

Prof. Dr.-Ing. Erwin Riederer  
Kommunikationstechnik  
Universität der Bundeswehr München  
Institut für Funkkommunikation

# Telekommunikation Praktikumsversuch A – Signale und Spektren

Stand 19.01.21

## INHALT

1	Einführung.....	3
1.1	Allgemein.....	3
1.2	Zweck des Versuchs.....	3
2	Vorbereitung.....	5
2.1	Benötigte Grundlagen.....	5
2.2	Vorbereitungsfragen.....	5
3	Durchführung.....	6
3.1	Benötigte Geräte/Software.....	6
3.2	Versuchsdurchführung.....	6
3.2.1	Periodische Signale und Dirac-Impuls.....	6
3.2.2	Si-Impuls.....	9
3.2.3	Impulse.....	11
4	Auswertung.....	12
5	Ausblick.....	15
6	Anhang.....	16
6.1	Hinweise zur Verwendung von <i>labAlive</i> .....	16

## 1 EINFÜHRUNG

### 1.1 Allgemein


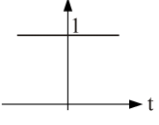
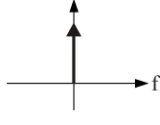
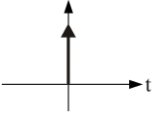
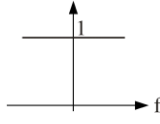
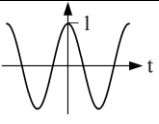
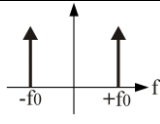
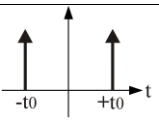
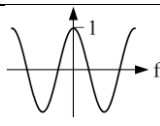
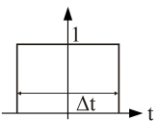
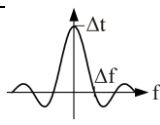
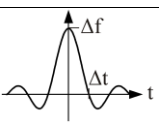
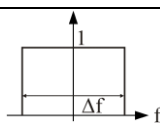
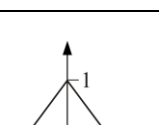
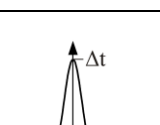
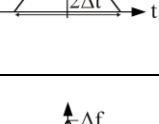
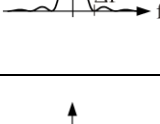
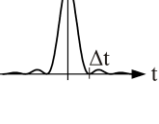

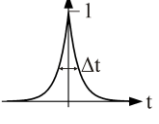
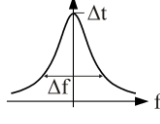
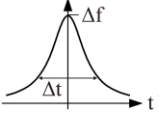
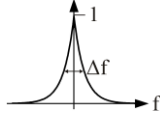
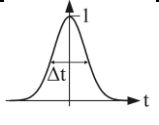
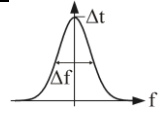
In diesem Versuch werden die Beziehungen zwischen Zeitsignalen und zugehörigen Spektren untersucht. Als Vorbereitung sollen Sie die rechnerische Transformation mit Hilfe der dargestellten Tabelle erlernen und üben. Im praktischen Teil werden Signale im Zeitbereich mittels Oszilloskop und im Frequenzbereich mittels Spektrumanalysator dargestellt. Das Spektrum ist die Fourier-Transformierte des zeitlichen Signalverlaufs.

Bei der Darstellung des Spektrums im Spektrumanalysator ist zu beachten:

- Dargestellt wird der Betrag des Spektrums. Meist sind nur die positiven Frequenzen sichtbar.
- Für (reelle – also alle betrachteten) Signale ist der Betrag des Spektrums für negative Frequenzen gleich groß (achsensymmetrisch).
- Zeit- und Phasenbeziehungen werden nicht dargestellt. Sinus- und cosinus-förmige Signale können z.B. nicht unterschieden werden.

### 1.2 Zweck des Versuchs

Die Berechnung des Spektrums aus dem Zeitsignal und umgekehrt soll geübt und experimentell überprüft werden.

Zeitfunktion	$\Delta t = 1/\Delta f$ $x(t) \longleftrightarrow X(f)$ $\Delta f = 1/\Delta t$	Spektrum 	
1			$\delta(f)$
$\delta(t)$			1
$\cos(2\pi f_0 t)$			$\frac{1}{2}[\delta(f - f_0) + \delta(f + f_0)]$
$\frac{1}{2}[\delta(t - t_0) + \delta(t + t_0)]$			$\cos(2\pi t_0 f)$
$\begin{cases} 1 & \text{für } -\frac{\Delta t}{2} < t < \frac{\Delta t}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} = \text{rect}\left(\frac{t}{\Delta t}\right)$			$\Delta t \cdot \frac{\text{sin}(\pi \Delta t f)}{\pi \Delta t f} = \Delta t \text{ si}(\pi \Delta t f)$
$\Delta f \cdot \frac{\text{sin}(\pi \Delta f t)}{\pi \Delta f t}$			$\begin{cases} 1 & \text{für } -\frac{\Delta f}{2} < f < \frac{\Delta f}{2} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} = \text{rect}\left(\frac{f}{\Delta f}\right)$
$\begin{cases} \frac{t}{\Delta t} + 1 & \text{für } -\Delta t \leq t \leq 0 \\ \frac{-t}{\Delta t} + 1 & \text{für } 0 \leq t \leq \Delta t \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} = \text{tri}\left(\frac{t}{\Delta t}\right)$			$\Delta t \left[ \frac{\text{sin}(\pi \Delta t f)}{\pi \Delta t f} \right]^2$
$\Delta f \left[ \frac{\text{sin}(\pi \Delta f t)}{\pi \Delta f t} \right]^2$			$\begin{cases} \frac{f}{\Delta f} + 1 & \text{für } -\Delta f \leq f \leq 0 \\ \frac{-f}{\Delta f} + 1 & \text{für } 0 \leq f \leq \Delta f \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} = \text{tri}\left(\frac{f}{\Delta f}\right)$
$e^{-\frac{ 2t }{\Delta t}}$			$\Delta t \cdot \frac{1}{1 + (\pi \Delta t f)^2}$
$\Delta f \cdot \frac{1}{1 + (\pi \Delta f t)^2}$			$e^{-\frac{ 2f }{\Delta f}}$
$e^{-\pi\left(\frac{t}{\Delta t}\right)^2}$			$\Delta t \cdot e^{-\pi\left(\frac{f}{\Delta f}\right)^2}; \Delta t = \frac{1}{\Delta f}$
$\sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_0)$			$f_0 \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(f - n f_0)$

## 2 VORBEREITUNG

### 2.1 Benötigte Grundlagen

- Vorlesung: „Telekommunikation“, Prof. Dr. –Ing. Riederer

### 2.2 Vorbereitungsfragen

Lösen Sie rechnerisch folgende Aufgaben:

1. Welches Spektrum ergibt eine Gleichspannung mit  $1\text{ mV}$  Amplitude?
2. Welches Spektrum ergibt ein Dirac mit  $1\text{ mVs}$  Amplitudenfläche?
3. Welches Zeitsignal hat ein konstantes Spektrum mit  $1\text{ mV} / \text{Hz}$  spektrale Amplitudendichte?
4. Welches Spektrum ergibt eine Folge von Diracs in  $100\text{ }\mu\text{s}$  Abstand und  $1\text{ mVs}$  Amplitudenfläche?
5. Welches Spektrum ergibt eine Folge von Diracs in  $200\text{ }\mu\text{s}$  Abstand und  $1\text{ mVs}$  Amplitudenfläche?
6. Welches Spektrum ergibt ein Sinus/Cosinus mit  $1\text{ kHz}$  Frequenz und  $1\text{ mV}$  Amplitude?
7. Welches Spektrum ergibt ein Sinus/Cosinus mit  $2\text{ kHz}$  Frequenz und  $2\text{ mV}$  Amplitude?
8. Welches Spektrum ergibt ein dreieckförmiges Signal mit  $1\text{ kHz}$  Frequenz und  $1\text{ mV}$  Amplitude?
9. Welches Spektrum ergibt ein Si-Impuls mit  $4\text{ V}$  Amplitude und  $250\text{ ns}\Delta t$  ?
10. Welches Spektrum ergibt ein Si-Impuls mit  $2\text{ V}$  Amplitude und  $500\text{ ns}\Delta t$  ?

### 3 DURCHFÜHRUNG

#### 3.1 Benötigte Geräte/Software

- *labAlive* Simulationsanwendungen benötigen eine Java Runtime Environment Installation.

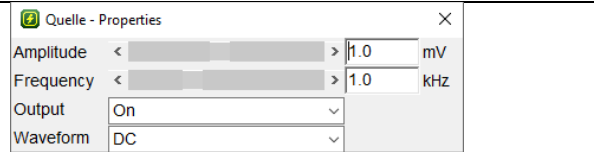
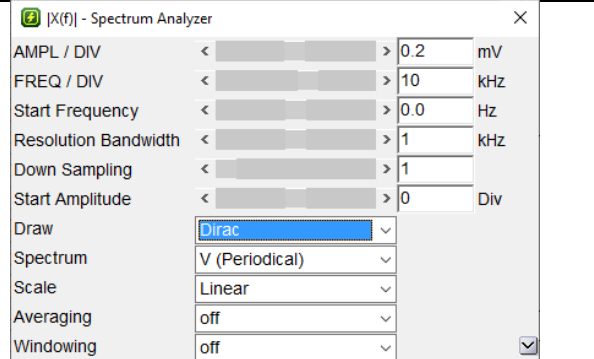
#### 3.2 Versuchsdurchführung

##### 3.2.1 Periodische Signale und Dirac-Impuls

Starten Sie die Simulation [Signal Spectra 1](#)

Hinweis: Im Anhang am Ende der Anleitung wird die grundlegende Bedienung der Simulationssoftware *labAlive* erklärt.

Voreinstellungen:

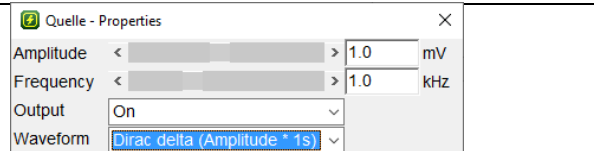
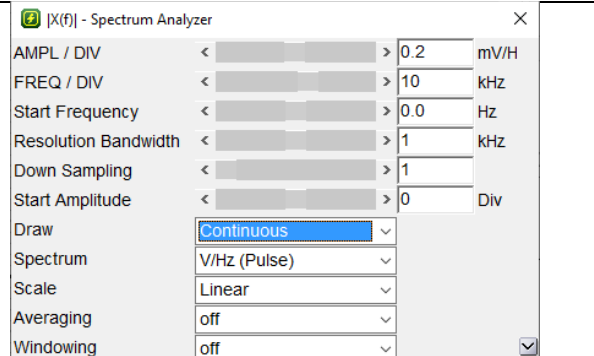
<p>Signalgenerator Gleichspannung, <math>1mV</math>, <math>1kHz</math> (Standard nach Simulationsstart)</p>	
<p>Spektrumanalysator Draw <i>Continuous</i></p>	

1. Gleichsignal (wie voreingestellt)

→ Welches Spektrum ergibt eine Gleichspannung mit  $1mV$  Amplitude?

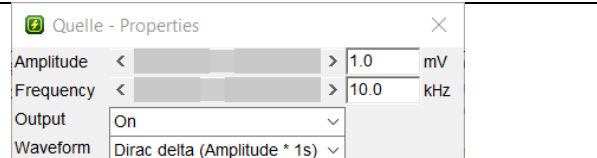
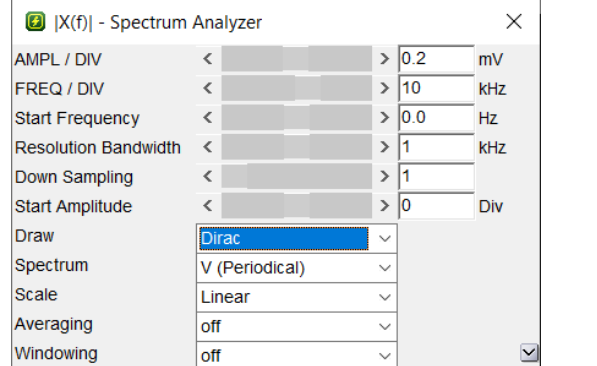
2. Dirac Impuls

Nehmen Sie folgende Einstellungen vor und beobachten Sie das Ausgangssignal im Zeit- und Frequenzbereich. Überprüfen Sie die jeweiligen Ergebnisse der Vorbereitungsfragen.

<p>Signalgenerator Dirac, <math>1mVs</math>, <math>1kHz</math></p>	
<p>Spektrumanalysator Spectrum <i>Pulse</i> Draw <i>Continuous</i></p>	

- Welches Spektrum ergibt ein Dirac mit  $1mVs$  Amplitudenfläche?
- Welches Zeitsignal hat ein konstantes Spektrum mit  $1mV / Hz$  spektrale Amplitudendichte?
- Wie kann ein Dirac mit  $1mVs$  Amplitude in der Simulation angenähert werden? Schauen Sie sich hierzu den Dirac-ähnlichen Impuls im Oszi genauer an (Zeit- und Amplitudeneinstellungen anpassen) und berechnen die Amplitudenfläche.

### 3. Dirac-Impuls-Folge

<p>Signalgenerator Dirac, <math>1mVs</math>, <math>10kHz</math></p>	
<p>Spektrumanalysator Spectrum <i>Periodical</i> Draw <i>Dirac</i></p> <p>Stellen Sie selbständig eine geeignete AMPL/DIV ein!</p>	

- Welches Spektrum ergibt eine Folge von Diracs in  $100\mu s$  Abstand und  $1mVs$  Amplitudenfläche?
- Welches Spektrum ergibt eine Folge von Diracs in  $200\mu s$  Abstand und  $1mVs$  Amplitudenfläche?

4. Sinus-/Cosinus-förmiges Signal

<p>Signalgenerator Sinus, <math>1mV</math>, <math>1kHz</math></p>	<p>Quelle - Properties</p> <p>Amplitude &lt; [Slider] &gt; 1.0 mV          Frequency &lt; [Slider] &gt; 1.0 kHz          Output: On          Waveform: Sine</p>
<p>Spektrumanalysator (Einstellungen siehe Bild)</p>	<p> X(f)  - Spectrum Analyzer</p> <p>AMPL / DIV &lt; [Slider] &gt; 100 <math>\mu V</math>          FREQ / DIV &lt; [Slider] &gt; 2 kHz          Start Frequency &lt; [Slider] &gt; 0.0 Hz          Resolution Bandwidth &lt; [Slider] &gt; 1 kHz          Down Sampling &lt; [Slider] &gt; 1          Start Amplitude &lt; [Slider] &gt; 0 Div          Draw: Dirac          Spectrum: V (Periodical)          Scale: Linear          Averaging: off          Windowing: off</p>

Variieren Sie Frequenz und Amplitude und beobachten Sie die Auswirkungen im Spektrum.

- Welches Spektrum ergibt ein Sinus/Cosinus mit  $1kHz$  Frequenz und  $1mV$  Amplitude?
- Welches Spektrum ergibt ein Sinus/Cosinus mit  $2kHz$  Frequenz und  $2mV$  Amplitude?

5. Dreieckförmiges Signal

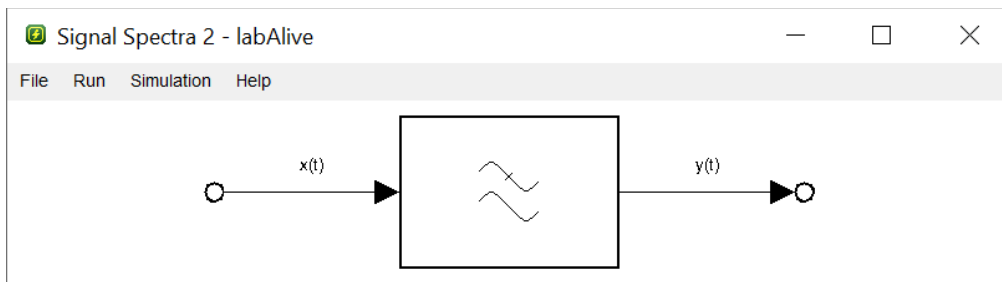
<p>Signalgenerator: Dreieck, <math>1mV</math>, <math>1kHz</math></p>	<p>Quelle - Properties</p> <p>Amplitude &lt; [Slider] &gt; 1.0 mV          Frequency &lt; [Slider] &gt; 1.0 kHz          Output: On          Waveform: Triangle</p>
<p>Spektrumanalysator (unverändert)</p>	<p> X(f)  - Spectrum Analyzer</p> <p>AMPL / DIV &lt; [Slider] &gt; 100 <math>\mu V</math>          FREQ / DIV &lt; [Slider] &gt; 2 kHz          Start Frequency &lt; [Slider] &gt; 0.0 Hz          Resolution Bandwidth &lt; [Slider] &gt; 1 kHz          Down Sampling &lt; [Slider] &gt; 1          Start Amplitude &lt; [Slider] &gt; 0 Div          Draw: Dirac          Spectrum: V (Periodical)          Scale: Linear          Averaging: off          Windowing: off</p>

- Welches Spektrum ergibt ein dreieckförmiges Signal mit  $1kHz$  Frequenz und  $1mV$  Amplitude?



## 3.2.2 Si-Impuls

Starten Sie die Simulation [Signal Spectra 2](#).



Folgende Einstellungen sind bereits beim Start voreingestellt:

<b>Signalgenerator</b>	<b>Eingangssignal - Properties</b> Amplitude < [Slider] > 1.0 $\mu\text{V}$ Frequency < [Slider] > 50.0 kHz Output On Waveform Dirac delta (Amplitude * 1s)
<b>Spektrumanalysator</b>	<b> Y(f)  Ausgangssignal - Spectrum Analyzer</b> AMPL / DIV < [Slider] > 0.2 $\mu\text{V}/\text{Hz}$ FREQ / DIV < [Slider] > 0.5 MHz Start Frequency < [Slider] > 0.0 Hz Resolution Bandwidth < [Slider] > 50 kHz Down Sampling < [Slider] > 1 Start Amplitude < [Slider] > 0 Div Draw Continuous Spectrum V/Hz (Pulse) Scale Linear Averaging off Windowing off


- Welches Spektrum ergibt ein Si-Impuls mit 4 V Amplitude und  $250 \text{ ns} \Delta t$  ?
  - Welches Spektrum ergibt ein Si-Impuls mit 2 V Amplitude und  $500 \text{ ns} \Delta t$  ?
- Überlegen Sie sich zuerst welche Einstellung Sie anpassen müssen um ein  $\Delta t$  von  $500 \text{ ns}$  zu erreichen. ( $\Delta t$  ist zwar eine Eigenschaft des si-Impulses, also des Tiefpass-Filters, aber nur indirekt einstellbar über seine Frequenzeigenschaften.)

Hinweise:

- Erzeugen Sie den Si-Impuls mit gewünschtem  $\Delta t$  indem Sie *CutoffFrequency* am Rechteck-Tiefpass entsprechend einstellen.

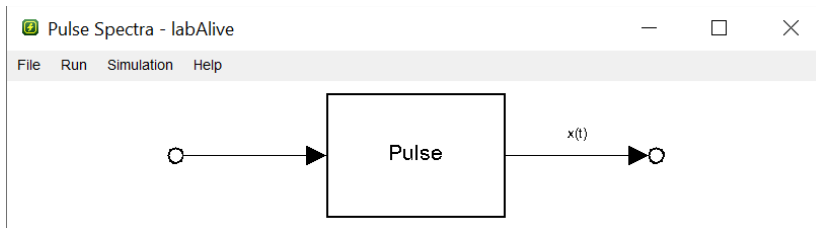
Welcher Zusammenhang besteht zwischen *CutoffFrequency* und  $\Delta t$  ?

- Verändern Sie *Filter Length* und beobachten Sie wie sich das Spektrum verändert.
- Verändern Sie *Start Frequency* und betrachten Sie das Spektrum auch bei den negativen Frequenzen.

<p>Spektrumanalysator <i>Start Frequency</i> Eingabe kann in Kurzschreibweise erfolgen: <math>-2,5e6</math></p>	<p> [Y(f)] Ausgangssignal - Spectrum An... X</p> <table border="1"><tr><td>AMPL / DIV</td><td>&lt;</td><td>&gt;</td><td>0.2</td><td>μV/Hz</td></tr><tr><td>FREQ / DIV</td><td>&lt;</td><td>&gt;</td><td>0.5</td><td>MHz</td></tr><tr><td>Start Frequency</td><td>&lt;</td><td>&gt;</td><td>-2.5</td><td>MHz</td></tr><tr><td>Resolution Bandwidth</td><td>&lt;</td><td>&gt;</td><td>50</td><td>kHz</td></tr></table>	AMPL / DIV	<	>	0.2	μV/Hz	FREQ / DIV	<	>	0.5	MHz	Start Frequency	<	>	-2.5	MHz	Resolution Bandwidth	<	>	50	kHz
AMPL / DIV	<	>	0.2	μV/Hz																	
FREQ / DIV	<	>	0.5	MHz																	
Start Frequency	<	>	-2.5	MHz																	
Resolution Bandwidth	<	>	50	kHz																	

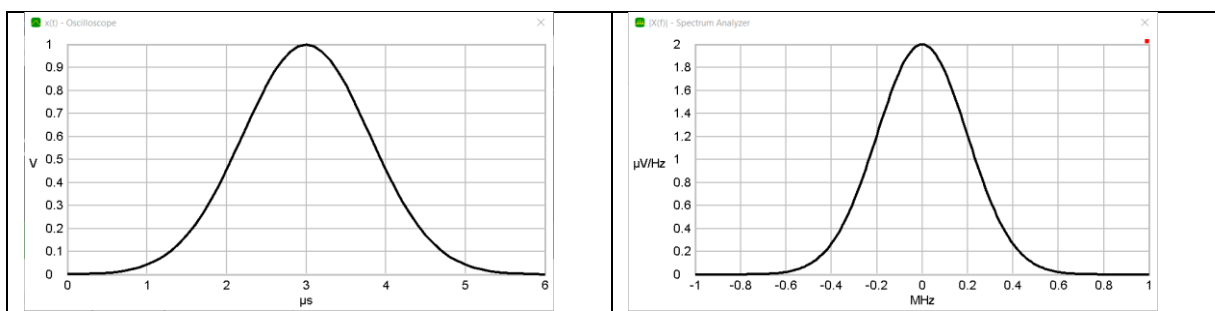
3.2.3 Impulse

Starten Sie die Simulation [PulseSpectra](#).

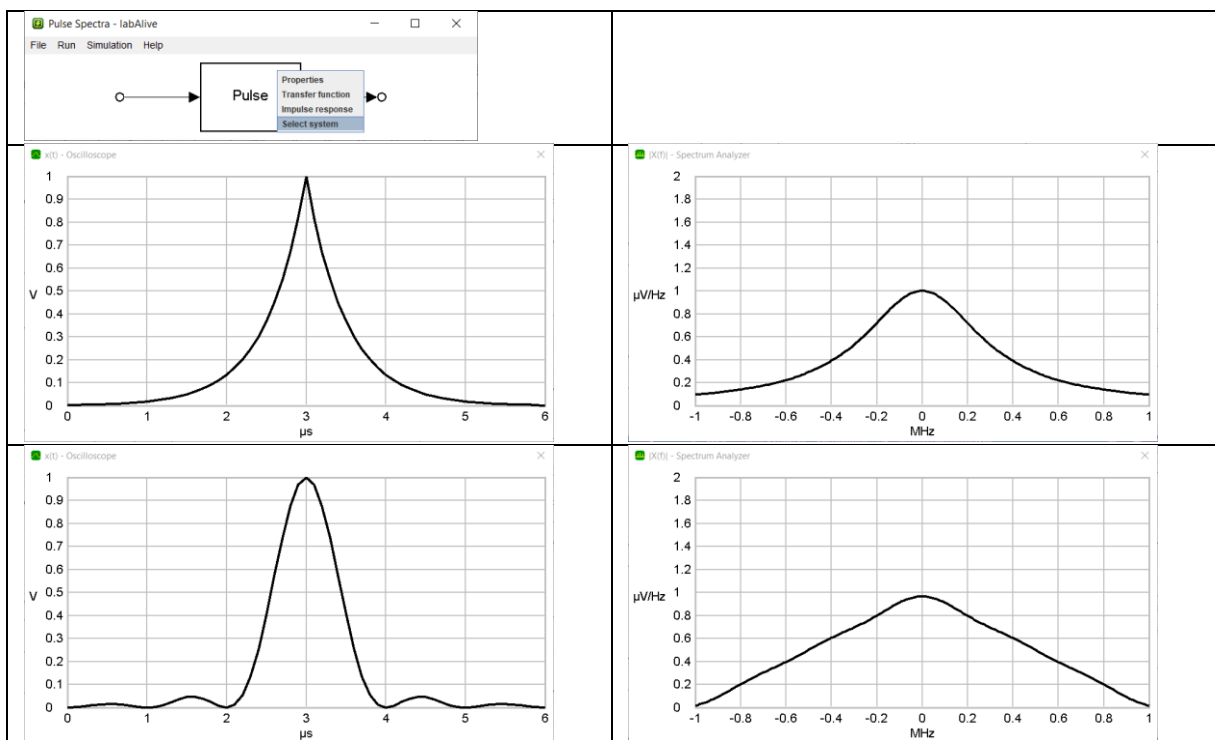


Geben Sie die Funktionsterme für  $x(t)$  und  $X(f)$  an.

Hinweis: Es gibt verschiedene Methoden das  $\Delta t$  zu bestimmen: grob abschätzen mithilfe des Bildes in der Transformationstabelle, Wert in den Funktionsterm einsetzen oder anhand des Spektrums.



Sofern Sie noch Zeit haben: Schalten Sie mit rechts Klick → Select System auf andere Impulsformen um und geben Sie die Funktionsterme für  $x(t)$  und  $X(f)$  an.

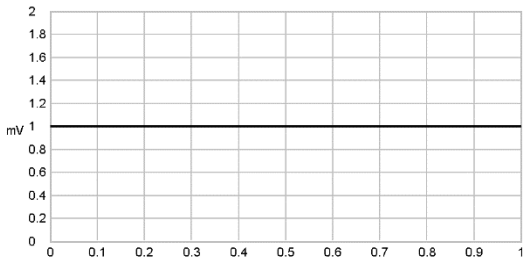


## 4 AUSWERTUNG

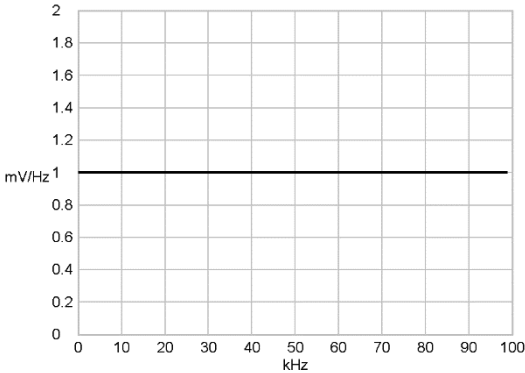
Beantworten Sie folgende Fragen (es können mehrere Antworten richtig sein) und geben Sie die Antworten auch online in den Multiple Choice Test ein: <https://www.etti.unibw.de/wbt/>

- Die Amplitude eines Zeitsignals wird verdoppelt, wie verändert sich das Spektrum?
  - Es wird ebenso verdoppelt.
  - Es bleibt unverändert.
  - Es wird mit dem Faktor  $\sqrt{2}$  multipliziert.
  - Die Frequenzen bei denen das Spektrum ungleich Null ist sind unverändert.

- Welches Spektrum hat folgendes Zeitsignal: Gleichspannung mit  $1\text{mV}$  Amplitude?

$x(t)$	$X(f)$
	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Dirac bei <math>0\text{ Hz}</math> mit <math>1\text{mV}</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Folge von Diracs in <math>10\text{ kHz}</math> Abstand und <math>0,5\text{ mV}</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Konstantes Spektrum mit <math>1\text{ mV} / \text{Hz}</math> spektraler Amplitudendichte</li> </ul>

- Welches Zeitsignal hat folgendes Spektrum: konstantes Spektrum mit  $1\text{mV} / \text{Hz}$  spektraler Amplitudendichte?

$x(t)$	$X(f)$
<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Dirac mit <math>1\text{ mVs}</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit <math>1\text{ Hz}</math> Frequenz und <math>1\text{ mV}</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Rechteckimpuls mit <math>1\text{ Vs}</math> Fläche: <math>1000\text{V}</math> mal <math>1\text{ }\mu\text{s}</math></li> </ul>	

- Wie kann ein (Zeit-) Dirac-Impuls mit  $1\text{mVs}$  Amplitudenfläche angenähert werden um die Übertragungsfunktion eines Systems bis  $100\text{ kHz}$  messen zu können?
  - Rechteckimpuls mit  $1\text{ Vs}$  Fläche:  $1000\text{V}$  mal  $1\text{ }\mu\text{s}$
  - Dreieckimpuls mit  $1\text{ Vs}$  Fläche:  $1000\text{V}$  mal  $2\text{ }\mu\text{s}$
  - Rechteckimpuls mit  $1\text{ Vs}$  Fläche:  $1\text{V}$  mal  $1\text{ ms}$

5. Welches Spektrum ergibt eine zeitliche Folge von Diracs in  $100 \mu s$  Abstand und  $1 mVs$  Amplitudenfläche?

$x(t)$	$X(f)$
	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Folge von Diracs in <math>10 kHz</math> Abstand und <math>10 V</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Folge von Diracs in <math>10 kHz</math> Abstand und <math>1 mV</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit <math>10 kHz</math> Frequenz und <math>2 mV</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit <math>10 kHz</math> Frequenz und <math>1 mV</math> Amplitude</li> </ul>

6. Welches Spektrum ergibt eine Folge von Diracs in  $200 \mu s$  Abstand und  $1 mVs$  Amplitudenfläche?

$x(t)$	$X(f)$
	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Folge von Diracs in <math>5 kHz</math> Abstand und <math>5 V</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Folge von Diracs in <math>5 kHz</math> Abstand und <math>1 mV</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Folge von Diracs in <math>5 MHz</math> Abstand und <math>1 mV</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit <math>5 kHz</math> Frequenz und <math>0,5 mV</math> Amplitude</li> </ul>

7. Welches Spektrum ergibt einen Sinus/Cosinus mit  $2 kHz$  Frequenz und  $2 mV$  Amplitude?

$x(t)$	$X(f)$
	<ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Dirac bei <math>2 kHz</math></li> <li><input type="checkbox"/> Dirac mit <math>1 mV</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Dirac bei <math>1 kHz</math></li> <li><input type="checkbox"/> Dirac mit <math>0,5 mV</math> Amplitude</li> <li><input type="checkbox"/> Dirac mit <math>2 mV</math> Amplitude</li> </ul>

8. Welches Zeitsignal hat folgendes Spektrum: Dirac bei  $1\text{kHz}$  mit  $0,5\text{mV}$  Amplitude?

$x(t)$	$X(f)$
<input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit $1\text{kHz}$ Frequenz <input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit $1\text{mV}$ Amplitude <input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit $2\text{kHz}$ Frequenz <input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit $0,5\text{mV}$ Amplitude <input type="checkbox"/> Sinus/Cosinus mit $2\text{mV}$ Amplitude	

9. Welches Spektrum ergibt ein Si-Impuls mit  $4\text{V}$  Amplitude und  $250\text{ns}\Delta t$  ?

$x(t)$	$X(f)$
	<input type="checkbox"/> Rechteckförmiges Basisbandspektrum mit $1\text{µV}$ Amplitude <input type="checkbox"/> Rechteckförmiges Basisbandspektrum mit $\Delta f = 4\text{MHz}$ bzw. $f_h = 2\text{MHz}$ <input type="checkbox"/> Rechteckförmiges Basisbandspektrum mit $4\text{V}$ Amplitude <input type="checkbox"/> Rechteckförmiges Basisbandspektrum mit $\Delta f = 2\text{MHz}$ bzw. $f_h = 1\text{MHz}$ <input type="checkbox"/> Rechteckförmiges Basisbandspektrum mit $0,25\text{µV}$ Amplitude <input type="checkbox"/> Rechteckförmiges Basisbandspektrum mit $\Delta f = 1\text{MHz}$ bzw. $f_h = 1\text{MHz}$

10. Welches Zeitsignal hat folgendes Spektrum: Rechteckförmiges Basisbandspektrum mit  $1\text{µV} / \text{s}$  Amplitude und  $\Delta f = 2\text{MHz}$  ?

$x(t)$	$X(f)$
<input type="checkbox"/> Si-Impuls mit $2\text{V}$ Amplitude <input type="checkbox"/> Si-Impuls mit $500\text{ns}\Delta t$ <input type="checkbox"/> Si-Impuls mit $4\text{V}$ Amplitude <input type="checkbox"/> Si-Impuls mit $250\text{ns}\Delta t$	

11. Ein Zeitimpuls, z.B. si- oder gaussförmig, wird bei konstanter Amplitude auf die halbe zeitliche Ausdehnung gestaucht. Was passiert mit dem Spektrum?
- Das Spektrum wird auf die doppelte Breite aufgespreizt.
  - Das Spektrum wird betragsmäßig halbiert.
  - Die Frequenzen, bei denen das Spektrum ungleich Null ist sind unverändert.
  - Das Spektrum bleibt betragsmäßig konstant.
12. Die Frequenz eines periodischen Signals, z.B. cosinus- oder dreiecksförmiges Signal, wird verdoppelt. Was passiert mit der Signalleistung?
- Die Leistung bleibt konstant.
  - Die Leistung halbiert sich.
  - Die Leistung viertelt sich.

## 5 AUSBLICK

Werfen Sie einen Blick auf den Online Versuch. Dort finden Sie die Tabelle der Fouriertransformation und können Sie Simulationen für die verschiedenen Signale mit einem Klick starten.

<https://www.etti.unibw.de/labalive/experiment/fouriertransforms/>

## 6 ANHANG

6.1 Hinweise zur Verwendung von *labAlive*

Die Simulation lässt sich mit einem Klick auf den „Launch“-Button starten.

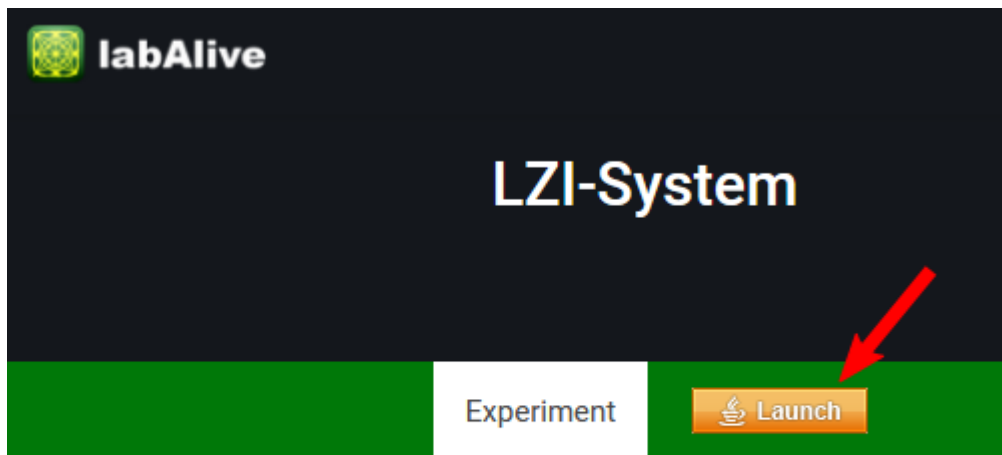


Abbildung 1: Start der Simulation

Nach dem Start läuft die Simulation mit einer voreingestellten Geschwindigkeit ab. Diese lässt sich mit der Taste **F3** beschleunigen und mit der Taste **F2** verlangsamen.

Die Taste **Pause** stoppt den Ablauf der Simulation. So ist es möglich das Ausgangssignal mit Marker zu vermessen. (Hinweis: Das Eingangssignal lässt sich nicht vermessen. Eine Delta-Messung ist nicht möglich.)

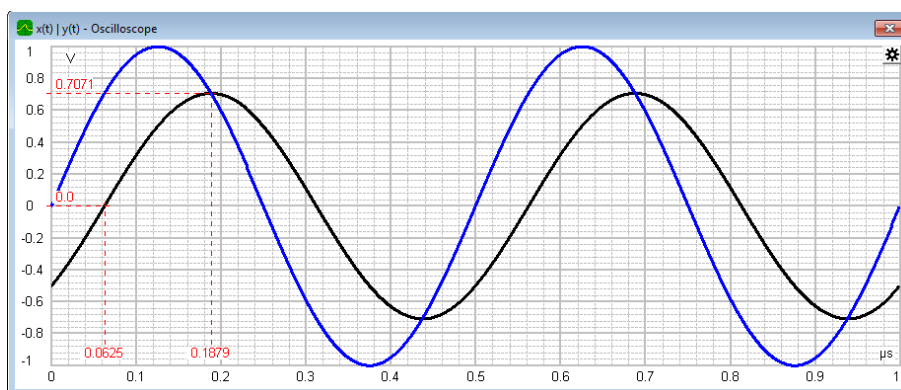


Abbildung 2: Vermessung mit Marker

Die Marker lassen sich frei auf der Kurve platzieren. Scheitelpunkte und Nulldurchgänge können exakt bestimmt werden. Dazu muss die Taste **Strg** festgehalten und mit dem Mauszeiger links neben das Ereignis geklickt werden.

Signalform und Parameter des Eingangssignals können im **Properties-Dialog** geändert werden.



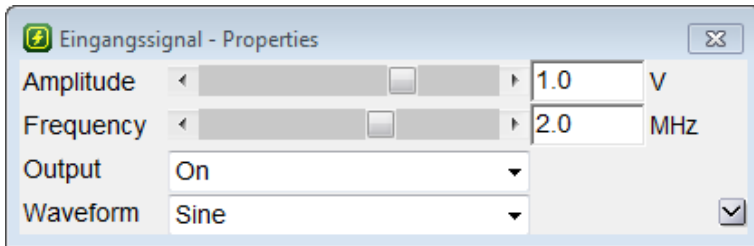


Abbildung 3: Einstellungen des Eingangssignals

Durch einen Rechtsklick auf eine der Signalleitungen lassen sich verschiedene Messgeräte auswählen, um das Signal am ausgewählten Punkt zu vermessen und/oder darzustellen.

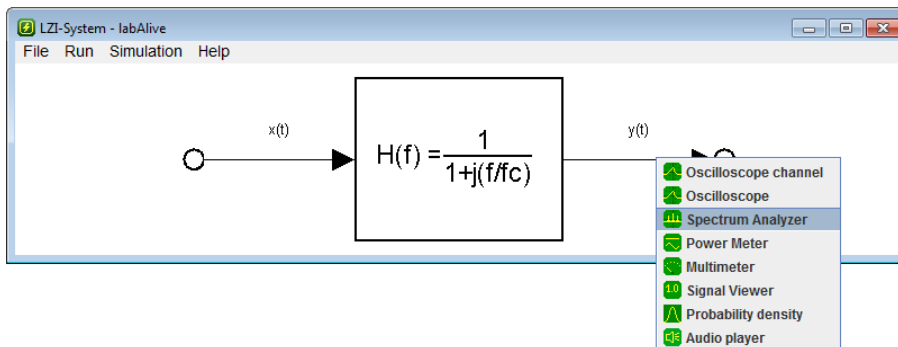


Abbildung 4: Öffnen von Messgeräten

Der Einstellungs-Dialog des jeweiligen Messgeräts kann über das Zahnradsymbol oder einen Rechtsklick in das Fenster des Messgeräts aufgerufen werden. Es werden anfangs nur die wichtigsten Einstellungen angezeigt. Durch einen Linksklick auf den Button mit dem nach unten gerichteten Pfeil lassen sich die restlichen Einstellungen anzeigen. (*Hinweis: Oft sind zur Anzeige aller Einstellungen mehrere Klicks notwendig.*)

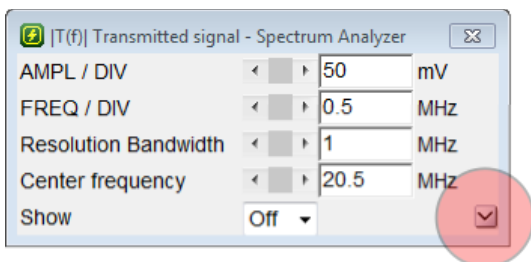


Abbildung 5: Einstellungen für das gewählte Messgerät

Eine detaillierte Hilfe ist online unter folgender Adresse zu finden:

<https://www.etti.unibw.de/labalive/manual/>