

LabVIEW in der Lehre

... mit

Academic Day 2026

Mittwoch, 11. März 2026 an der FH JOANNEUM Kapfenberg

09:30 Einlass / Registrierung / Get Together

10:00 **Begrüßung und Eröffnung**

New Features in LabVIEW™ 2026 Q1

KI Tools für LabVIEW™ (Nigel / Jake AI)

Andreas Kreiseder / Kreiseder IT Services

Laborübungen mit LabVIEW™

Diskussion: LabVIEW in der Lehre, wo zwickt's?

Thomas Messner / FH JOANNEUM / HTL Kapfenberg

Live Hörsaal-Experimente mit Wow-Effekt (LabVIEW und myDAQ)

Georg Eggers / Hochschule München

NI Update (Hardware, Software, Academic, Lizenzierung)

Jan Kniewasser / Emerson (NI)

12:30 Snack Break

13:00 **Migration of myRIO Toolkit in LabVIEW 2025/26**

Boost your Productivity (Tools / Tipps & Tricks)

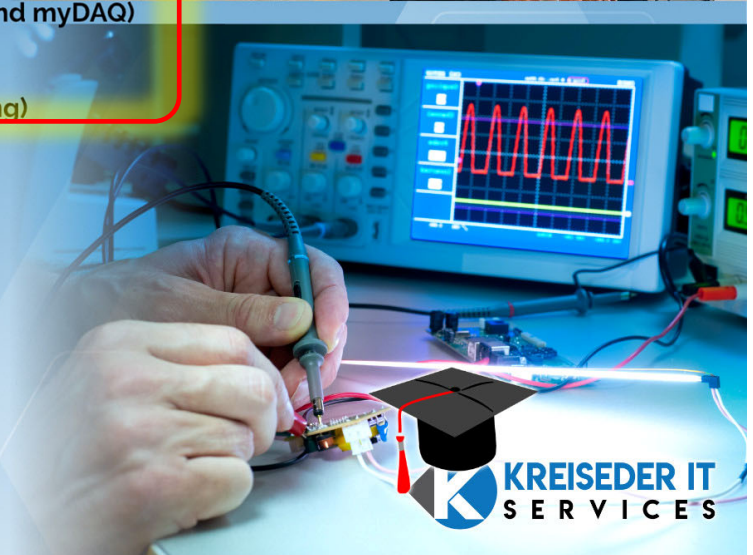
Error Handling Best Practices in LabVIEW™

Andreas Kreiseder / Kreiseder IT Services

15:15 **Ausblick - Wie gehts weiter?**

Feedback / Get Together / Networking

15:45 Voraussichtliches Ende



www.georg-eggert.de/labview4lectures

... mit
WOW
-Effekt



Prof. Dr. Georg Eggert
Hochschule München
für angewandte Wissenschaften

georg.eggert@hm.edu



+49 (89) 1265 - 1623



The content of this page is licensed under a
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

**FULL
FORCE
AHEAD**
NIDays 2019

**Academic Forum of the NI Days Europe 2019:
There's (More Than) Music in the Air: Low-Cost,
Hands-On Teaching of Software Defined Radio**



There's (More Than) Music in the Air: Low-Cost, Hands-On Teaching of Software Defined Radio
[Presentation File](#)
[German presentation file \(LabVIEW-Anwendertag 2023\)](#)

Simple FM Receiver



[RTLSDR-FMRadio_07.vi](#)

NOAA Satellite Image Decoder



[NOAA-Decode-WAV.zip](#)

HM

LabV

Prof. D

..03.2026

2

LabVIEW in der Lehre

1: Warum LabVIEW?

2: Echte Signale ohne echte Kosten

2.1 PC-Sensoren

2.2 Spektrum des PC-Mikrofonsignals

2.3 Korrelationen: Distanzmessung, Mustererkennung in Bilddaten

3: Echte Signale mit echt wenig Kosten

3.1 Der NI myDAQ

3.2 Solarzellen-Kennlinien

3.3 Bode-Diagramme elektrischer Schaltungen

3.4 Frequenzgang eines Lautsprechers

3.5 TDOA-Analyse: Richtungshören

3.6 Schwingungsmesstechnik

4: Hohe Frequenzen, niedrige Kosten

4.1 Software-Defined Radio

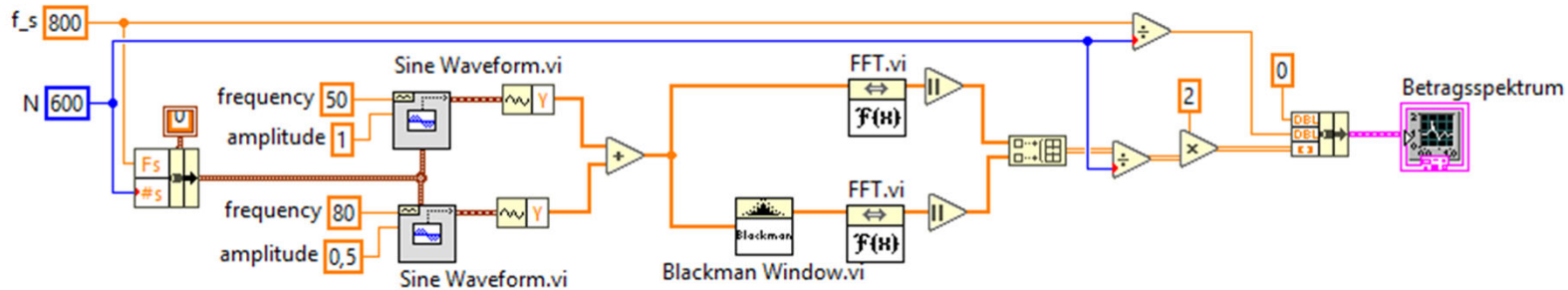
... mit



1 Warum? Python vs. LabVIEW

```
>>> from scipy.fft import fft, fftfreq
>>> import numpy as np
>>> # Number of sample points
>>> N = 600
>>> # sample spacing
>>> T = 1.0 / 800.0
>>> x = np.linspace(0.0, N*T, N, endpoint=False)
>>> y = np.sin(50.0 * 2.0*np.pi*x) + 0.5*np.sin(80.0 * 2.0*np.pi*x)
>>> yf = fft(y)
>>> from scipy.signal.windows import blackman
>>> w = blackman(N)
>>> ywf = fft(y*w)
>>> xf = fftfreq(N, T)[:N//2]
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>> plt.semilogy(xf[1:N//2], 2.0/N * np.abs(yf[1:N//2]), '-b')
>>> plt.semilogy(xf[1:N//2], 2.0/N * np.abs(ywf[1:N//2]), '-r')
>>> plt.legend(['FFT', 'FFT w. window'])
>>> plt.grid()
>>> plt.show()
```

- Welche Darstellung besser für Unterricht geeignet?
 - Python (oben)
 - LabVIEW (unten)

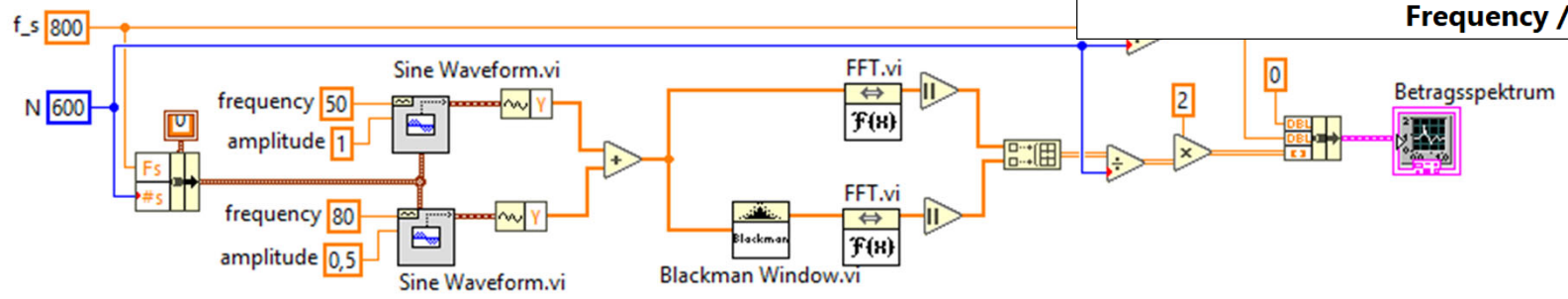
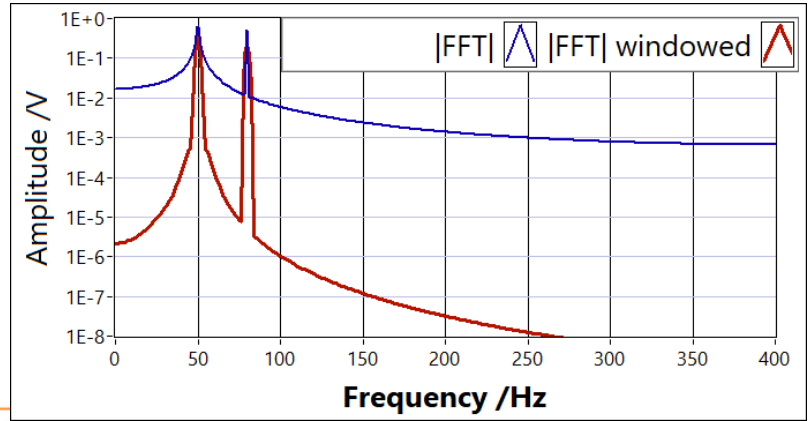
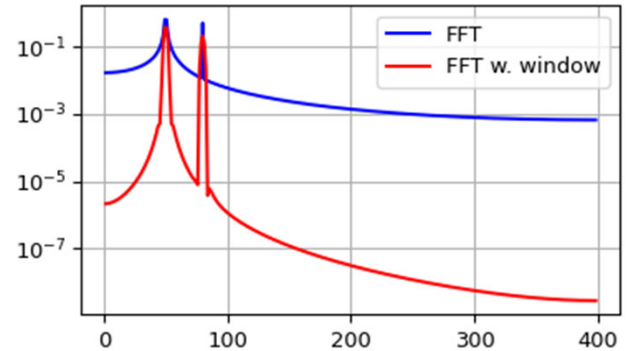


1 Warum? Python vs. LabVIEW

```

>>> from scipy.fft import fft, fftfreq
>>> import numpy as np
>>> # Number of sample points
>>> N = 600
>>> # sample spacing
>>> T = 1.0 / 800.0
>>> x = np.linspace(0.0, N*T, N, endpoint=False)
>>> y = np.sin(50.0 * 2.0*np.pi*x) + 0.5*np.sin(80.0 * 2.0*np.pi*x)
>>> yf = fft(y)
>>> from scipy.signal.windows import blackman
>>> w = blackman(N)
>>> ywf = fft(y*w)
>>> xf = fftfreq(N, T)[:N//2]
>>> import matplotlib.pyplot as plt
>>> plt.semilogy(xf[1:N//2], 2.0/N * np.abs(yf[1:N//2]), '-b')
>>> plt.semilogy(xf[1:N//2], 2.0/N * np.abs(ywf[1:N//2]), '-r')
>>> plt.legend(['FFT', 'FFT w. window'])
>>> plt.grid()
>>> plt.show()

```



1

Warum LabVIEW? Echtzeit-Signalaufnahme!

- LabVIEW erlaubt direkte Signalerfassung aus
 - **PC-Sensoren**
 - Soundkarte,
 - Webcam

 - **AD/DA-Wandlersystemen**
 - myDAQ: Für Lehreinsatz
 - cDAQ, PXI: Modular, für Industriellen Einsatz

 - **Nahezu jedem Messgerät mit Interface, z.B.**
 - USB
 - RS232
 - GPIB
 - TCP/IP

LabVIEW in der Lehre

... mit



1: Warum LabVIEW?

2: Echte Signale ohne echte Kosten

- 2.1 PC-Sensoren
- 2.2 Spektrum des PC-Mikrofonsignals
- 2.3 Korrelationen: Distanzmessung, Mustererkennung in Bilddaten

3: Echte Signale mit echt wenig Kosten


- 3.1 Der NI myDAQ
- 3.2 Solarzellen-Kennlinien
- 3.3 Bode-Diagramme elektrischer Schaltungen
- 3.4 Frequenzgang eines Lautsprechers
- 3.5 TDOA-Analyse: Richtungshören
- 3.6 Schwingungsmesstechnik

4: Hohe Frequenzen, niedrige Kosten

- 4.1 Software-Defined Radio

2 | Echte Signale ohne echte Kosten


... mit
WOW
-Effekt


Soundkarte
Mikrofon (Mono)
 $f_{\text{sampl}} = 44.100 \text{ Hz}, 16\text{-Bit}$


Soundkarte
Lautsprecher (Stereo)

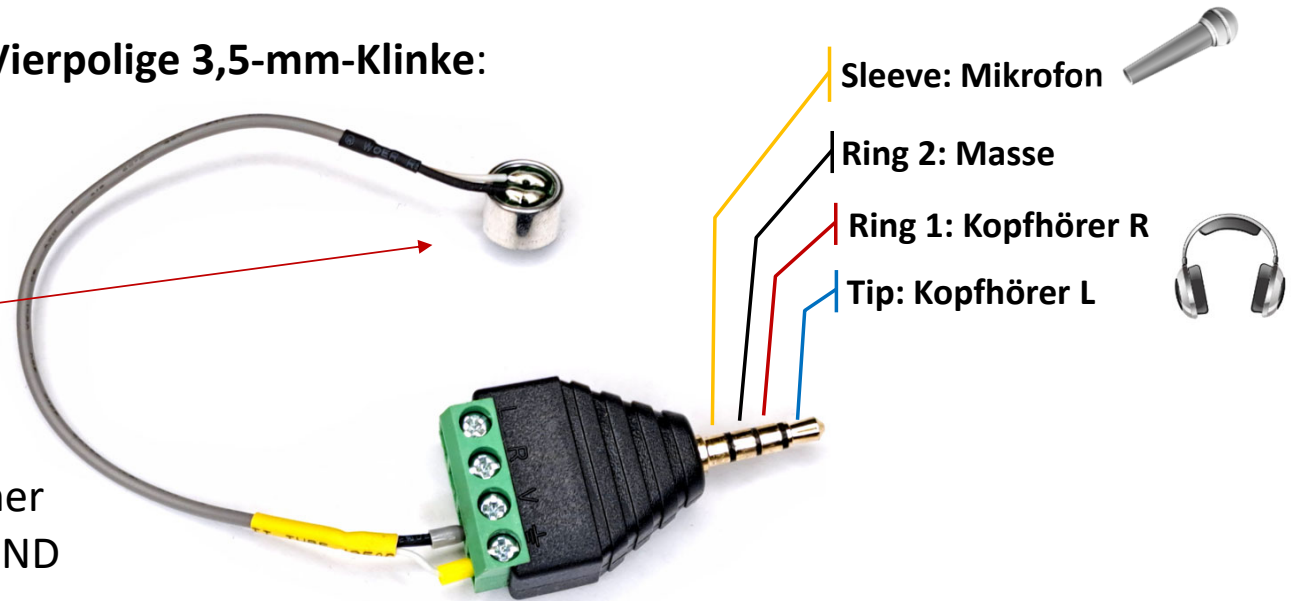

Webcam
Full HD, RGB



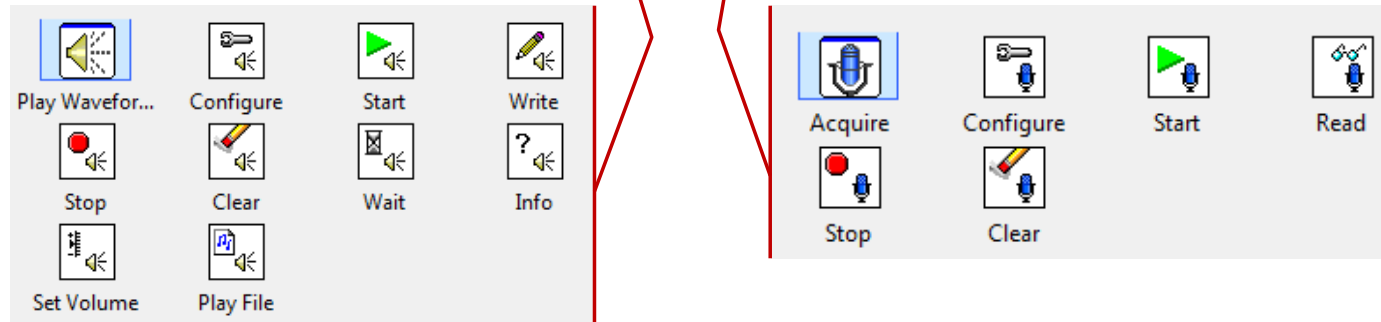
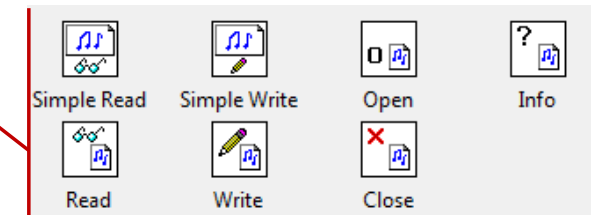
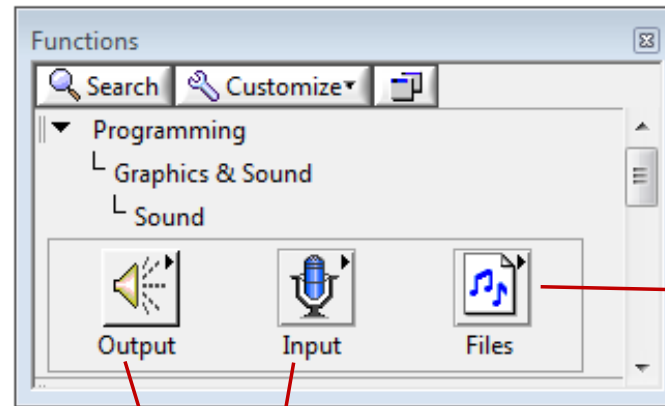

Soundkarte
Kopfhörer / Ext. Mikrofon
 $f_{\text{sampl}} = 44.100 \text{ Hz}, 16\text{-Bit}$

2.1 Eigene Mikrofone anschließen:

- An Notebooks typisch: **Vierpolige 3,5-mm-Klinke:**
 - Stereo-Kopfhörer
 - Mono-Mikrofon
- Dauerpolarisierte **Elektret-Mikrofone** i.d.R. direkt anschließbar
- Mit Gehäuse verbundener Mikrofon-Lötpoint ist GND
- **Zwei Anschlussschemata:**
 - CTIA (häufig, hier gezeigt, von Sockel zur Spitze): Mic / GND / R / L
 - OMTP (selten): GND / MIC / R / L
 - Falls ohne Funktion: Mikrofonleitungen vertauschen
- **Mikrofoneingänge können keine Gleichspannung messen!**



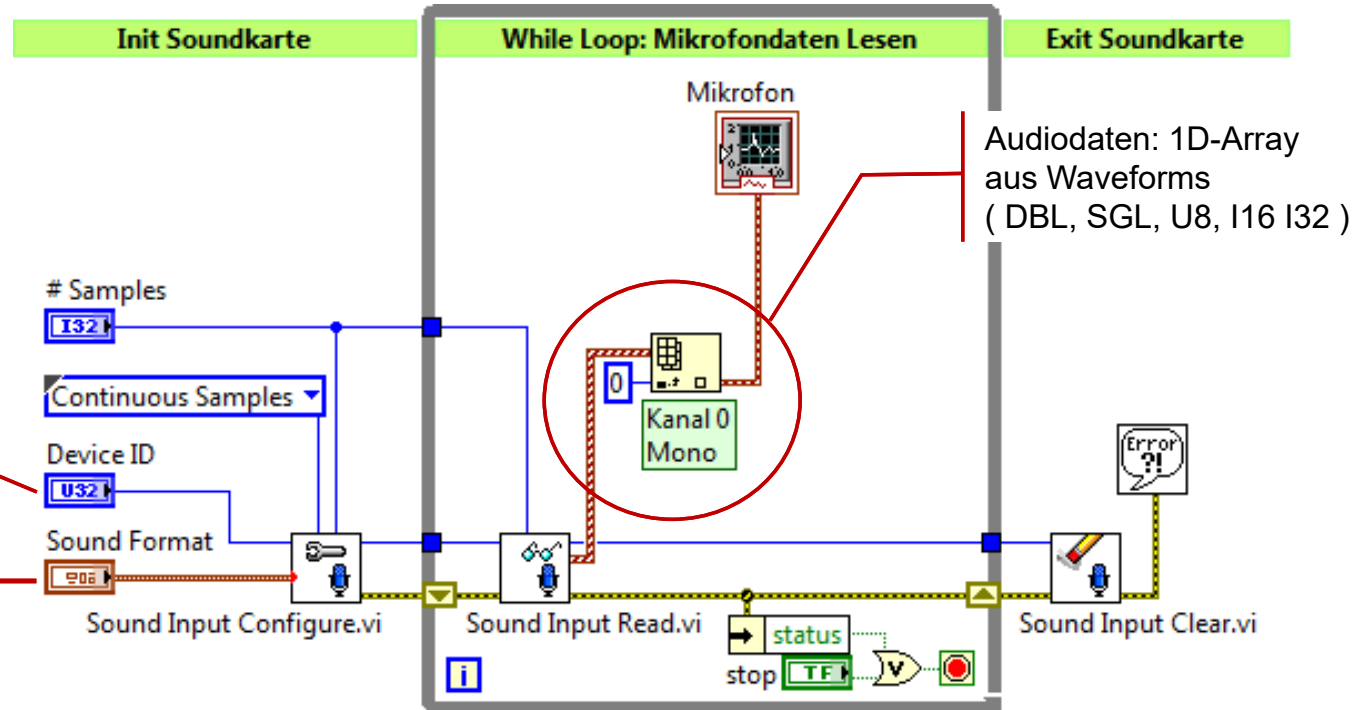
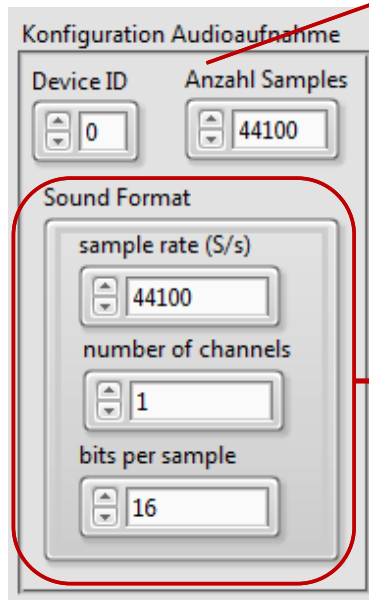
2.1 | Zugriff auf Soundkarte



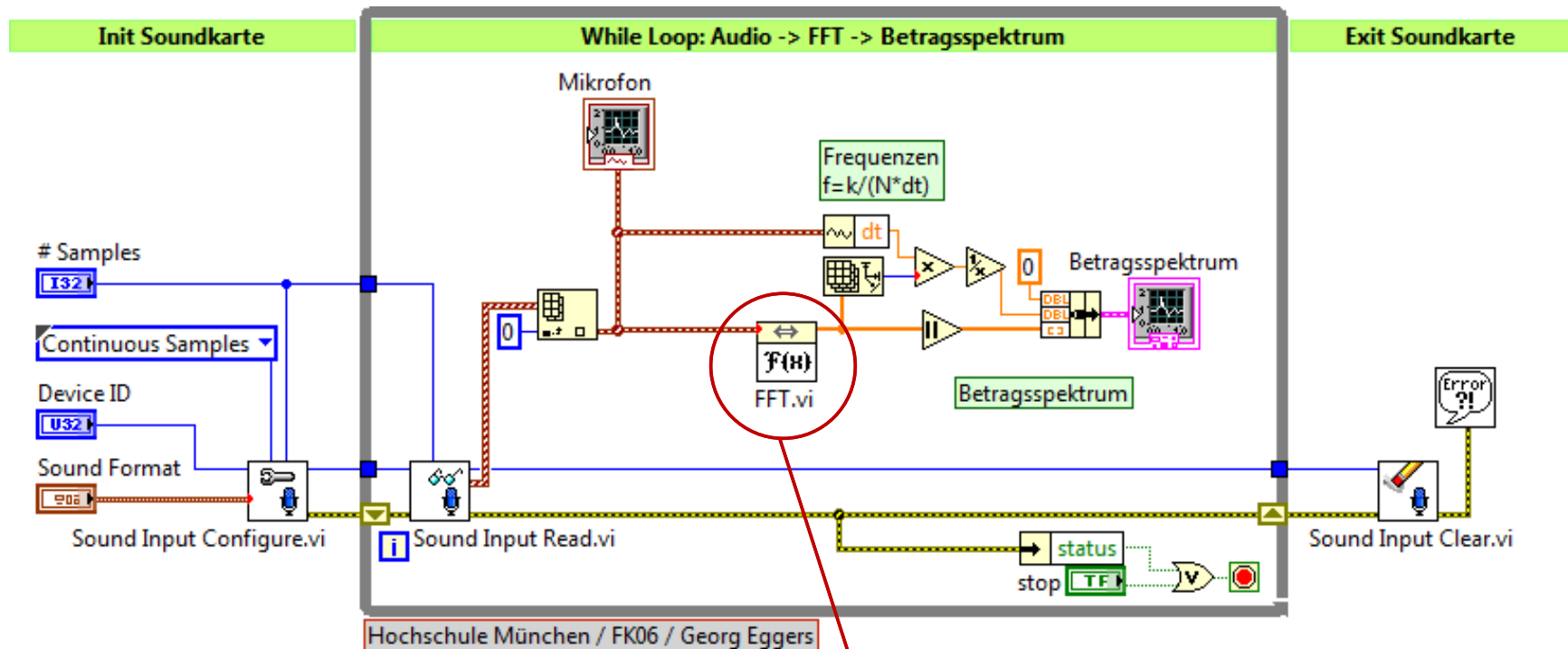
2.1 Zugriff auf Soundkarte



Device ID:
Alle Soundkarten des PCs
werden beim LabVIEW-Start
von 0 ab nummeriert
(keine eindeutige Geräte-ID!)



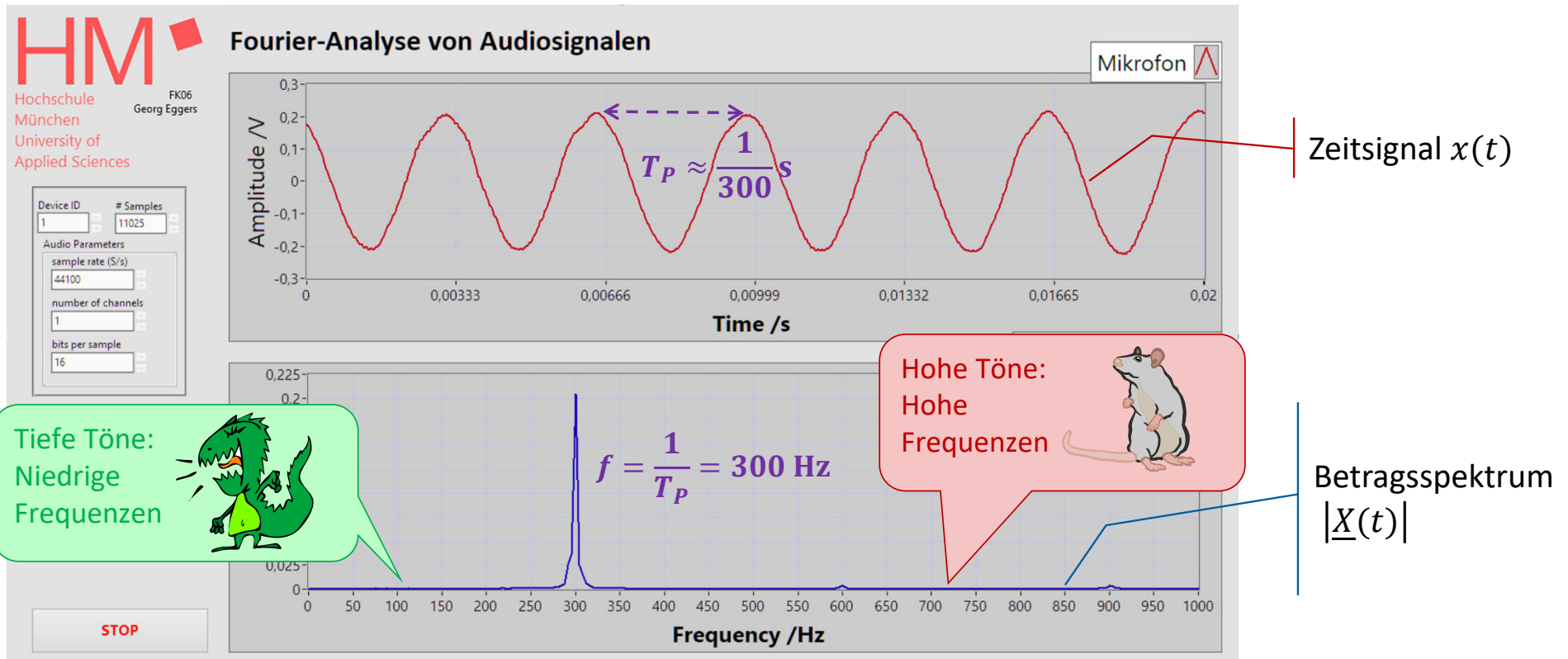
2.2 | Spektrum aus Soundkarte



- Diskrete Fourier-Transformation:**
 Zeitsignal $x[n]$ \rightarrow Spektrum $\underline{X}[k]$

$$\underline{X}[k] = \mathcal{F}\{x[n]\} = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-i2\pi \frac{kn}{N}}$$

2.2 Experiment: Fourier-Transformation



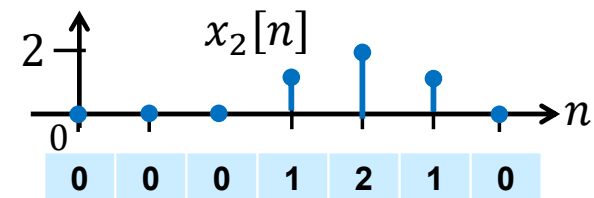
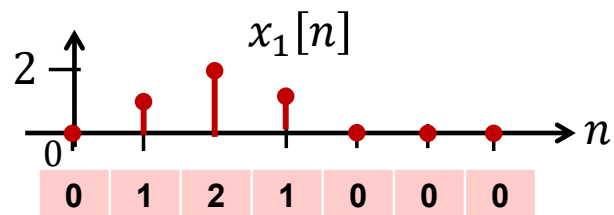
- Spektrum zeigt im Signal vorhandene Frequenzen an
- Wird durch eine **Fourier-Transformation** (Signalverarbeitung!) aus dem Zeitsignal berechnet

2.3 | Anwendungsbeispiel Korrelation

- Kreuzkorrelation zweier Signalfolgen:

$$r_{x_1, x_2}[m] = \sum_n x_1[n] \cdot x_2[n + m]$$

Verschiebungsabhängige „Ähnlichkeit“ von $x_1[n]$, $x_2[n]$



Bsp: $m = 2$ ←

0	1	2	1	0	0	0
*	*	*	*	*		
0	0	0	1	2	1	0
=	=	=	=	=		
0	1	4	1	0	0	0

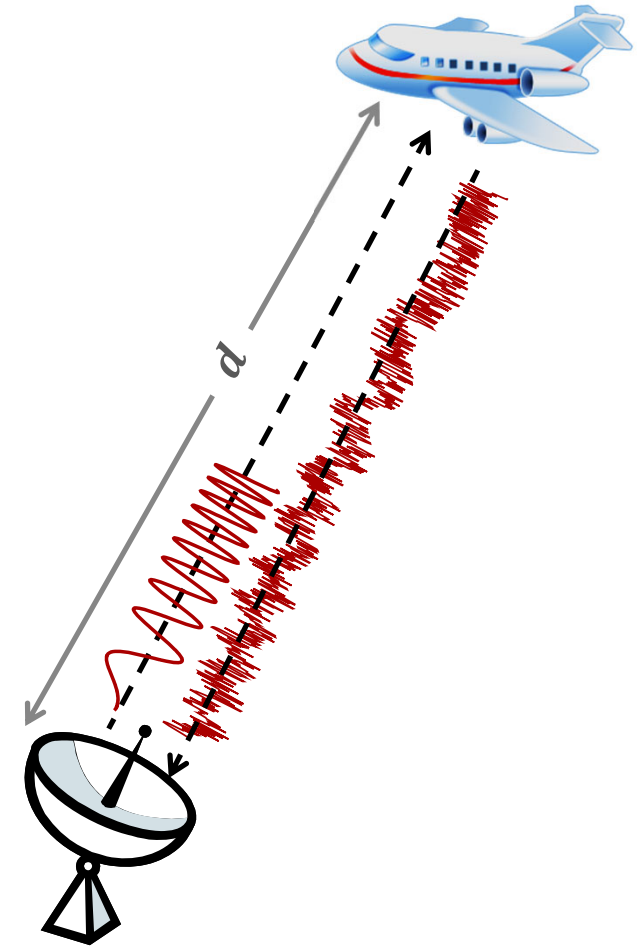
→ $\sum = 6$

- Schön. Aber wozu?

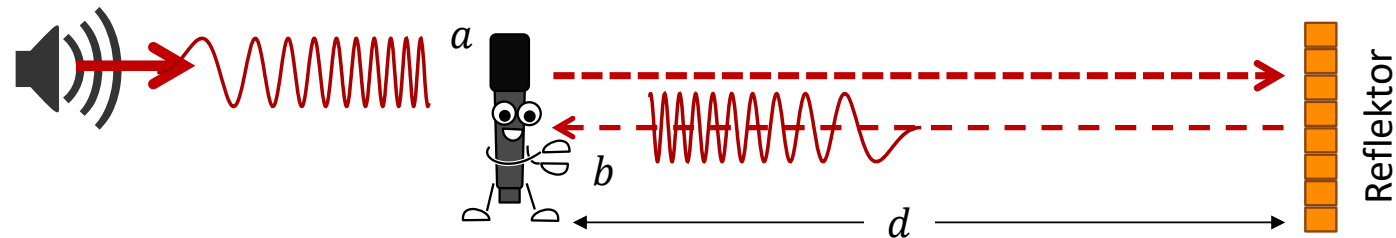
2.3 Experiment: Laufzeitmessung

Distanzmessung durch Laufzeit im Primärradar

- Ermittlung der Laufzeit Antenne-Flugzeug-Antenne durch Detektion des Echos
- Problem: Schwaches Signal, starkes Rauschen
- Lösung mit Korrelation:
 - Aussenden eines Sweep/Chirp-Signals
 - Korrelation von Empfangs- und Sendesignal
 - Bestimmung der Signallaufzeit t_{Lauf} aus dem Maximum von $r_{\text{Sende, Empfang}}[m]$
 - Bestimmung Distanz $d = \frac{t_{\text{Lauf}} \cdot c}{2} = \frac{\Delta m \cdot c}{2 f_{\text{Sampl}}}$

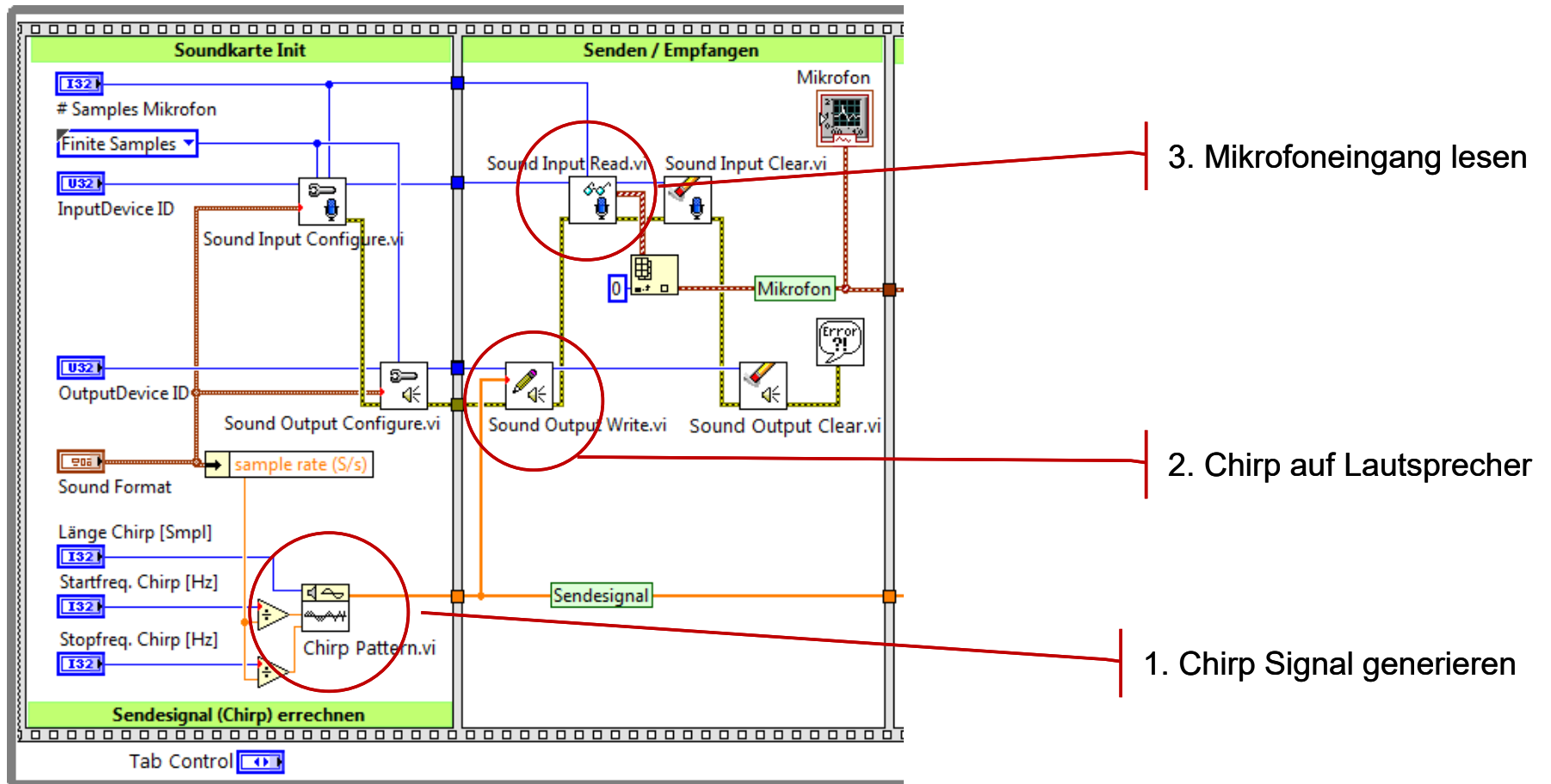


2.3 Experiment: Akustische Laufzeitmessung

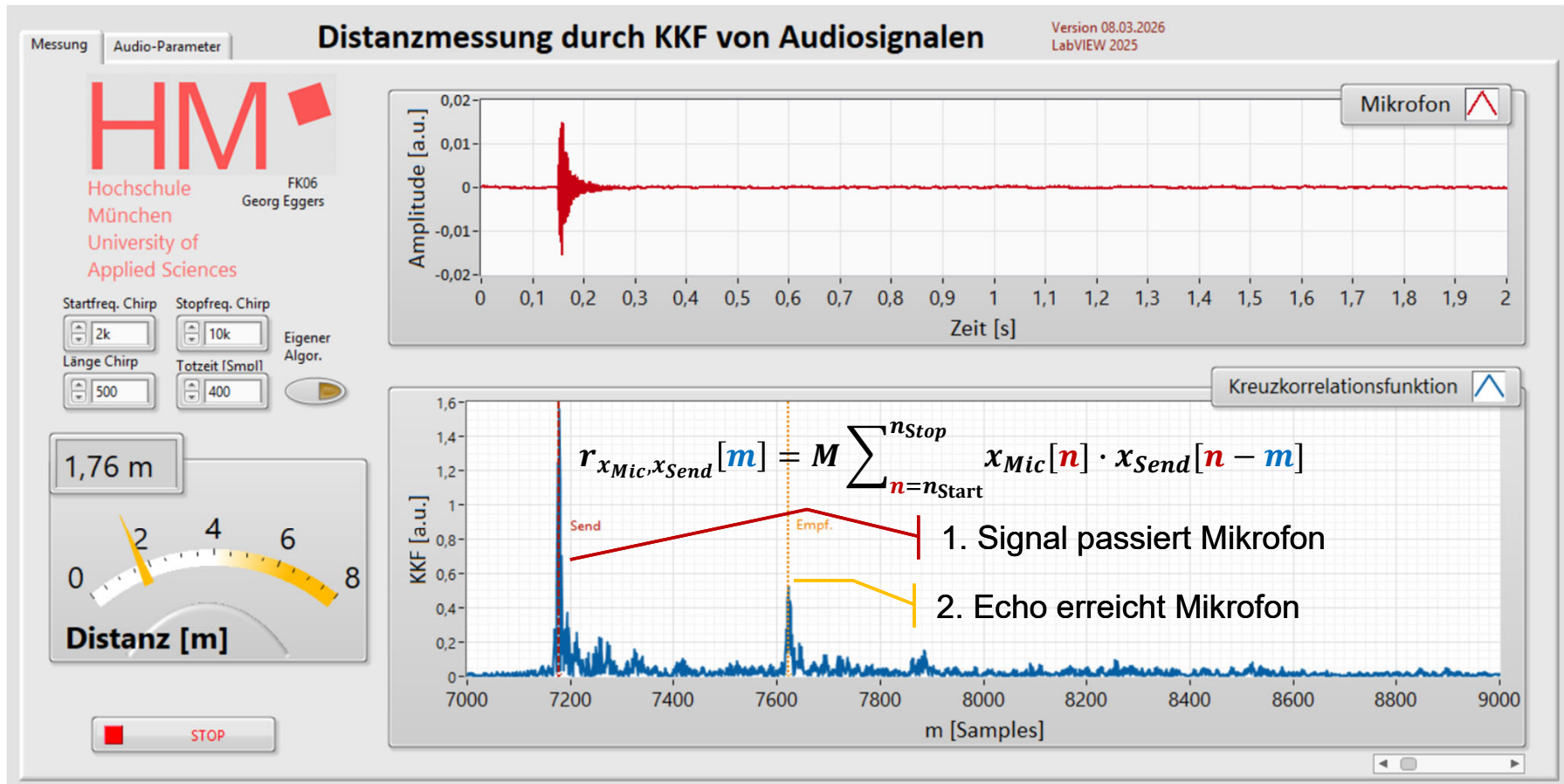


- **Problem:** Audio-Ausgang und Eingang nicht synchronisierbar.
- **Abhilfe:** Externer Lautsprecher hinter externem Mikrofon
 - Messsignal passiert externes Mikrofon bei t_1 (Hinweg) und t_2 (Rückweg der Reflexion)
 - Es ist $d = \frac{c}{2} \cdot (t_2 - t_1)$
- **Algorithmus:** Diskrete Kreuzkorrelation zwischen Mikrofonsignal und Sendesignal:
$$r_{x_{Mic}, x_{Send}}[m] = M \sum_{n=n_{Start}}^{n_{Stop}} x_{Mic}[n] \cdot x_{Send}[n - m]$$
- **Ergebnis:** Ähnlichkeit der Signale in Abhängigkeit der Verschiebung m

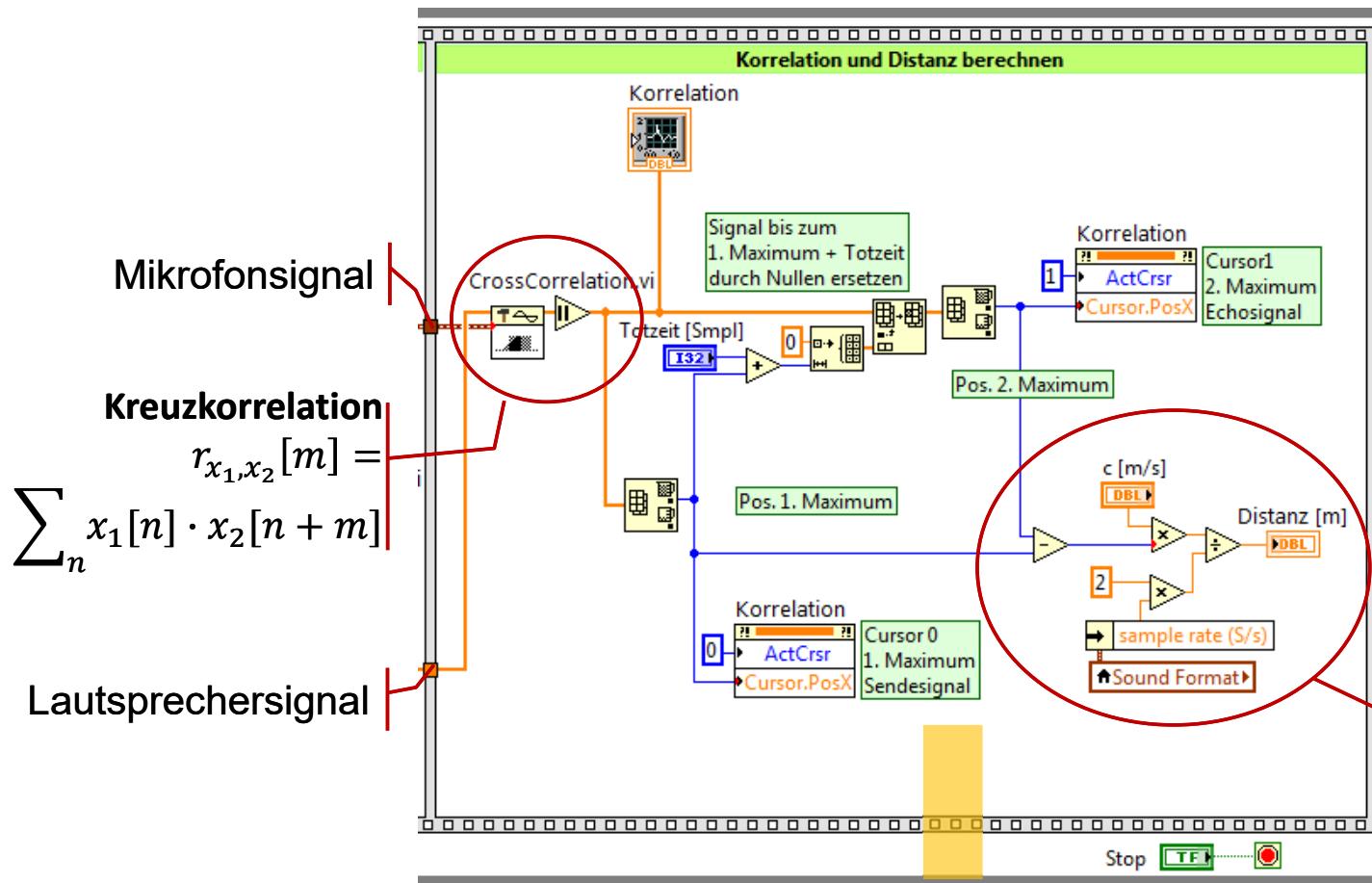
2.3 Akustische Laufzeitmessung



2.3 Akustische Laufzeitmessung

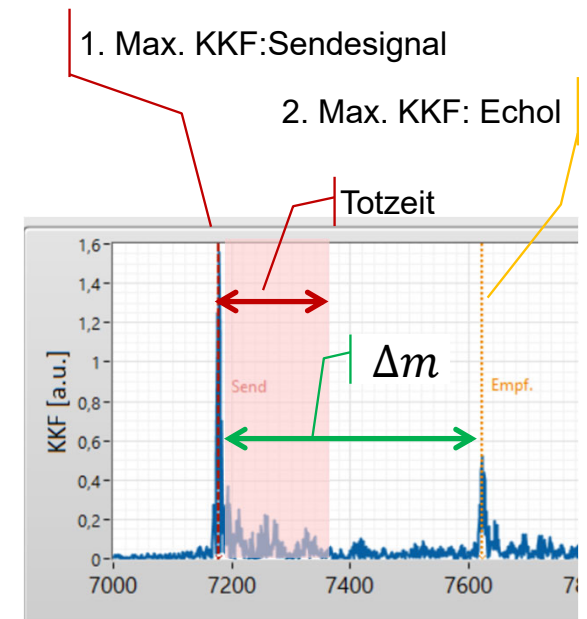


2.3 Akustische Laufzeitmessung



Kreuzkorrelation

$$r_{x_1, x_2}[m] = \sum_n x_1[n] \cdot x_2[n + m]$$



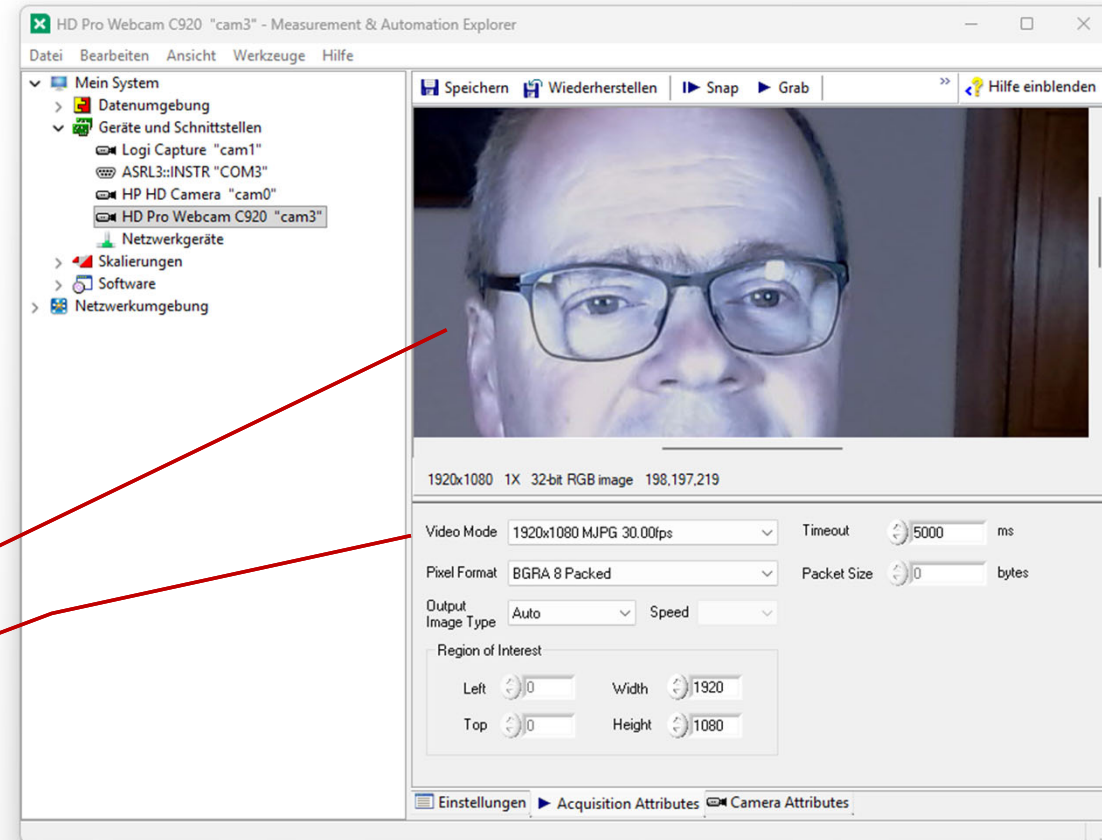
$$d = \frac{\Delta m}{f_{\text{Sampl}}} \cdot \frac{c}{2}$$

2.3 Korrelation: Auch in 2D

- Für Zugriff auf Kameras erforderlich:
 - NI Vision Acquisition Module
 - NI Vision Development Module
- Webcams werden im Measurement & Automation Explorer (NI MAX) als Geräte aufgelistet

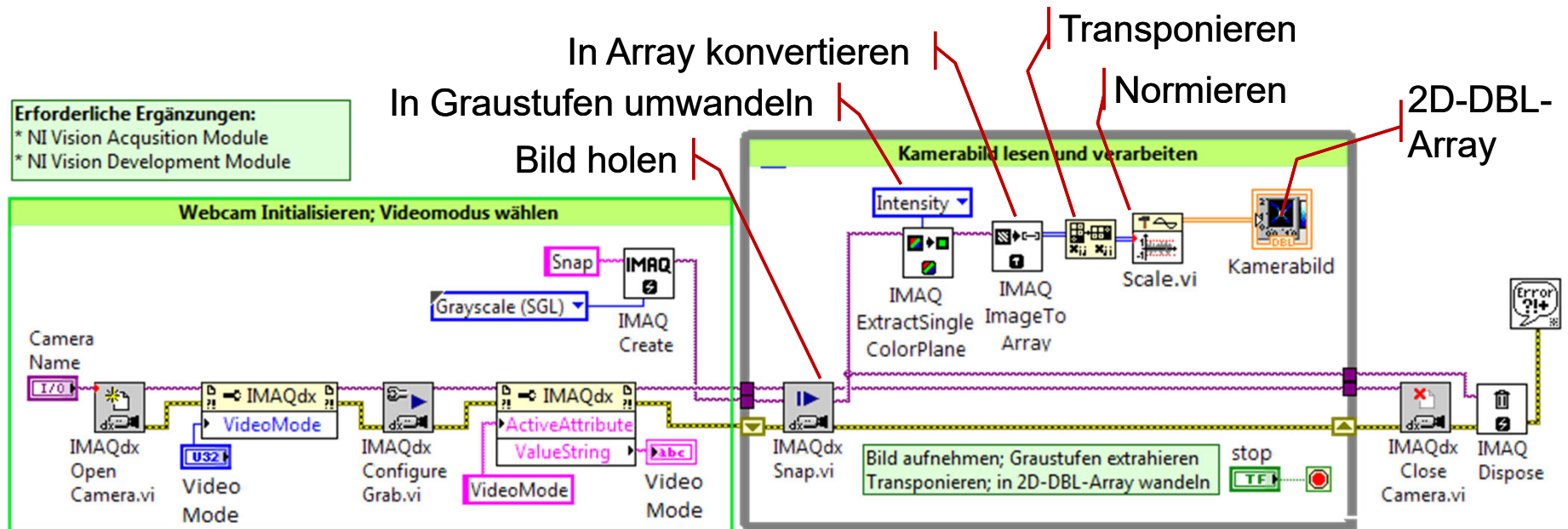
Testbetrieb möglich

Video-Modes der Kamera,
Auflösung, Frame Rate,
Nummerierung ab Null



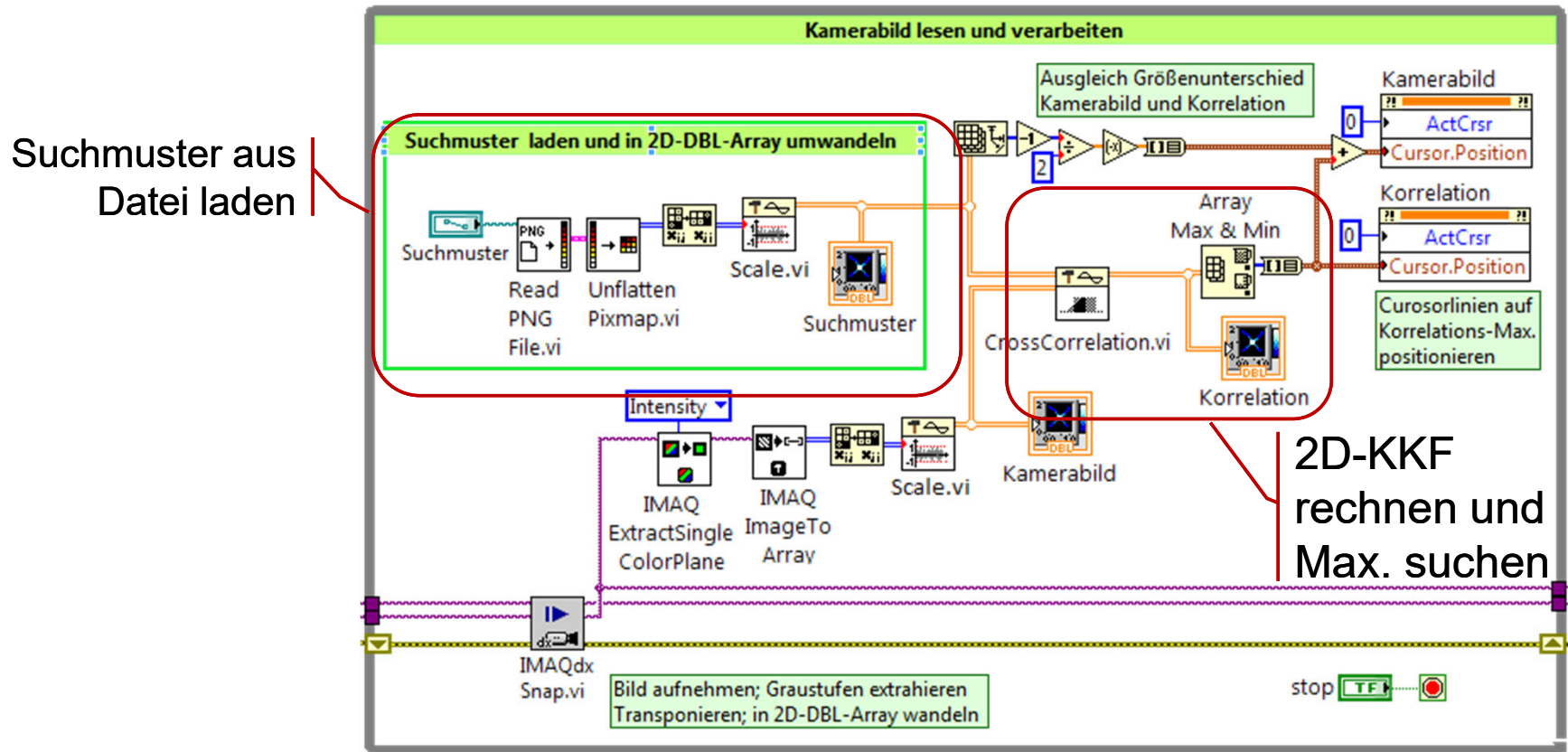
2.3 Kreuzkorrelation in zwei Dimensionen

- Einlesen WebCam-Bilder als 2D-Daten
 - Erfordert LabVIEW Vision Acquisition / Vision Development Module
 - Umwandlung in 2D-DBL-Array zur Weiterverarbeitung



2.3 Kreuzkorrelation in zwei Dimensionen

- Kreuzkorrelation als (primitive) Mustererkennung



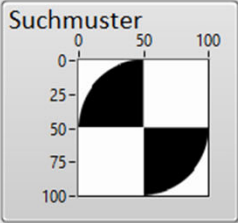
2.3 Korrelation: Auch in 2D

HM Hochschule München University of Applied Sciences
FK06, Georg Eggers

Kreuzkorrelation von 2D-Bilddaten
Version 08.03.2026 / LabVIEW 2025
Erfordert: * NI Vision Acquisition Module
* NI Vision Development Module

Camera Name: cam3
Video Mode: 20
800x600 MJPG 30,00fps
Logitech BRIO: Mode 24
Logitech C920: Mode 20

Suchmuster

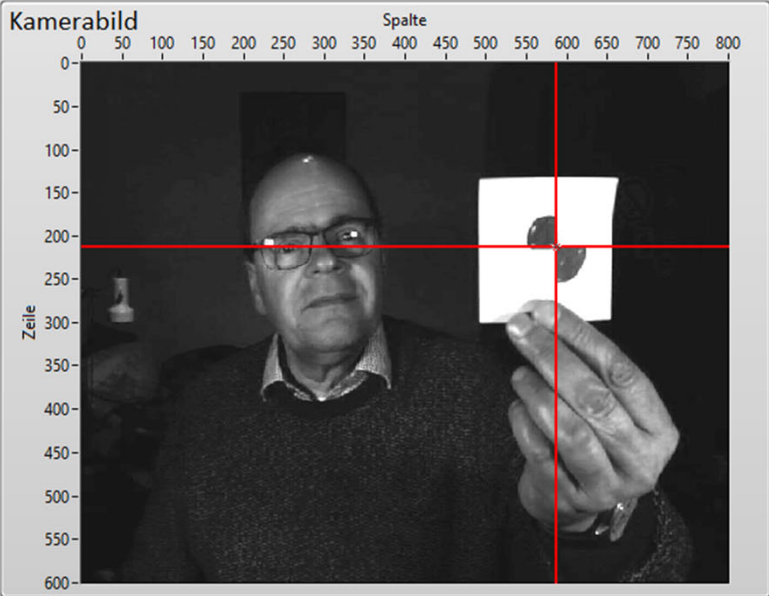


Suchmuster

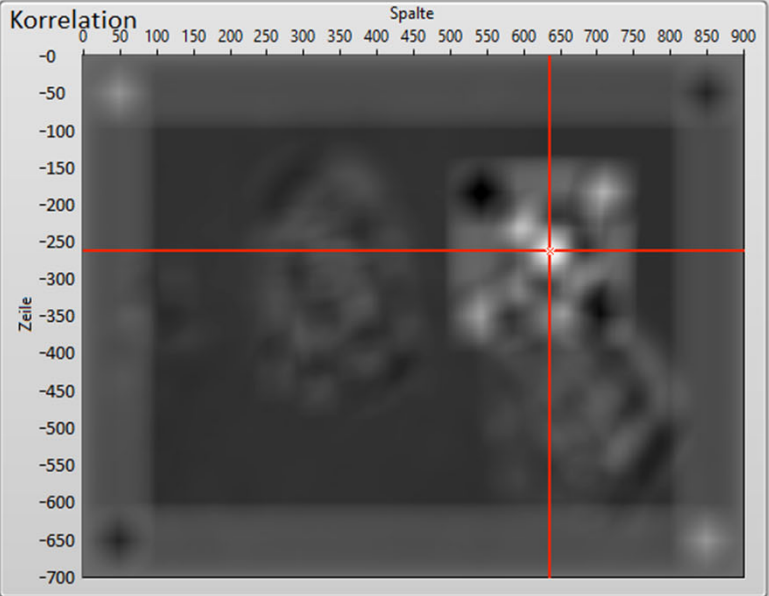
C:\Users\groeg\LRZ Sync+Share\01_HM\01_Vorlesungen\05_Signalverarbeitung\04_LabVIEW-Demos\Data\rosette100.png

Stop

Kamerabild



Korrelation



LabVIEW in der Lehre

1: Warum LabVIEW?

2: Echte Signale ohne echte Kosten

2.1 PC-Sensoren

2.2 Spektrum des PC-Mikrofonsignals

2.3 Korrelationen: Distanzmessung, Mustererkennung in Bilddaten

3: Echte Signale mit echt wenig Kosten

3.1 Der NI myDAQ

3.2 Solarzellen-Kennlinien

3.3 Bode-Diagramme elektrischer Schaltungen

3.4 Frequenzgang eines Lautsprechers

3.5 TDOA-Analyse: Richtungshören

3.6 Schwingungsmesstechnik

4: Hohe Frequenzen, niedrige Kosten

4.1 Software-Defined Radio

... mit



3 | Echte Signale mit echt wenig Kosten

NI myDAQ

Universelles DAC/ADC-Modul

- Speziell für Lehreinsatz konzipiert
- Sonderpreise für (Hoch-) Schulen und Studierende
- DAQmx-Treiber wie professionelle Systeme
- Toolkit-Programme verfügbar

... mit
WOW-Effekt



3.1 ADC/DAC-System „NI myDAQ“

USB
(bus powered)

±15 V bipolar voltage output

8 Bit DIO
1MS/s; 3,3/5V

2 x ADC, ±10V (differenziell)
16 Bit, 200 kS/s

2 x DAC ±10V
max 2 mA

Audio In/Out (Stereo)

Multimeter
U, R, I

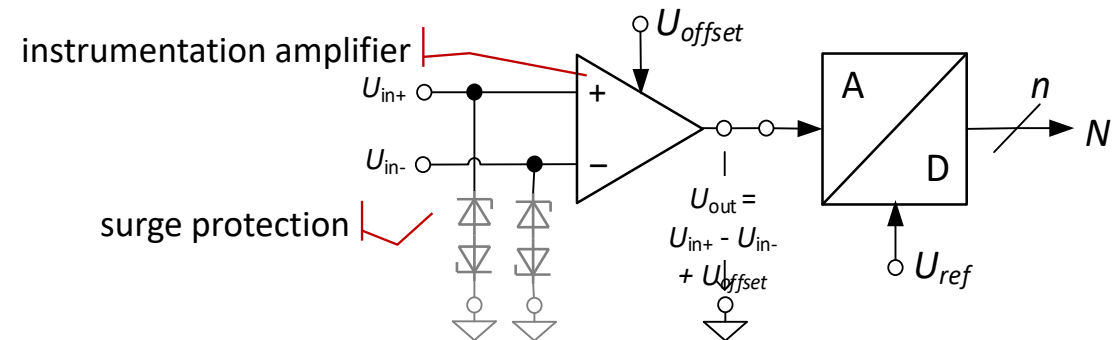
NI myDAQ System Diagram

The diagram shows the internal architecture of the NI myDAQ. It starts with a USB interface connected to a System Timing Controller. The Power Supply section includes a Current Limiter and a DC-to-DC Converter that provides ±15V and 5V outputs. The Digital Input/Output (DIO) section is connected to the System Timing Controller. The Analog Input section features a Multiplexer that selects between AI (Analog Input) and AUDIO IN, followed by a Gain stage and an Analog-to-Digital Converter. The Analog Output section includes a Digital-to-Analog Converter and a Switch that outputs to AO (Analog Output) and AUDIO OUT. A Digital Multimeter is also shown, connected to the system via VΩ and A terminals.

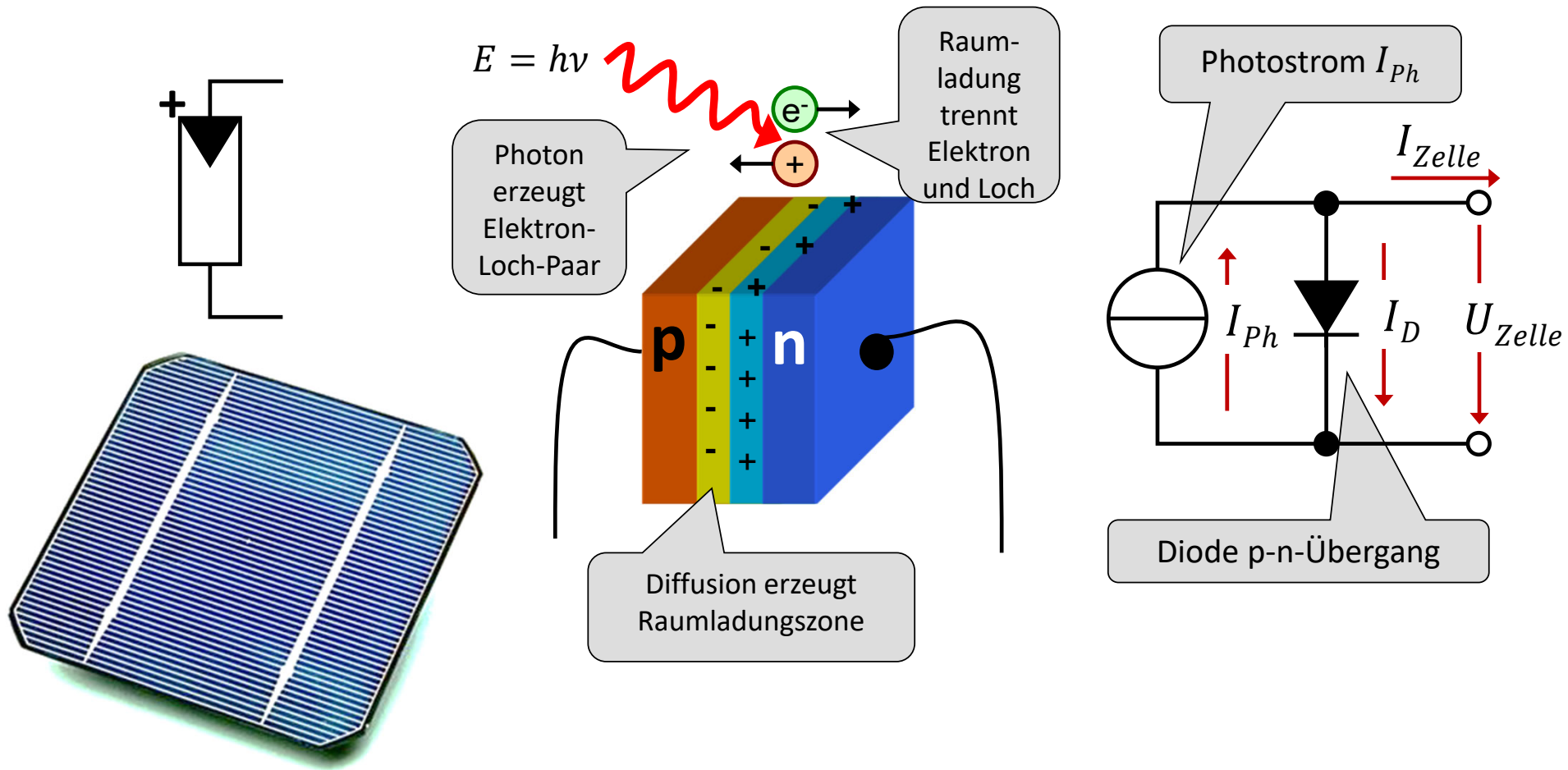
Pictures: National Instruments Deutschland A

3.1 myDAQ-Signaleingänge

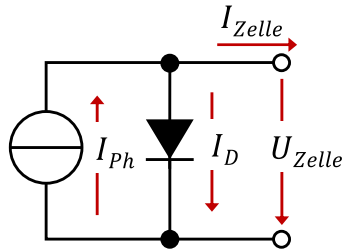
- ADC-Eingänge AI0 \pm , AI1 \pm
 - Galvanisch gekoppelt, DC-fähig
 - Differentiell mit Instrumentenverstärker
 - Max. 200 kHz Sampling-Rate
 - Messbereich $\pm 2V$, $\pm 10V$
 - 16 Bit \rightarrow $LSB = 0,06$ mV (bei $\pm 2V$ Messber.)
- DAC-Ausgänge A00, A01
 - $\pm 10V$ mit Massebezug, max. 2 mA
 - Max. 200 kHz Sampling-Rate, 16 Bit



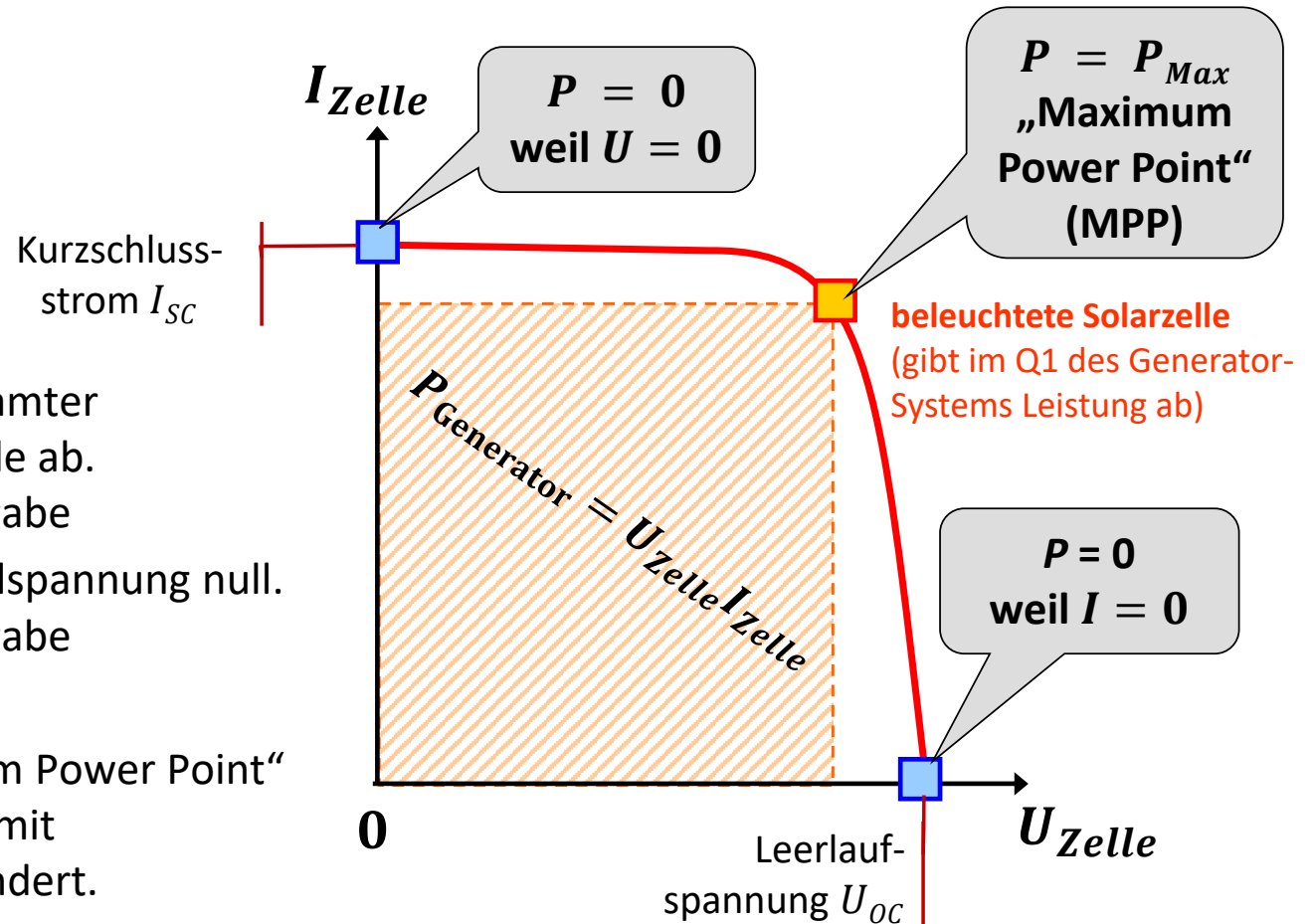
3.2 Kennlinie einer Solarzelle



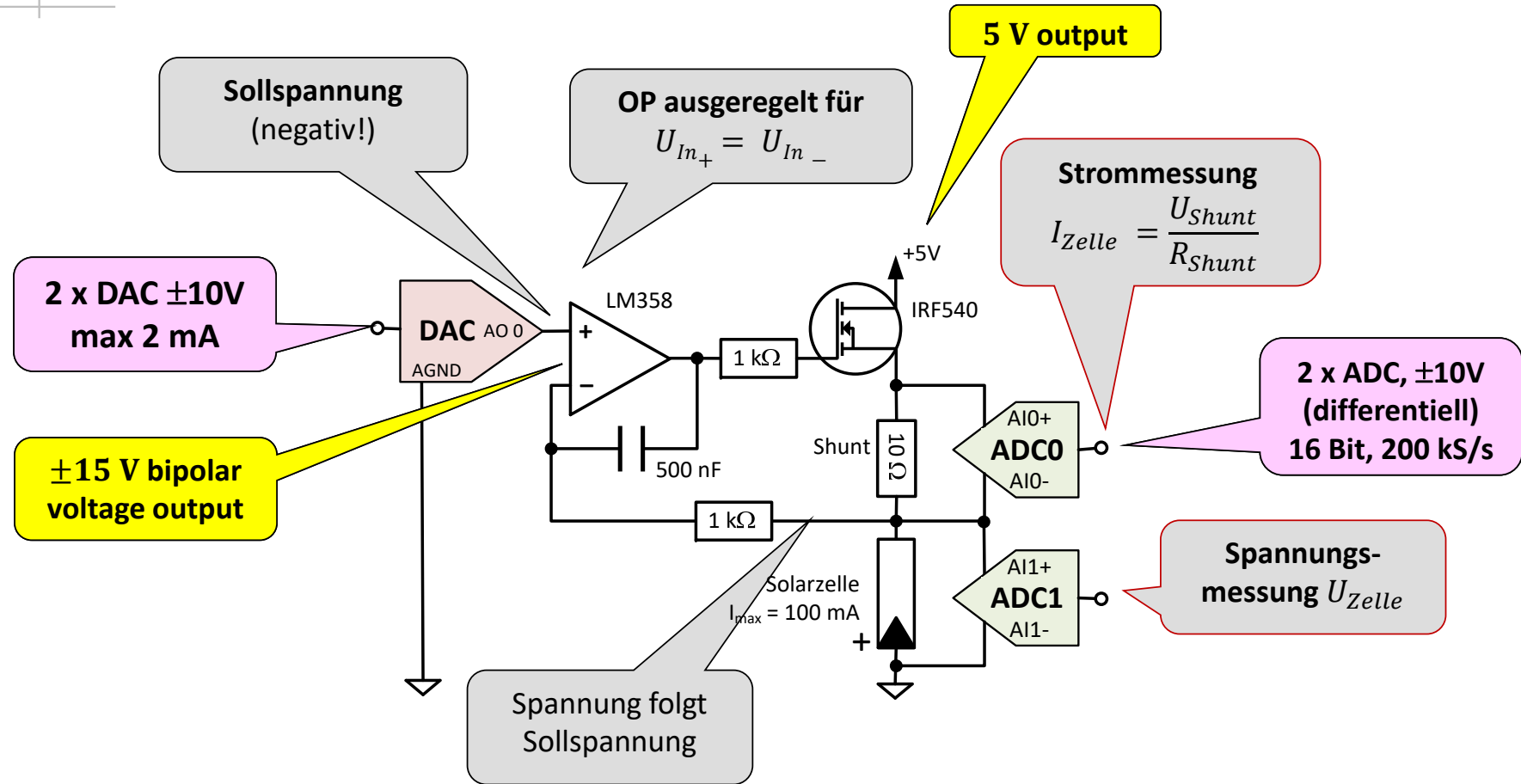
3.2 Kennlinie einer Solarzelle



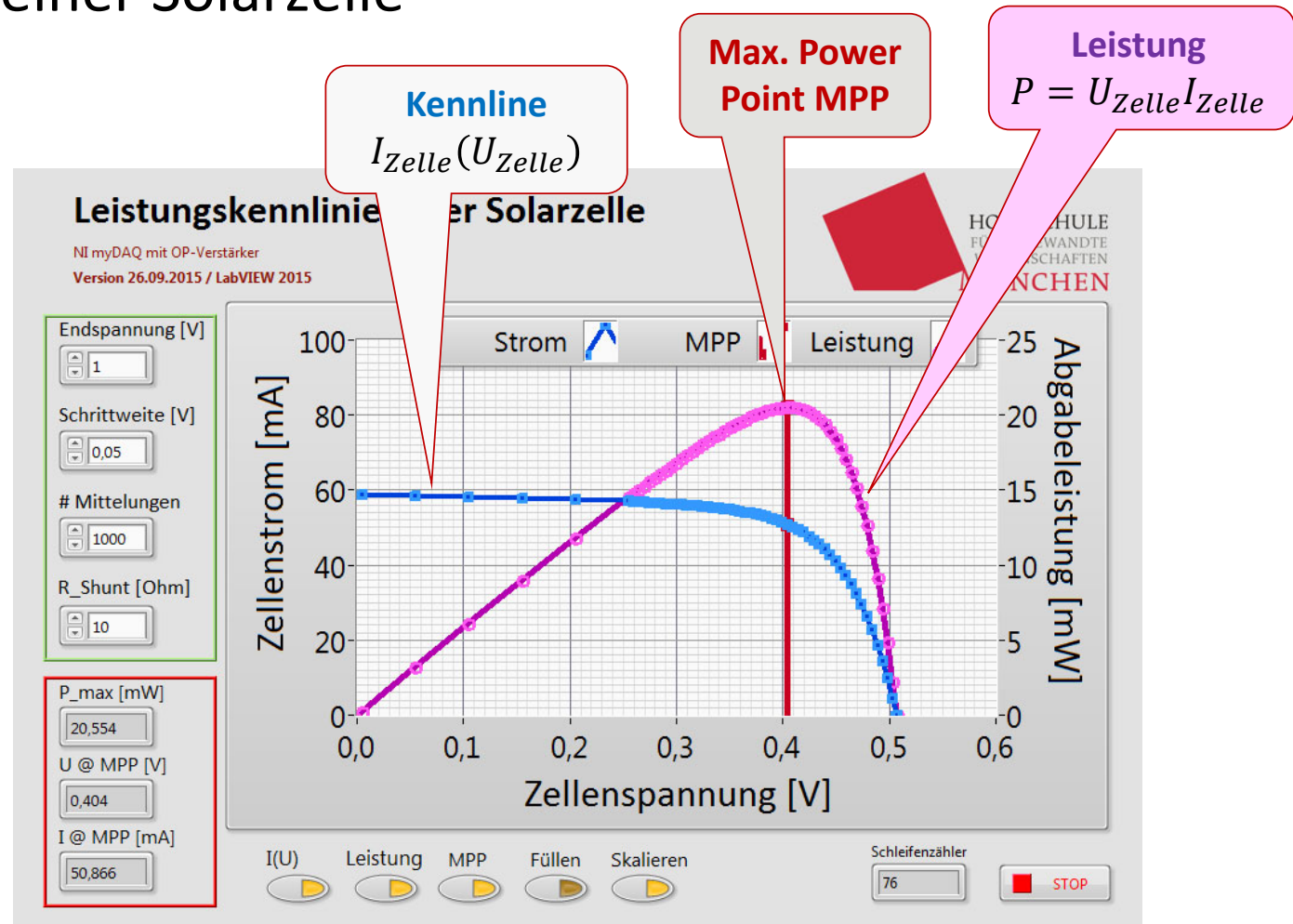
- Im Leerlauf fließt gesamter Fotostrom durch Diode ab.
→ keine Leistungsabgabe
- Bei Kurzschluss ist Zellspannung null.
→ keine Leistungsabgabe
- Suche nach „Maximum Power Point“ erforderlich, der sich mit Bestrahlungsstärke ändert.



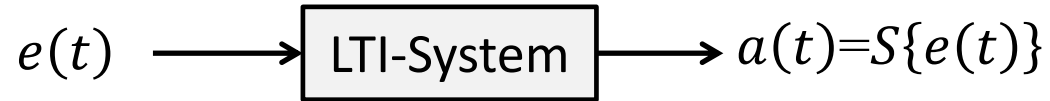
3.2 Kennlinie einer Solarzelle



3.2 Kennlinie einer Solarzelle



3.3 Bode-Diagramme von elektrischen Vierpolen



- LTI-Systeme reagieren auf harmonisches Eingangssignal mit harmonischem Ausgangssignal gleicher Frequenz. Beispiel:

$$e(t) = \hat{e} \cdot \sin[2\pi f t] \rightarrow a(t) = \hat{a}(f) \cdot \sin[2\pi f t + \varphi(f)]$$

frequenzabhängige Amplitude $\hat{a} \neq \hat{e}$ | Frequenzabhängige Phasenverschiebung

- **Frequenzgang** beschreibt :

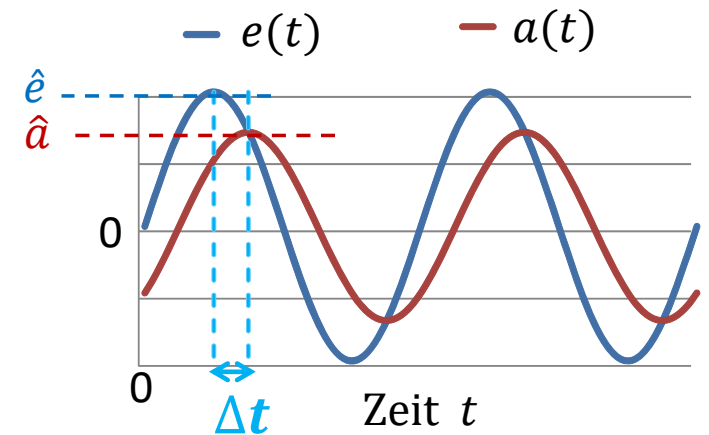
a. **Amplitudengang** $\frac{\hat{a}(f)}{\hat{e}}$

b. **Phasengang** $\varphi(f) = 2\pi \Delta t f$

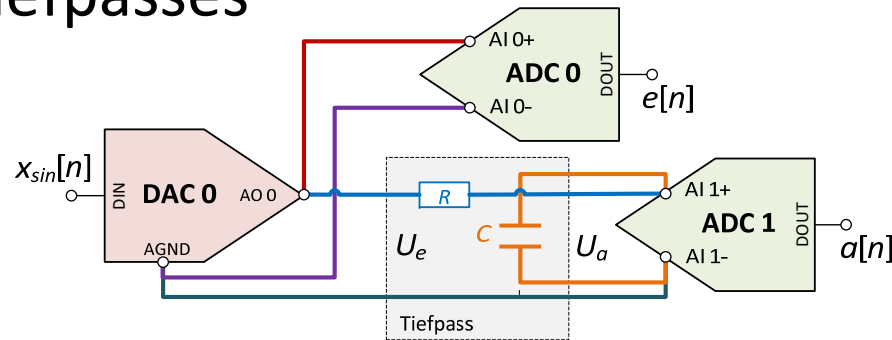
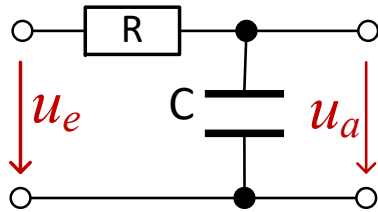
- Darstellung als **komplexwertiges** $\underline{G}(f) = \frac{\mathcal{F}\{a(t)\}}{\mathcal{F}\{e(t)\}}$ mit

- $|\underline{G}(f)| = \frac{\hat{a}(f)}{\hat{e}}$

- $\arg(\underline{G}(f)) = \varphi(f)$



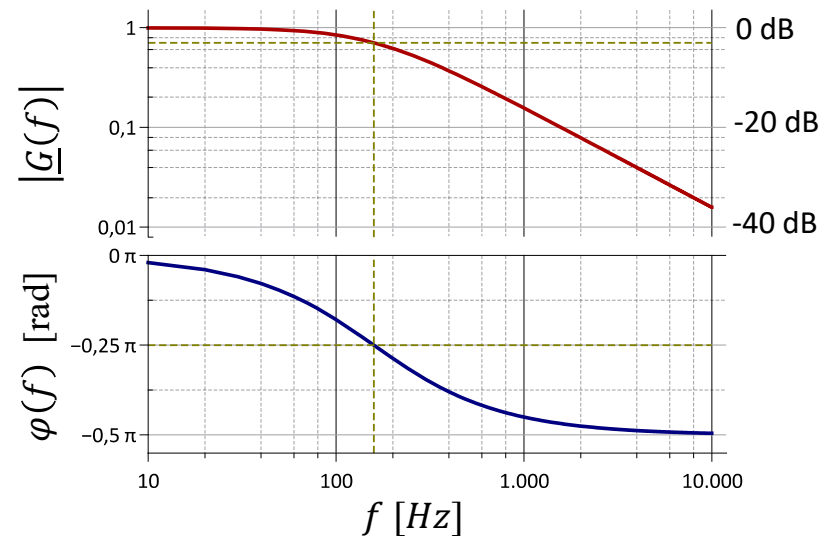
3.3 Bode-Diagramm des Tiefpasses



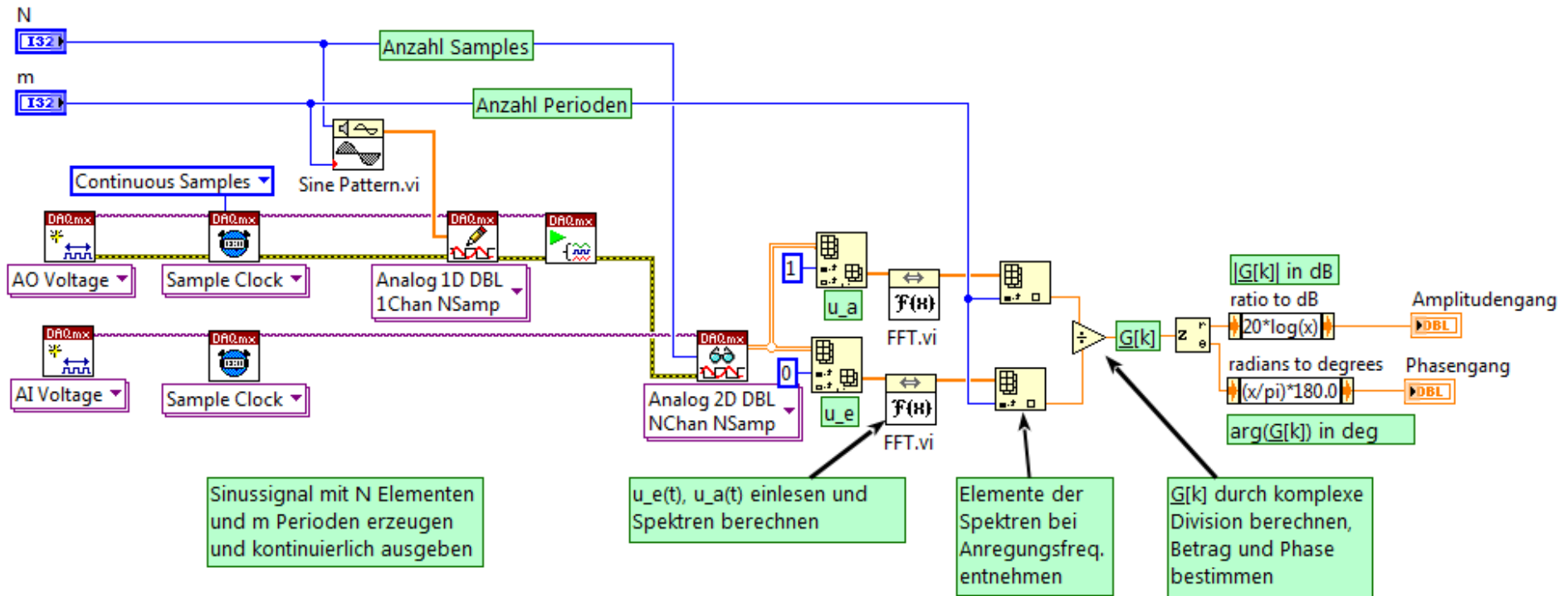
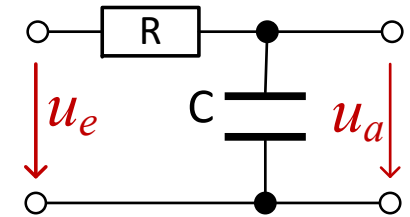
Bode-Diagramm:

- (Halb-) Logarithmische Darstellung von Amplituden- und Phasengang
- Amplitudengang oft in dB

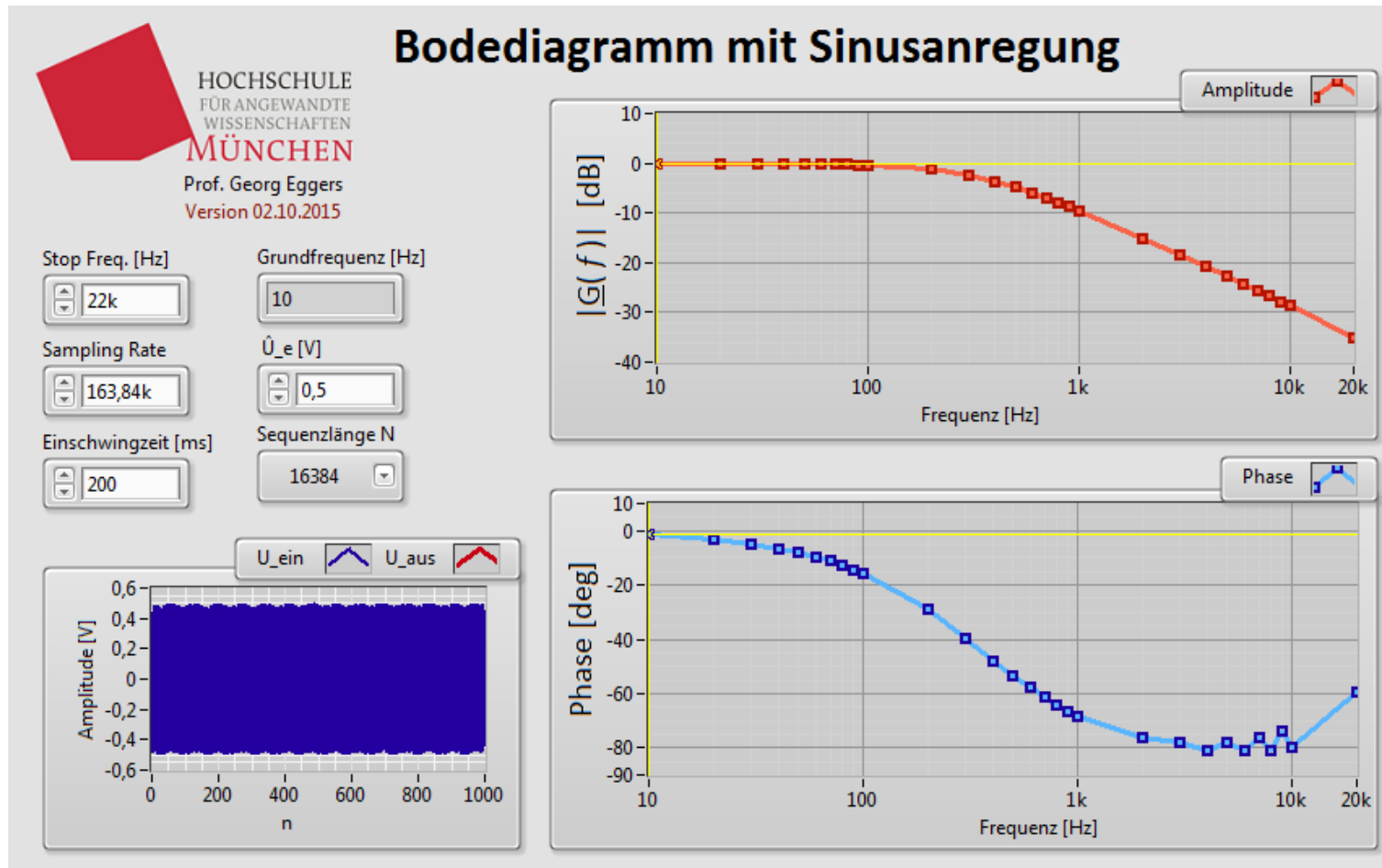
$$= 20 \log_{10}(|\underline{G}(f)|)$$
- Bestimmung in Praktika oft durch Ablesung der Amplituden vom Oszilloskopenschirm
- „Bode Analyzer“ aus NI ELVISmx Instruments erlaubt Vermessung
 → eigene Programmierung ist leicht und lehrreich.



3.3 Bode-Diagramm des Tiefpasses



3.3 Bode-Diagramm des Tiefpasses

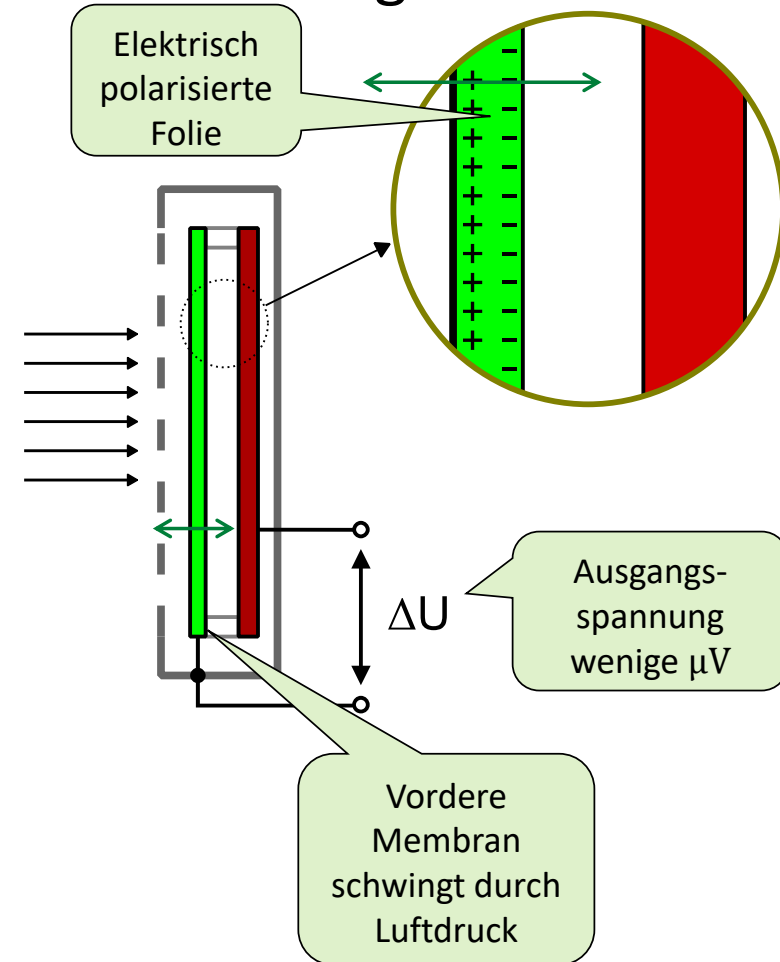


3.4 Preiswerte Mikrofone für akustische Messungen

Elektret-Kondensatormikrofone

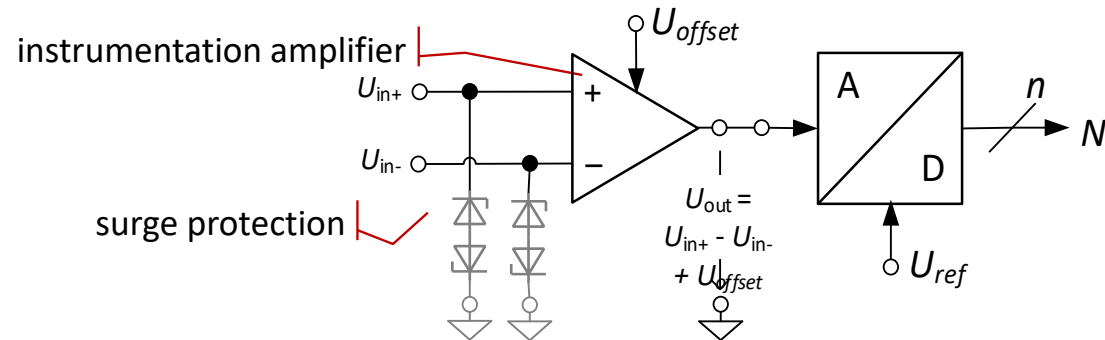
- Vordere Membran (grün) ist bewegliche Folie aus elektrisch polarisiertem Material
- Membran schwingt durch Luftdruckschwankungen von Schallwellen
- Abstandsänderung zwischen Membran und Rückseite erzeugt Spannung im μV -Bereich
- Besitzen i.d.R. eingebauten FET als Signalverstärker

- Ca. 90% aller eingesetzten Mikrofone sind Elektret-Mikrofone.
- Stückpreise < 1 Euro



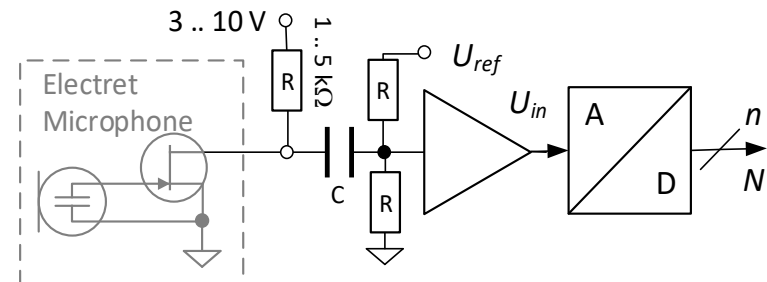
3.4 myDAQ-Signaleingänge

- **AI0, AI1: Differentielle Spannungseingänge mit galvanischer Kopplung**



- **AUDIO IN R/L: Kapazitive Kopplung mit Speisung**

- Kapazitive Kopplung des Signaleingangs
- Anschluss des Eingangs an V_{dd} über einen Vorspannungswiderstand
- Typische Anwendung: Kostengünstige Audiotechnik, z. B. PC-Soundkarten,



3.4 Preiswerte Mikrofone für akustische Messungen

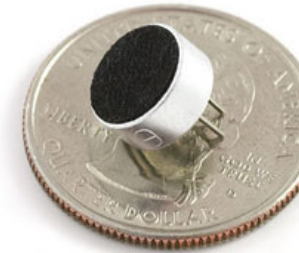
Electret-Mikrofone

- i.d.R. interner FET-Verstärker
- 5V-Speisung erforderlich
- Signalpegel im mV-Bereich

myDAQ Audio In

- Besitzt Speiseschaltung
- Electret-Mikrofone direkt anschließbar

Electret Microphone
COM-08635 ROHS✓



\$0.95

ADD TO CART

1 quantity

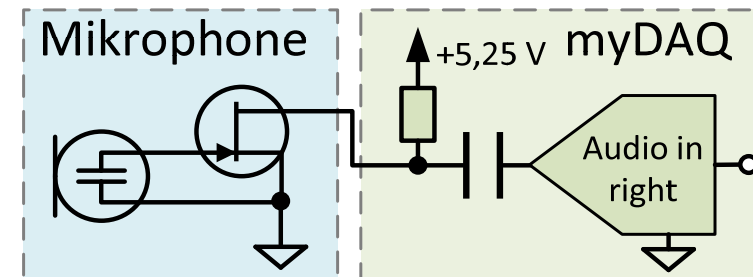
250+ in stock

\$0.95 1+ units

\$0.90 25+ units

\$0.86 100+ units

Need larger quantities?
Check out our Volume Sales program





Erkennen Sie das Signal?
(Hollywood-Film-Tonspur)

Wer erkennt das Filmzitat? Jurassic Park

- **Premiere:** Juni (USA) / September (D) **1993**
- **Einspielergebnis** incl. Merchandise:
Mehrere Milliarden US\$
- **Oscars** in den Kategorien
 - Beste Tonmischung
 - Bester Tonschnitt
- Hier & Heute:
Wenig emotionale Wirkung erkennbar.

Jurassic Quark

- Plot folgt dem Schema einer „Familienaufstellung“
- Antisozial agierende Personen werden von Dinosauriern zerfleischt.
- Sauriereinsatz im Psychotherapeutengesetz (PsychThG) nicht vorgesehen
→ Familientherapien oft langwierig

▪ Signalverarbeitung??



Rechtshinweis:

- Oscar-prämierte Tonspur ist urheberrechtlich geschützt
- Nutzung im Rahmen des Zitatrechts (§ 51 UrhG)
- „Inhaltliche Auseinandersetzung“ gefordert
→ hiermit erfolgt.

Ab jetzt: Signalverarbeitung!

Signalverarbeitung?

Freie Universität Schwabing

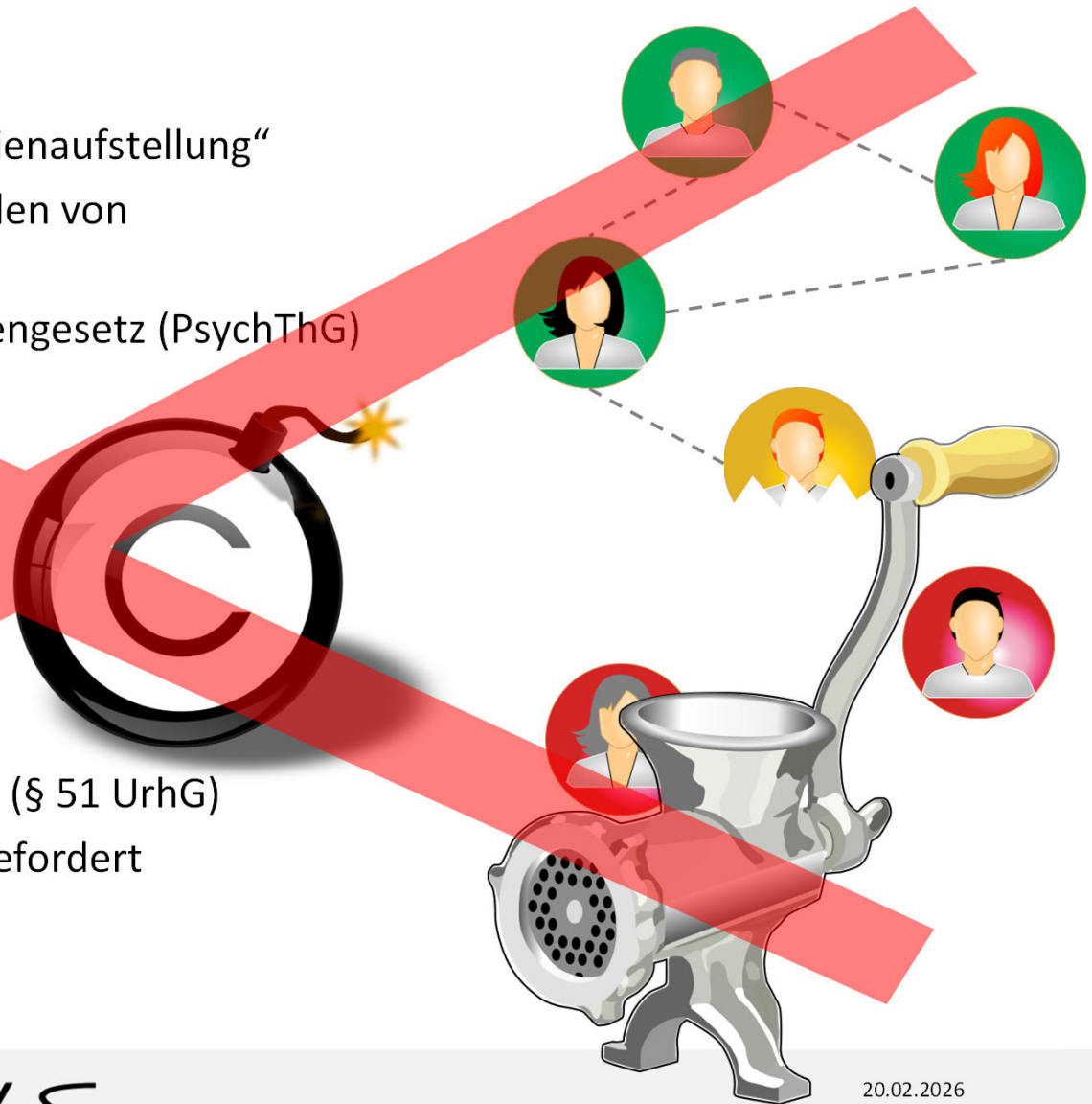
FUS

– WO PARALLELEN SICH KREUZEN.

Georg Eggers

20.02.2026

41



Jurassic Noise: „EVENT“ Stereo Speakers

The screenshot shows a product page for 'EVENT Stereo Speakers' on a website. The page features a search bar at the top, navigation menus, and a product image of the speakers in their packaging. The product name is 'SPEEDLINK SL 8004 BK EVENT, Lautsprecher, Schwarz'. The price is prominently displayed as 12.99, with a note that it includes VAT and shipping. The page also shows a star rating of 3.0 (3 reviews) and various product specifications.

Suchbegriff eingeben... [Mein Konto](#) [Zum Warenkorb](#)

[Alle Kategorien](#) [Angebote](#) [Restposten %](#) [Business](#) [Services](#) [Hilfe & FAQ](#) [Mein Markt](#)

✓ Kostenlose Abholung & Versand in 158 Märkten ✓ Bequem im nächsten Markt bezahlen ✓ Einfache Rückgabe / Service direkt im Markt

[Zurück zu den Suchergebnissen](#) | Computer + Tablet > PC + Tablet Zubehör > PC Lautsprecher > SPEEDLINK SL 8004 BK EVENT, Lautsprecher, Schwarz

EVENT SL 8004 BK EVENT, Lautsprecher, Schwarz

Art-Nr.: 1731702

★★★★☆ 3.0 (3) [Bewerten & Gewinnen](#)

Bauform: 2.0
Anschlüsse: 3.5 mm Klinke
Anzahl Lautsprecher: 2
iPod-Kompatibilität: Ja
Produkttyp: Lautsprecher
Nennbelastbarkeit (RMS): 5 Watt
Farbe: Schwarz

[Mehr Details zum Produkt](#)

[Auf die Merkliste](#) [Vergleichen](#) [Drucken](#)

CARD Beim Kauf dieses Artikels erhalten Sie: 130 Bits

12.99
inkl. MwSt. zzgl. Versand € 1,99 ⓘ

✓ Online sofort verfügbar
✗ Marktverfügbarkeit prüfen

[In den Warenkorb](#)

- Erworben in renommiertem Technikmarkt (Kaufinger Straße)
- Packungsaufdruck: „Ausgewogener Multimedia-Klang“

Signalverarbeitung?

Freie Universität Schwabing

FUS

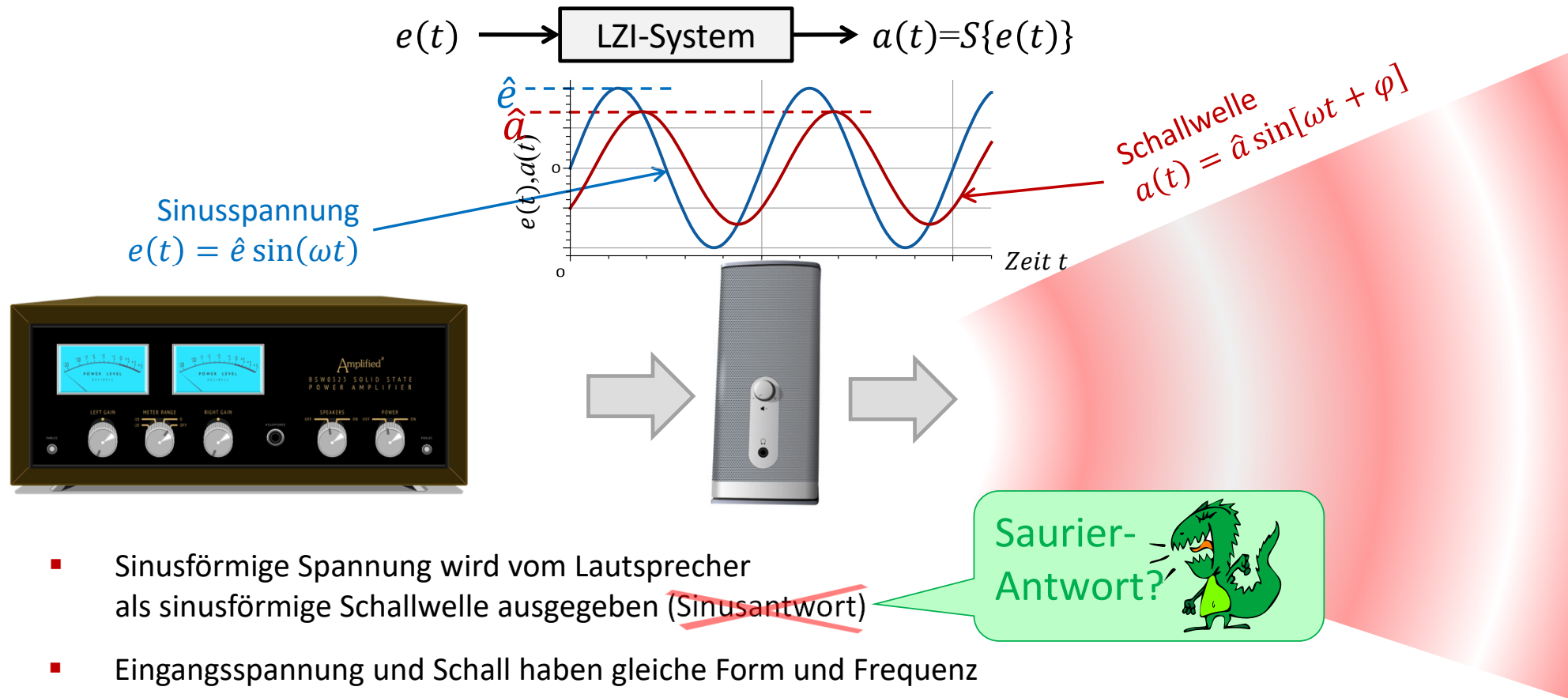
– WO PARALLELEN SICH KREUZEN.

Georg Eggers

20.02.2026

42

Der Lautsprecher als Signalverarbeitendes System



- Sinusförmige Spannung wird vom Lautsprecher als sinusförmige Schallwelle ausgegeben (~~Sinusantwort~~)
- Eingangsspannung und Schall haben gleiche Form und Frequenz
- **Sauriergeräusche sind nicht sinusförmig!?**

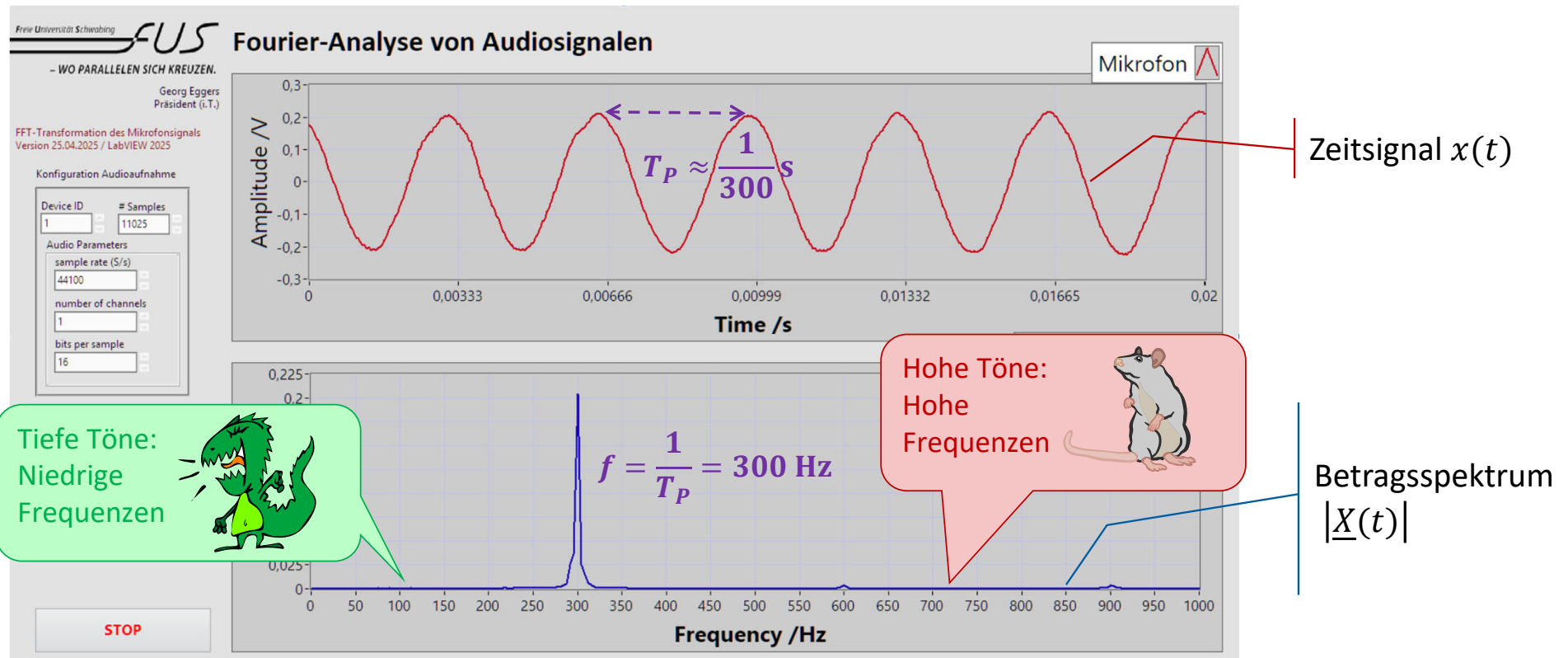
Saurier der Signalverarbeitung: Jean Baptiste Joseph Fourier

- * 21. 03. 1768; † 16. 05. 1830
 - Förderte die Französische Revolution, wurde inhaftiert und zum Tode verurteilt
 - Heiratete nie
 - Veröffentlichungen zum Wärmefluss, Erste Hypothesen zum Treibhauseffekt
 - **Behauptete, dass jede Funktion in eine Reihe von Sinusfunktionen zerlegt werden kann**
- **Sauriergeräusche können aus Sinussignalen zusammengesetzt werden.**



© Guillaume Piolle / CC BY 3.0

Fourier und die Frequenzen

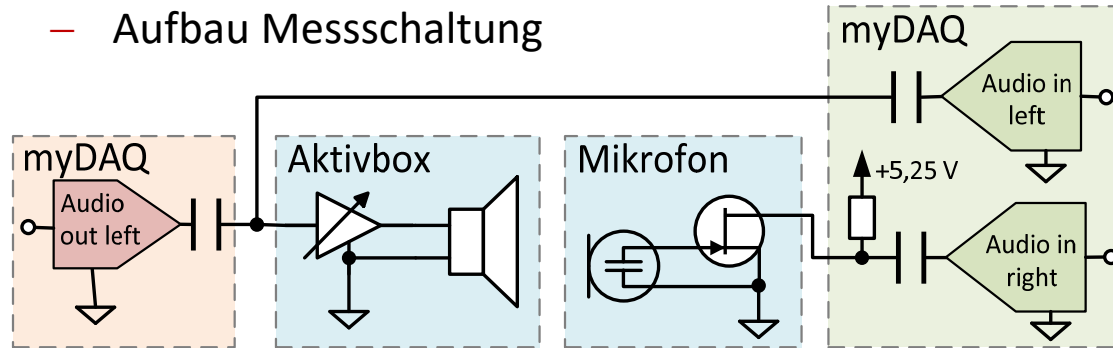


- Spektrum zeigt im Signal vorhandene Frequenzen an
- Wird durch eine **Fourier-Transformation** (Signalverarbeitung!) aus dem Zeitsignal berechnet

Seriöse Sauriermessung

■ Frequenzgangmessung mit dem NI myDAQ

– Aufbau Messschaltung



MCE-4000

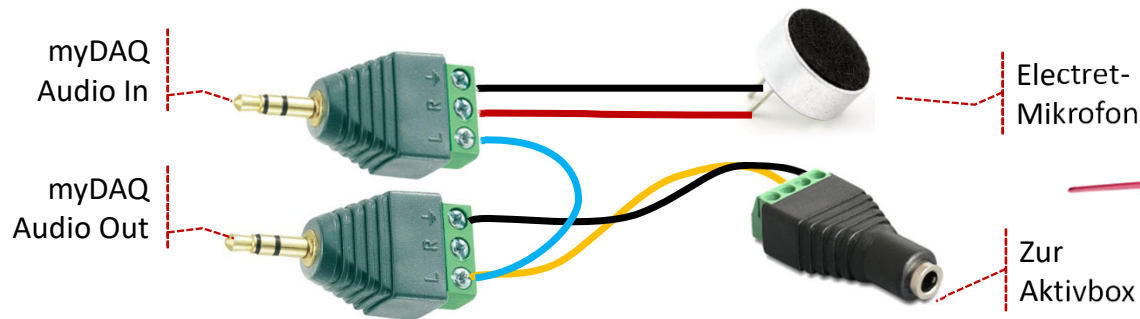
Best.-Nr.: 23.3680

Frequenzbereich	20-20000 Hz
Empfindlichkeit	5 mV/Pa/1 kHz, ± 3 dB
Ausgangsimpedanz	2,2 kΩ
Signal/Rauschabstand	> 58 dB
Koppelkondensator	0,1-4,7 μF
Zul. Einsatztemperatur	0-40 °C
Stromversorgung	1,5-10 V=±0,5 mA

Preis in € 1,89*

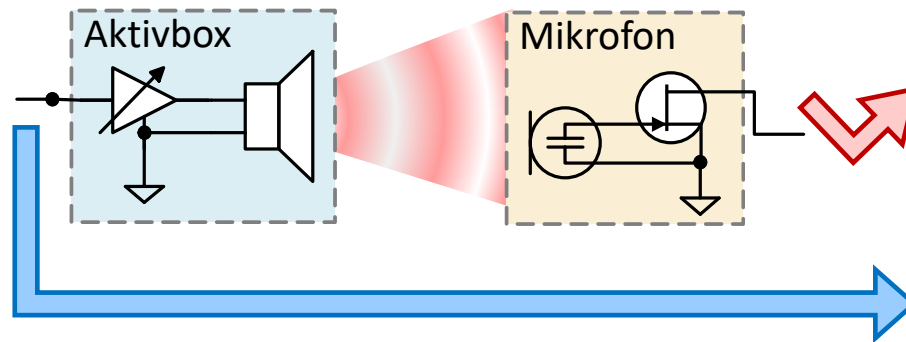


<http://www.monacor.de/>

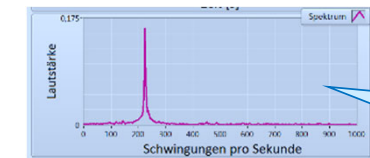


Saurier-Mikrofon-stativ

Vom Spektrum zum Frequenzgang (Signalverarbeitung!)



Spektrum des Mikrofons
(Ausgangssignal)



Spektrum Lautsprecher-
Eingangsspannung

- Division der **Spektren** von Eingangssignal und Ausgangssignal

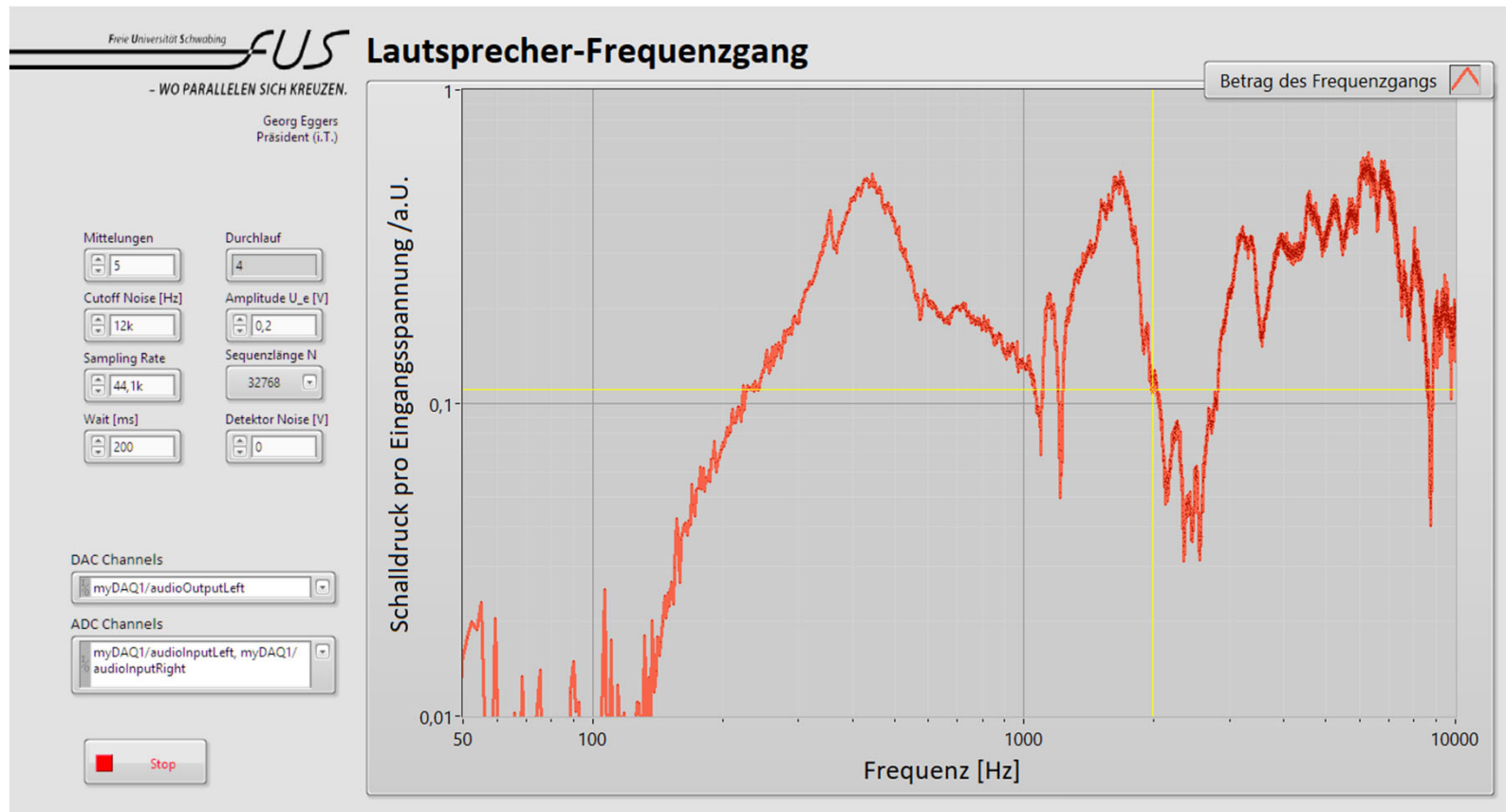
$$\frac{\text{Spektrum Ausgangssignal}}{\text{Spektrum Eingangssignal}} = \text{Frequenzgang}$$

- Frequenzgang beschreibt „Lärm pro Spannung“ in Abhängigkeit der Frequenz
- Idealer Lautsprecher: „Lärm pro Spannung“ ist für alle Frequenzen gleich
- Gesucht: Optimaler „Messlärm“?

→ **Saurierfauchen** (Signalverarbeitung: Weißes Rauschen)

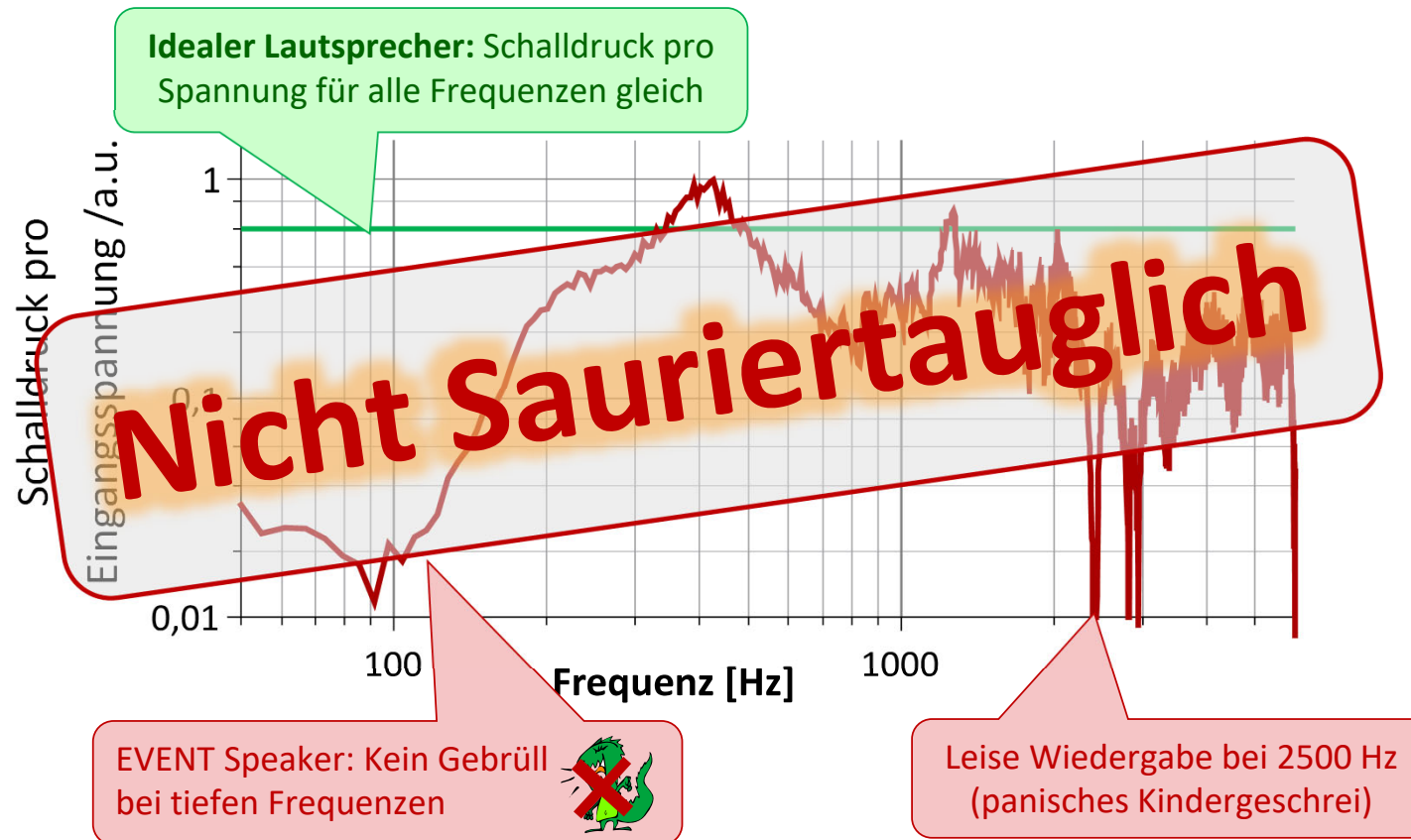


Saurier Marsch



Messergebnis

- Darstellung des Frequenzgangs = $\frac{\text{Spektrum Ausgangssignal}}{\text{Spektrum Eingangssignal}}$



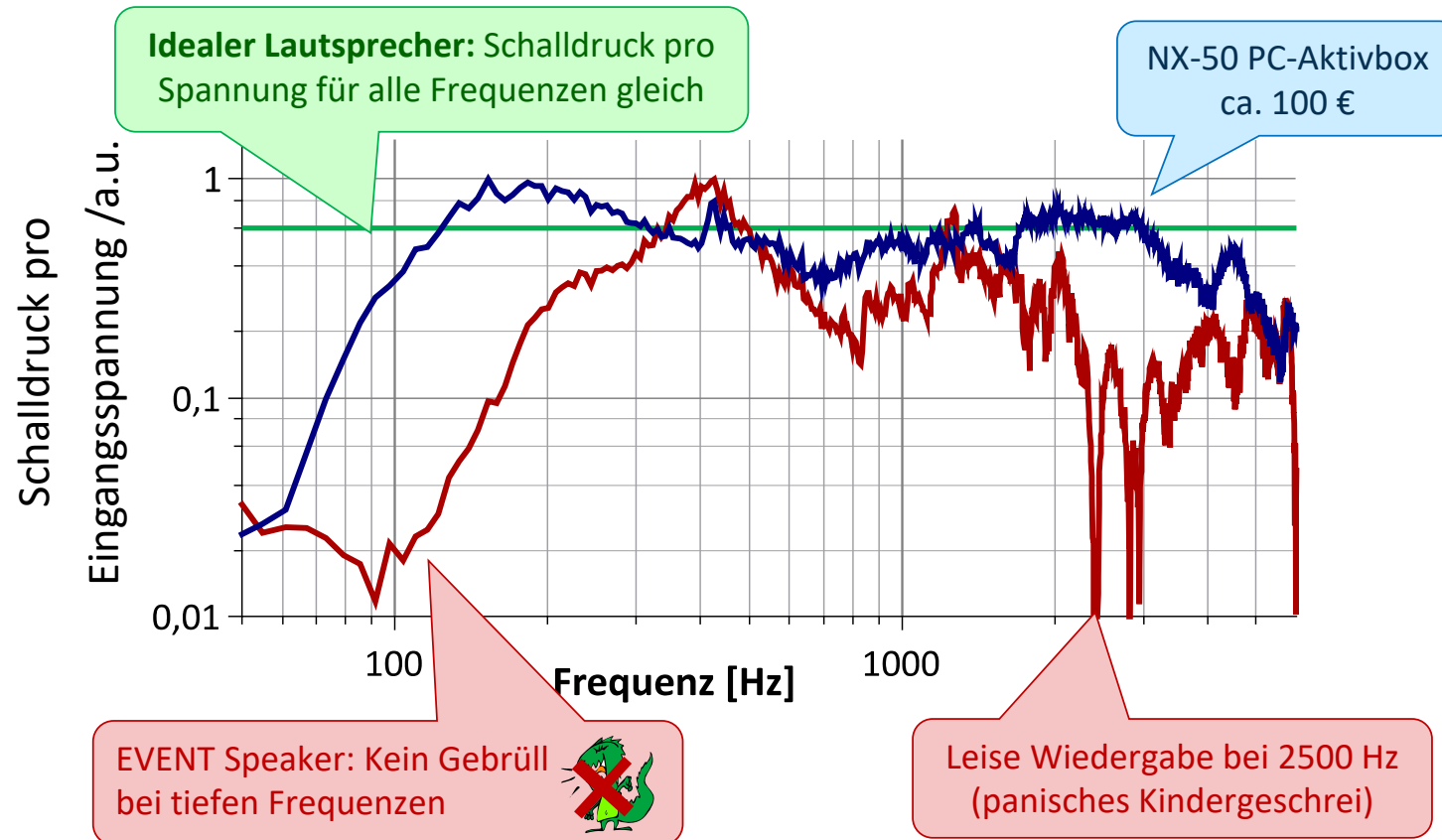
Vergleich: ~~YAMAHA~~ NX-50

- Ca. EUR 100,-



Messergebnis

- Darstellung des Frequenzgangs = $\frac{\text{Spektrum Ausgangssignal}}{\text{Spektrum Eingangssignal}}$



Der Frequenzgang
macht es aus:

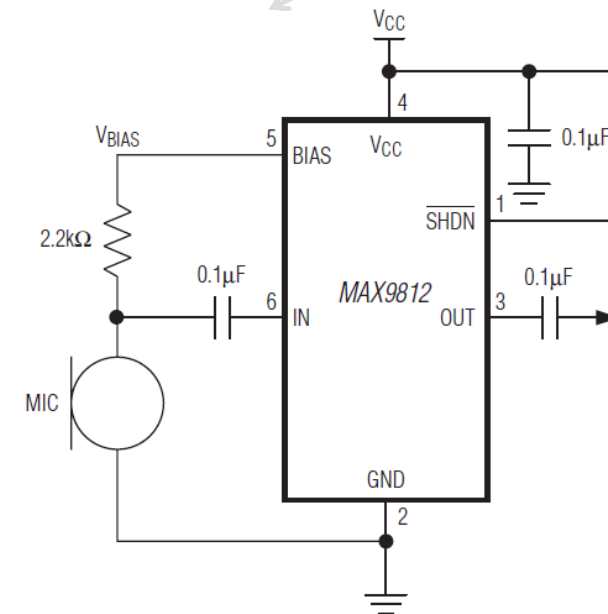
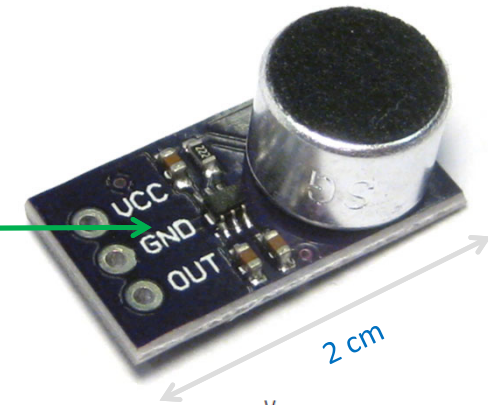
Klingt's wie Saurier ...
oder Maus?



3.5 Mikrofonmodule mit Verstärker

Electret-Mikrofonmodule mit Vorverstärker-IC, z.B. MAX9812

- Erzeugen Speisespannung für Elektret-Kapsel
- Typ. 20dB Signalverstärkung
- Signalpegel im 100-mV-Bereich
- **Anschluss an Audio-In und ADC-Eingänge möglich.**
- Versorgung 3,3V, <1mA
→ Anschluss an DIO-Pin
- Preis ca. 1 .. 5 Euro



Schaltung: Maxim Integrated Products, Inc.

3.5 Richtungshören

- Menschen bestimmen Einfallsrichtung des Schalls anhand Laufzeit-Unterschied zwischen Ohren
- Laufstrecken-Differenz

$$\Delta s = d \cdot \sin \alpha$$

- Zeitdifferenz (Time Difference of Arrival, TDOA)

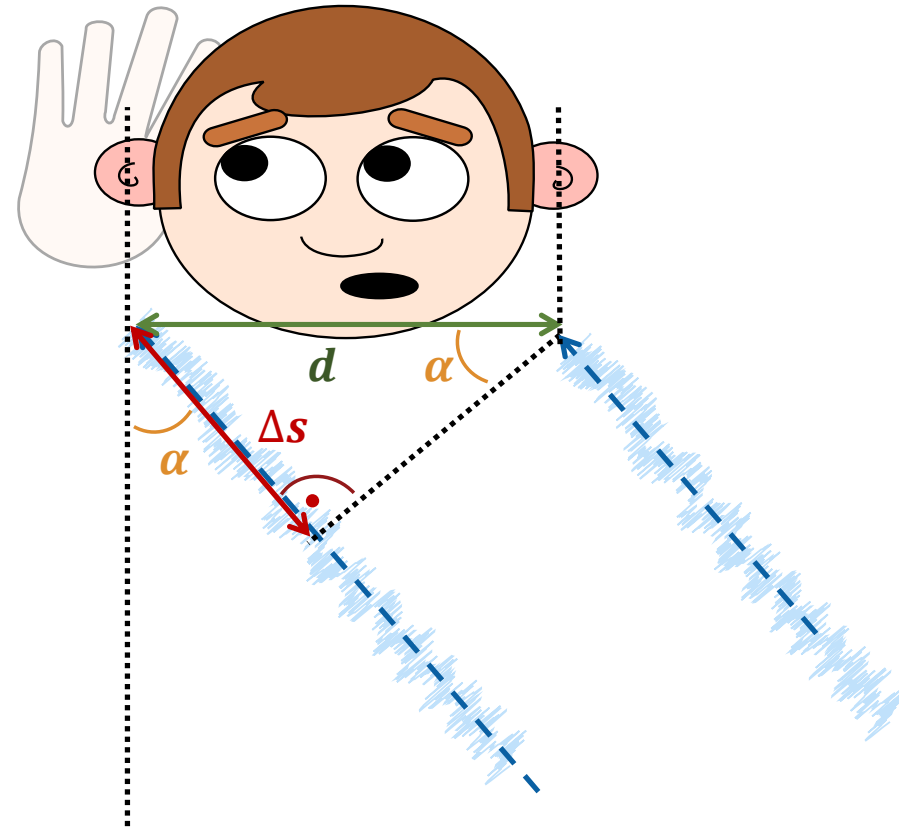
$$\Delta t = \frac{\Delta s}{c_{\text{air}}} = \frac{d \cdot \sin \alpha}{c_{\text{air}}}$$

$c_{\text{air}} \approx 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$: Schallgeschwindigkeit

- $\alpha = \sin^{-1} \left[\Delta t \cdot \frac{c_{\text{Luft}}}{d} \right]$
- Laufzeitdifferenz aus Kreuzkorrelation

$$\Delta t = m_{\text{max}} T_S = \frac{m_{\text{max}}}{f_S}$$

- $\alpha = \sin^{-1} \left[\frac{m_{\text{max}}}{f_S} \cdot \frac{c_{\text{air}}}{d} \right]$



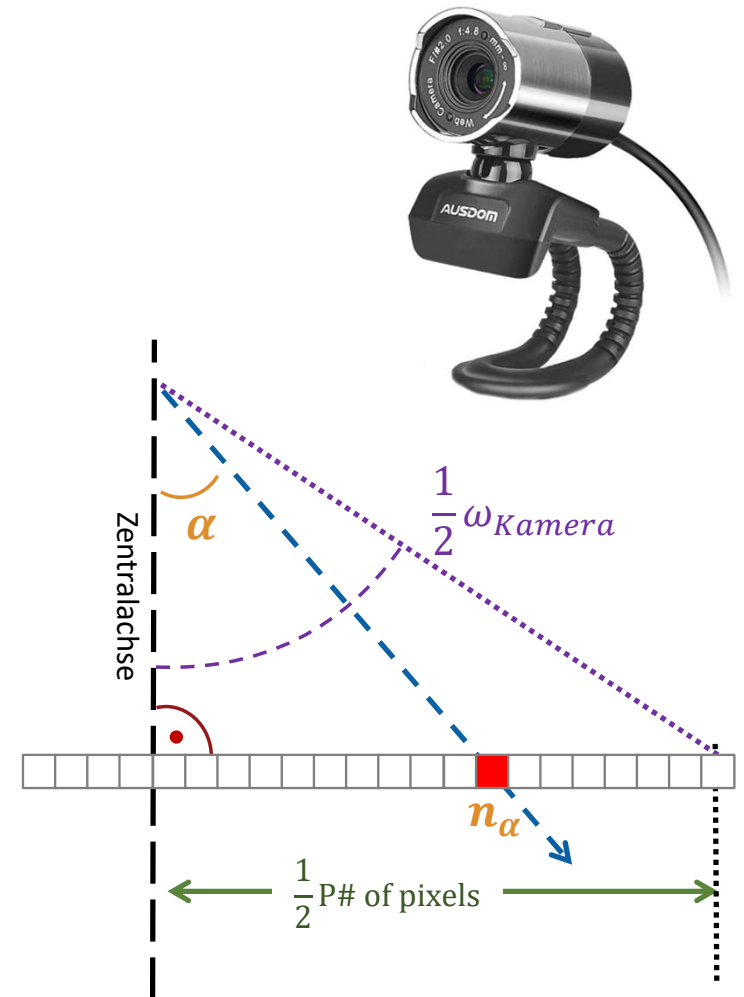
3.5 Richtungshören: Akustische Kamera

- $\alpha = \sin^{-1} \left[\frac{m_{\max}}{f_{\text{Sampling}}} \cdot \frac{c_{\text{Luft}}}{d} \right]$

- Bestimmung der Pixel-Position n_{α}

$$n_{\alpha} = \tan^{-1}[\alpha] \cdot \frac{\frac{1}{2} \# \text{ of pixels}}{\frac{1}{2} \omega_{\text{Camera}}}$$

- Für x- und y-Achse möglich
- Geräuschquelle kann im Kamerabild markiert werden



3.5 Kommerzeille akustische Kamera

Pictures: National Instruments Deutschland AG



“The **SeeSV-S205** has 30 microelectromechanical system digital microphones arranged in five spiral arrays. Using a beamforming algorithm running on the FPGA, the acoustic camera can detect and locate both stationary and moving noise sources. A high-resolution optical camera in the middle of the device records images at a rate of 25 fps. The resulting high-speed colormap overlay and video are ideal for identifying transient sources of noise.

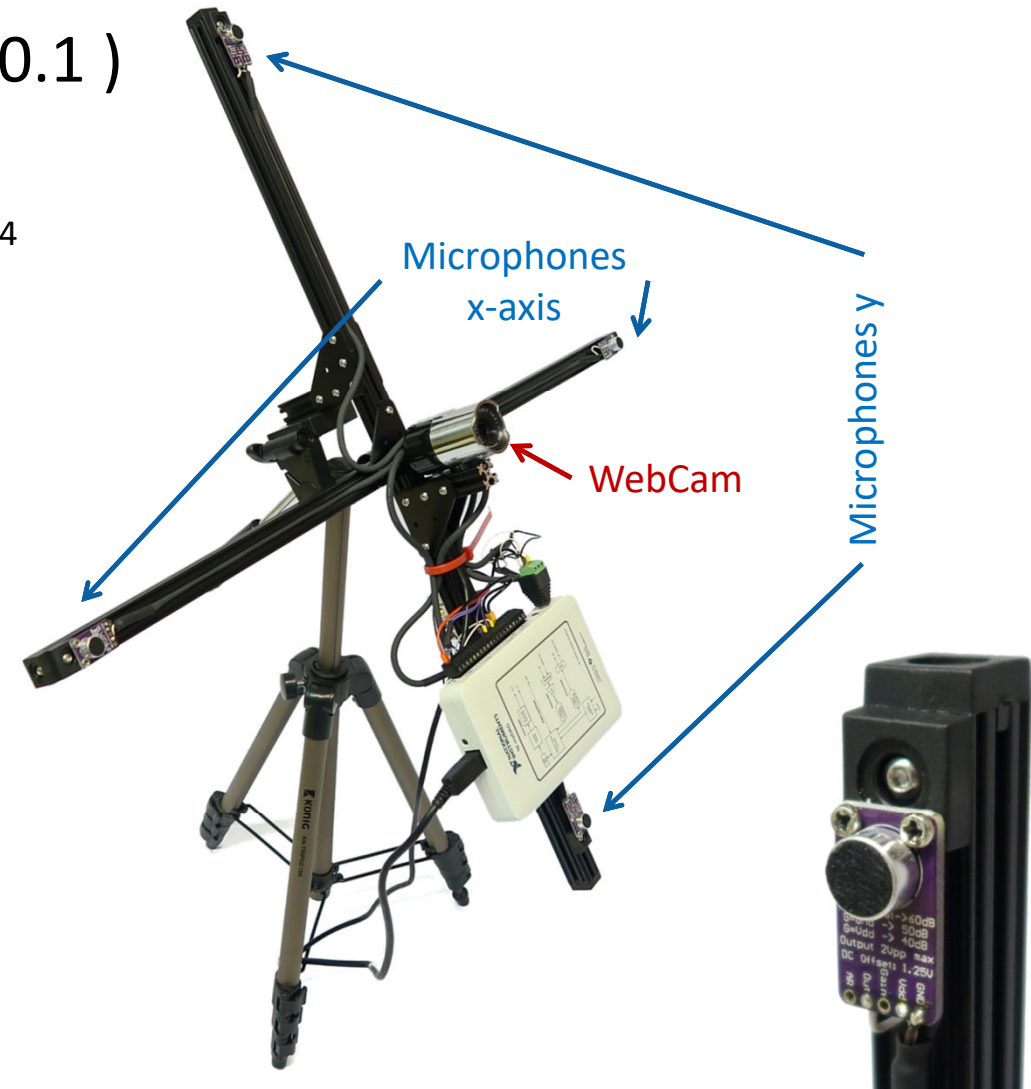
The SeeSV-S205 comes with configuration-based software to simplify the process of recording acoustic data. This complete system makes creating acoustic camera videos or logging microphone data for postprocessing easy. “

Approximate purchase price € 34.000,- ...

3.5

Akustische Kamera (Version 0.1)

- Audio-Aufnahme
 - 4 x microphone modules with preamp MAX9814
max. 60dB, Auto-Gain
(ca. 3 Euro each)
- Bildaufnahme
 - Ausdom AW335
Full HD Webcam
(ca. 20 EUR)
- Mechanik
 - Makerbeam-Komponenten
- ADC Hardware
 - NI myDAQ
 - Use of AI- and Audio inputs for x- and y Axis



3.5 Akustische Kamera (Version 0.1)

■ Akustik

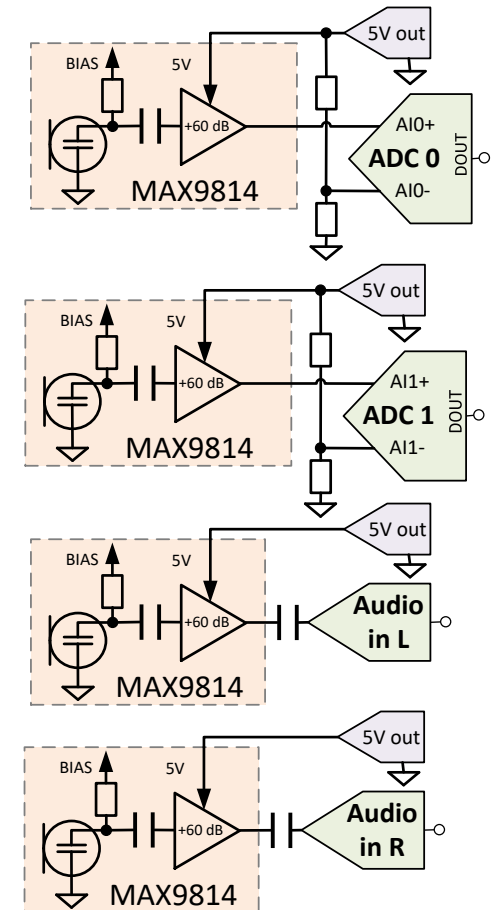
- Mikrofon-Verstärker MAX9814 +20 .. 60 dB Auto Gain
- 2 Mikrofone für X-Achse: AI0, AI1 Ausgleich DC-Offset Verstärker mit Spannungsteiler
- 2 Mikrofone für Y-Achse: Audio In L/R Kapazitive Kopplung
- Abwechselnde Abfrage der Paare
- Speisung der Verstärker über 5V myDAQ

■ Bildaufnahme

- Webcam mit USB-Anschluss
- LabVIEW Vision Akquisition Module
- LabVIEW Vision Development Module

■ Mechanik

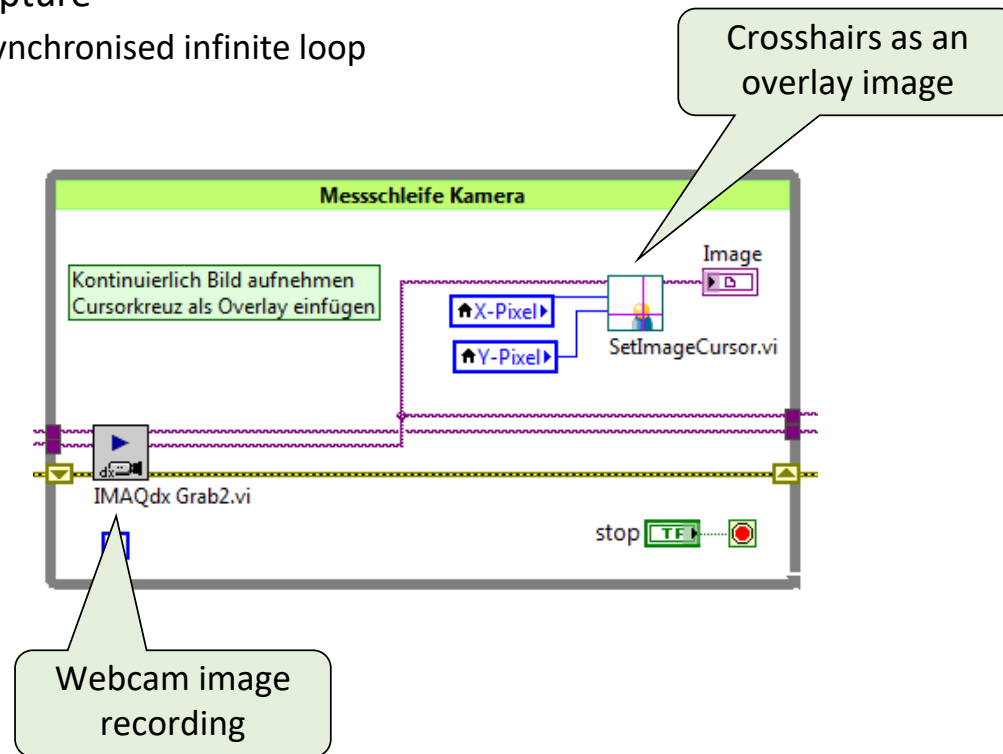
- Mikrofonabstand jeweils ca. 50 cm



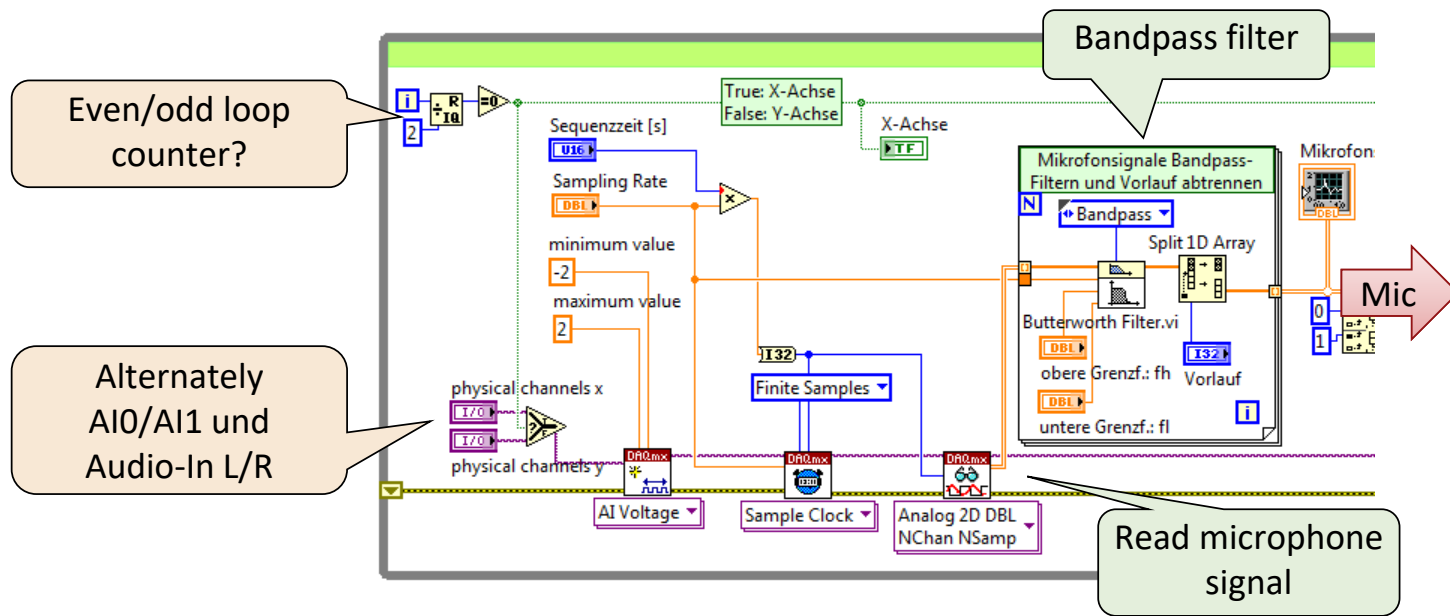
3.5 Akustische Kamera (Version 0.1)



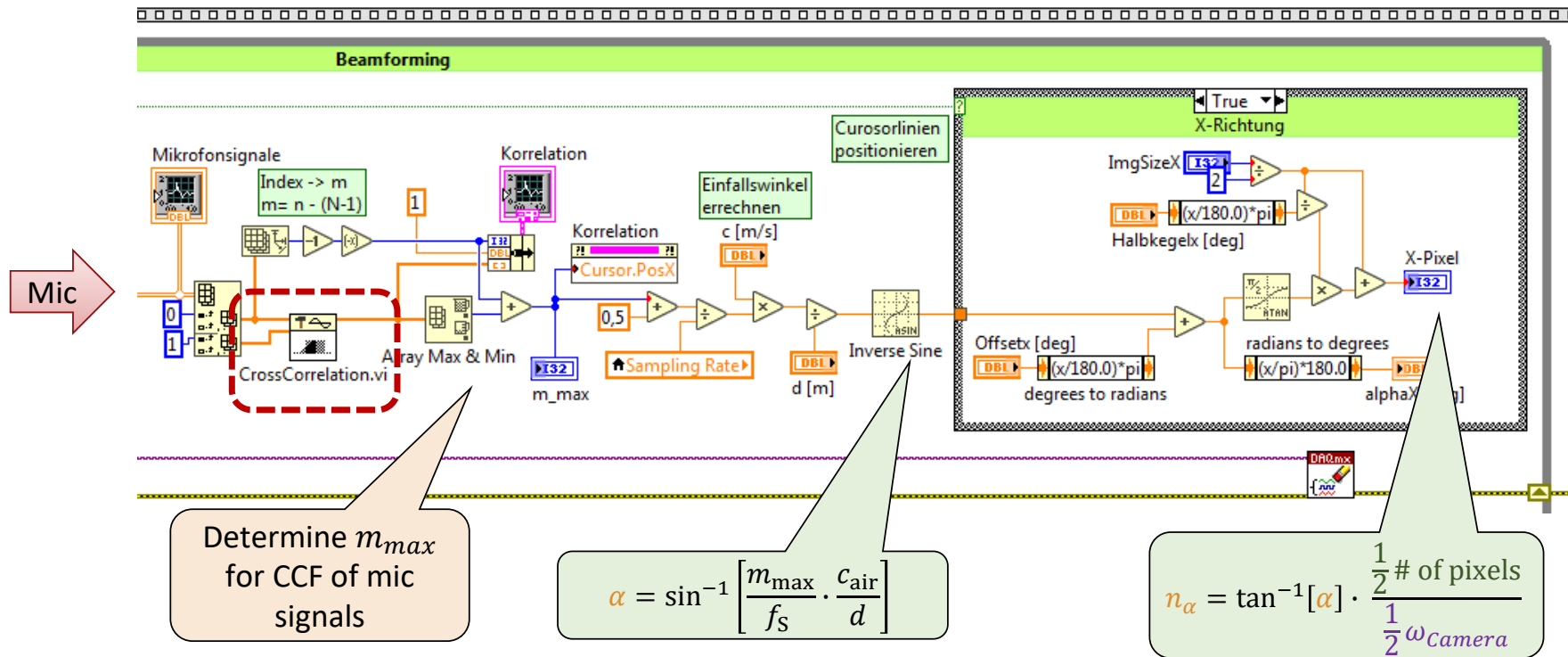
- Image capture
 - Unsynchronised infinite loop



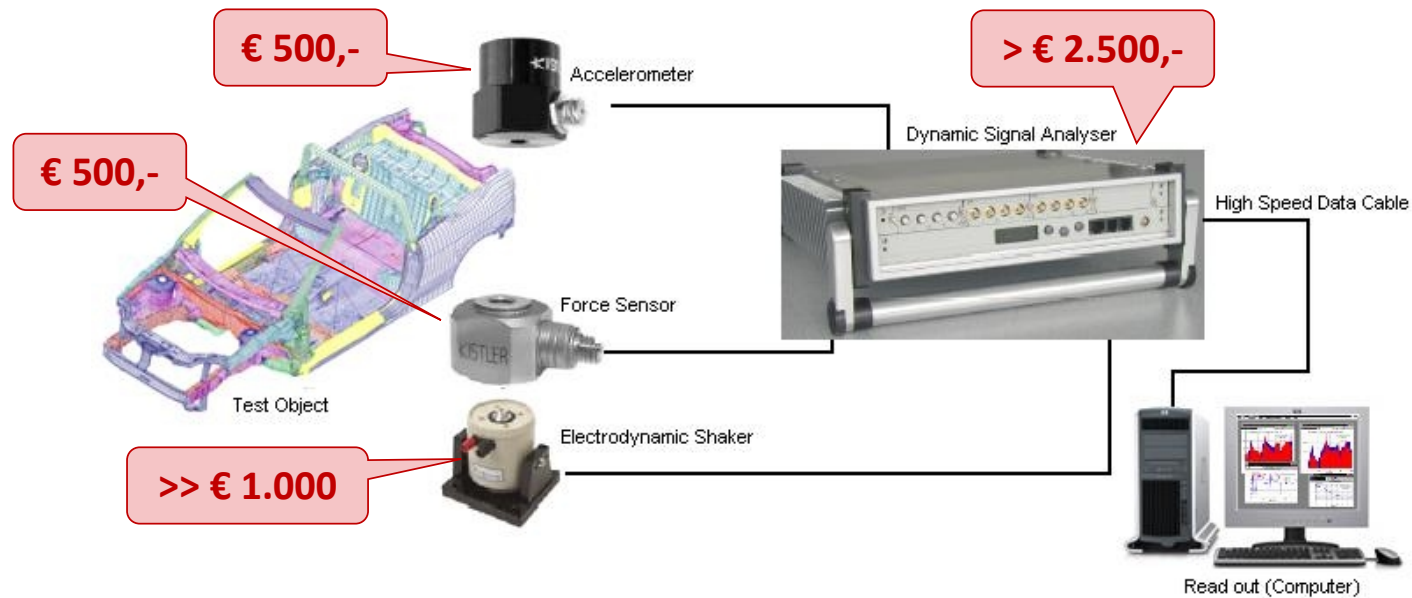
3.5 Akustische Kamera (Version 0.1)



3.5 Akustische Kamera (Version 0.1)



3.6 | Mechanische Schwingungsmessung



Industriestandard:

- Anregung des Prüfobjekts mit elektrodynamischem „Shaker“
- Aufnahme der lokalen Vibrationen durch Piezo-Beschleunigungssensoren
- Ladungsverstärker zur Signalauswertung erforderlich

Industrie-Messtechnik zur Modalanalyse ist sehr kostspielig!

3.6 | Mechanische Schwingungsmessung

- **Beispielmessung mit dem NI myDAQ**
 - Ersatz für „Shaker“



Spielwaren-Fachhandel: Kosmos „Sound Booster“

- Selbstklebender Körperschallerreger
- Batteriebetriebenes Verstärkermodul mit 3,5 mm Stereo-Klinke
- Zum Selbstbau von „Lautsprechern“

Fotos: Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG

3.6 Mechanische Schwingungsmessung

- **Beispielmessung mit dem NI myDAQ**
 - Preiswerter Beschleunigungssensor

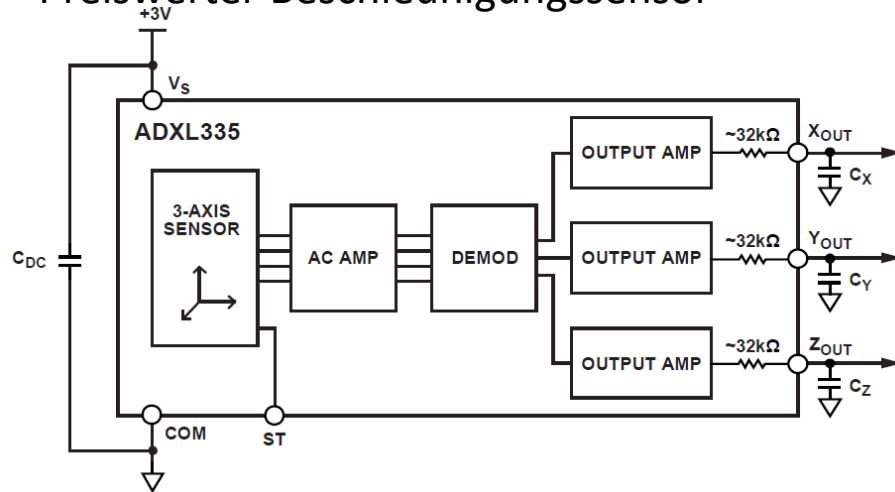
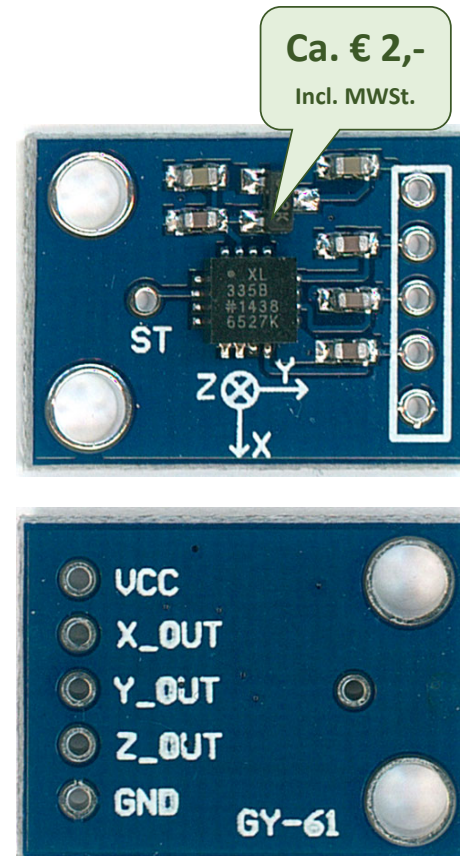


Abb.: Analog Devices Inc.

GY-61 ADXL335 3 Axis Accelerometer

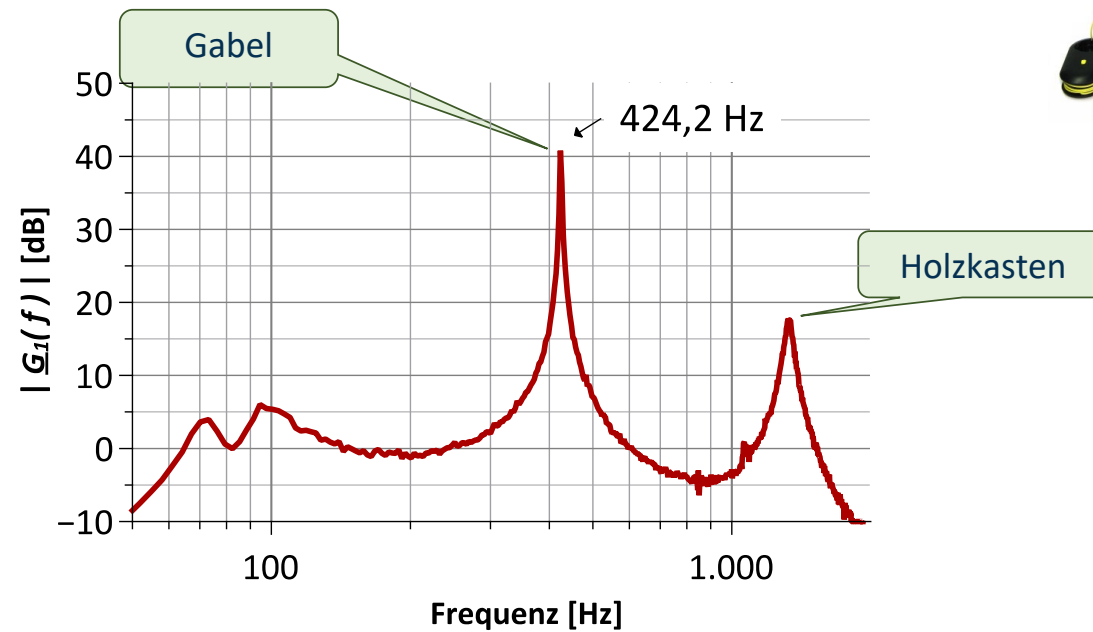
- 3-Achsen-Beschleunigungssensor-Modul auf Basis ADXL335 für „Arduino“
- Drei Analoge Signalausgänge $0,6 \dots 2,4 \text{ V} \equiv -3g \dots +3g$
- Bandbreite bis 1,6 kHz (x,y) / 0,5 kHz (z)



3.6 Mechanische Schwingungsmessung

▪ Beispielmessung mit dem NI myDAQ

— Ergebnisse

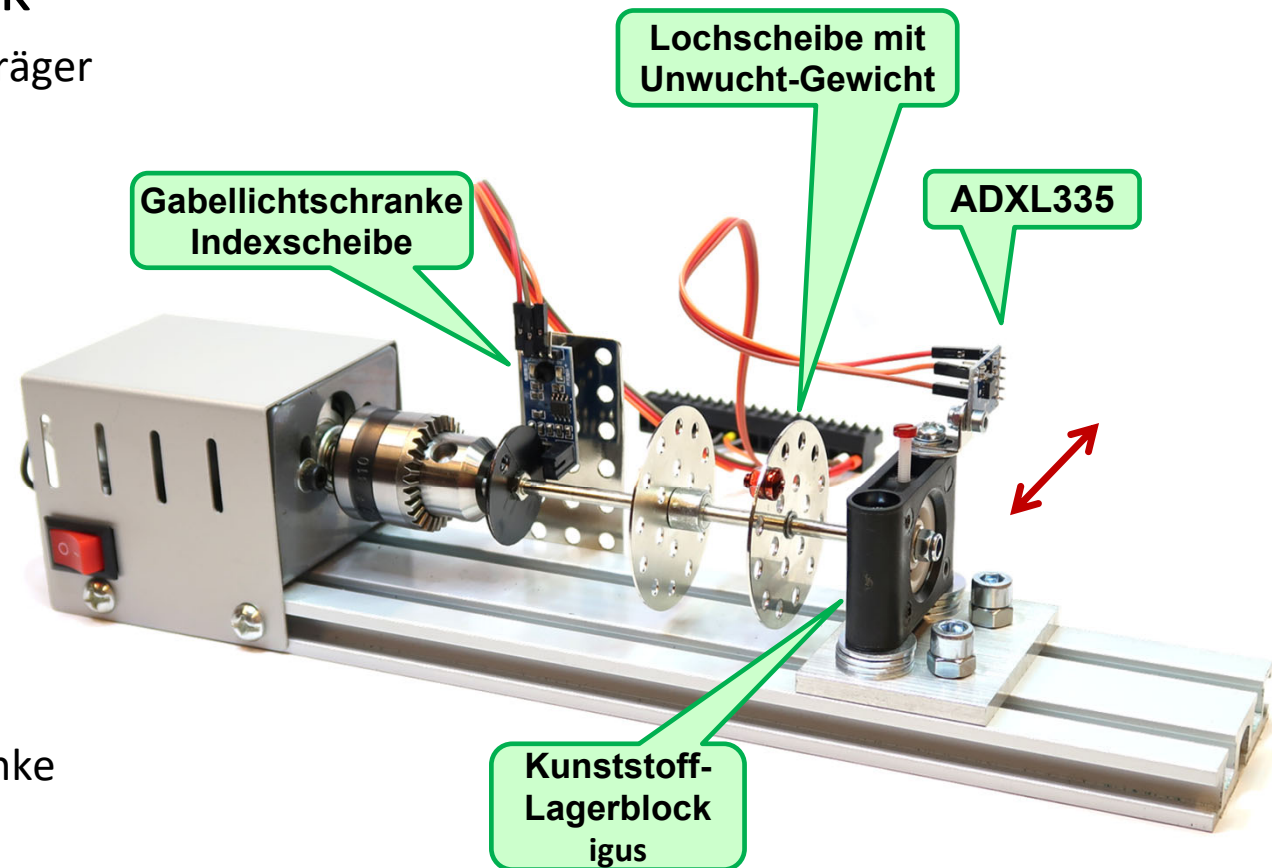


- Resonanzen von Gabel und Holzkasten deutlich sichtbar
- Verschiebung der Gabelresonanz von 440 \rightarrow 424 Hz durch Masse des Anregers und des Sensors

3.6 Maschinen-Zustandsüberwachung

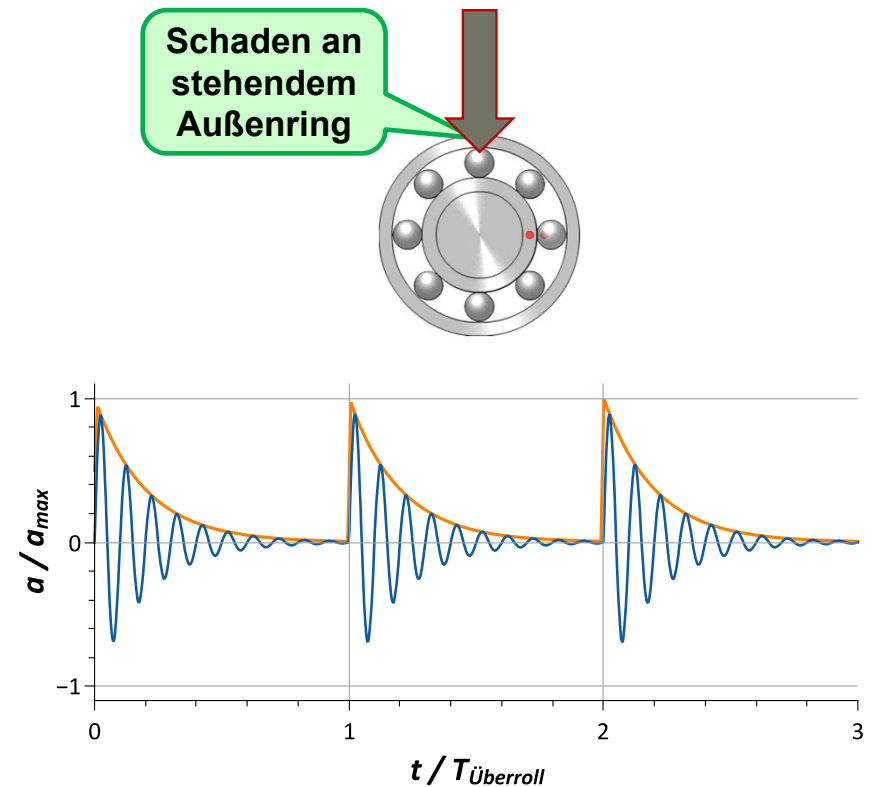
Low-Budget „Drehbank“

- „Drehbank“ als Experimentträger
 - Gabellichtschranke zur Drehzahlmessung und zur Synchronisierung
 - Kunststoff-Lagerblock
 - ADXL335 a-Sensor
Messung in Querrichtung
 - Unwucht-Scheiben
 - myDAQ-Signaleingänge
 - AI0: Gabellichtschranke
 - AI1: a-Sensor



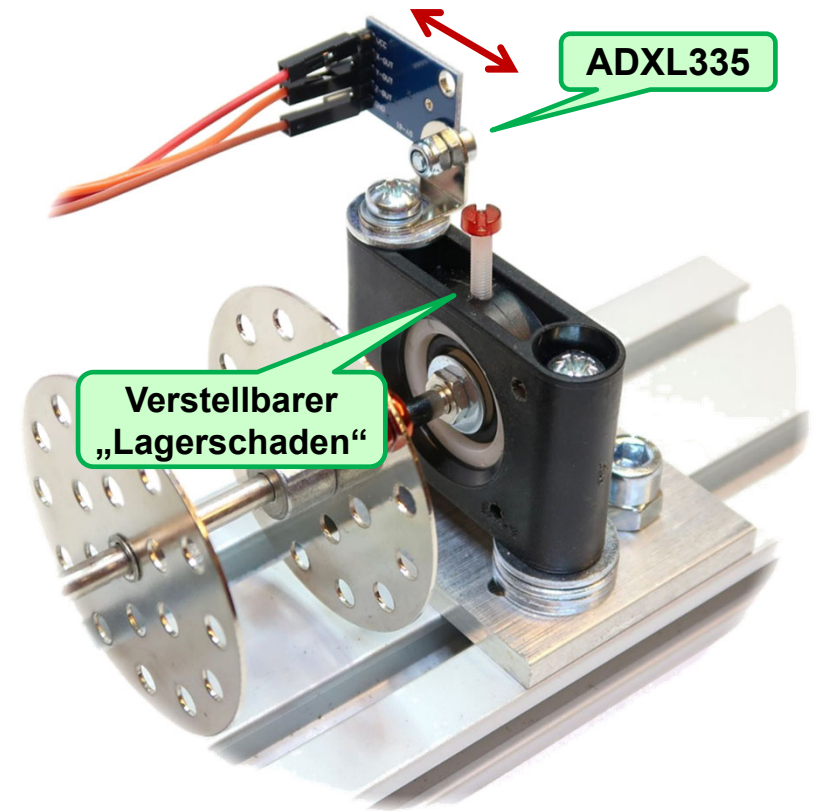
3.6 Maschinen-Zustandsüberwachung

- Typischer Verschleiß an Kugellagern
 - Beschädigungen der Lagerflächen führen zu Stoßfolgen im Rhythmus des Überrollintervalls $T_{\text{Überroll}}$
 - Überrollfrequenz berechenbar;
Beispiel Außenring:
$$f_A = \frac{1}{T_{\text{Überroll}}} = \frac{1}{2} f_{\text{Rot}} \cdot N_K \cdot \left[1 - \frac{d}{D} \cos \Phi \right]$$
 - Parameter oft unbekannt
→ Abzählen der Kugelpassagen bei Drehen von Hand
 - Stöße regen Resonanzen des Aufbaus an



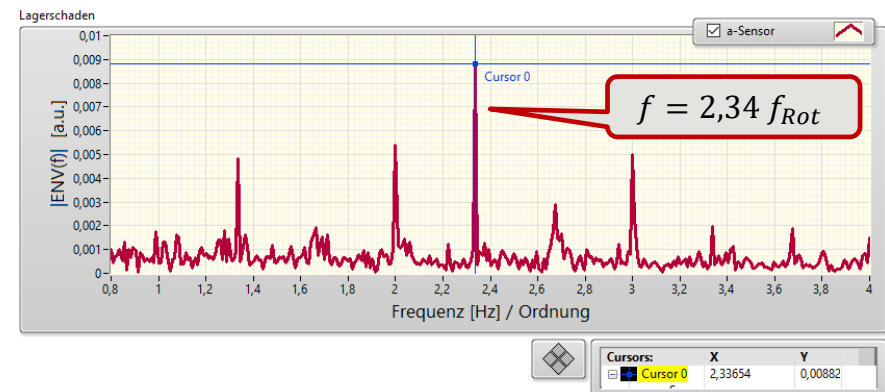
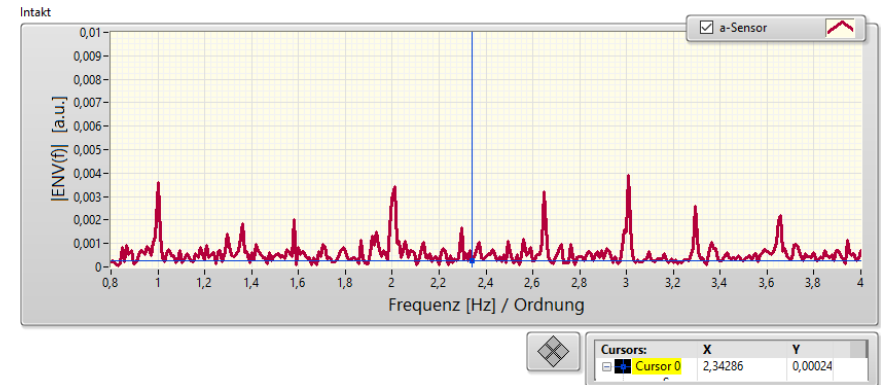
3.6 Maschinen-Zustandsüberwachung

- Beschädigung Außen-Laufläche
 - Bei Metall-Lagern schwierig, bei Kunststoff-Lagern sehr einfach herstellbar
 - Gewindebohrung durch Laufläche und Halter des zerlegten Lagers
 - Verstellbarer „Lagerschaden“ durch Eindrehen einer Kunststoffschraube



3.6 Auswertung Spektrum Lagerschaden

- Auswertung der Einhüllenden
 - Berechnung der Einhüllenden
$$env(t) = \sqrt{a(t)^2 + \mathcal{H}\{a(t)\}^2}$$
 - Berechnung des Spektrums
$$ENV(f) = \mathcal{F}\{env(t)\}$$
 - Auszählen per Hand:
38 Kugelpassagen / 16 Umdreh.
 $f_A = 2,375 f_{Rot}$
 - Spektrenaufnahme:
 - „Intakt“ (ohne Schraube), oben
 - „Schadhaft“ (mit Schraube), unten



LabVIEW in der Lehre

1: Warum LabVIEW?

2: Echte Signale ohne echte Kosten

2.1 PC-Sensoren

2.2 Spektrum des PC-Mikrofonsignals

2.3 Korrelationen: Distanzmessung, Mustererkennung in Bilddaten

3: Echte Signale mit echt wenig Kosten

3.1 Der NI myDAQ

3.2 Solarzellen-Kennlinien

3.3 Bode-Diagramme elektrischer Schaltungen

3.4 Frequenzgang eines Lautsprechers

3.5 TDOA-Analyse: Richtungshören

3.6 Schwingungsmesstechnik

4: Hohe Frequenzen, niedrige Kosten

4.1 Software-Defined Radio

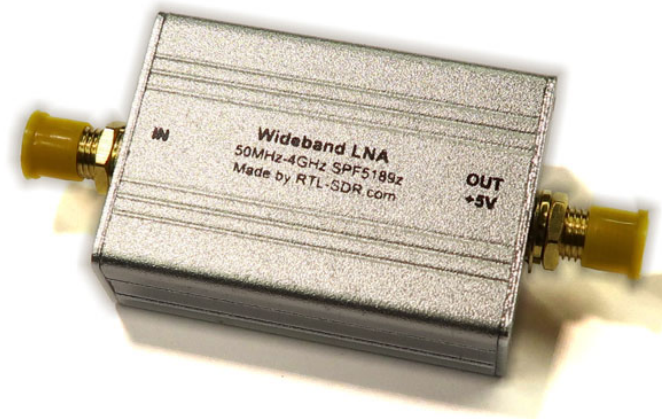
... mit



3.7 Software Defined Radio

RTL-SDR.COM-Dongle

- RTL2832U Controller
 - $f_{S,max} \approx 2,5 \text{ MHz @ 8 bit I/Q}$
- Rafael Micro R820T2 tuner chip
 - $f_{Car} = 24 .. 1766 \text{ MHz}$
- Ca. € 26,- mit Antenne
- Anleitung: rtl-sdr.com
- Antennenverstärker als Zubehör erhältlich
- Metallgehäuse als Kühlkörper



3.7 Automatic dependent surveillance—broadcast (ADS-B)

- Commercial aircrafts periodically transmit position data determined by satellite navigation
 - Carrier Frequency $f_{Car} = 1090$ MHz
 - Binary Amplitude Modulation with $0,5 \mu\text{s}$ bit length
- Reception possible for RTL-SDR with Rafael Micro R820T2 tuner chip
 - $\frac{\lambda}{4}$ -Size Antenna is easy to build
 - I/Q-Sampling at $f_s = 2$ MHz means one sample per bit

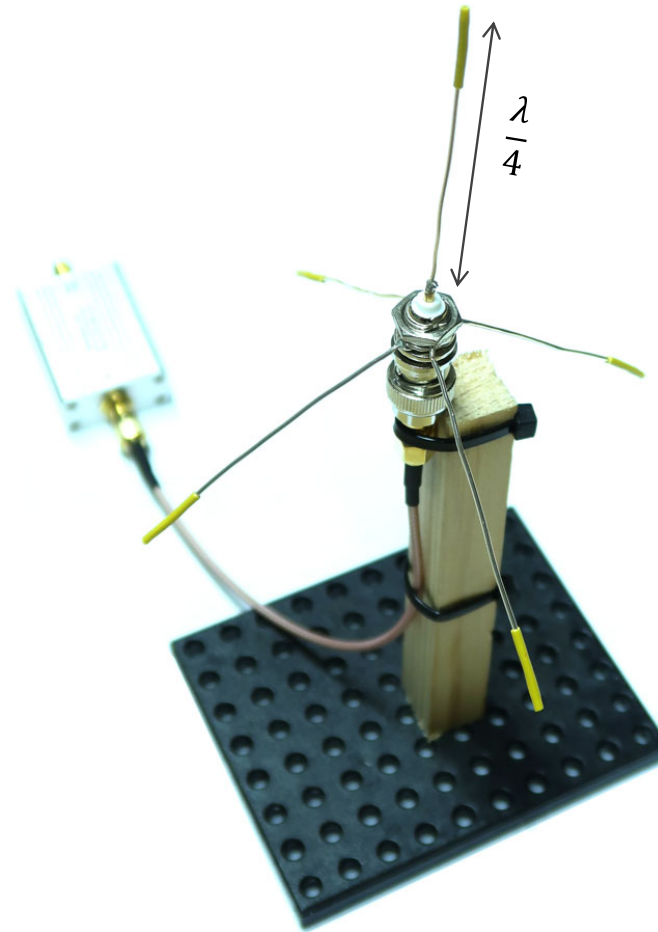


Image: www.faa.gov

3.7 Automatic dependent surveillance—broadcast (ADS-B)

- Aircraft data can be verified with flight monitoring websites, e.g. “flightradar24.com”

RTL-SDR ADS-B-Receiver
 Version 01-DEC-2019 / LabVIEW 2016
 This VI requires the "RTL SDR" package by Albert Lederer to be installed using the VIPM
 Tested with the "RTL-SDR Blog's USB dongle"

ADS Message Data

SDR Center Freq: 1,09G
 SDR Sample Rate: 2M
 Your own position needed as a reference to decode the aircraft position data.
 LatRef: 48,1374
 LonRef: 11,5755
 Trigger Level: 12
 # Samples: 20000
 STOP

ICAO List

ICAO	ICAO	ICAO	ICAO	ICAO	ICAO	ICAO	ICAO	ICAO	ICAO
4CA623	3C6658	346204	440A8F	4BCDE3	40601F	4067D6	3C4DD7	406C80	3CC82C
NumRec: 156	NumRec: 138	NumRec: 255	NumRec: 29	NumRec: 94	NumRec: 63	NumRec: 162	NumRec: 63	NumRec: 18	NumRec: 31
DF: 17	DF: 17	DF: 17	DF: 17	DF: 17	DF: 11	DF: 17	DF: 11	DF: 17	DF: 17
TC: 12	TC: 19	TC: 11	TC: 11	TC: 19	TC: 10	TC: 19	TC: 12	TC: 12	TC: 11
Callsign: RYR9QE_	Callsign: DLH6KY_	Callsign: JBE31EB_	Callsign: EJU91WY_	Callsign: SXS1SW_	Callsign: BAW149_	Callsign: VIR453_	Callsign:	Callsign: EXS72GL_	Callsign: AHO374A_
Lat: 47,2084	Lat: 48,2236	Lat: 48,62	Lat: 47,3007	Lat: 47,0525	Lat: 48,0047	Lat: 47,3094	Lat: 0	Lat: 48,2668	Lat: 48,0725
Long: 11,7217	Long: 11,4571	Long: 12,5671	Long: 11,835	Long: 11,9539	Long: 13,1136	Long: 11,7017	Long: 0	Long: 10,5584	Long: 10,743
Alt: 37000	Alt: 4525	Alt: 32325	Alt: 29000	Alt: 39000	Alt: 33025	Alt: 37000	Alt: 0	Alt: 34000	Alt: 30000

LabVIEW
in der Lehre

Prof. Dr. Georg Eggert
Hochschule München
für angewandte Wissenschaften

georg.eggert@hm.edu

+49 (0)9 1265 1623

vielen Dank!

**FULL
FORCE
AHEAD**
NIDays 2019

**Academic Forum of the NI Days Europe 2019:
There's (More Than) Music in the Air: Low-Cost,
Hands-On Teaching of Software Defined Radio**



There's (More Than) Music in the Air: Low-Cost, Hands-On Teaching of Software Defined Radio
[Presentation File](#)
[German presentation file \(LabVIEW-Anwendertag 2023\)](#)

Simple FM Receiver



[RTLSDR-FMRadio_07.vi](#)

NOAA Satellite Image Decoder



[NOAA-Decode-WAV.zip](#)