

Physikalisches Praktikum 2

Versuch EL2
Der Transistor

Verfasser:

Marcel vom Scheidt
Moritz Schubotz

Betreuer:

Sebastian Weber

Abgabetermin:

01.03.2007

0 Abstract

In dieser Versuchsreihe wird das Verhalten eines Transistors untersucht. Hierzu wird der NPN-Siliziumleistungstransistor **2N3054** verwendet.

0.1 Allgemeines über Transistoren

Transistoren sind elektronische Bauelemente mit 3 Anschlüssen. Sie können sowohl als Schalter (in der Digitaltechnik) sowie als Verstärker (analog) betrieben werden. Standardmäßig wird mit einem kleinen Strom ein größerer Strom geschaltet (verstärkt).

0.2 Transistorarten

Der vermutlich bekannteste Transistor ist der bipolar Transistor mit den Anschlüssen Basis, Emitter und Kollektor. Der „Eingang“ hier ist die Basis. Man unterscheidet zwischen PNP und NPN Transistoren.

Die andere übliche Transistorart ist der Feldeffekttransistor (FET) mit den Anschlüssen Source, Gate und Drain. Dieser Transistor hat den Vorteil, dass er fast stromlos gesteuert werden kann. Hier unterscheidet man zwischen n-FETs und p-FETs.

0.3 Grundlegendes über den NPN Transistor

Abbildung 1 NPN Bipolartransistor

Der NPN-Transistor besteht aus zwei negativ und einer positiv geladenen Schicht. Legt man eine Spannung vom Kollektor zum Emitter ohne Spannung an die Basis zu geben, so sperrt der Transistor. Erst nach dem Anlegen einer positiven Spannung an der Basis wird der Transistor leitend. Für den Versuch könnte es eventuell hilfreich sein, sich daran zu erinnern, dass die Kirchhoffschen Gesetze auch hier gelten.

- 1.) Die Summe aller Spannungen in einer Masche ist Null.
- 2.) Die Summe aller Ströme in einem Knotenpunkt ist Null.

0.4 Zur Namenskonvention

U_{BE}	Spannung Emitter Basis
U_{CB}	Spannung Basis Kollektor
U_{CE}	Spannung Kollektor Emitter
I_B	Basisstrom
I_C	Kollektorstrom

0.5 Inhalt

0	Abstract	2
0.1	Allgemeines über Transistoren	2
0.2	Transistorarten	2
0.3	Grundlegendes über den NPN Transistor	2
0.4	Zur Namenskonvention	2
0.5	Inhalt.....	3
1	Messung der Eingangs und Ausgangskennlinien	4
1.1	Allgemeines	4
1.2	Eingangskennlinie	4
1.2.1	Emitter Kollektor Kurzschluss	5
1.2.2	U_{CE} 3V	5
1.2.3	Auswertung.....	6
1.3	Ausgangskennlinie	6
1.3.1	I_B	7
1.3.2	Auswertung.....	9
2	Darstellung der Kennlinie auf dem Oszillografen	10
2.1	Eingangskennlinie	10
2.2	Ausgangskennlinie	12
Anhang A	Transistordatenblatt.....	14
Anhang B	Bildquellen	15

1 Messung der Eingangs und Ausgangskennlinien

1.1 Allgemeines

In allen folgenden Versuchen verwendeten wir zur Spannungsmessung ein DMM und zur Strommessung das Unigors. So konnten wir eine Umrechnung von Spannung in Strom vermeiden. Der Innenwiderstand des Unigors wird in der Fehlerabschätzung berücksichtigt.

1.2 Eingangskennlinie

Aufbau:

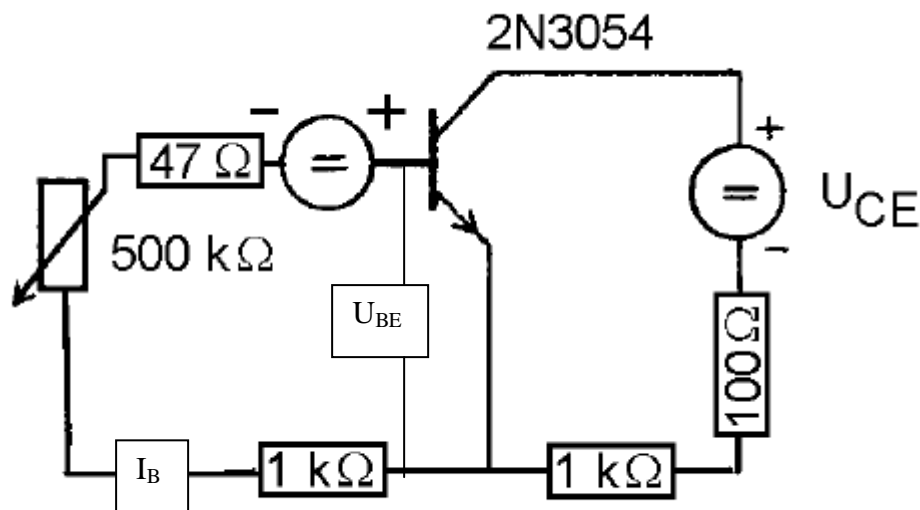


Abb. 6: Schaltung 1

Die von uns verwendete Widerstände hatten die Werte wie in der Zeichnung angegeben:

Einheit	Ohm	%	Ohm
Name	Widerstand	Fehler rel	Fehler abs
R1	100	10%	10
R2	1000	10%	100
R3	1000	10%	100
R4	47	10%	4,7

Zuerst versuchten wir den mit dem DMM zu Messen, jedoch lieferte dies keine eindeutigen Messergebnisse.

1.2.1 Emitter Kollektor Kurzschluss

Hier schlossen wir Kollektor und Emitter kurz.

Messreihe:

Einheit	Volt	Volt
Name	Spannung	Fehler abs
U _{ce}	0	0,1

Eingestellt				Gemessen			
Einheit	Volt	%	Volt	Einheit	µA	%	Volt
Name	Spannung	Fehler rel	Fehler abs	Name	Strom	Fehler rel	Fehler abs
U _{be}	0,36	2%	0,0054	I _b	10,5	2%	0,1575
U _{be}	0,38	2%	0,0057	I _b	19	2%	0,285
U _{be}	0,4	2%	0,006	I _b	30	2%	0,45
U _{be}	0,42	2%	0,0063	I _b	51	2%	0,765
U _{be}	0,44	2%	0,0066	I _b	82	2%	1,23
U _{be}	0,46	2%	0,0069	I _b	160	2%	2,4
U _{be}	0,48	2%	0,0072	I _b	300	2%	4,5
U _{be}	0,5	2%	0,0075	I _b	490	2%	7,35
U _{be}	0,52	2%	0,0078	I _b	910	2%	13,65
U _{be}	0,54	2%	0,0081	I _b	1500	2%	22,5
U _{be}	0,56	2%	0,0084	I _b	2400	2%	36
U _{be}	0,58	2%	0,0087	I _b	4000	2%	60

1.2.2 U_{CE} 3V

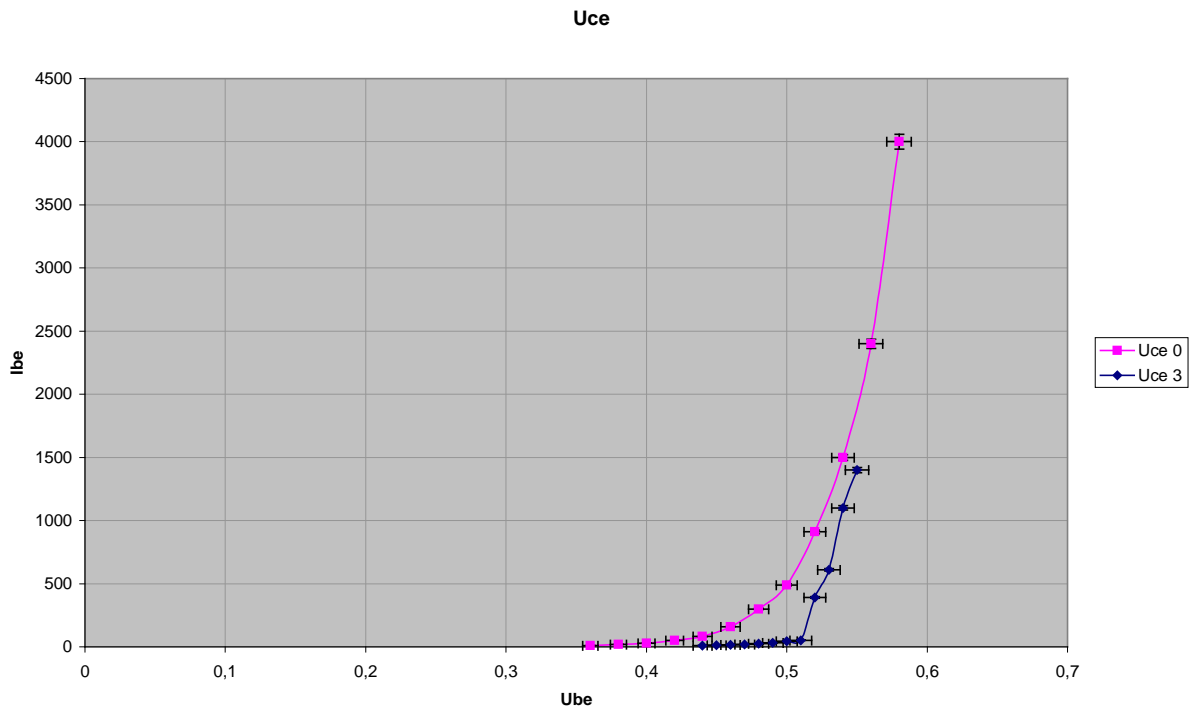
Jetzt legen wir 3V zwischen Emitter und Kollektor (vgl. Zeichnung) an und wiederholten die Messreihe.

Messreihe:

Einheit	Volt	Volt
Name	Spannung	Fehler abs
U _{ce}	3	0,05

Eingestellt				Gemessen			
Einheit	Volt	%	Volt	Einheit	µA	%	Volt
Name	Spannung	Fehler rel	Fehler abs	Name	Strom	Fehler rel	Fehler abs
U _{be}	0,44	2%	0,0066	I _b	10	2%	0,15
U _{be}	0,45	2%	0,00675	I _b	13	2%	0,195
U _{be}	0,46	2%	0,0069	I _b	16	2%	0,24
U _{be}	0,47	2%	0,00705	I _b	20	2%	0,3
U _{be}	0,48	2%	0,0072	I _b	24	2%	0,36
U _{be}	0,49	2%	0,00735	I _b	32	2%	0,48
U _{be}	0,5	2%	0,0075	I _b	45	2%	0,675
U _{be}	0,51	2%	0,00765	I _b	52	2%	0,78
U _{be}	0,52	2%	0,0078	I _b	390	2%	5,85
U _{be}	0,53	2%	0,00795	I _b	610	2%	9,15
U _{be}	0,54	2%	0,0081	I _b	1100	2%	16,5
U _{be}	0,55	2%	0,00825	I _b	1400	2%	21

1.2.3 Auswertung



I_{BE} in μA und U_{BE} in V.

Die Messergebnisse entsprechen den Erwartungen insofern, dass I_B für $U_{CE} = 0V$ exponentiell wächst und I_B für $U_{CE} = 3V$ zwar erst später einsetzt jedoch dann auch exponentiell wächst. Der Anstieg für $U_{CE} = 3V$ ist zwar etwas abrupt, dies liegt jedoch im Bereich des Fehlers.

1.3 Ausgangskennlinie

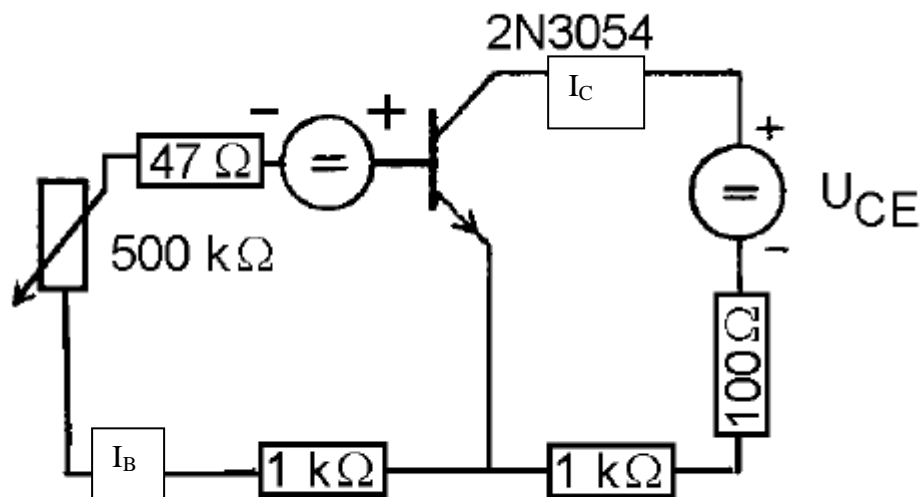


Abb. 6: Schaltung 1

In diesem Versuch verwendeten wir 2 Unigor um I_C und zu messen. Wir stellten I_B auf einen konstanten Wert ein und variierten die Eingangsspannung U_{CE} durch die externe Spannungsquelle. Diese Spannung lasen wir mit dem DMM ab.

Physikalisches Praktikum 2
Versuch EL2 - Der Transistor

1.3.1 I_B

Messreihe 1:

Einheit	μ Ampere	μ Ampere
Name	Strom	Fehler abs
Ib	10	0,4

Eingestellt				Gemessen			
Einheit	Volt	%	Volt	Einheit	mA	%	Volt
Name	Spannung	Fehler rel	Fehler abs	Name	Strom	Fehler rel	Fehler abs
Uce	0	3%	0	Ic	0	2%	0
Uce	2	3%	0,06	Ic	17	2%	0,255
Uce	4	3%	0,12	Ic	34	2%	0,51
Uce	6	3%	0,18	Ic	52	2%	0,78
Uce	8	3%	0,24	Ic	65	2%	0,975
Uce	10	3%	0,3	Ic	69	2%	1,035
Uce	12	3%	0,36	Ic	70	2%	1,05
Uce	14	3%	0,42	Ic	71,5	2%	1,0725
Uce	16	3%	0,48	Ic	73	2%	1,095
Uce	18	3%	0,54	Ic	75	2%	1,125
Uce	20	3%	0,6	Ic	76	2%	1,14

Messreihe 2:

Einheit	μ Ampere	μ Ampere
Name	Strom	Fehler abs
Ib	20	0,4

Eingestellt				Gemessen			
Einheit	Volt	%	Volt	Einheit	mA	%	Volt
Name	Spannung	Fehler rel	Fehler abs	Name	Strom	Fehler rel	Fehler abs
Uce	0	2%	0	Ic	0	2%	0
Uce	2	2%	0,03	Ic	18	2%	0,27
Uce	4	2%	0,06	Ic	33	2%	0,495
Uce	6	2%	0,09	Ic	54	2%	0,81
Uce	8	2%	0,12	Ic	73	2%	1,095
Uce	10	2%	0,15	Ic	91	2%	1,365
Uce	12	2%	0,18	Ic	110	2%	1,65
Uce	14	2%	0,21	Ic	120	2%	1,8
Uce	16	2%	0,24	Ic	140	2%	2,1
Uce	18	2%	0,27	Ic	155	2%	2,325
Uce	20	2%	0,3	Ic	157	2%	2,355

Physikalisches Praktikum 2
Versuch EL2 - Der Transistor

Messreihe 3:

Einheit	μ Ampere	μ Ampere
Name	Strom	Fehler abs
Ib	30	0,4

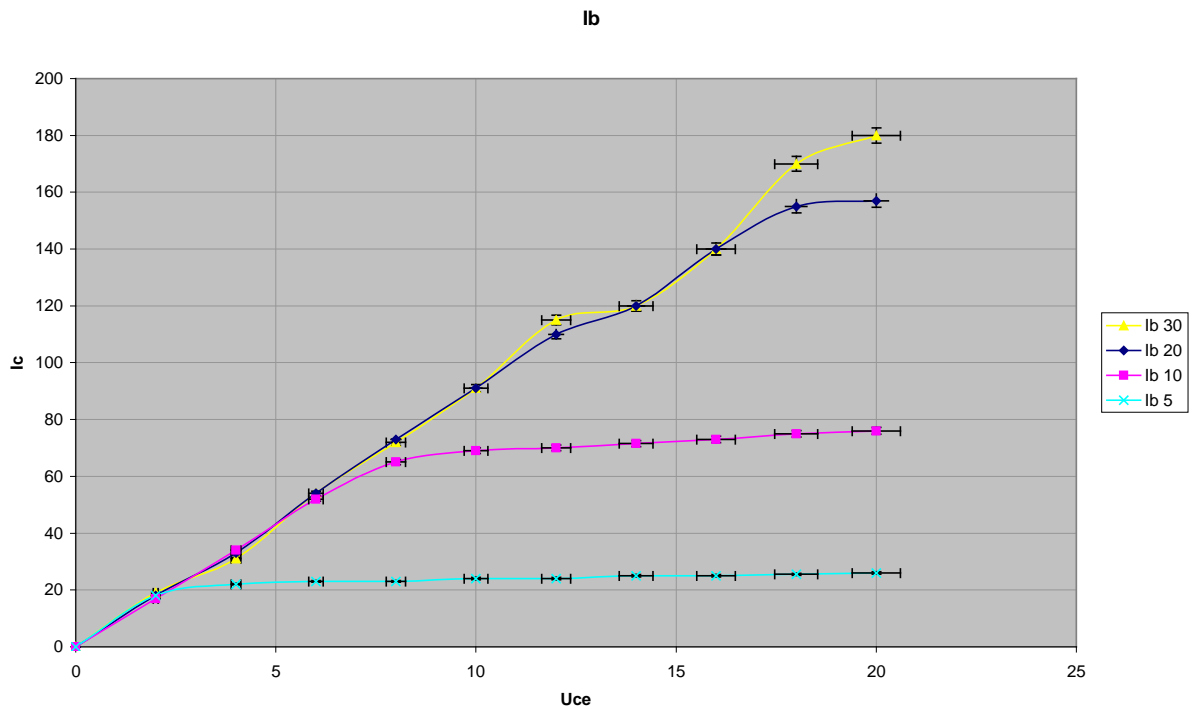
Eingestellt				Gemessen			
Einheit	Volt	%	Volt	Einheit	mA	%	Volt
Name	Spannung	Fehler rel	Fehler abs	Name	Strom	Fehler rel	Fehler abs
Uce	0	3%	0	Ic	0	2%	0
Uce	2	3%	0,06	Ic	19	2%	0,285
Uce	4	3%	0,12	Ic	31	2%	0,465
Uce	6	3%	0,18	Ic	54	2%	0,81
Uce	8	3%	0,24	Ic	72	2%	1,08
Uce	10	3%	0,3	Ic	91	2%	1,365
Uce	12	3%	0,36	Ic	115	2%	1,725
Uce	14	3%	0,42	Ic	120	2%	1,8
Uce	16	3%	0,48	Ic	140	2%	2,1
Uce	18	3%	0,54	Ic	170	2%	2,55
Uce	20	3%	0,6	Ic	180	2%	2,7

Messreihe 4:

Einheit	μ Ampere	μ Ampere
Name	Strom	Fehler abs
Ib	5	0,4

Eingestellt				Gemessen			
Einheit	Volt	%	Volt	Einheit	mA	%	Volt
Name	Spannung	Fehler rel	Fehler abs	Name	Strom	Fehler rel	Fehler abs
Uce	0	3%	0	Ic	0	2%	0
Uce	2	3%	0,06	Ic	18	2%	0,27
Uce	4	3%	0,12	Ic	22	2%	0,33
Uce	6	3%	0,18	Ic	23	2%	0,345
Uce	8	3%	0,24	Ic	23	2%	0,345
Uce	10	3%	0,3	Ic	24	2%	0,36
Uce	12	3%	0,36	Ic	24	2%	0,36
Uce	14	3%	0,42	Ic	25	2%	0,375
Uce	16	3%	0,48	Ic	25	2%	0,375
Uce	18	3%	0,54	Ic	25,5	2%	0,3825
Uce	20	3%	0,6	Ic	26	2%	0,39

1.3.2 Auswertung



I_C in mA und U_{CE} in V.

Die Messergebnisse entsprechen nicht ganz den Erwartungen insofern, dass I_C bis zum Wendepunkt linear anstatt exponentiell anwächst.

Wir erwarten, dass der Ausreißer bei I_B = 30 μA ein Messfehler ist.

2 Darstellung der Kennlinie auf dem Oszillografen

Dieser Versuchsteil funktioniert analog zum vorherigen mit dem einzigen Unterschied, dass die U_{BE} bzw. U_{CE} nicht mehr von hand variiert wird, sondern dies durch eine Wechselspannungsquelle geschieht. Die Messergebnisse werden folglich auch nicht händisch sondern unter Zuhilfenahme eines Oszillografen aufgezeichnet.

Die anfänglichen Probleme mit dem Oszillografen konnten wir durch eine Hilfestellung des Assistenten lösen.

2.1 Eingangskennlinie

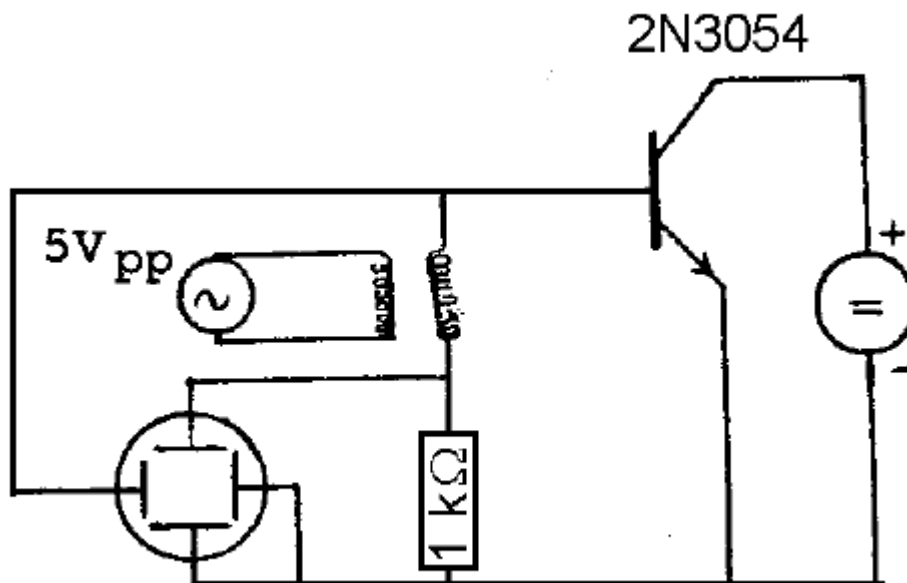


Abb. 7: Schaltung 2

Beobachtung:

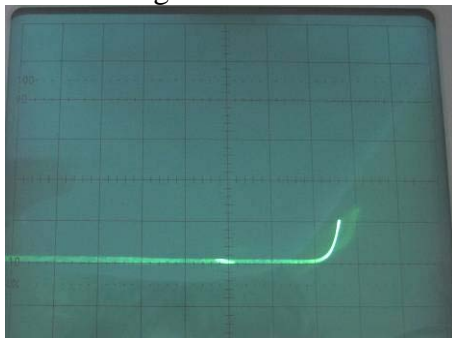


Abbildung 2 50Hz

Physikalisches Praktikum 2 Versuch EL2 - Der Transistor

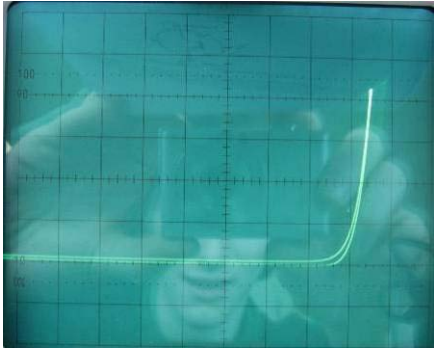


Abbildung 3 500Hz

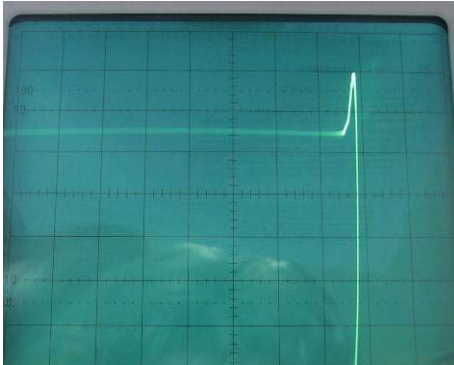


Abbildung 4 5kHz

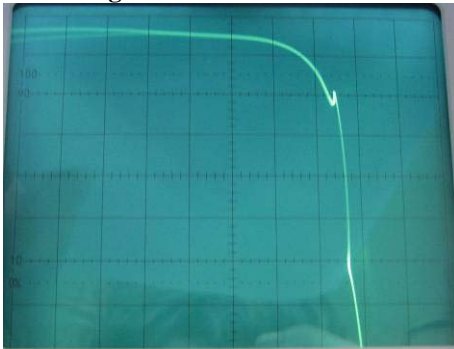


Abbildung 5 50kHz

Auswertung:

Die Kennlinie stimmt mit dem oben stehenden Diagramm überein es konnte auch beobachtet werden, dass sich die Kennlinie bei anlegen einer Spannung U_{CE} nach rechts verschoben hat (kein Photo). Weiterhin wurde festgestellt, dass bei Abkühlen des Transistors die Durchlassspannung erhöht wurde.

Wählt man allerdings die Frequenz zu hoch so erhält man kein gutes Bild mehr, weil die Spule des Versuchs dann zu „träge“ ist und durch das induzierte Magnetfeld die Messwerte verfälscht.

2.2 Ausgangskennlinie

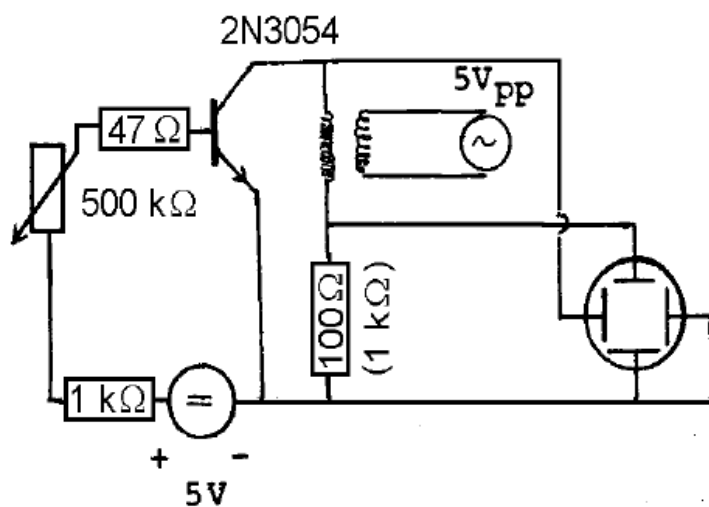


Abb. 8: Schaltung 3

Beobachtung:

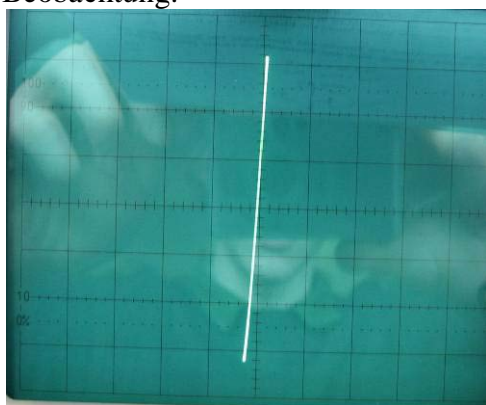


Abbildung 6 $I_b=30\mu\text{A}$

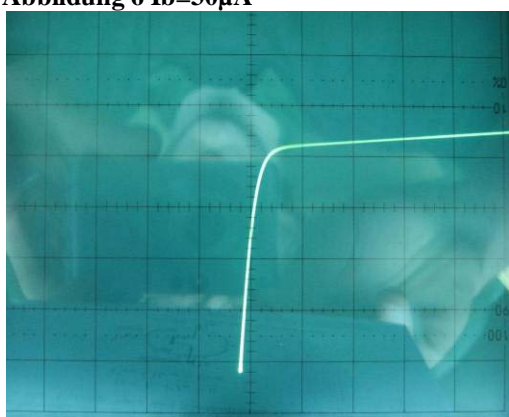


Abbildung 7 $I_b=10\mu\text{A}$

Physikalisches Praktikum 2
Versuch EL2 - Der Transistor

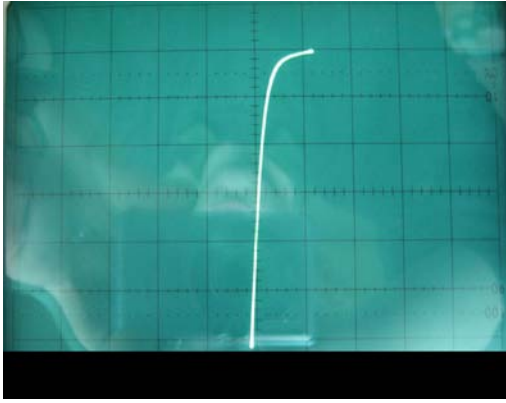


Abbildung 8 $I_b=20\mu\text{A}$

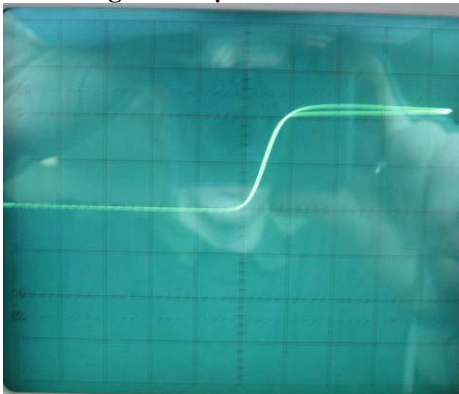


Abbildung 9 $I_b=5\mu\text{A}$

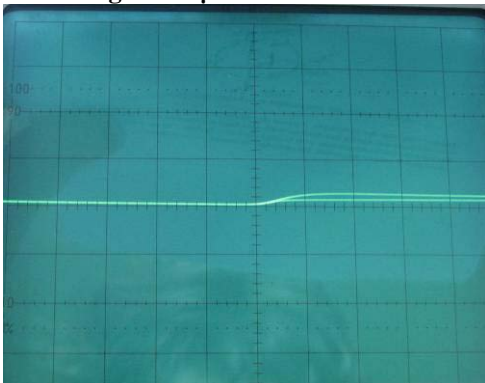


Abbildung 10 $I_b=2,5\mu\text{A}$

Auswertung:

Hier erhalten wir das erwartete Transistorkennlinienbild. Das Problem aus der ersten Messung dass der erste Teil linear verläuft ist auch verschwunden. Wahrscheinlich haben wir bei der ersten Messung noch einen Widerstand als Störfaktor gehabt.

Anhang B Bildquellen

Datenblatt: www.datasheetcatalog.com

NPN-Funktionsschema de.wikipedia.org

Versuchsaufbauten Anleitungsheft

Oszillograph Digitalkamera