	0
0,1	7,36E-05	5,11E-04	2,00E-03
0,2	6,74E-04	2,82E-03	6,78E-03
0,3	9,56E-04	4,29E-03	1,16E-02
0,4	9,71E-04	4,70E-03	1,49E-02
0,5	9,73E-04	4,72E-03	1,64E-02
0,6	9,75E-04	4,73E-03	1,73E-02
1	9,79E-04	4,76E-03	1,82E-02
2	9,86E-04	4,80E-03	1,86E-02
4	9,97E-04	4,88E-03	1,94E-02
6	1,00E-03	4,96E-03	2,04E-02



Eine zusätzliche Aufgabe war es, die jeweiligen r_{CE} bei den drei Basisströmen zu berechnen:

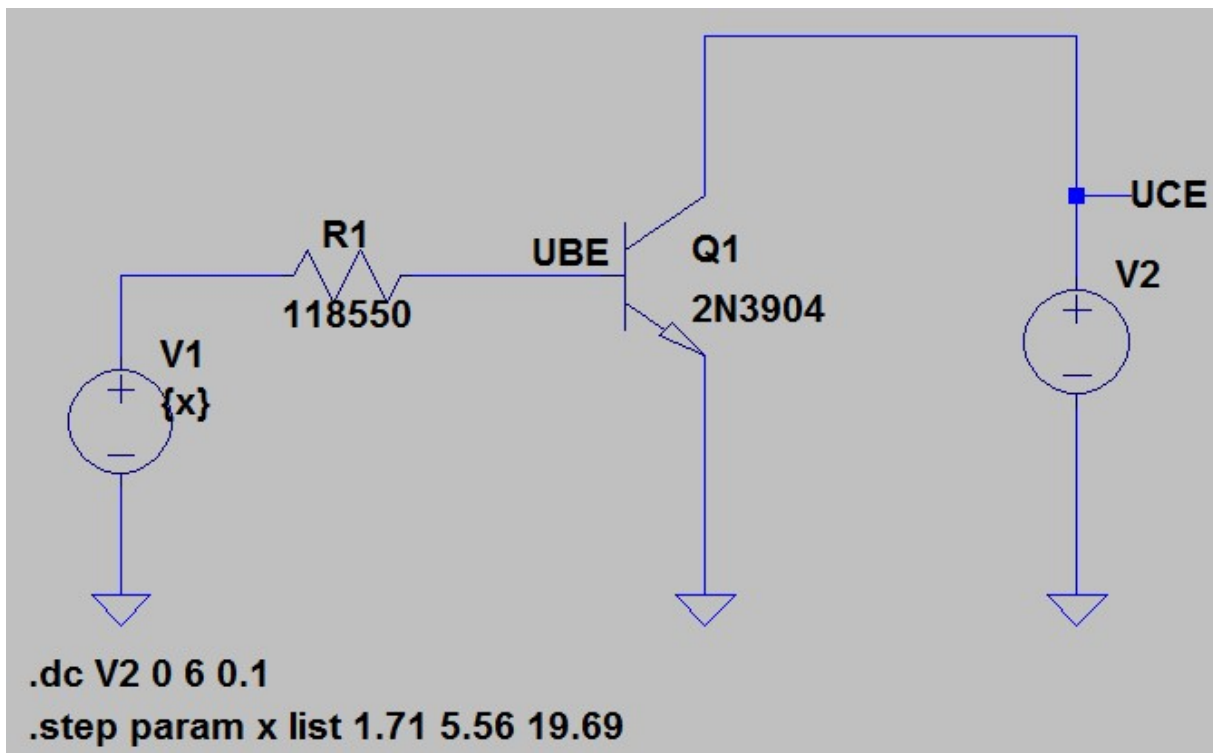
$$\text{Bei } I_{B1}: r_{CE} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{6V - 4V}{1mA - 0,99mA} = 666,6k\Omega$$

$$\text{Bei } I_{B2}: r_{CE} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{6V - 4V}{4,9mA - 4,8mA} = 25k\Omega$$

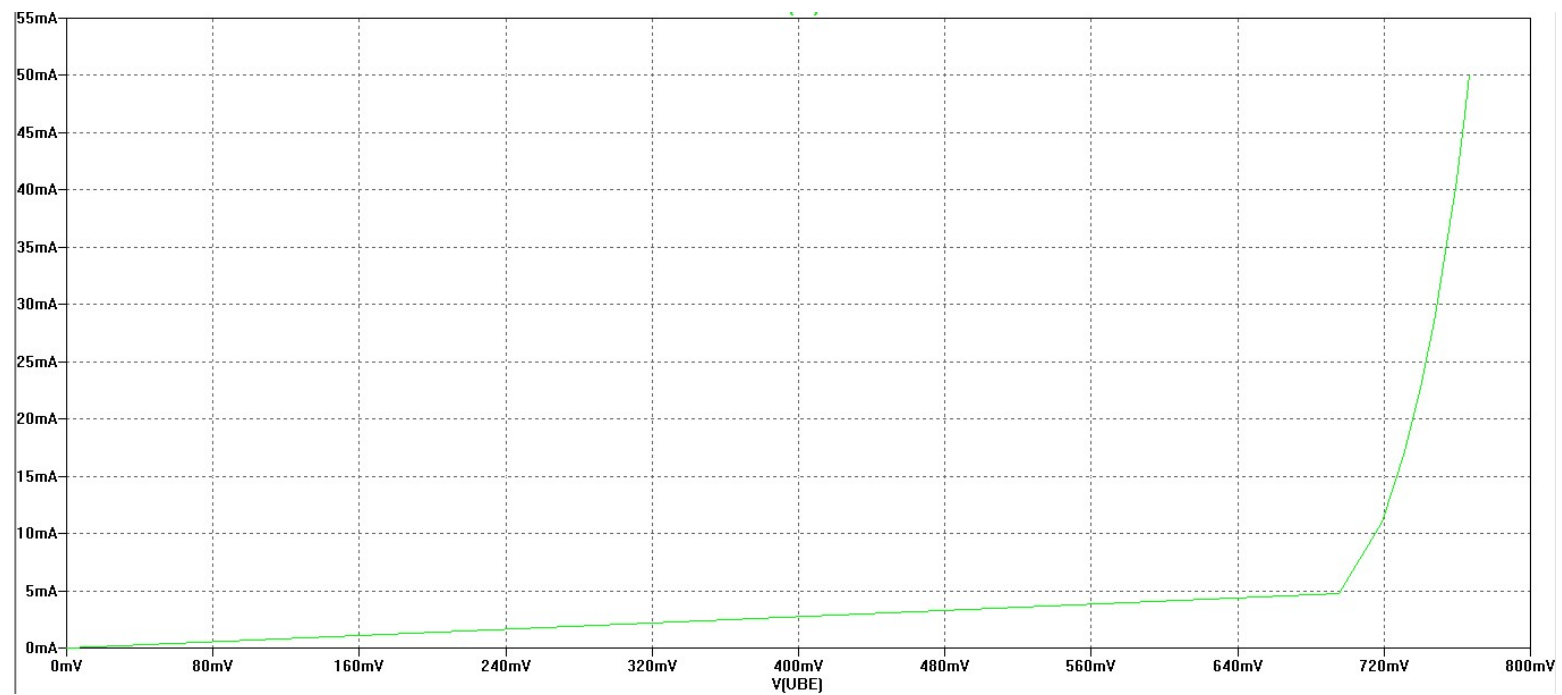
$$\text{Bei } I_{B3}: r_{CE} = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta I_C} = \frac{6V - 4V}{20,04mA - 19,42mA} = 2k\Omega$$

Aufgabe 4: Simulation der Emittergrundschaltung im LTSpice

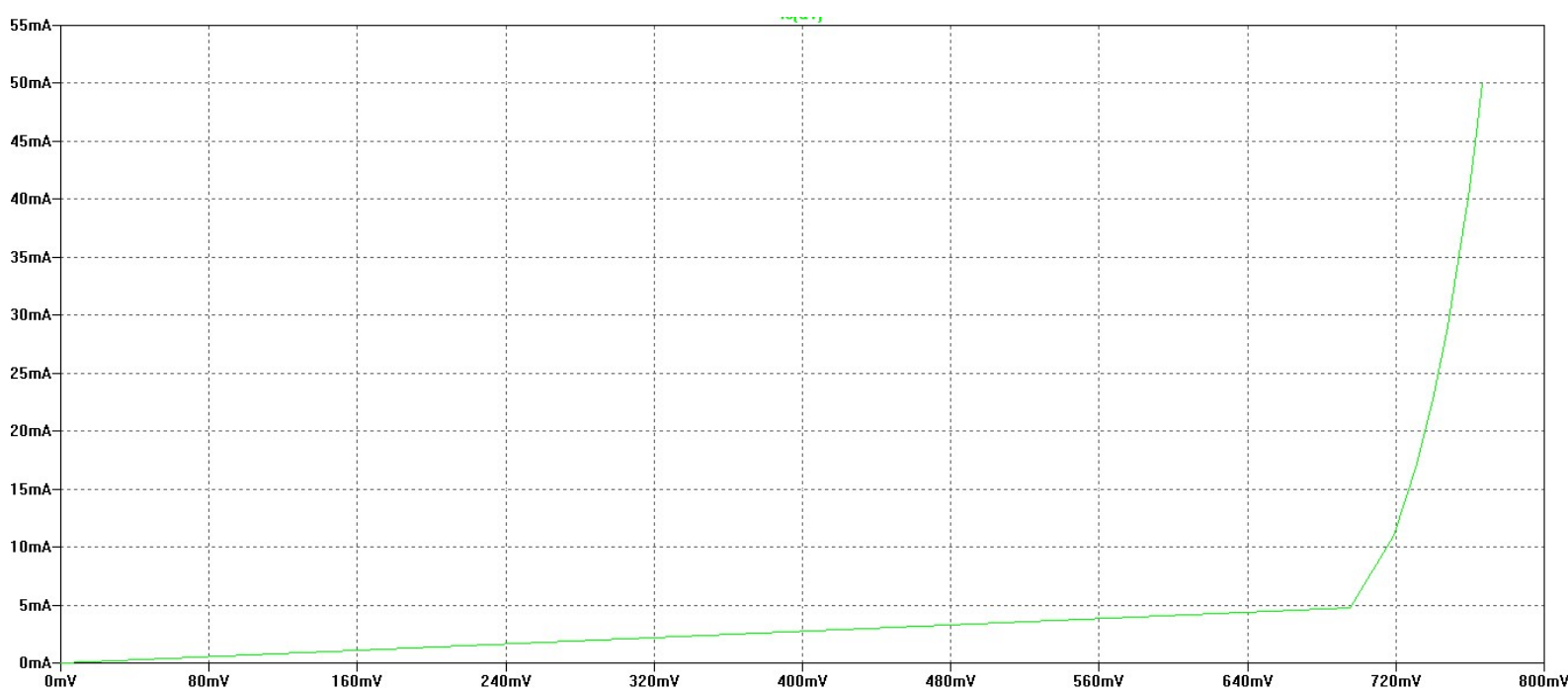
Bemerkung: Die Aufgabe war eine Herausforderung und eine gute Übung für mich, weil mein Wissen über das Programm ist nicht groß und für diese Kennlinien muss man doch länger herumprobieren.

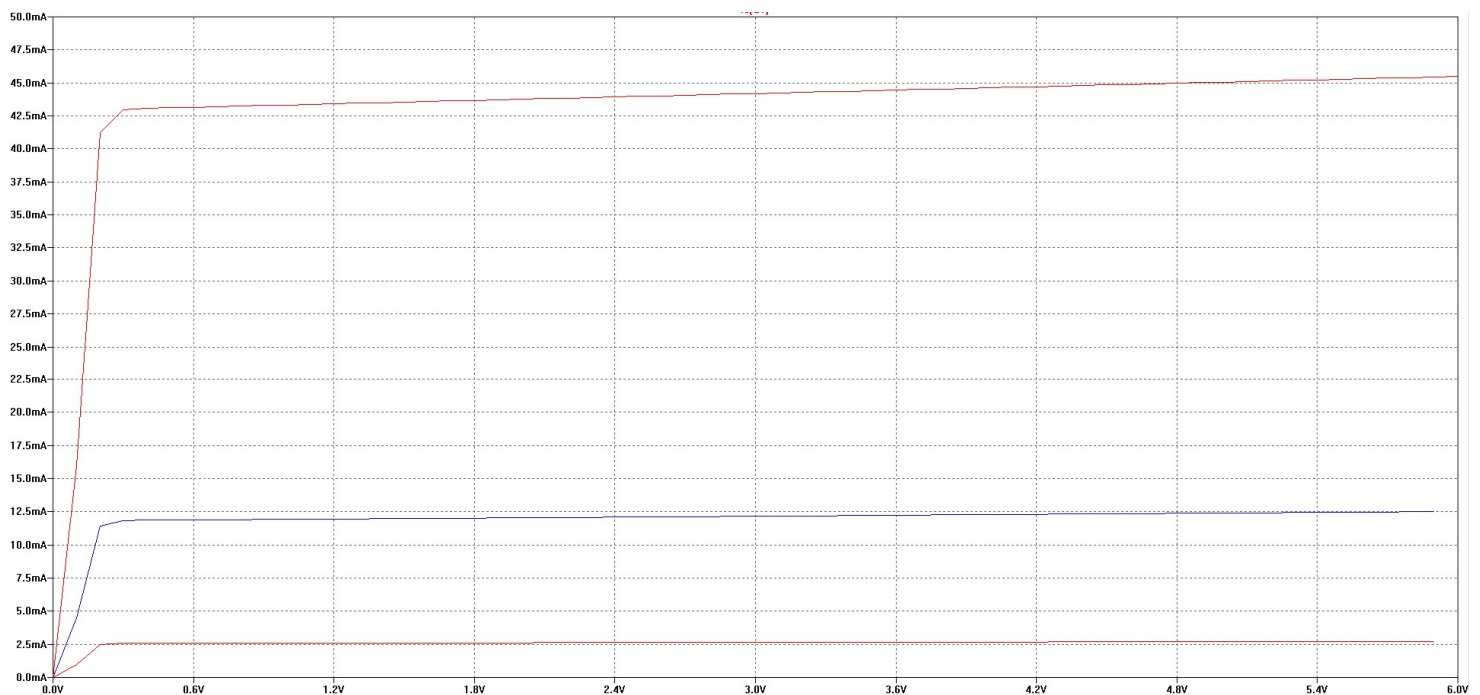


Eingangskennlinie



Übertragungskennlinie



Ausgangskennlinie

Wenn man die Kennlinien aus der Simulation und unseren Excel berechnen vergleicht, sieht man das die Graphen sich sehr ähnlich sind. Den Transistor den wir in der Messung verwendet haben, gibt es auch im LTSpice.

Zu Anfang wusste ich nicht, wie man einen Transistortyp im LTSpice ändert, so habe ich den Standard verwendet und bemerkte, dass die Kurven doch unterschiedlich sind im Gegensatz zur Messung.

Die Laborübung war in jedem Fall sehr interessant. Einige Sachen die ich schon über Transistoren wusste, wurden mir bestätigt und einige Sachen hab ich dazugelernt. War eine gute Übung um auch mal ein bisschen zu probieren und die Berechnungen mit der Realität zu vergleichen.