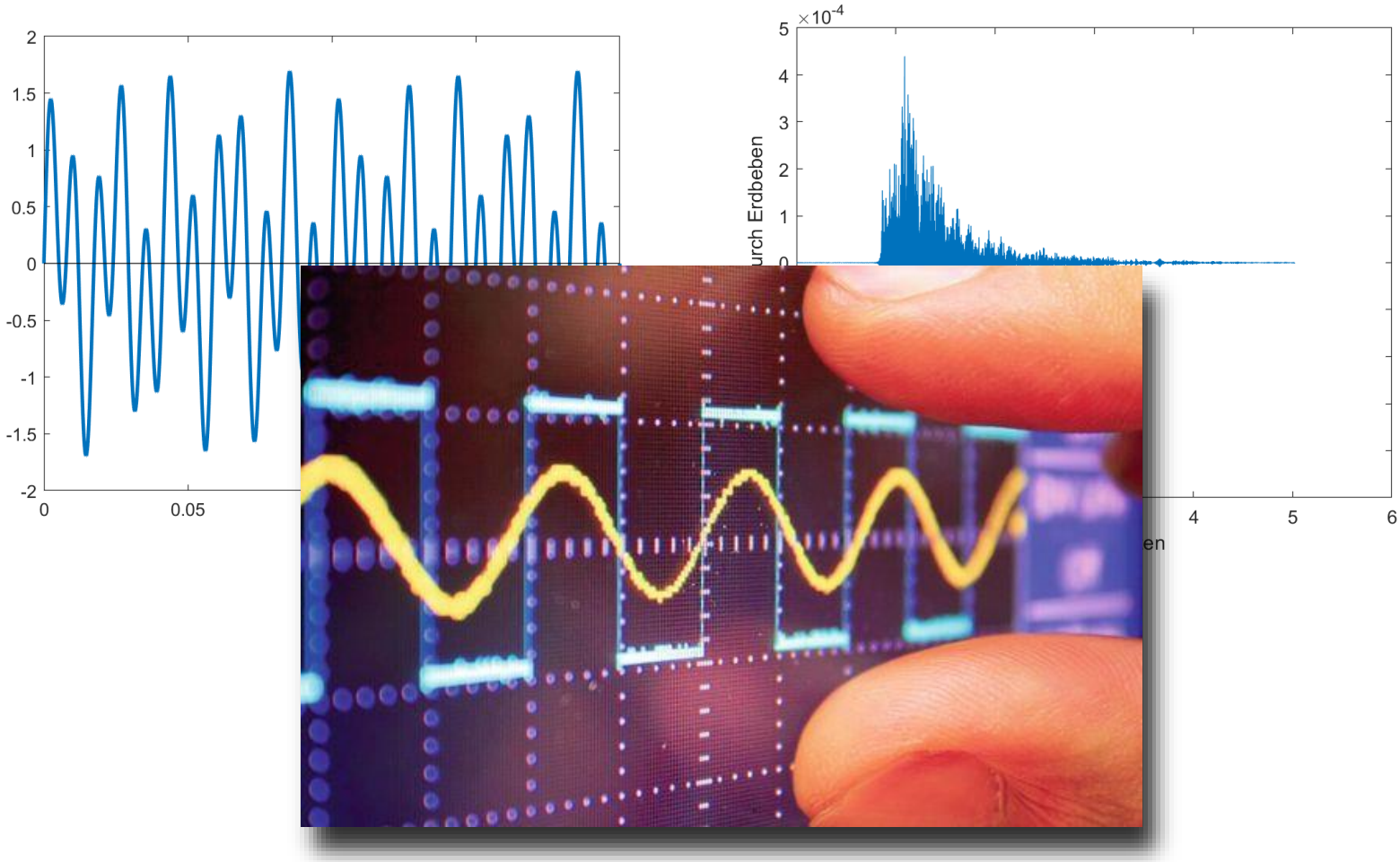
Funktionen und ihre Eigen-schaften

Schwingungsanalyse

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Schwingungsanalyse … oder Frequenzanalyse



Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Es gibt zahlreiche Namen für die Schwingungsanalyse...

- Fourier Analyse
- Frequenzanalyse
- Spektralanalyse (Frequenzspektrum, z.B. bei Licht)
- harmonische Analyse



Jean Baptiste Joseph Fourier (1768 – 1830)

Funktionen und ihre Eigenschaften

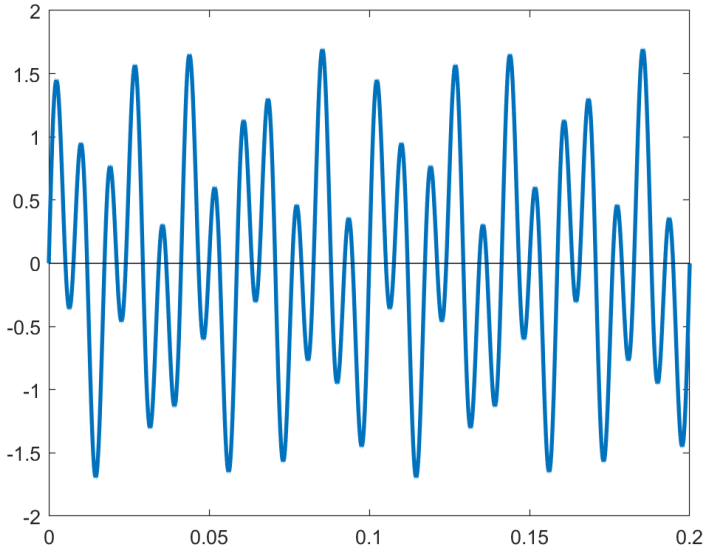
Schwingungsanalyse

Wir analysieren ein Signal...

Beobachtungen:

- Hochfrequenter Anteil
- Anteil mit kleinerer Frequenz

Das Signal besteht aus mindestens zwei Frequenz-anteilen



Analytische Formel:

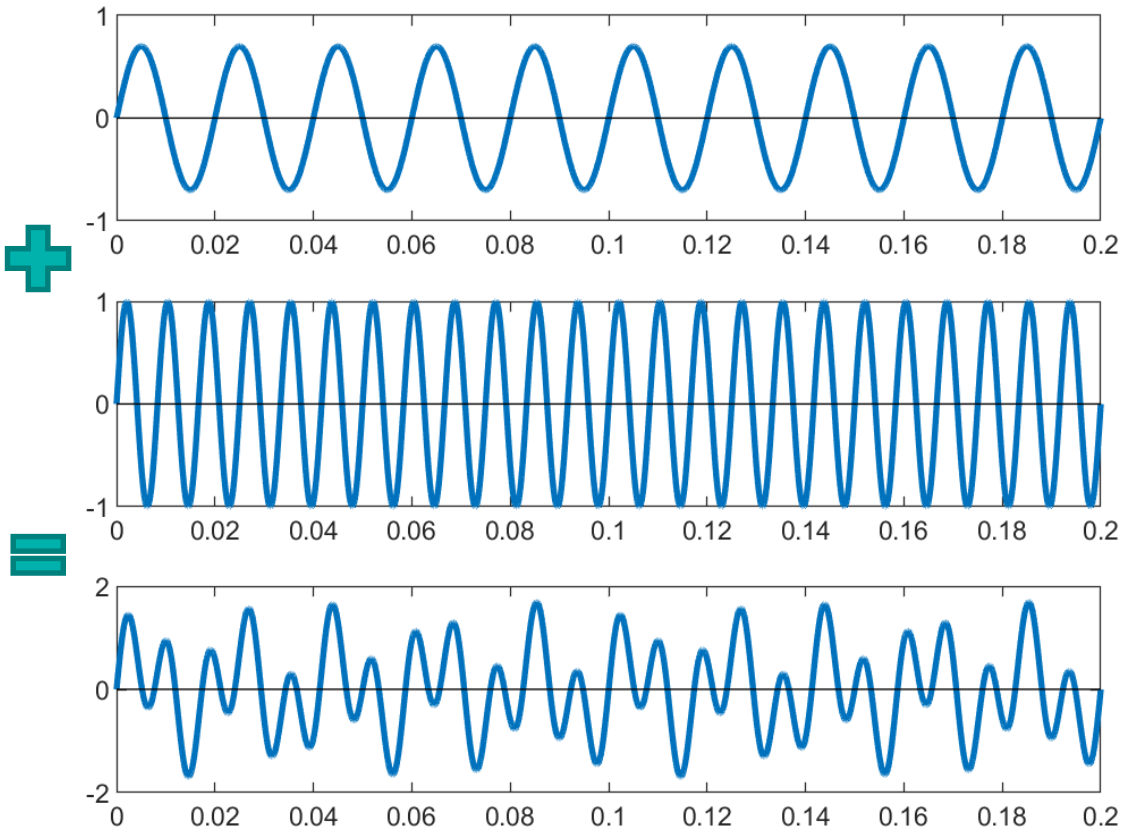
$$f(t) = 0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 120 \cdot t)$$

$50\ Hz$ $120\ Hz$

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Wir analysieren ein Signal...



50 Hz

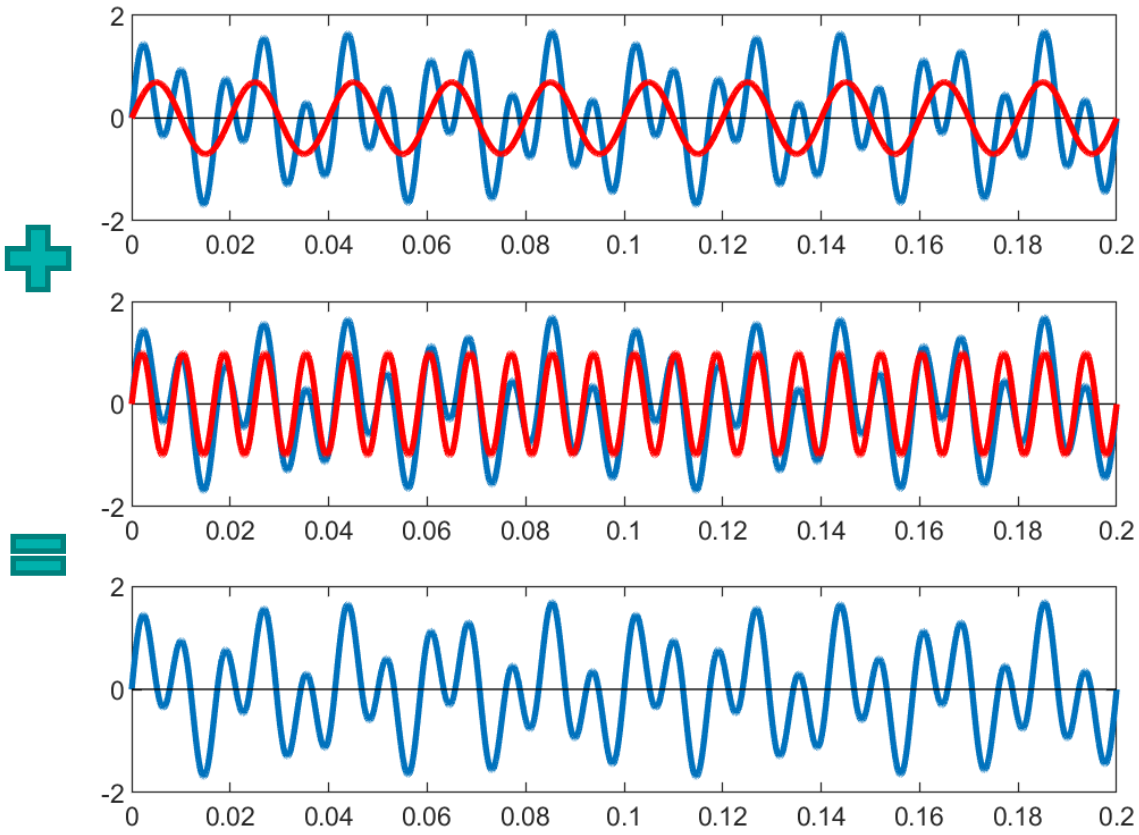
120 Hz

50+120 Hz

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Wir analysieren ein Signal...



Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Wir analysieren ein Signal...

Rein optisch ist es schwer die einzelnen Frequenzen zu erkennen.

Gleiches gilt für Wertetabellen oder bei Messwerten…

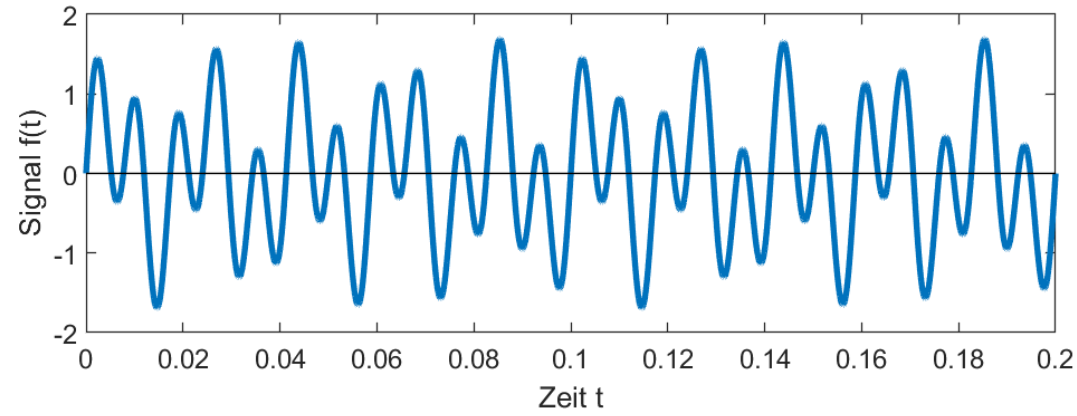


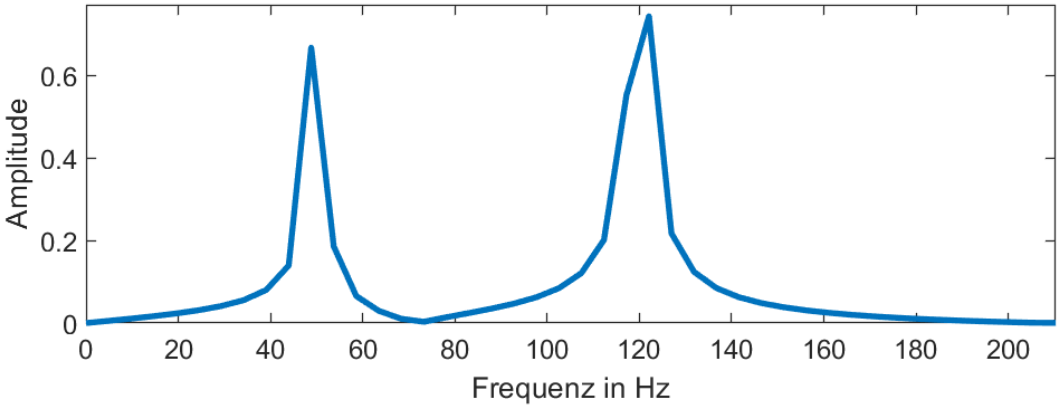
Ausweg: Fourier Analyse

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Was ist eine Fourier Analyse?





Analytische Formel:

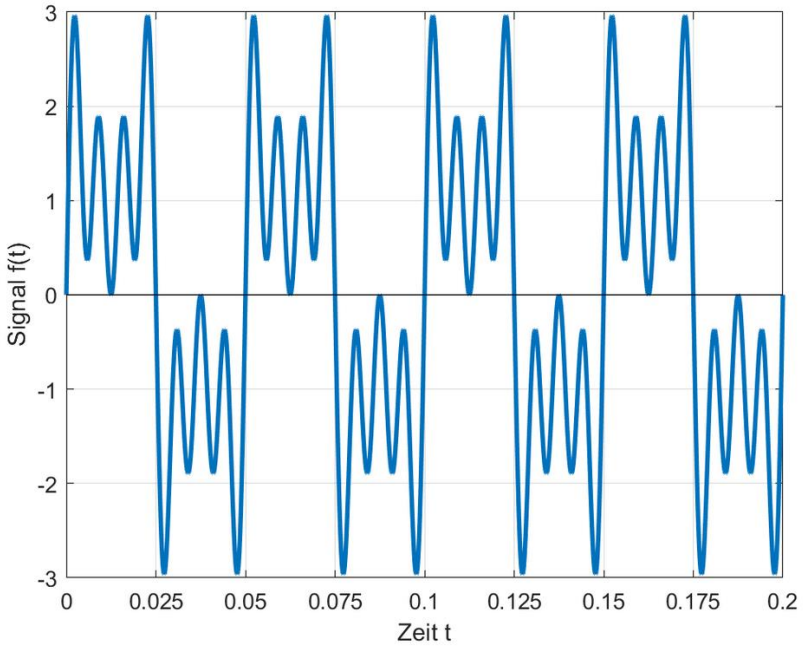
$$f(t) = 0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 120 \cdot t)$$

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Jetzt sind Sie an der Reihe...

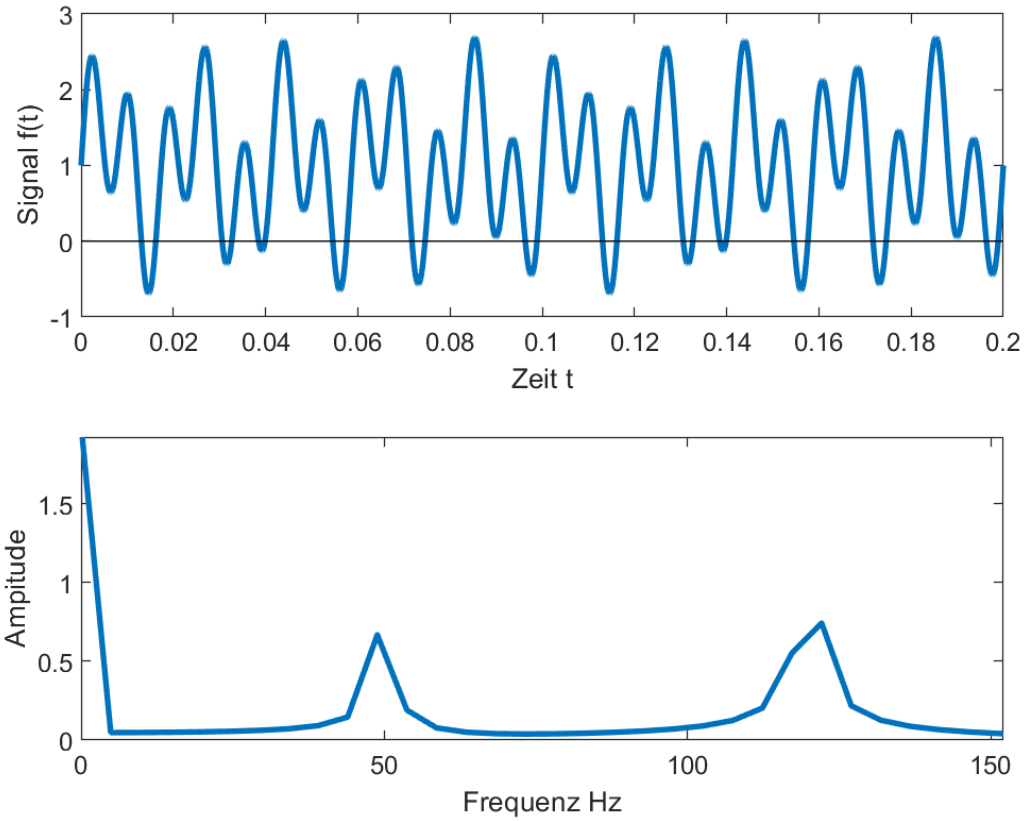
Es wurde ein Signal $f(t)$ im Zeitbereich aufgenommen. Aus wie vielen Frequenzen besteht das Signal? Können Sie die einzelnen Anteile bestimmen?



Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Ein weiteres Beispiel...



Analytische Formel:

$$f(t) = 0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 120 \cdot t) + 1$$

Elektrotechnik:

Gleichspannungs-anteil = Peak bei null

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse

Was sind die Lernziele?

Sie erkennen Anwendungsmöglichkeiten der Schwingungsanalyse…

Sie können das Ergebnis einer Fourier Analyse interpretieren…

- Peaks entsprechen den Frequenzanteilen
- Die Höhe der Peaks den zugehörigen Amplituden (zumindest näherungsweise…)

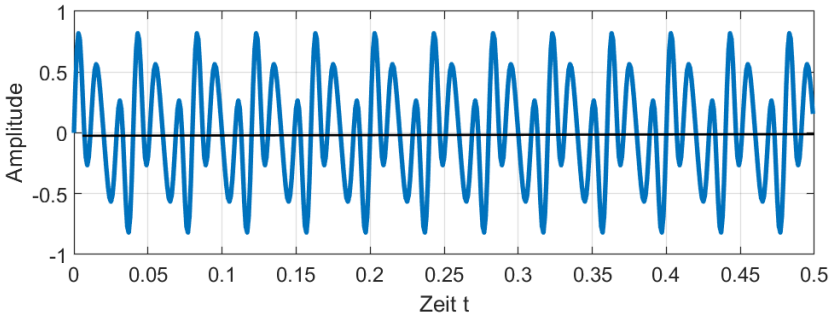
Berechnen und Theorie hinter der Fourier Analyse… später!

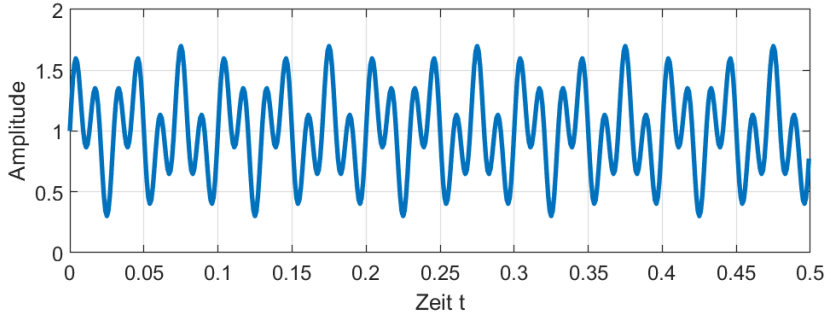
Funktionen und ihre Eigenschaften

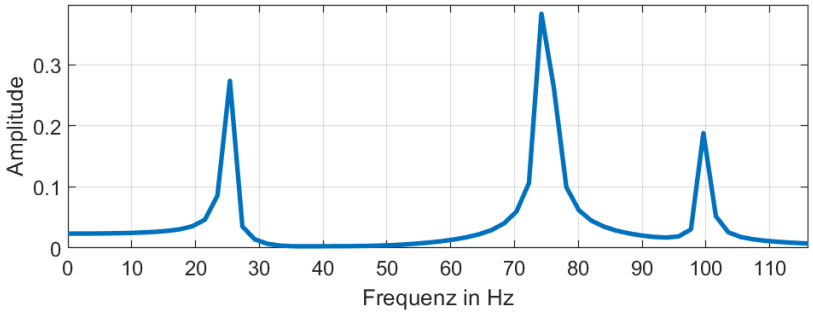
Schwingungsanalyse

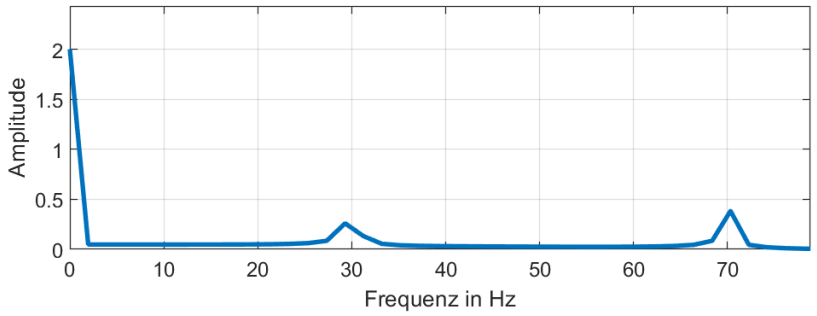
Jetzt sind Sie an der Reihe...

In der Abbildung unten sehen wir das Zeitsignal $f(t)$ und die zugehörige Fourier Analyse. Bestimmen Sie die Frequenzen!









Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Analyse von verrauschten Signalen

Ausgangssignal (Originalsignal):

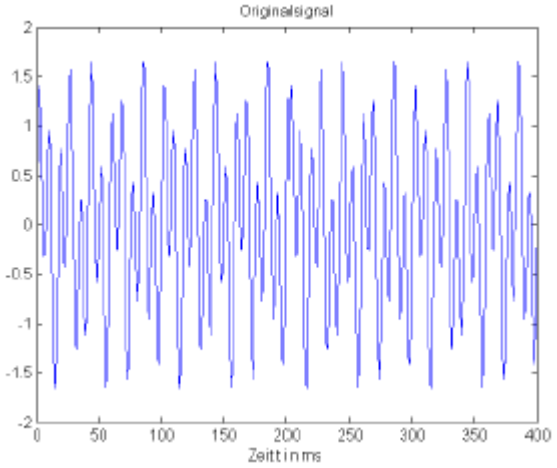
$$f(t) = 0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 120 \cdot t)$$

Aufgabe:

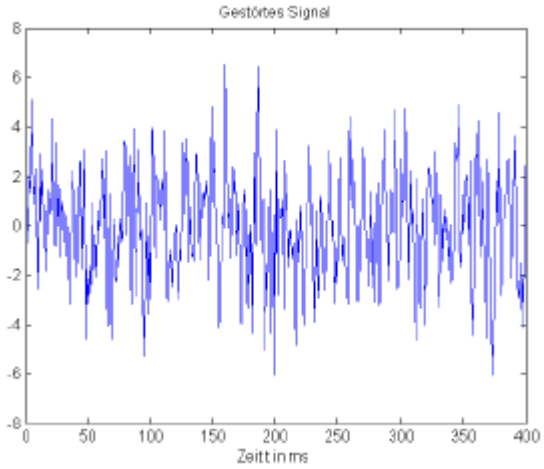
Rekonstruiere das Originalsignal, d.h die Frequenzen 50 Hz und 120 Hz und die zugehörigen Amplituden 0.7 und 1.

Idee:

Analysiere das Frequenzspektrum mit Hilfe der Fourier-Analyse.



Originalsignal



Gestörtes Signal

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Analyse von verrauschten Signalen

Ausgangssignal (Originalsignal):

$$f(t) = 0.7 \cdot \sin(2\pi \cdot 50 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 120 \cdot t)$$

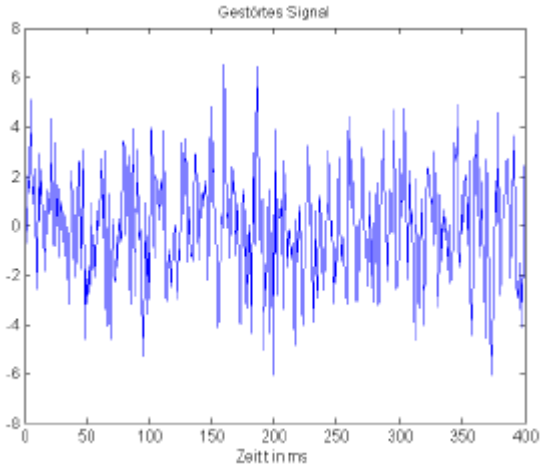
Frequenzanalyse:

Neben vielen kleineren Frequenzen, die vom Rauschen stammen, sehen wir zwei Peaks.

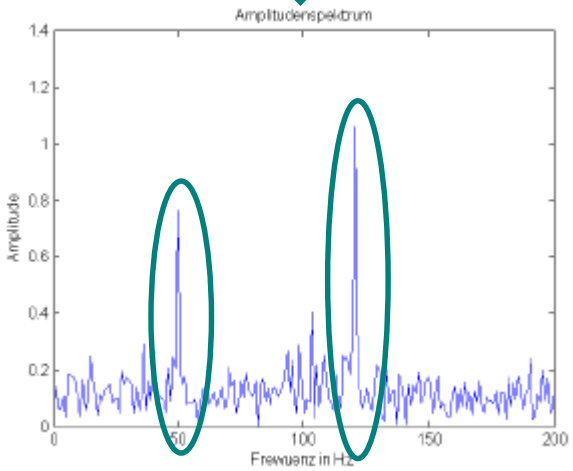
Frequenzen: 50 Hz und 120 Hz

Amplituden: 0.7-0.8 und 1.0-1.1

Das Ausgangssignal lässt sich rekonstruieren!



Gestörtes Signal



Frequenzanalyse

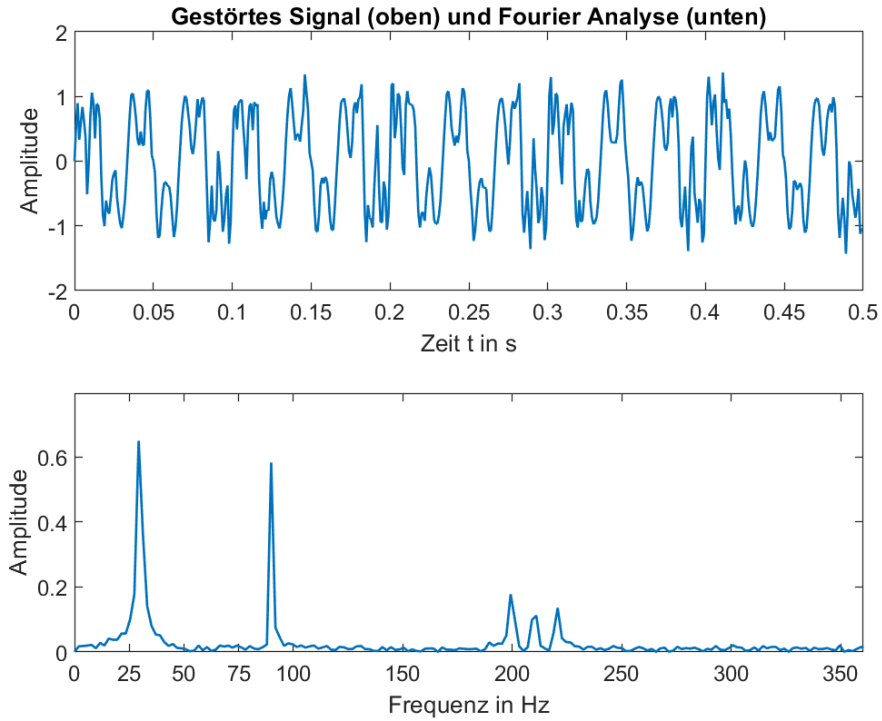
Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Jetzt sind Sie an der Reihe...

Sie haben ein Messsignal (Grafik rechts) aufgenommen. Leider wurde das Signal beim Messprozess durch hochfrequentes Rauschen gestört, sodass sie nur ein verrauschtes Signal erhalten. Sie wissen aber, dass ihr Originalsignal eine Überlagerung von zwei Frequenzen ist.

Bestimmen Sie mit Hilfe der durchgeführten Fourier Analyse (Grafik rechts) die beiden Frequenzen und die Amplituden.



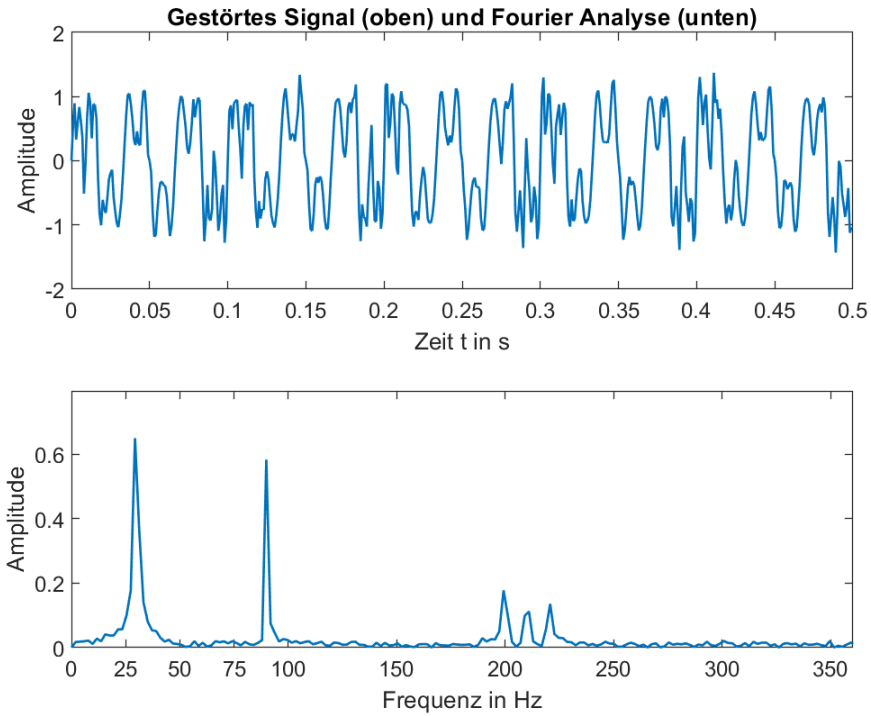
Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Jetzt sind Sie an der Reihe...

Sie wollen einen Tiefpassfilter auf ihr Signal anwenden. Bei einem solchen Filter können Frequenzen unterhalb der Gangfrequenz des Tiefpasses den Filter fast ungestört passieren, während Frequenzen oberhalb gedämpft werden und den Filter kaum passieren.

Wie müssen Sie die Gangfrequenz des Filters einstellen, damit das Messrauschen entfernt wird?



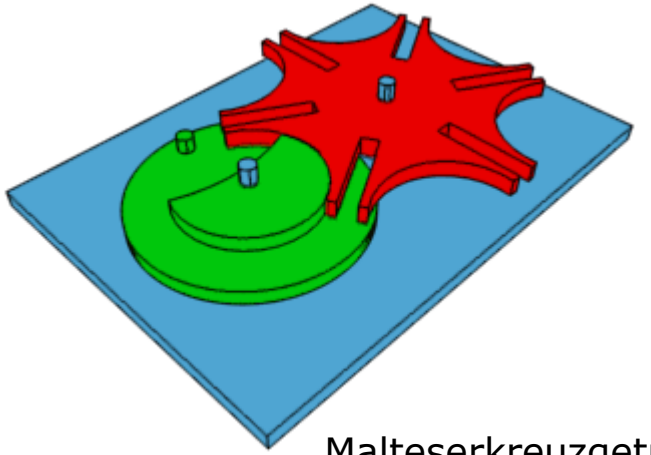
Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Schrittschaltgetriebe

Schrittschaltgetriebe setzen eine kontinuierliche Drehbewegung in eine intermittierende Drehbewegung um, d.h. zwischen den einzelnen Schritten steht der Getriebeausgang still.

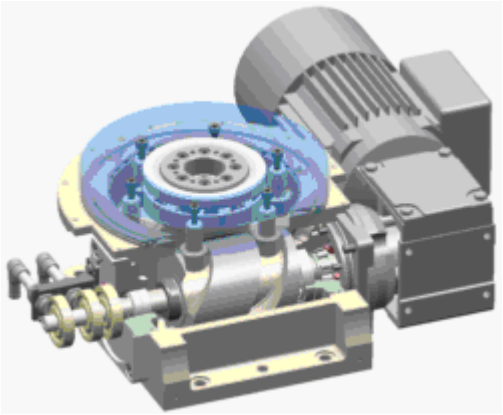
Schrittschaltgetriebe können mit fast jeder Getriebeart realisiert werden.



Malteserkreuzgetriebe
Quelle: Wikipedia

Anwendung:

In der Produktion, wenn z.B. einzelne Arbeitsschritte wie Bohren etc. über einen festen Zeitraum durchgeführt werden.



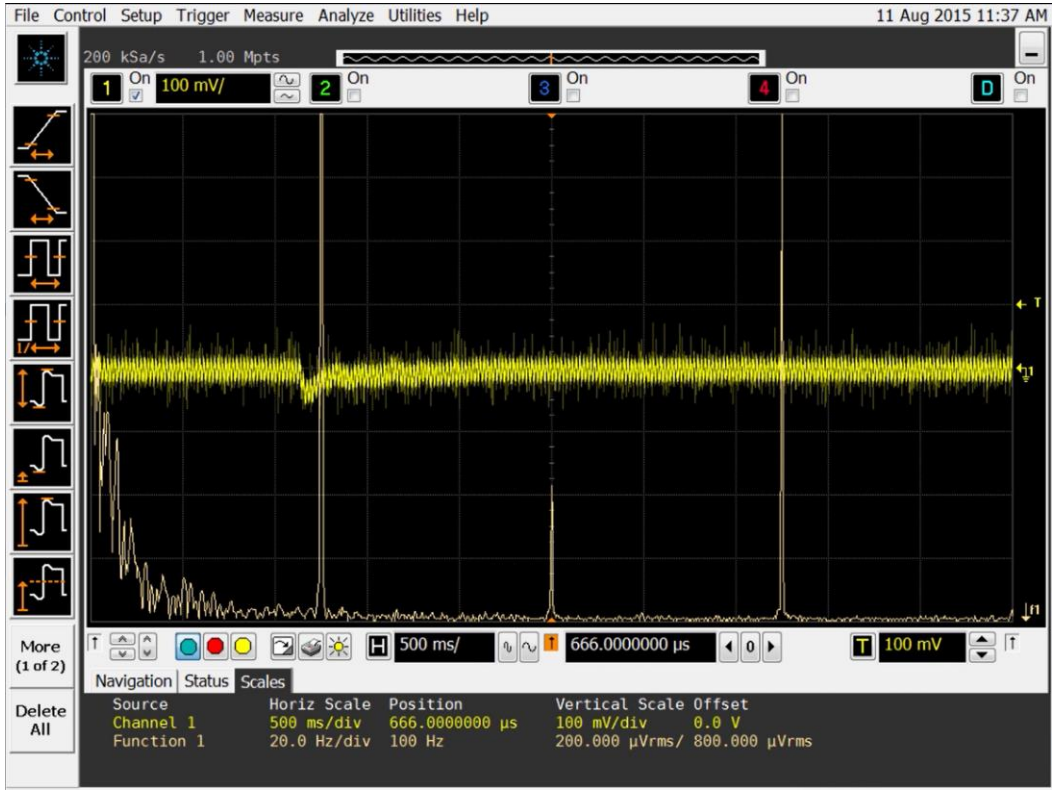
Kurvengetriebe mit Zylinderkurve
Quelle: Wikipedia

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Schrittschaltgetriebe

Leerlaufmessung und Auswertung im Oszilloskop:

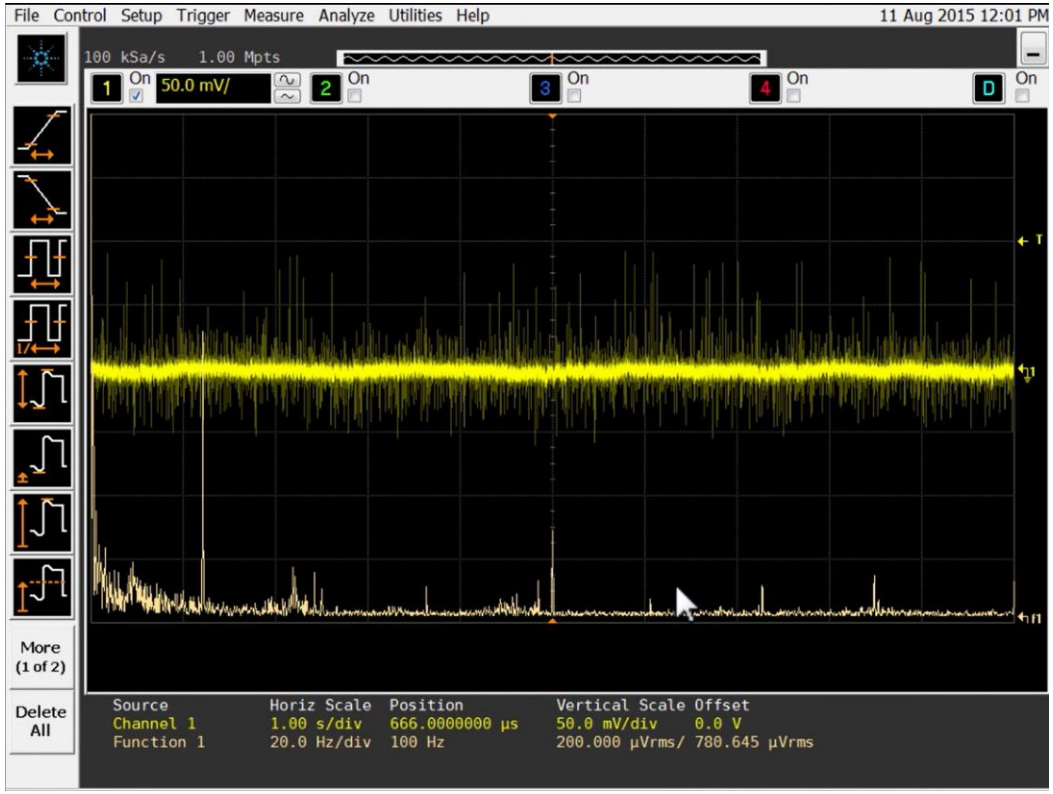


Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Schrittschaltgetriebe

Messung am Laufenden Getriebe und Auswertung im Oszilloskop:



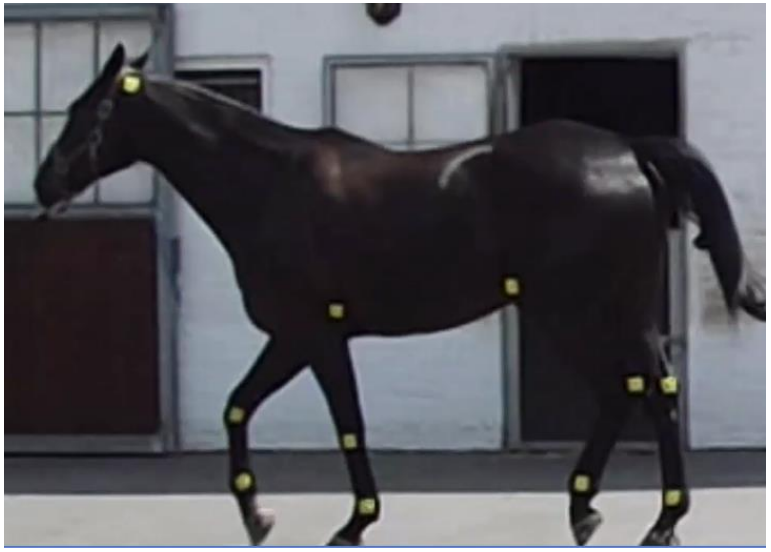
Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Ganganalyse bei Pferden

Üblicherweise müssen gesunde und lahmende Pferde auf einem Laufband laufen, um den Gang zu analysieren.

Als Alternative läuft das Pferd vor einer Kamera über den Hof. Anschließend wird der Gang analysiert.



Wie kann uns Fourier hierbei helfen?

Problem stammt aus:

Bachelor Arbeit von L. Weber (2015, Betreuung: Prof. Ziemons)

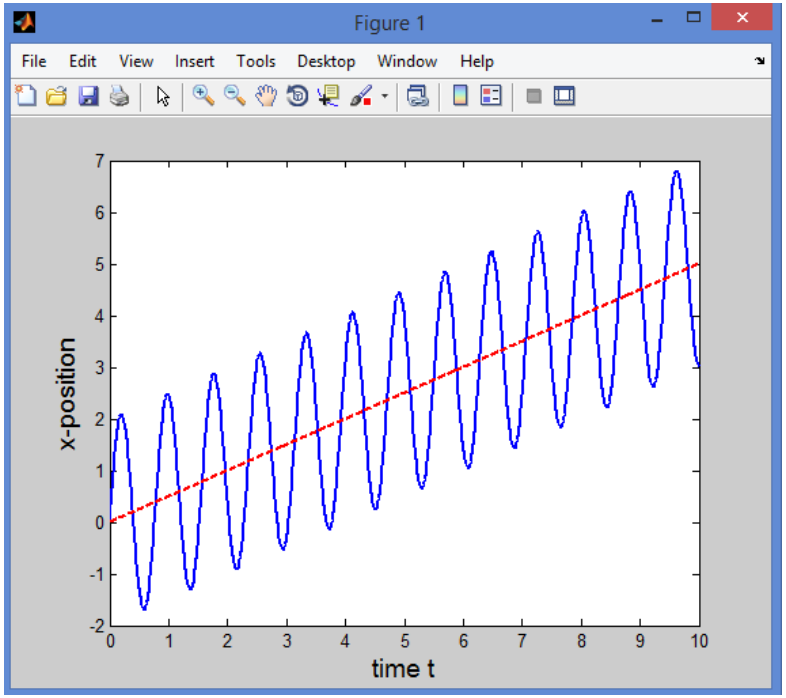
Funktionen und ihre Eigenschaften

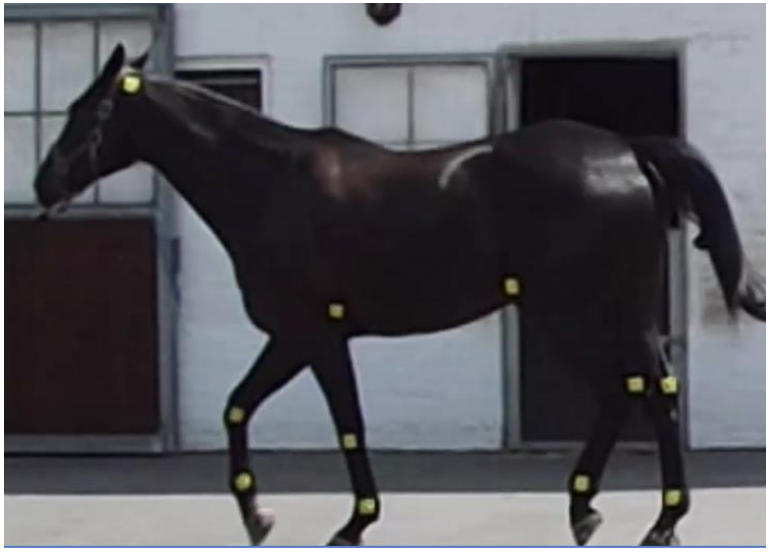
Schwingungsanalyse - Anwendungen

Ganganalyse bei Pferden

Zuerst werden die x und y Koordinaten einiger Marker auf den Beinen aufgenommen

Das Ergebnis wird unten dargestellt…





Dieses Signal ist nicht brauchbar für eine Fourier Analyse!

Grund:

Es liegt eine Überlagerung des periodischen Gangs und der Bewegung in x-Richtung vor!

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

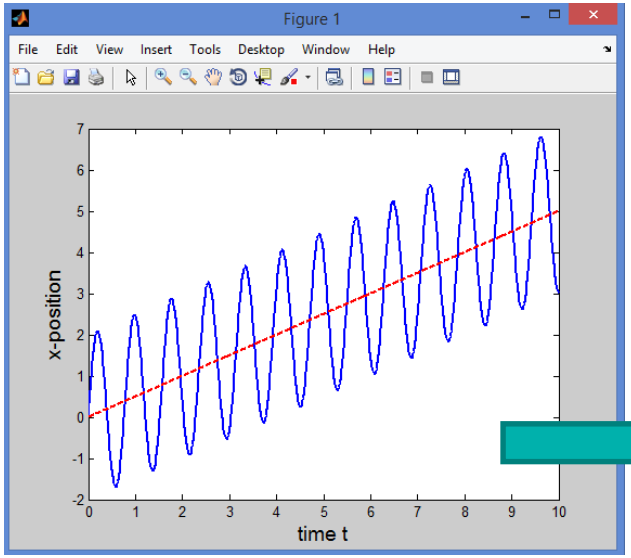
Ganganalyse bei Pferden

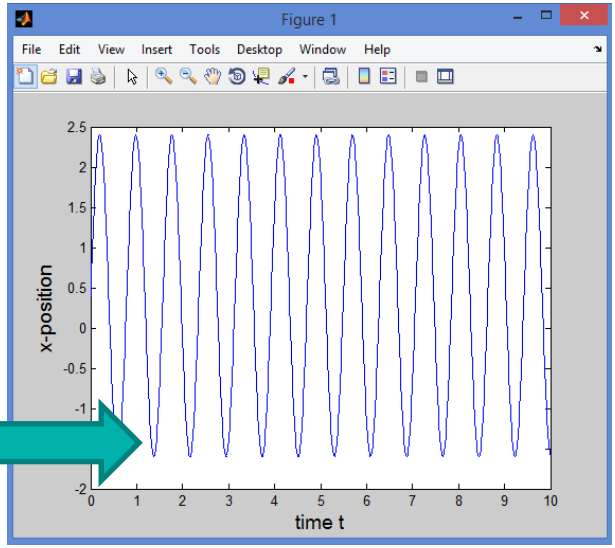
Als Lösung wurde ein zusätzlicher Punkt am Kopf hinzugefügt. Anschließend konnte die x-Bewegung herausgerechnet werden!



Am Kopf ist die Bewegung in y-Richtung konstant, sodass nur die Bewegung des Pferdes herausgenommen wird!

Diese Bewegung wurde dann von der vorherigen Bewegung der Beine subtrahiert, sodass nur die periodische Bewegung übrig bleibt!



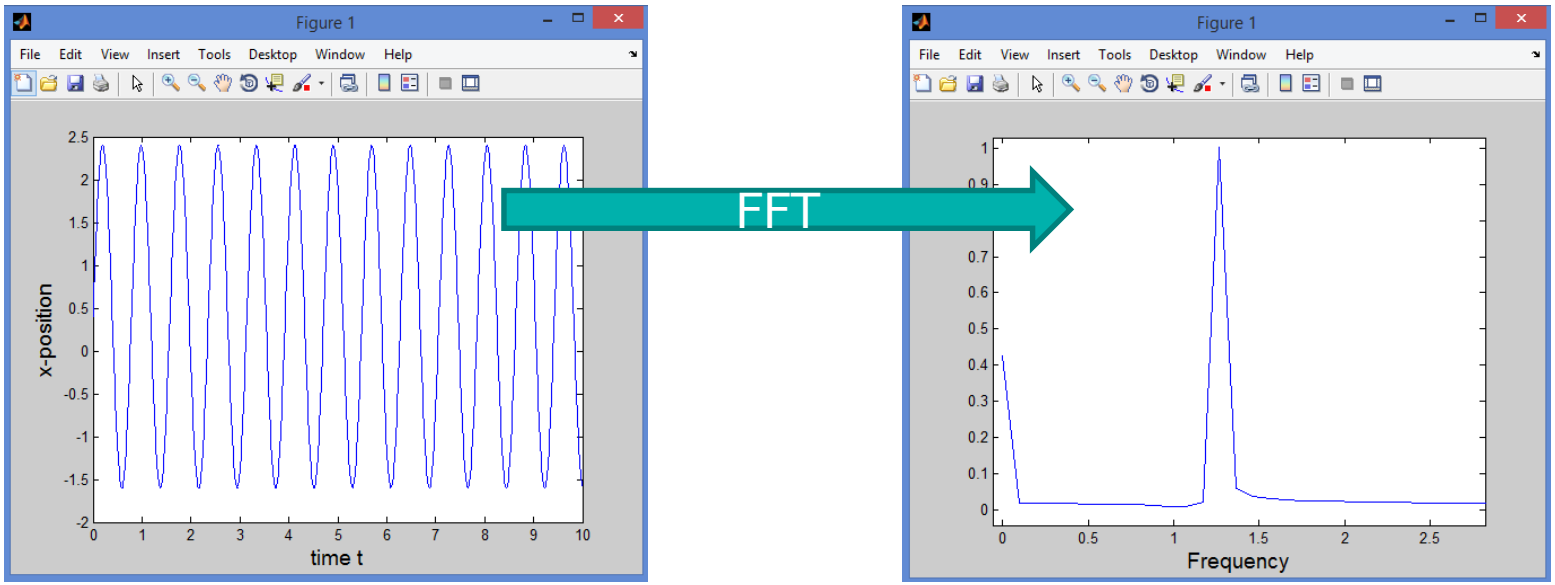


Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Ganganalyse bei Pferden

Im nächsten Schritt wurde eine FFt durchgeführt und analysiert…

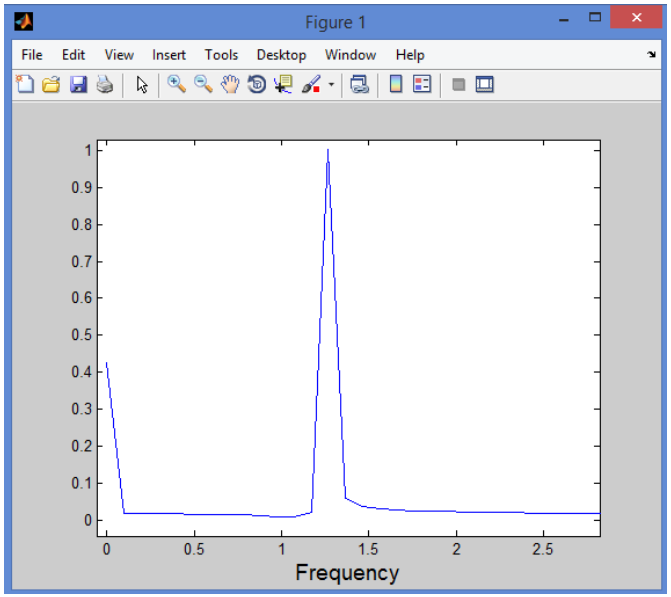


Wir beobachten zwei Peaks, warum???

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Ganganalyse bei Pferden



Wir beobachten zwei Peaks, einer bei null und der andere bei der Frequenz mit welcher sich die Beine bewegen.

Wie können wir den Peak bei null erkkären?

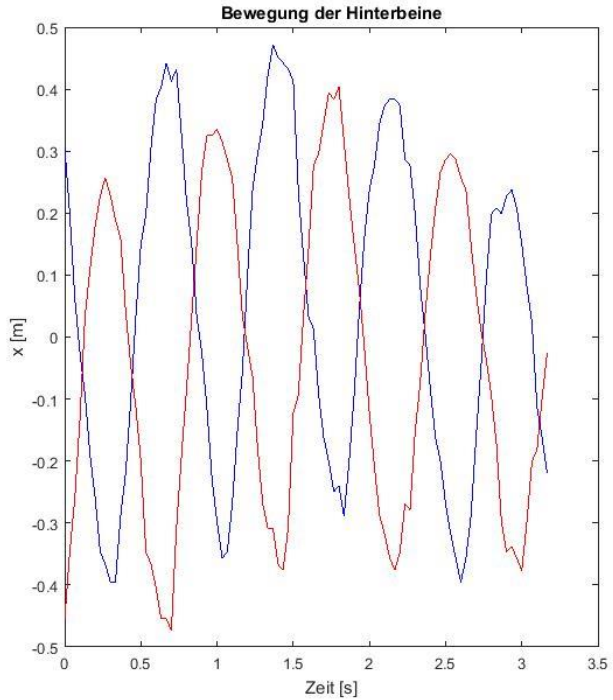
- Der Grund ist der Zusatzpunkt am Kopf
- Es existiert ein Offset von 0,4 m zwischen Kopf und Beinen, daher finden wir auch einen Offset im Signal, welcher zum Peak bei null gehört!
- Korrigieren wir das Signal um 0,4 m so erhalten wir ein Signal, welches für medizinische Zwecke analysiert werden kann.

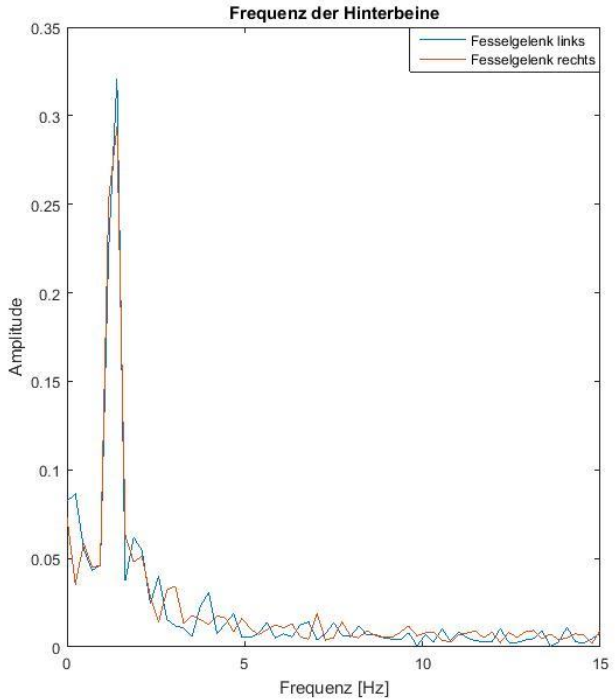
Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Ganganalyse bei Pferden

Originalergebnisse aus der Bachelorarbeit…





Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Analyse von Musikstücken mit Matlab

Das m-File „analyze.m“ kann im ILIAS heruntergeladen werden…

analyze.m

```
1   function analyze(file)
2
3   [y, Fs] = audioread(file);      % y is sound data, Fs is sample frequency.
4   t = (1:length(y))/Fs;           % time
5
6   N = 2^12;                       % number of points to analyze
7   c = fft(y(1:N))/N;              % compute fft of sound data
8   p = 2*abs( c(2:N/2));           % compute power at each frequency
9   f = (1:N/2-1)*Fs/N;             % frequency corresponding to p
10
11
12  plot(f,p)
13  %axis([0 1000 0 1e-2]);
```

Kommando zum Programm-aufruf

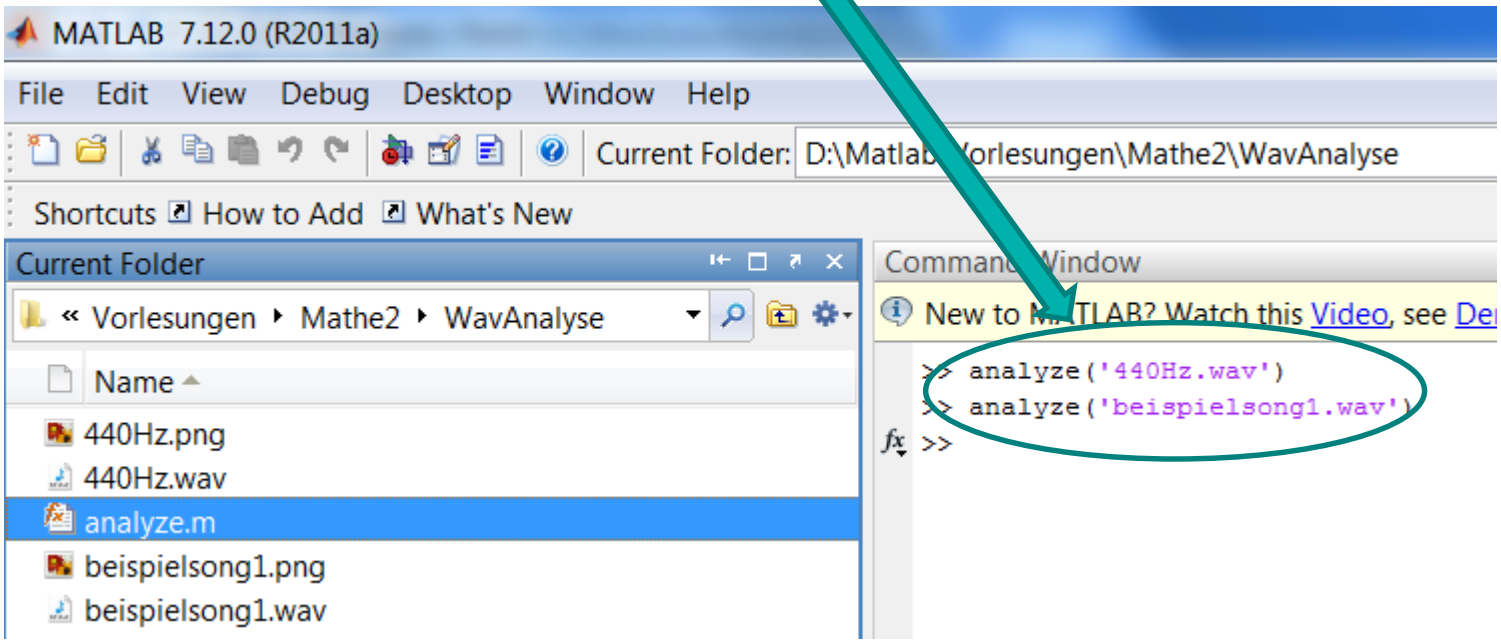
Fourier-Analyse mit FFT

Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Analyse von Musikstücken mit Matlab

Folgende Zeile im Command Window startet die Analysen



Funktionen und ihre Eigenschaften

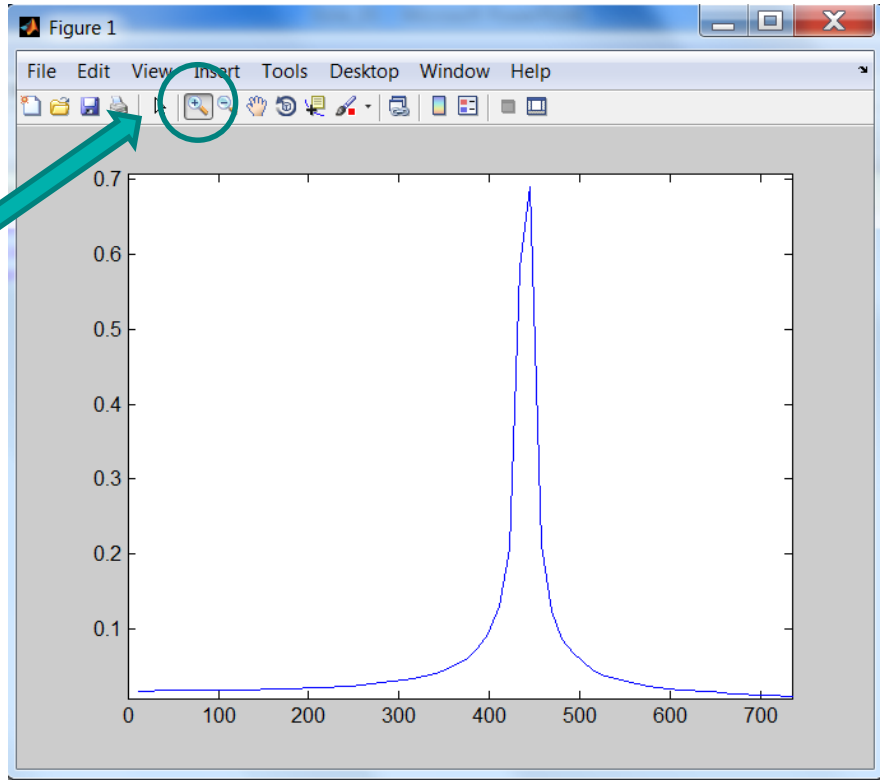
Schwingungsanalyse - Anwendungen

Analyse von Musikstücken mit Matlab

Ergebnis: Frequenzanalyse der vorgespielten wav-Datei

Nach dem Hineinzoomen, beobachten wir einen Peak bei der Frequenz 440 Hz.

Zoom



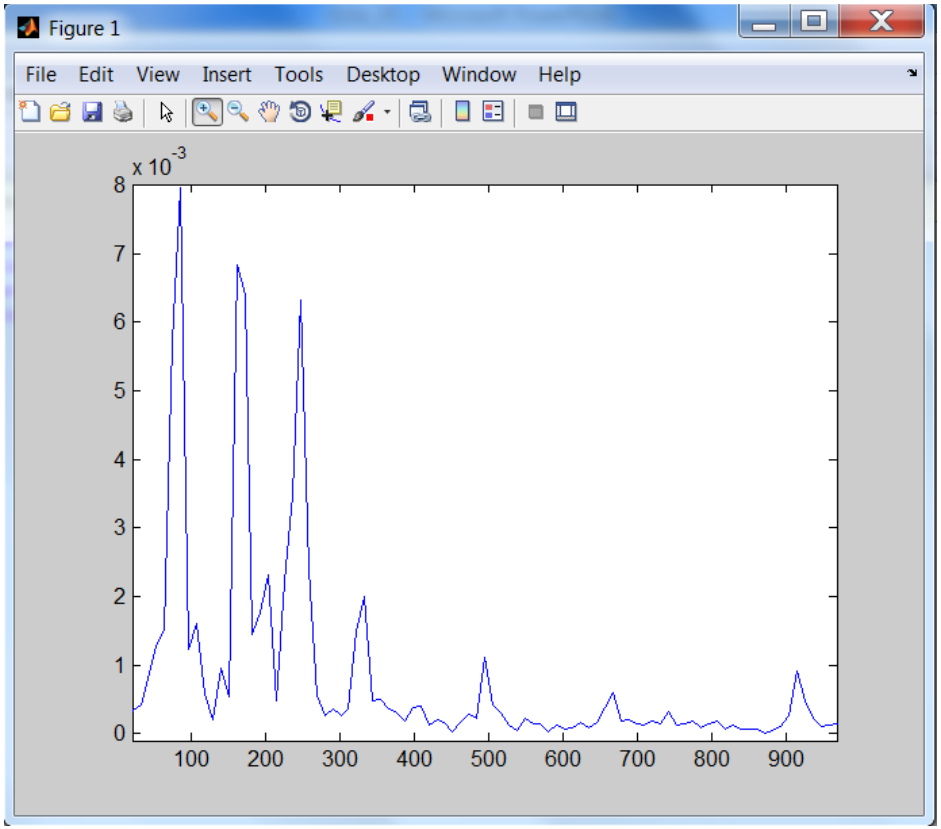
Funktionen und ihre Eigenschaften

Schwingungsanalyse - Anwendungen

Analyse von Musikstücken mit Matlab

Analyse von „beispielsong1.wav“…

Ergebnis:



Funktionen und ihre Eigenschaften

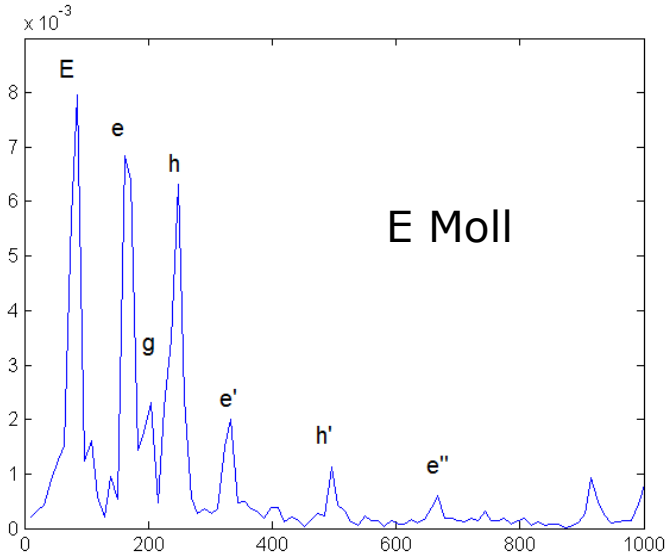
Schwingungsanalyse - Anwendungen

Analyse von Musikstücken mit Matlab

Interpretation:

- Bestimmung der Frequenzen zu den auftretenden Peaks

- Ermitteln der zugehörigen Töne:



http://*de.wikipedia.org/wiki/Frequenzen_der_gleichstufigen_Stimmung*

Tastennummer	Notation (englisch)	Notation (deutsch)	Frequenz in Hertz (Kammerton 440 Hz)
88	C8	c^5	4186,01
87	B7	h^4	3951,07
86	A#7/Bb7	ais^4/b^4	3729,31
53	C#5/Db5	cis^2/des^2	554,365
52	C5	c^2	523,251
51	B4	h^1	493,883
50	A#4/Bb4	ais^1/b^1	466,164
49	A4 Concert pitch	a^1 Kammerton	440,000
48	G#4/Ab4	gis^1/as^1	415,305
47	G4	g^1	391,995