

Versuch EP1

Frederik Strothmann, Henrik Jürgens

7. November 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Verwendete Materialien	4
3	Versuchsteil 1	4
4	Signalausbreitung über einfache Kabel	4
4.1	Versuchsaufbau	4
4.1.1	2.1 Ein Bananenkabel und gemeinsame Masse	5
4.1.2	2.2 Zwei Bananenkabel	5
4.1.3	2.3 Zwei verdrehte Bananenkabel	5
4.2	Versuchsdurchführung	7
4.3	Auswertung	7
4.3.1	2.1 Ein Bananenkabel und gemeinsame Masse	7
4.3.2	2.2 Zwei Bananenkabel	9
4.3.3	2.3 Zwei verdrehte Bananenkabel	11
4.4	Diskussion	13
5	Signalübertragung über Koaxialkabel	13
5.1	Versuchsaufbau	13
5.1.1	Kurzes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand	13
5.1.2	Langes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand	14
5.1.3	Langes Koaxialkabel mit Abschlußwiderstand	14
5.1.4	Langes Koaxialkabel mit Kurzschluß am Ende	15
5.1.5	Langes Koaxialkabel mit variablem Abschlußwiderstand	15
5.2	Versuchsdurchführung	15
5.3	Auswertung	16
5.3.1	Kurzes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand	16
5.3.2	Langes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand	16
5.3.3	Langes Koaxialkabel mit Abschlußwiderstand	17
5.3.4	Langes Koaxialkabel mit Kurzschluß am Ende	18
5.3.5	Langes Koaxialkabel mit variablem Abschlußwiderstand	19
5.4	Diskussion	20
6	Verdrehte Leitungen (Twisted Pair)	20
6.1	Versuchsaufbau	20
6.1.1	Aufbau mit offenem Ende	20
6.1.2	Aufbau mit Potentiometer am Ende	20
6.2	Versuchsdurchführung	21
6.3	Verwendete Formeln	21
6.4	Auswertung	21
6.4.1	Aufbau mit offenem Ende	21
6.4.2	Aufbau mit Potentiometer am Ende	22
6.5	Diskussion	23
7	Kabeleigenschaften	23
7.1	Versuchsaufbau	24
7.2	Versuchsdurchführung	24
7.3	Verwendete Formeln	24

7.4	Auswertung	24
7.5	Diskussion	26
8	Fazit	26

1 Einleitung

Dieser Versuch beschäftigt sich mit den Übertragungseigenschaften verschiedener Kabel. Untersucht werden Bananenkabel, BNC-Kabel und Patchkabel.

In den Aufbauten wird die Signalqualität der Kabel abhängig von der Einstellung des Funktionsgenerators (Sinus oder Rechteck), der Kabellänge und der Schaltung miteinander verglichen. Der sogenannte 'Kapazitätsbelag' (Kapazität zwischen Signal und Masseleitung) des BNC- und Patchkabels, welcher neben drei weiteren Kabelkonstanten (Selbstinduktivität der Leitung, Widerstand der Signalleitung, Leitwert der Isolation) bei der Beschreibung der Kabeleigenschaften eine wichtige Rolle spielt wird ebenfalls bestimmt.

2 Verwendete Materialien

Verwendet wurden:

- Funktionsgenerator zum Erzeugen der Signale
- Oszilloskop zur graphischen Darstellung der Signale
- Bananenkabel zur Signalübertragung
- Koaxialkabel zur Signalübertragung
- Patchkabel zur Signalübertragung
- Mikrofon zum Signalerzeugen
- Operationsverstärker zum Verstärken des Mikrofonsignals
- T-Verbindungsstück zum Anschließen zusätzlicher Kabel
- BNC-Bananenkabel Adapter
- Verschiedene Widerstände/Potentiometer

3 Versuchsteil 1

Der erste Versuchsteil war nicht mit Messungen versehen, wodurch die Nummerierung bei Versuchsteil zwei anfängt.

4 Signalausbreitung über einfache Kabel

Im zweiten Versuchsteil sollte die Störanfälligkeit von Signalen bei Übertragung mit Bananenkabeln überprüft werden. Dabei wurden drei verschiedene Übertragungsmöglichkeiten verwendet, Übertragung mit nur einem Bananenkabel, mit zwei Bananenkabeln und mit einem twisted-pair Kabel aus zwei Bananenkabeln.

4.1 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau teilt sich in drei Teile auf.

4.1.1 2.1 Ein Bananenkabel und gemeinsame Masse

Für die Signalübertragung mit nur einem Bananenkabel wurde der Aufbau aus Abbildung 1 verwendet.

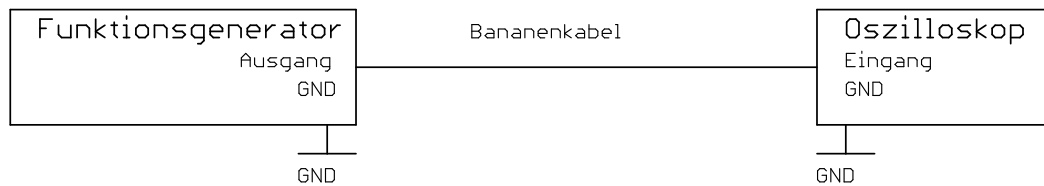


Abbildung 1: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit einem Bananenkabel¹

4.1.2 2.2 Zwei Bananenkabel

Bei der Signalübertragung mit zwei Bananenkabeln wurde der Aufbau aus Abbildung 2 verwendet.

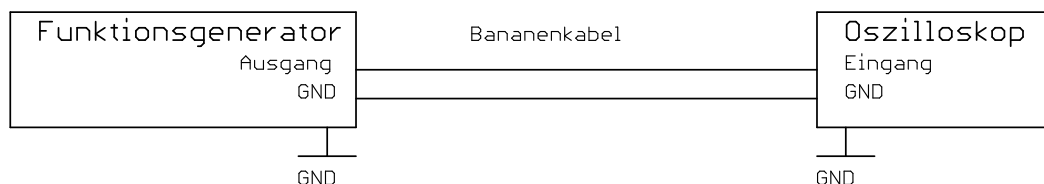


Abbildung 2: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit zwei Bananenkabeln²

4.1.3 2.3 Zwei verdrehte Bananenkabel

Für die Signalübertragung über ein twisted-pair Kabel wurden die Bananenkabel aus Abbildung 2 miteinander verdreht.

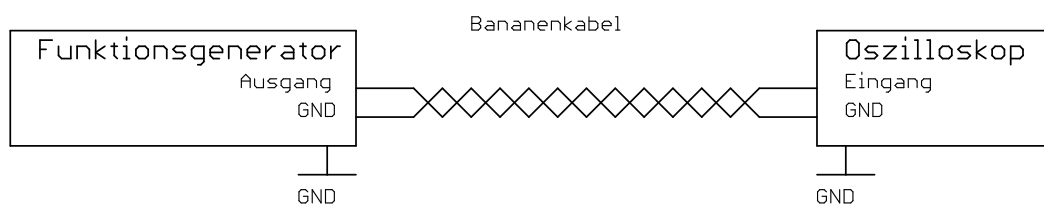


Abbildung 3: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit zwei verdrehten Bananenkabeln³

Als alternative zu dem geerdetem Funktionsgenerator wird ein Mikrofon als Signalquelle verwendet. Das Signal wird über einen Operationsverstärker, siehe Abbildung 4 verstärkt, um das Signal auf dem Oszilloskop sichtbar zu machen.

¹Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 8 am 19.10.2014

²Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 8 am 19.10.2014

³Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 9 am 19.10.2014

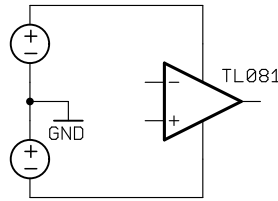


Abbildung 4: Schaltskizze zum Anschlusses des Operationsverstärkers⁴

Der Operationsverstärker und das Mikrofon werden dann nach Schaltbild 5 geschaltet. Dabei wurde für die Widerstände die Werte $R_1=R_3=1\text{k}\Omega$ und $R_2=R_4=100\text{k}\Omega$ gewählt. Dadurch ergibt sich eine Verstärkung um den Faktor 100⁵.

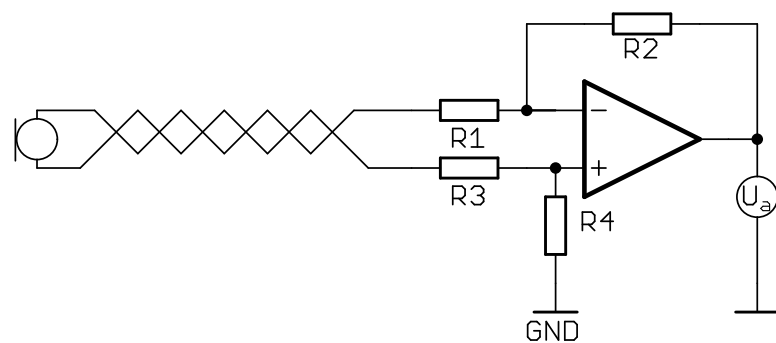


Abbildung 5: Schaltskizze des Aufbaus mit Operationsverstärker und verdrehten Bananenkaabeln⁶

Zum Vergleich wird Widerstand 3 mit der Erde verbunden, Aufbau nach Abbildung 6.

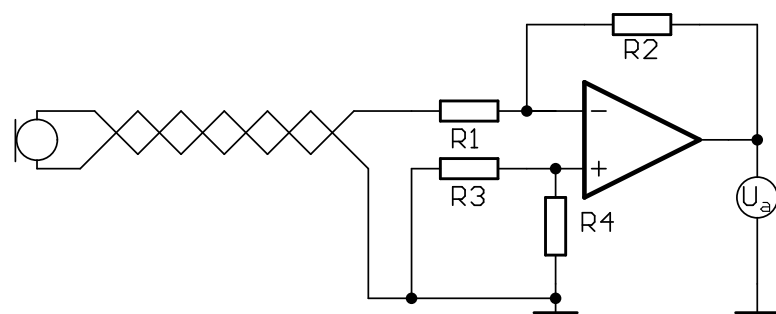


Abbildung 6: Schaltskizze des Aufbaus mit Operationsverstärker und verdrehten Bananenkaabeln, bei parallel geschaltetem R_3 ⁷

⁴Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 11 am 19.10.2014

⁵siehe Formel aus der Versuchsbeschreibung http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 10 am 23.10.2014

⁶Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 11 am 19.10.2014

⁷Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 11 am 19.10.2014

4.2 Versuchsdurchführung

An die Aufbauten in Versuchsteil 2.1 und 2.2 wurden jeweils eine Sinus- und eine Rechteckspannung angelegt und der Frequenzbereich von 100 Hz bis 10 MHz mit dem Oszilloskop ausgemessen. Die Verzerrungen des Signals werden anhand der Graphiken (bei gleichen Spannungsamplituden) miteinander verglichen.

Im dritten Teil werden die Bananenkabel aus dem zweiten Teil miteinander verdreht und die Verbesserung der Signalübertragung bei kleinen Spannungsamplituden mit dem Aufbau aus dem zweiten Teil verglichen.

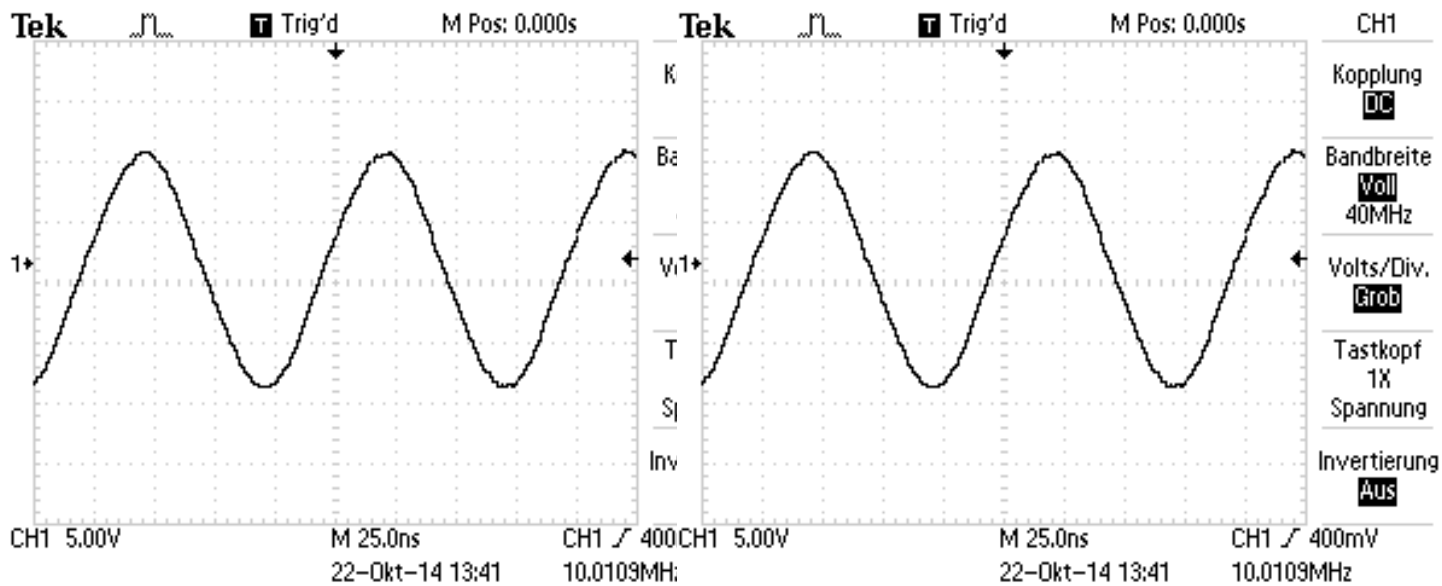
Da die Erdung des Funktionsgenerators und des Oszilloskops nur einen kleinen Gegenstrom durch das zweite Kabel zulässt, welcher eigentlich die Störung des zweiten Kabels aufheben soll, wird anschließend das Mikrofon als Signalquelle verwendet und über einen Operationsverstärker an das Oszilloskop angeschlossen, sodass durch das zweite Kabel der entgegengesetzte Strom fließen kann. Um die Verbesserung der Signalübertragung bei diesem Microphon (dynamisches Mikrophon) gegenüber dem geerdeten Fall abzuschätzen, wird parallel zu Widerstand R3 die Erde angeschlossen, sodass das zweite Kabel wie bei dem Aufbau mit dem Funktionsgenerator direkt mit der Erde verbunden ist. Für die Signalerzeugung wurde einerseits in das Mikrofon gepfiffen und andererseits das Mikrofon auf den Funktionsgenerator gelegt um die dadurch erzeugten Störsignale aufzunehmen. Die Darstellung wurde dann jeweils auf dem Oszilloskop angehalten.

4.3 Auswertung

In der Auswertung wird die Qualität der übertragenen Signale bei unterschiedlichen Frequenzen überprüft.

4.3.1 2.1 Ein Bananenkabel und gemeinsame Masse

Ersten Messung mit nur einem Bananenkabel: Bei der Übertragung des Sinussignals war kein qualitativer Unterschied festzustellen, wie man an Abbildung 7a und Abbildung 7b erkennen kann.



(a) Aufnahme der Sinuswelle mit einer Frequenz von 100Hz

(b) Aufnahme der Sinuswelle mit einer Frequenz von 10MHz

Abbildung 7: Kurve der übertragenen Sinussignale für 100Hz und 10MHz

Bei der Übertragung der Rechteckspannung war bei 100Hz noch keine Verzerrung zu sehen, siehe Abbildung 8a. Die ersten Verzerrungen wurden bei einer Frequenz von 10kHz gemessen, zu sehen in Abbildung 8b. Bei einer Frequenz von 10MHz ist die Rechteckspannung als solche nicht mehr zu erkennen, Abbildung 8c. Dies liegt daran, dass das Oszilloskop eine Maximale Anzeigefrequenz von 40MHz hat.

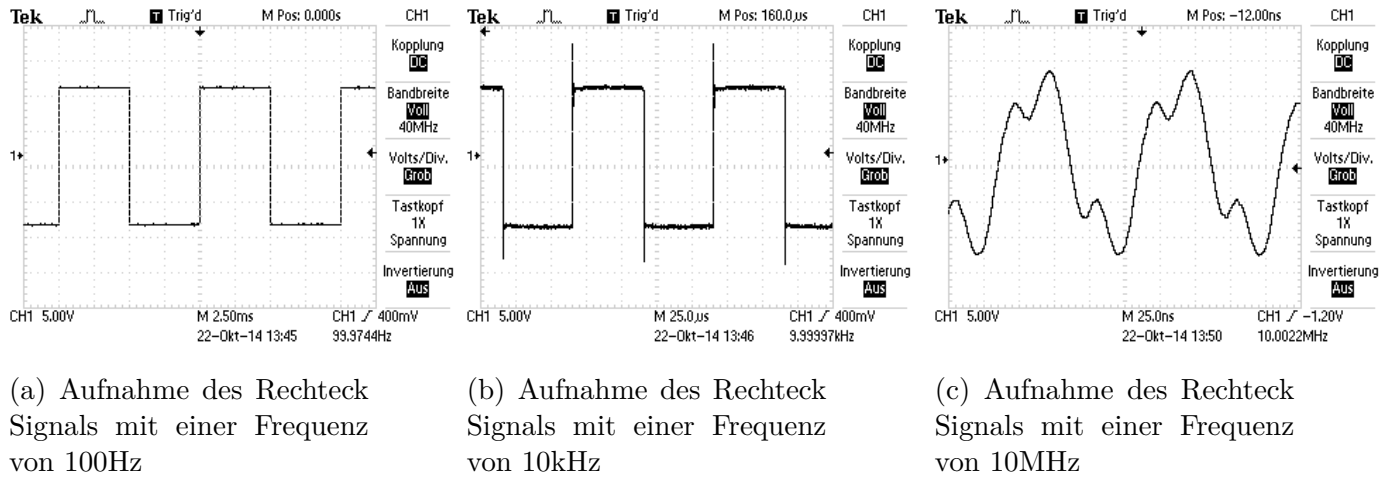


Abbildung 8: Kurve der übertragenen Rechtecksignale für 100Hz, 10kHz und 10MHz

4.3.2 2.2 Zwei Bananenkabel

Bei der Messung mit zwei Bananenkabeln war die Qualität des Sinussignals bei unterschiedlichen Frequenzen unverändert, was in Abbildung 9 zu sehen ist.

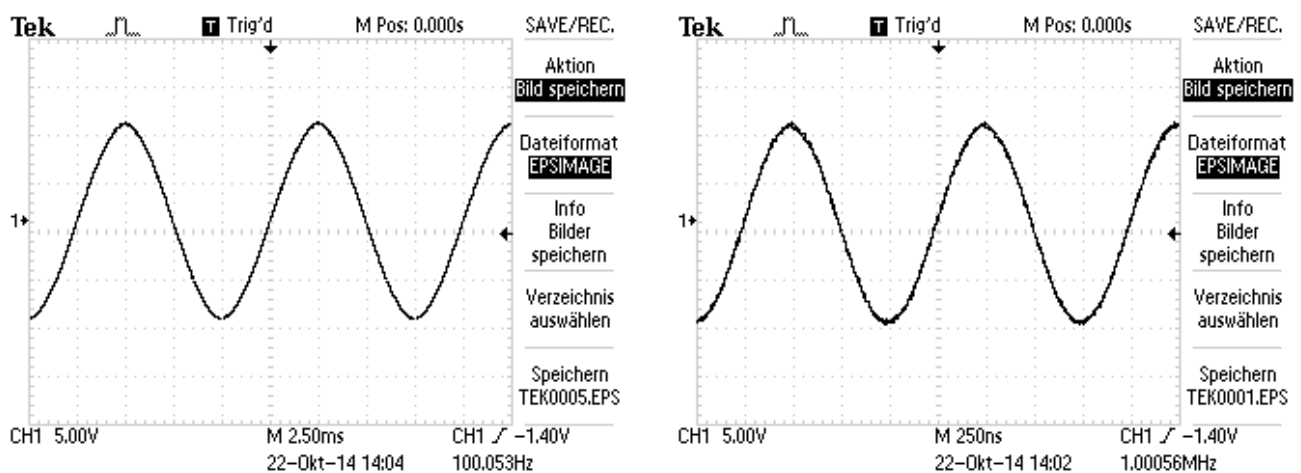
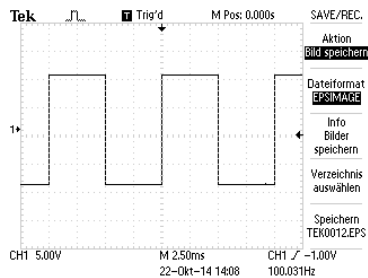
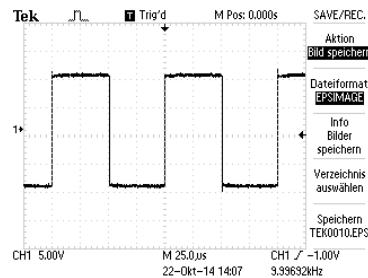


Abbildung 9: Kurve der übertragenen Sinussignale für 100Hz und 1MHz

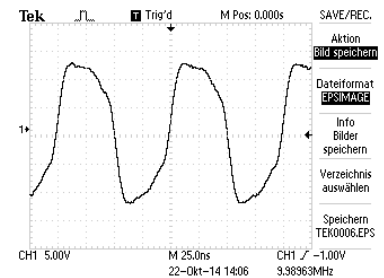
Bei niedriger Frequenz ist das Signal sehr gut zu erkennen, Abbildung 10a. Die ersten Verzerrungen waren auch wieder bei einer Frequenz von 10kHz zu erkennen, diese fällt jedoch geringer als beim Aufbau zuvor aus, wie in Abbildung 10b zu erkennen ist, was wie zuvor am Anzeigebereich des Oszilloskops liegt. Bei einer Frequenz von 10MHz ist das vorherige Rechtecksignal als solches nicht mehr zu erkennen. Jedoch ist das Signal deutlich besser erhalten, als bei der einkanaligen Verbindung, wie in Abbildung 10c zu erkennen ist.



(a) Aufnahme des Rechteck Signals mit einer Frequenz von 100Hz



(b) Aufnahme des Rechteck Signals mit einer Frequenz von 10kHz

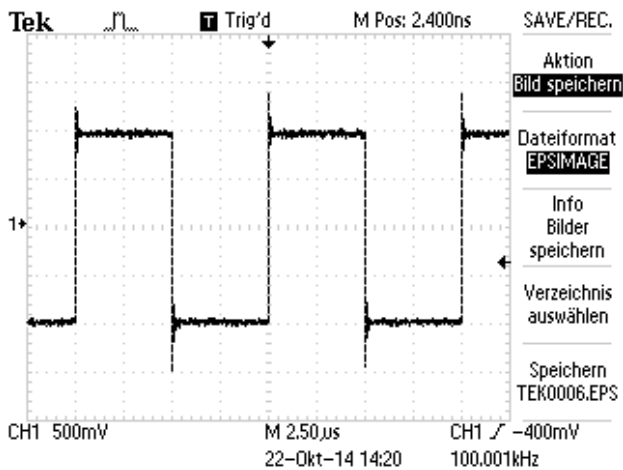


(c) Aufnahme des Rechteck Signals mit einer Frequenz von 10MHz

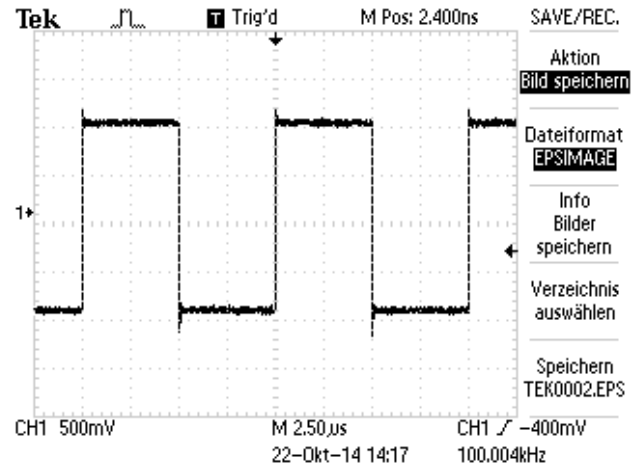
Abbildung 10: Kurve der übertragenen Rechtecksignale für 100Hz, 10kHz und 10MHz

4.3.3 2.3 Zwei verdrehte Bananenkabel

Betrachtet man die Signalübertragung einer Rechteckspannung mit einem twisted-pair Kabel, Abbildung 11a und zwei nicht verdrehten Bananenkabeln, Abbildung 11b so lässt sich kaum eine Verbesserung feststellen, da die Signalquelle nicht potentialfrei ist.



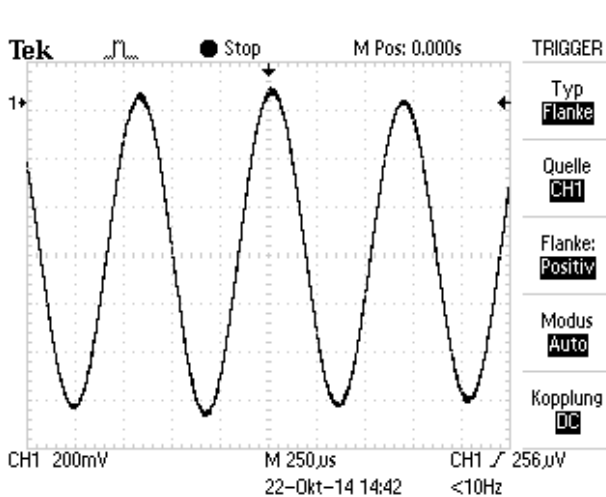
(a) Aufnahme des Rechtecksignals, übertragen mit zwei Bananenkabel und einer Frequenz von 100kHz



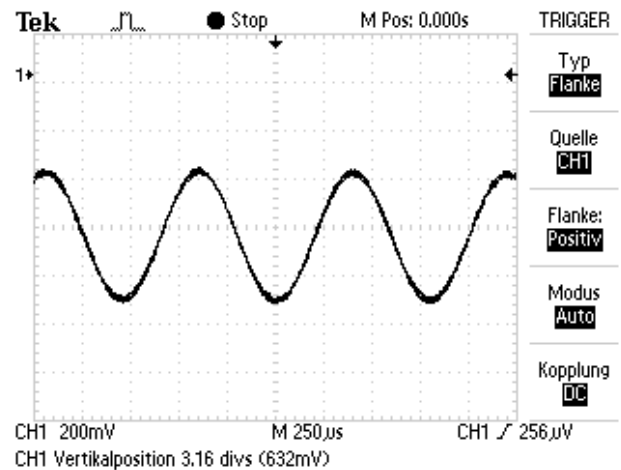
(b) Aufnahme des Rechtecksignals, übertragen mit zwei verdrehten Bananenkabeln und einer Frequenz von 100kHz

Abbildung 11: Kurve der übertragenen Sinussignale für 100Hz und 1MHz

Bei der Messung mit dem Mikrofon ergab sich beim Aufbau nach Abbildung 5 die in Abbildung 12a dargestellte Kurve. Für den Aufbau nach Abbildung 6 ergab sich die Kurve in Abbildung 12b. Dabei ist zu erkennen, dass die Verzerrung des Signals an den Extrema in Abbildung 12b größer ist als in Abbildung 12a. Dies liegt daran, dass R_3 an die Masse angeschlossen ist. Falls erwähnt wird, dass R_3 parallel zu R_4 liegt, ist impliziert, dass R_3 auch an die Masse angeschlossen ist.



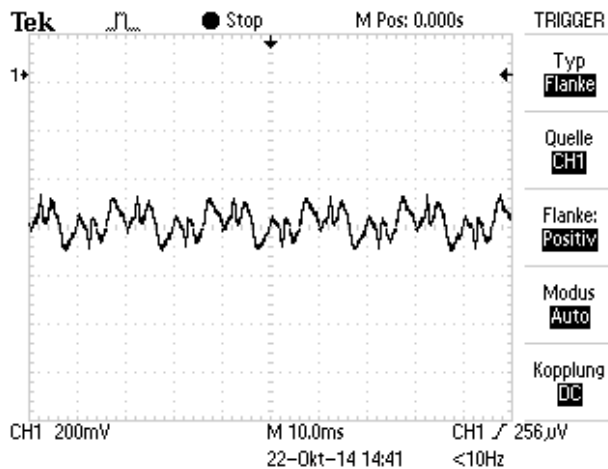
(a) Aufnahme des mit dem Mikrofon aufgenommenen Signals. R_3 ist nicht mit der Masse verbunden.



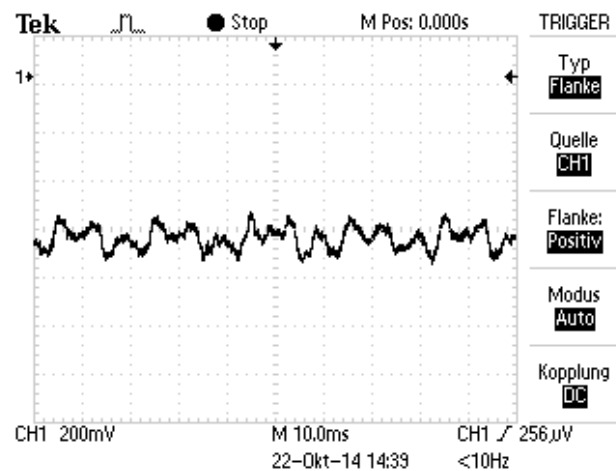
(b) Abbildung des mit dem Mikrofon aufgenommenen Signals, R_3 parallel zu R_4 geschaltet

Abbildung 12: Kurven der durch Pfeifen erzeugten Signale

Betrachtet man die Störung, die dadurch verursacht wird, dass man das Mikrofon auf den Funktionsgenerator legt, so erhält man für R_3 nicht parallel zu R_4 die Kurve in Abbildung 12a. Für den Aufbau mit R_3 parallel zu R_4 ergibt sich die Kurve aus Abbildung 12b. Wieder ist zu erkennen, dass die Verzerrung der Kurve aus Abbildung 13b größer ist als in Abbildung 13a.



(a) Aufnahme der mit dem Mikrofon aufgenommenen Störung. R_3 ist nicht mit der Masse verbunden.



(b) Aufnahme der mit dem Mikrofon aufgenommenen Störung, R_3 parallel zu R_4 geschaltet

Abbildung 13: Kurve der Störung durch den Funktionsgenerator

4.4 Diskussion

Wie erwartet ergab sich bei der Verwendung von zwei Bananenkabeln im Gegensatz zu einem Bananenkabel nur eine leichte Verbesserung, da die Erdung von Funktionsgenerator und Oszilloskop jeweils nur einen geringen Gegenstrom zuließen (vgl. Abbildung 8 und Abbildung 10). Da dies auch für die zwei verdrehten Bananenkabel gilt, konnte kaum Verbesserung beobachtet werden, Abbildung 11. Beim Verwenden des Mikrofons als Signalquelle ließ sich eine leichte Verbesserung feststellen, wenn R_3 nicht mit der Masse verbunden war, Abbildung 12 und Abbildung 13.

5 Signalübertragung über Koaxialkabel

In diesem Versuchsabschnitt werden die Signalübertragungseigenschaften von Koaxialkabeln untersucht.

5.1 Versuchsaufbau

In diesem Abschnitt werden die 5 Versuchsaufbauten skizziert.

5.1.1 Kurzes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand

Der Funktionsgenerator und das Oszilloskop werden mit einem Kurzen Koaxialkabel verbunden.

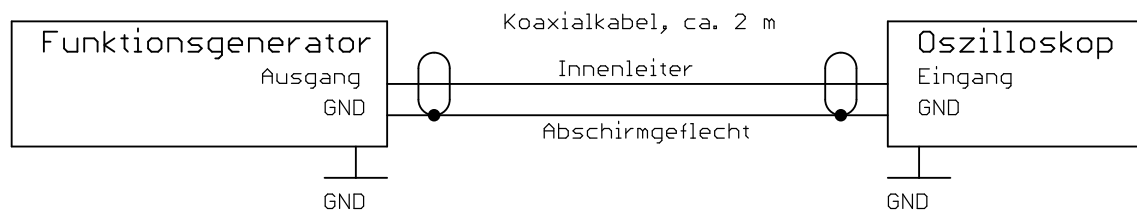


Abbildung 14: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit kurzem Koaxialkabel⁸

5.1.2 Langes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand

Der Funktionsgenerator und das Oszilloskop werden mit einem kurzen Koaxialkabel verbunden, wobei ein langes Koaxialkabel mit offenem Ende über ein T-Verbindungsstück angeschlossen wird.

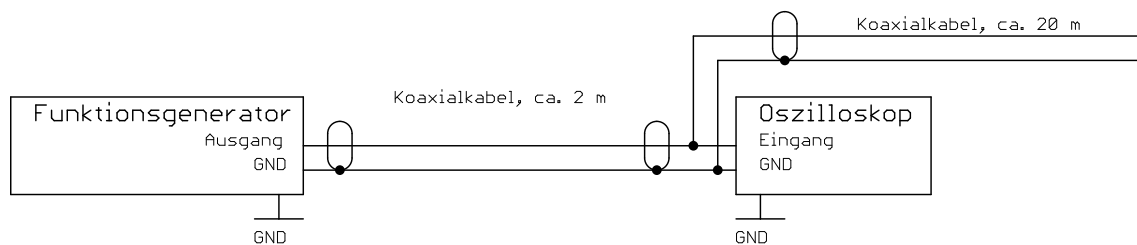


Abbildung 15: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit langem Koaxialkabel⁹

5.1.3 Langes Koaxialkabel mit Abschlußwiderstand

Der Funktionsgenerator und das Oszilloskop werden mit einem kurzen Koaxialkabel verbunden, wobei ein langes Koaxialkabel mit Abschlusswiderstand am Ende über ein T-Verbindungsstück angeschlossen wird.

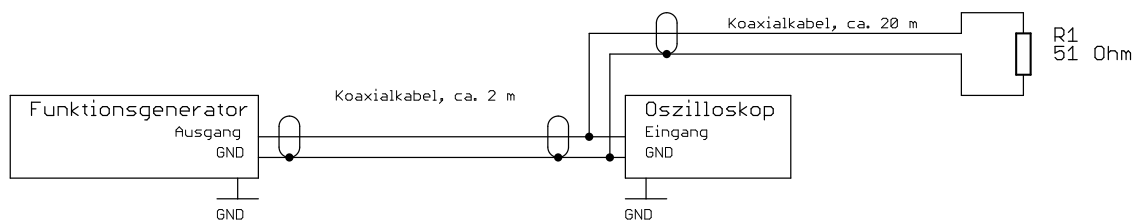


Abbildung 16: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit langem Koaxialkabel und Abschlusswiderstand¹⁰

⁸Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 12 am 19.10.2014

⁹Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 12 am 19.10.2014

¹⁰Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 12 am 19.10.2014

5.1.4 Langes Koaxialkabel mit Kurzschluß am Ende

Der Funktionsgenerator und das Oszilloskop werden mit einem kurzen Koaxialkabel verbunden, wobei ein langes Koaxialkabel mit Kurzschluss am Ende über ein T-Verbindungsstück angeschlossen wird.

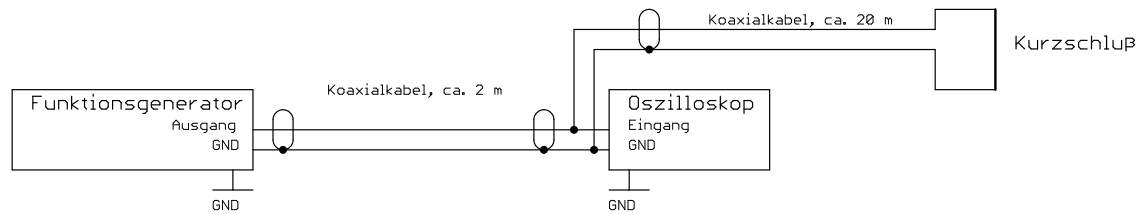


Abbildung 17: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit langem Koaxialkabel und Kurzschluss¹¹

5.1.5 Langes Koaxialkabel mit variablem Abschlußwiderstand

Der Funktionsgenerator und das Oszilloskop werden mit einem kurzen Koaxialkabel verbunden, wobei ein langes Koaxialkabel mit einem variablem Abschlusswiderstand am Ende über ein T-Verbindungsstück angeschlossen wird.

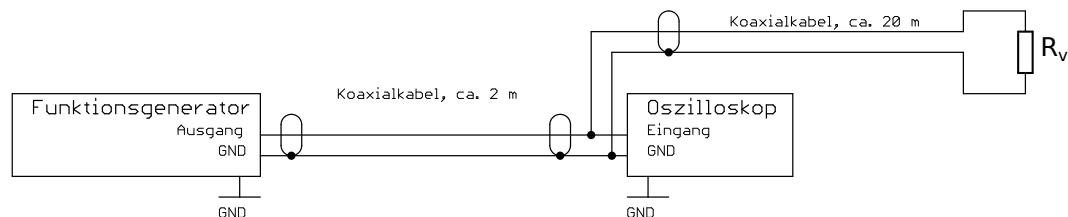


Abbildung 18: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit langem Koaxialkabel und variablem Abschlusswiderstand¹²

5.2 Versuchsdurchführung

In Aufgabe 3.1 wurde der Funktionsgenerator über ein 2m langes Koaxialkabel mit dem Oszilloskop verbunden. Der Unterschied der Qualität der Signalübertragung zwischen Koaxialkabel und Bananenkabel wird bei kleinen Amplituden und verschiedenen Frequenzen untersucht. In Aufgabe 3.2 wird über ein T-Stück ein langes Koaxialkabel an das Oszilloskop angeschlossen. Die Länge des Kabels bestimmt man über den Durchmesser und die Anzahl der Wicklungen, um nicht das gesamte Kabel abrollen zu müssen. Das am Oszilloskop angezeigte Rechtecksignal wird von dem am offenen Ende des Kabels reflektierten Signal nach zweimaligem Durchlaufen überlagert, sodass ein Teil der rechten Flanke des reflektierten Signals sich mit dem nachfolgenden Signal weghebt. Die Breite dieser Flanke entspricht dann der Laufzeit des Signals durch das Koaxialkabel (als Vergleichswert wurde eine Phasengeschwindigkeit von $\frac{2}{3}C_0$ angenommen). In Aufgabe 3.3 wird ein $50\,\Omega$ Widerstand an das lange Koaxialkabel angeschlossen

¹¹Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 13 am 19.10.2014

¹²Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 12 am 19.10.2014

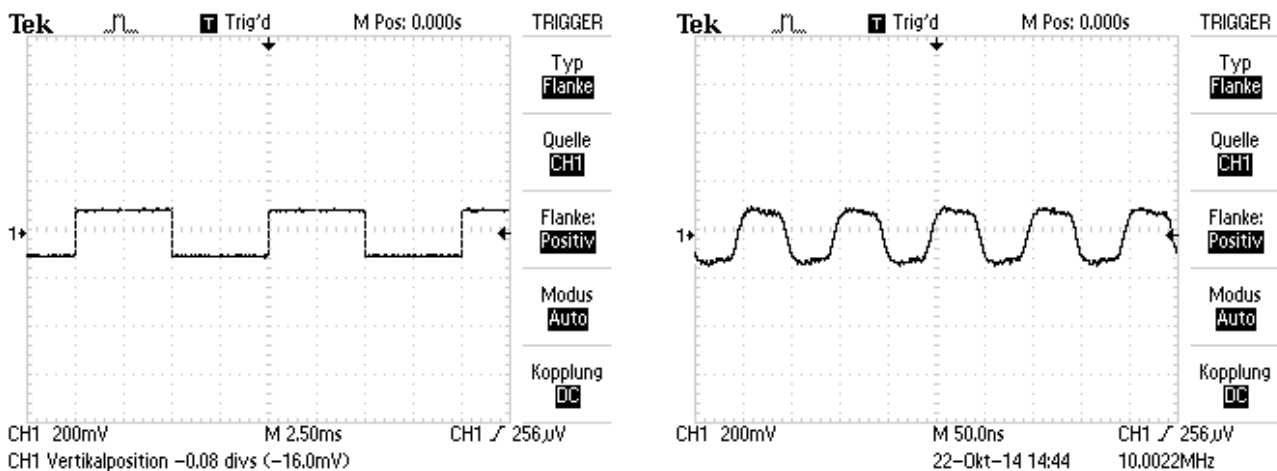
und der Effekt auf die Reflektion des Signals mit dem Ergebnis aus dem zweiten Teil verglichen. In Aufgabe 3.4 soll das Koaxialkabel kurzgeschlossen werden. Da durch den Kurzschluss ein Knotenpunkt der Spannung erzeugt wird, wird das Signal mit umgekehrtem Vorzeichen reflektiert. Das Ergebnis kann mit den beiden Aufgabenteilen davor verglichen werden. In Aufgabe 3.5 wird nochmal ein Potentiometer von 0 bis $1\text{ k}\Omega$ an das Koaxialkabel angeschlossen, um den Wellenwiderstand des Kabels, bei dem kein Signal zurückgeworfen wird von Hand zu bestimmen. Die Reflektion kann bei eingestelltem Rechtecksignal am Oszilloskop beobachtet werden.

5.3 Auswertung

In der Auswertung wird das Signal in Abhängigkeit des Abschlusses untersucht.

5.3.1 Kurzes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand

Im ersten Versuchsteil sollte überprüft werden wie gut Rechtecksignale mit kleinen Amplituden von Koaxialkabeln übertragen werden. Dabei ergeben sich die Kurven in Abbildung 19. Es ist deutlich zu sehen, dass das Rechtecksignal bei 10 MHz besser übertragen wird als bei Bananenkabeln, vgl. Abbildung 10c.



(a) Aufnahme des Rechtecksignals für 100 Hz

(b) Aufnahme des Rechtecksignals für 10 MHz

Abbildung 19: Kurve des Rechtecksignals bei Übertragung mit einem Rechtecksignal bei kleinen Amplituden

5.3.2 Langes Koaxialkabel ohne Abschlußwiderstand

Im zweiten Versuchsteil sollte aus der Länge des Kabels und der Durchlaufzeit des Signals durch das offene Koaxialkabel die Signalgeschwindigkeit bestimmt werden. Die Länge des Kabels wurde über den Durchmesser und die Windungszahl mit $11,5 \pm 0,5\text{ m}$ bestimmt. Die Durchlaufzeit

wurde aus der auf dem Oszilloskop angezeigten Kurve aus der Rechteckflanke bestimmt, Abbildung 20. Es wurde ein Wert von $120 \pm 10 \text{ ns}$ gemessen, daraus ergibt sich eine Signalgeschwindigkeit von $(1,916 \pm 0,02) \cdot 10^9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Die Signalgeschwindigkeit wurde dabei mit

$$v_{\text{Signal}} = \frac{2 \cdot l_{\text{Kabel}}}{t_{\text{Durchlaufzeit}}} \quad (1)$$

bestimmt und der Fehler durch Fehlerfortpflanzung

$$\Delta v_{\text{Signal}} = \sqrt{\left(\frac{2\Delta l}{t}\right)^2 + \left(\frac{2l\Delta t}{t^2}\right)^2} \quad (2)$$

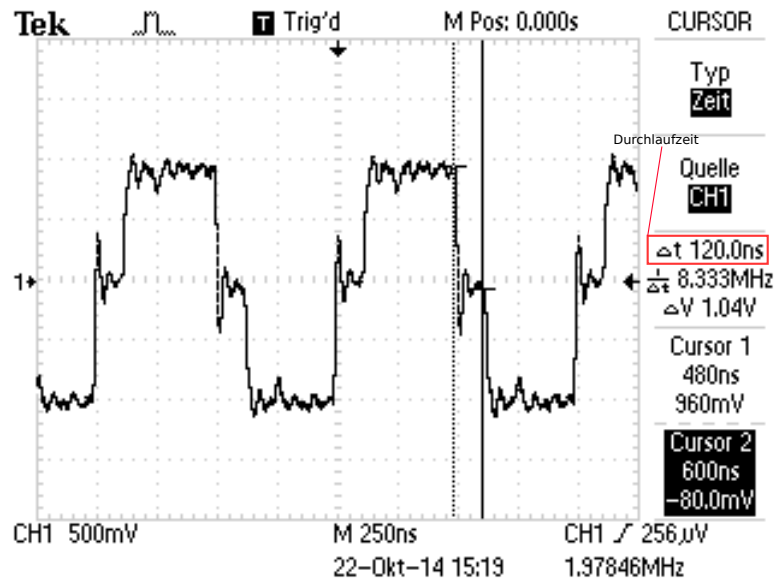


Abbildung 20: Aufnahme des Signals bei 2MHz

5.3.3 Langes Koaxialkabel mit Abschlußwiderstand

Im dritten Versuchsteil sollte das Koaxialkabel mit einem 51Ω Widerstand abgeschlossen werden. Es sollte beobachtet werden wie sich das Übertragene Signal ändert. In Abbildung 21 ist deutlich zu sehen, dass das Rechtecksignal viel besser Übertragen wird, als in der Messung zuvor (Abbildung 20). Dies liegt daran, dass der Abschlusswiderstand ca. den selben Wert wie der Wellenwiderstand hat.

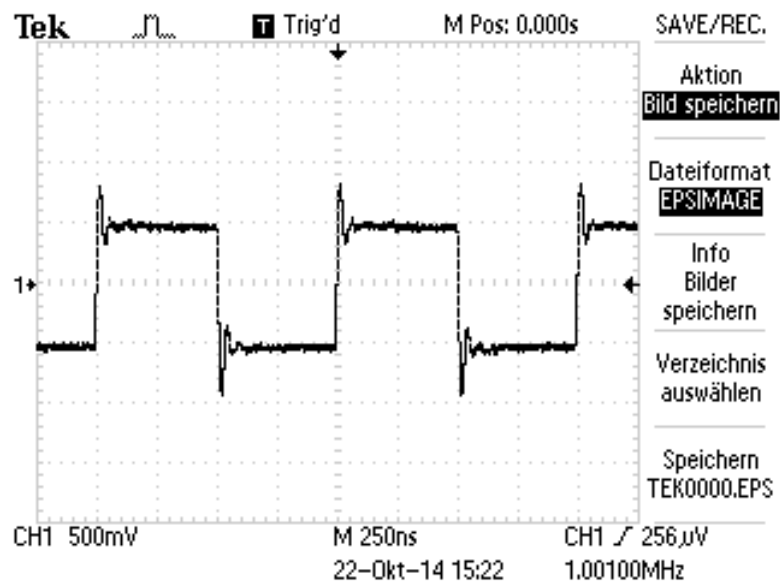


Abbildung 21: Aufnahme des Signals bei 1MHz, mit einem Abschlusswiderstand von 50Ω

5.3.4 Langes Koaxialkabel mit Kurzschluß am Ende

Im vierten Versuchsteil sollte das Koaxialkabel mit einem Kurzschluss abgeschlossen werden. Dabei ergab sich auf dem Oszilloskop die Kurve in Abbildung 22. Es fällt auf, dass das Signal stark verzerrt wurde, da das Signal mit umgekehrtem Vorzeichen reflektiert wurde.

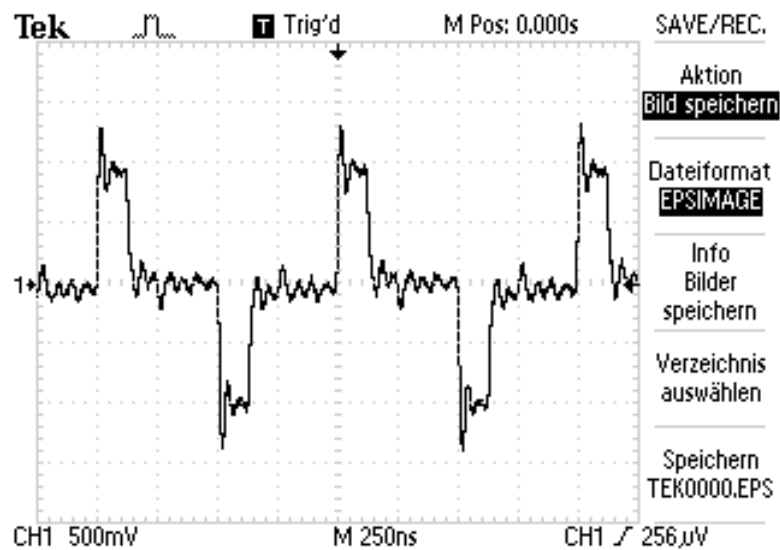


Abbildung 22: Aufnahme des Signals bei 1MHz, mit einem Kurzschluss am Ende

5.3.5 Langes Koaxialkabel mit variablem Abschlußwiderstand

Im letztem Aufgabenteil sollte am Ende des Koaxialkabels ein Potentiometer angeschlossen werden und der Widerstand so eingestellt werden, dass das Rechtecksignal möglichst gut übertragen wird. Dabei wurde ein Widerstandwert von $51,4\Omega$ gemessen. Es ergab sich die Kurve in Abbildung 23.

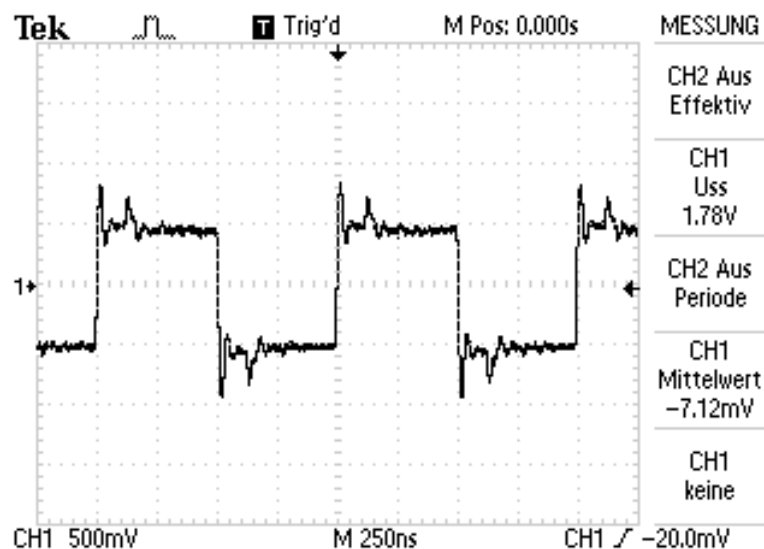


Abbildung 23: Aufnahme des Signals bei 1MHz, mit Potentiometer am Ende

5.4 Diskussion

Die besseren Übertragungseigenschaften eines Koaxialkabels gegenüber dem Bananenkabel ließen sich durch die Messungen bestätigen. Auch die Reflexionseigenschaften des Koaxialkabels wurden vermessen. Die Signalgeschwindigkeit wurde mit $(1,916 \pm 0,02) \cdot 10^9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ bestimmt, als Richtwert wurden in der Versuchsbeschreibung ca. $2 \cdot 10^9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ angegeben. Der gemessene Wellenwiderstand wurde mit $51,4\Omega$ gemessen erwartet wurde ein Wert von 51Ω .

6 Verdrillte Leitungen (Twisted Pair)

In diesem Versuchsabschnitt werden die Reflexionseigenschaften eines Patchkabels untersucht.

6.1 Versuchsaufbau

Es werden zwei verschiedenen Aufbauten verwendet, wobei sich diese nur darin unterscheiden ob das Patchkabel am Ende offen oder mit einem Potentiometer abgeschlossen ist.

6.1.1 Aufbau mit offenem Ende

Im ersten Aufbau wird das Ende des Patchkabels offengelassen.

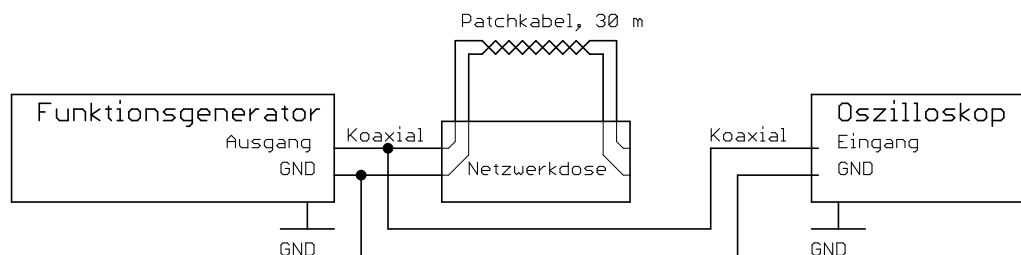


Abbildung 24: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit Patchkabel¹³

6.1.2 Aufbau mit Potentiometer am Ende

Im zweiten Aufbau wird das Ende des Patchkabels mit einem $1\text{k}\Omega$ Potentiometer abgeschlossen.

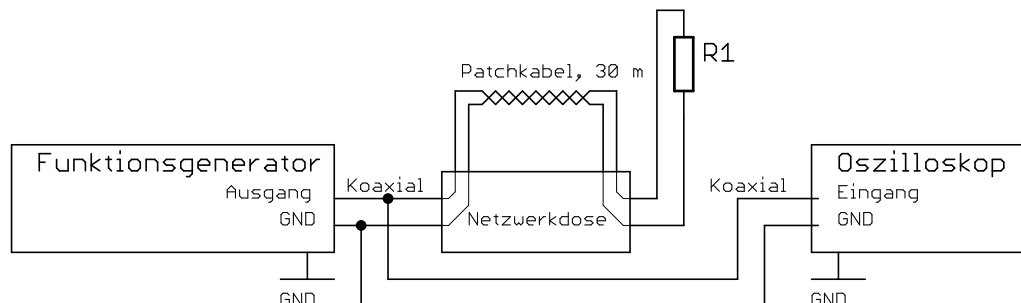


Abbildung 25: Schaltskizze einer Verbindung zwischen Funktionsgenerator und Oszilloskop, mit Patchkabel (geschlossen mit Potentiometer)¹⁴

¹³Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 14 am 19.10.2014

¹⁴Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 14 am 19.10.2014

6.2 Versuchsdurchführung

In Aufgabe 4.1 wird analog zu Aufgabe 3.2 ein 30m langes Patchkabel über ein T-Stück angeschlossen (Länge vorgegeben). Die Laufzeit des am offenen Ende reflektierten Signals kann wieder über die Breite der Überlagerten rechten Flanke bestimmt werden (als Vergleichswert wurde eine Phasengeschwindigkeit von $\frac{2}{3}C_0$ angenommen). In Aufgabe 4.2 wird wieder ein Potentiometer zur Bestimmung des Wellenwiderstandes angeschlossen.

6.3 Verwendete Formeln

Als Vergleichswert für die Durchlaufzeit t ergibt sich unter der Annahme $v_{ph} = \frac{2}{3}C_0 = \sqrt{\frac{1}{\mu\epsilon}}$:

$$t = \frac{2L}{\frac{2}{3}C_0} \Rightarrow \frac{60 \text{ m}}{\frac{2}{3}C_0} \cong 300,21 \cdot 10^{-9} \text{ s} \quad (3)$$

6.4 Auswertung

Es wurde das Signal bei offenem und mit einem Potentiometer abgeschlossenem Ende untersucht.

6.4.1 Aufbau mit offenem Ende

Auf der Aufnahme der Signalkurve des Oszilloskops, Abbildung 26 ist deutlich der Bereich zu sehen in dem das Signal noch durch das Patchkabel läuft. Dabei wurde eine Durchlaufzeit von 296 ns gemessen. Nach Gleichung 3 ergibt sich ein Theoriewert von 300 ns.

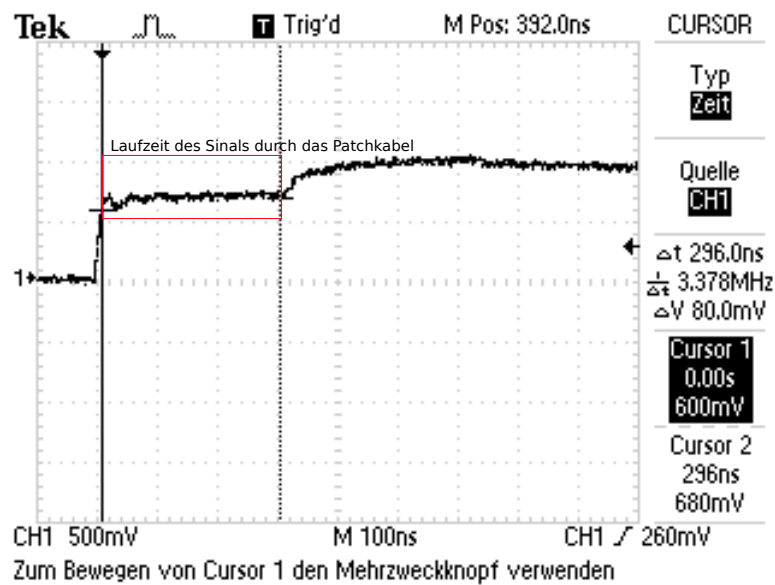


Abbildung 26: Aufnahme des Signals, mit offenem Ende

6.4.2 Aufbau mit Potentiometer am Ende

Im zweitem Versuchsteil war das Potentiometer so einzustellen, dass die Reflexion unterdrückt wird, dabei wurde das Potentiometer auf $118,7\Omega$ eingestellt und es ergab sich auf dem Oszilloskop die Kurve aus Abbildung 27.

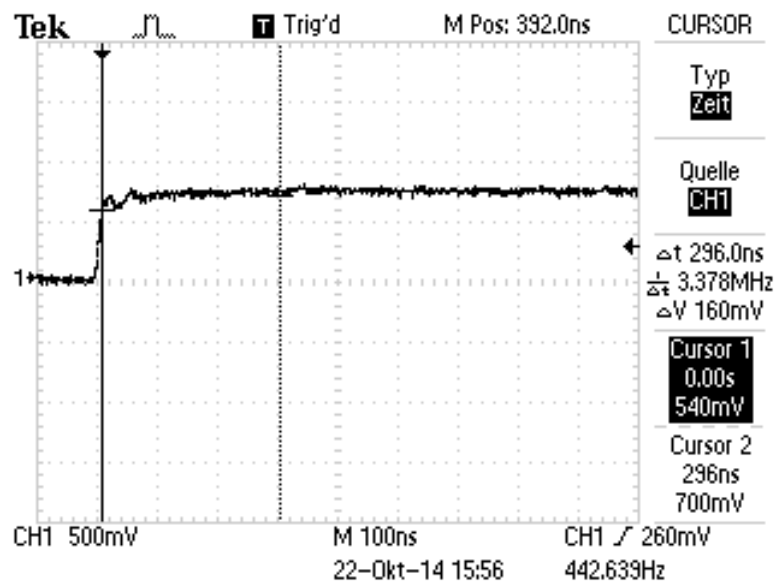


Abbildung 27: Aufnahme des Signals, mit Potentiometer Ende

6.5 Diskussion

Im ersten Versuchsteil ist die Reflexion des Signals am offenen Ende des Kabels mit 296 ns sehr nah am Theoriewert von 300 ns. Im zweiten Versuchsteil wurde in der Versuchsanleitung¹⁵ ein Wellenwiderstand von 120Ω angegeben, der gemessene Wert liegt bei $118,4\Omega$, was ein guter Wert ist.

7 Kabeleigenschaften

In diesem Versuchsabschnitt werden die Kabeleigenschaften des Kapazitätsbelags untersucht.

¹⁵http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 14 am 23.10.2014

7.1 Versuchsaufbau

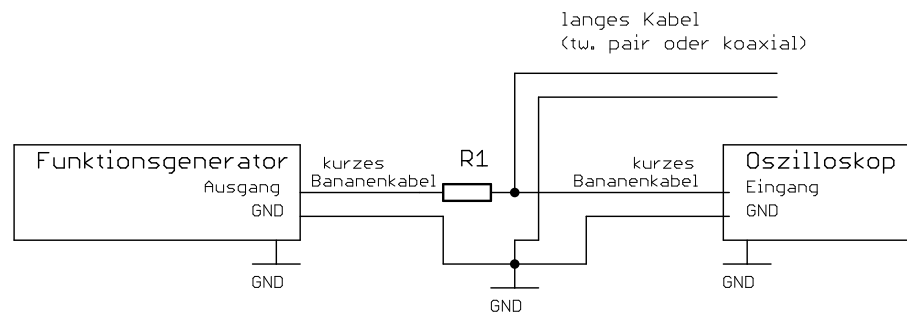


Abbildung 28: Schaltskizze zur Bestimmung des Kapazitätsbelags¹⁶

7.2 Versuchsdurchführung

In der 5. Aufgabe soll der sogenannte Kapazitätsbelag des Koaxialkabels bestimmt werden. Damit die Aufladezeiten nicht zu kurz werden, wird ein 10 kΩ Widerstand davorgeschaltet. Aus der Halbwertszeit des Auf- bzw. Entladevorgangs oder besser aus dem Mittelwert kann dann die Kapazität des Kabels und damit auch der Kapazitätsbelag bestimmt werden.

7.3 Verwendete Formeln

Aus der Dgl. für die Kondensatorauflade- bzw. Kondensatorentladezeit ergibt sich der Zusammenhang für den Kapazitätsbelag κ :

$$\kappa = \frac{\tau}{L \ln(2) R} \quad (4)$$

τ die Halbwertszeit, L die Länge des Kabels und R der Vorwiderstand. Es wird wie üblich Gaußsche Fehlerfortpflanzung verwendet.

7.4 Auswertung

Im letztem Versuchsteil sollte der Kapazitätsbelag eines Koaxialkabels und eines Patchkabels bestimmt werden. Dazu wurden die Auf- und Entladezeiten (Halbwertszeit) gemessen und daraus nach Gleichung 4 die Kapazität bestimmt. Der Widerstand betrug in beiden Aufbauten 10 kΩ mit einem Fehler von 1%, das Koaxialkabel war $(11,5 \pm 0,5)$ m lang und das Patchkabel 30 m. Für das Patchkabel wurde eine Halbwertszeit von $(10,4 \pm 0,1)$ ms beim Aufladen und $(11,5 \pm 0,1)$ ms beim entladen gemessen, gemittelt ergibt sich ein Wert von $(10,95 \pm 0,1)$ ms, Abbildung 29. Beim Koaxialkabel wurde eine Halbwertszeit von $(9,2 \pm 0,1)$ ms beim aufladen und $(8,8 \pm 0,1)$ ms beim entladen gemessen, es ergibt sich ein Mittelwert von $(9 \pm 0,1)$ ms, Abbildung 30. Für das Koaxialkabel ergibt sich für den Kapazitätsbelag ein Wert von $(1,37 \pm 0,01) \cdot 10^{-7} \frac{\text{F}}{\text{m}}$, für das Patchkabel ergibt sich ein Wert von $(4,3 \pm 0,1) \cdot 10^{-8} \frac{\text{F}}{\text{m}}$.

¹⁶Abbildung entnommen von http://www.atlas.uni-wuppertal.de/~kind/ep1_14.pdf Seite 14 am 19.10.2014

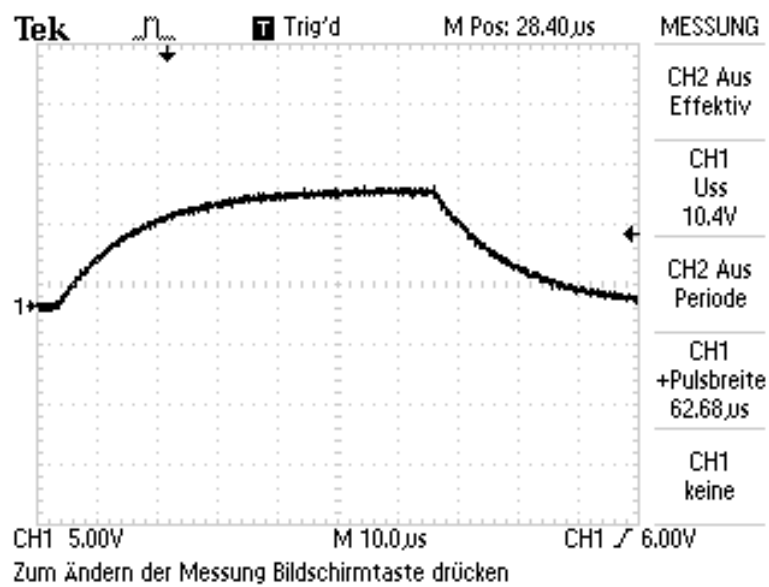


Abbildung 29: Aufnahme des Signals für das Koaxialkabel

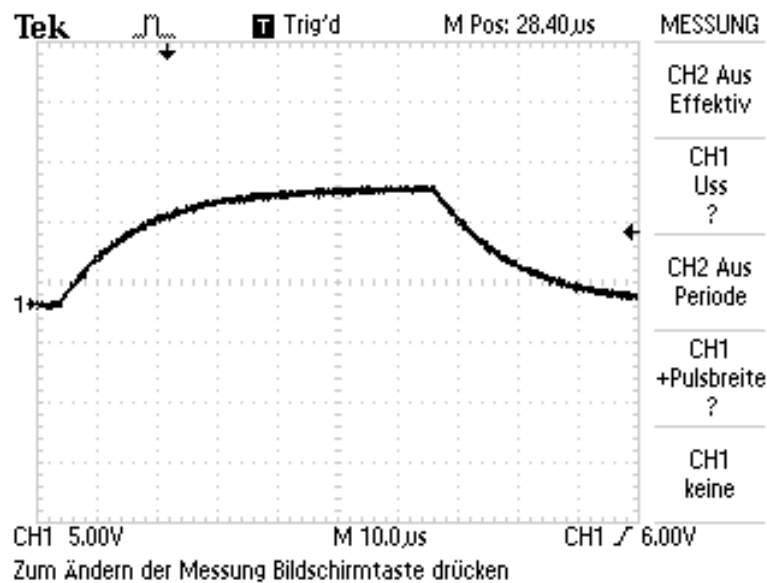


Abbildung 30: Aufnahme des Signals für das Patchkabel

7.5 Diskussion

Wie erwartet war der Kapazitätsbelag für das Patchkabel geringer als für das Koaxialkabel.

8 Fazit

Beim Signalübertragen mit Bananenkabeln zeigte sich, dass sich Signale am besten mit differentieller Art übertragen lassen, dies gilt insbesondere dann, wenn keine der Signalleitungen an die Masse angeschlossen ist. Im Abschnitt Signalübertragung mit Koaxialkabeln zeigte sich, dass sich Signale mit Koaxialkabeln deutlich besser übertragen lassen als mit Bananenkabel, dies gilt insbesondere für kleine Amplituden. Zudem lies sich gut das Phänomen der Reflexion von Signalwellen am Ende von Leitern beobachten. Die Reflexion von Signalwellen in Patchkabeln konnte im Versuchsteil Verdrillte Kabel erneut beobachtet werden. Im letztem Teil Kabeleigenschaften wurde der Kapazitätsbelag von einem Patchkabel und einem Koaxialkabel bestimmt.