

The logo consists of a white rectangular border containing the text "ACADEMIC FORUM2016" in a white, sans-serif font. The background of the entire slide is a solid blue color, with a series of lighter blue diagonal stripes radiating from the right edge towards the center.

ACADEMIC FORUM2016

LEHRE. FORSCHUNG & INNOVATION

Akustische Messungen mit dem NI myDAQ

Prof. Dr. Georg Eggers

Hochschule für Angewandte Wissenschaften München

georg.eggers@hm.edu

Akustische Messungen mit dem NI myDAQ

Prof. Georg Eggers, HS München

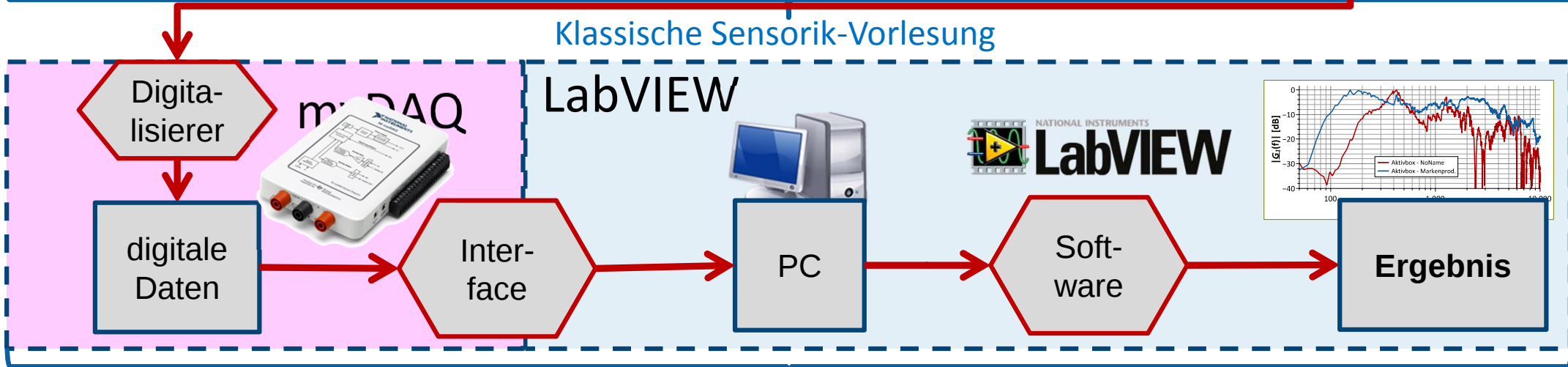
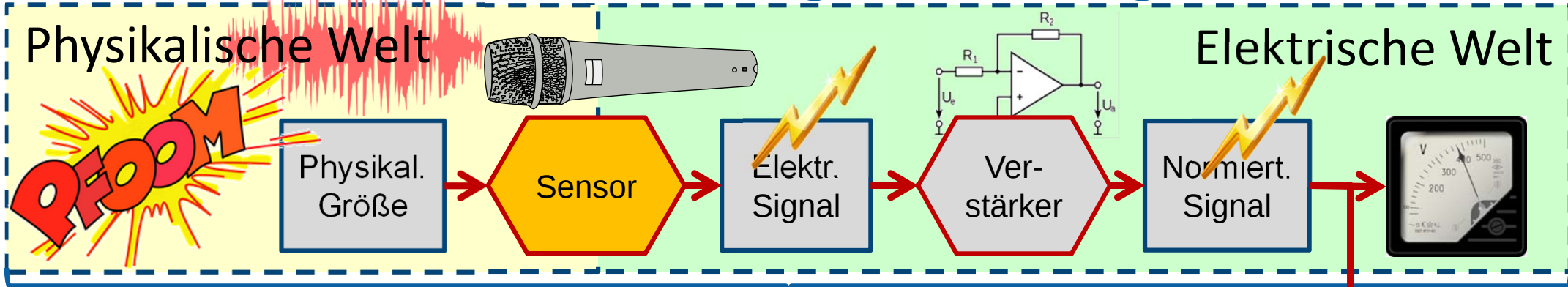
Akustische Messungen im hörbaren Frequenzbereich bieten viele Möglichkeiten, Algorithmen der Signalverarbeitung und messtechnische Verfahren in Vorführ- und Praktikumsexperimenten anschaulich erfahrbar zu machen. Der NI myDAQ ist mit seinen je zwei 16-bit-AD- und -DA-Wandlern und bis zu 200 kHz Sampling-Frequenz bestens geeignet, solche Experimente praktisch umzusetzen.

Der Vortrag beschreibt zunächst die Möglichkeiten, Mikrofone bzw. Körperschall-Aufnehmer sowie Lautsprecher am myDAQ zu betreiben. Anschließend werden Beispielsperimente zur akustischen Distanz- und Richtungsbestimmung sowie zur Schall- und Schwingungsanalyse live vorgeführt. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der einfachen und preiswerten Realisierbarkeit der Messaufbauten und der anschaulichen Umsetzung der angewendeten Algorithmen in LabVIEW.

Akustische Messungen mit dem NI myDAQ

- Durch die vielseitigen Anschlussmöglichkeiten des myDAQ sind akustische Experimente schnell und einfach umsetzbar.
- Im Vortrag werden gezeigt:
 1. *Wenn's rauscht ist's nicht ganz dicht ...*
Akustische Lecksuche per Kreuzkorrelation
 2. *Hallo! Echo?*
Laufzeitbestimmung zur Entfernungsmessung
 3. *Wo pfeift's denn?*
Richtungshören / Akustische Kamera
- Kontakt: Prof. Dr. Georg Eggers, georg.eggers@hm.edu
- Programme aus dem Vortrag abrufbar: <http://www.georg-eggers.de/dozententag>

0.1 Sensorkette: Von der Messgröße zum Ergebnis



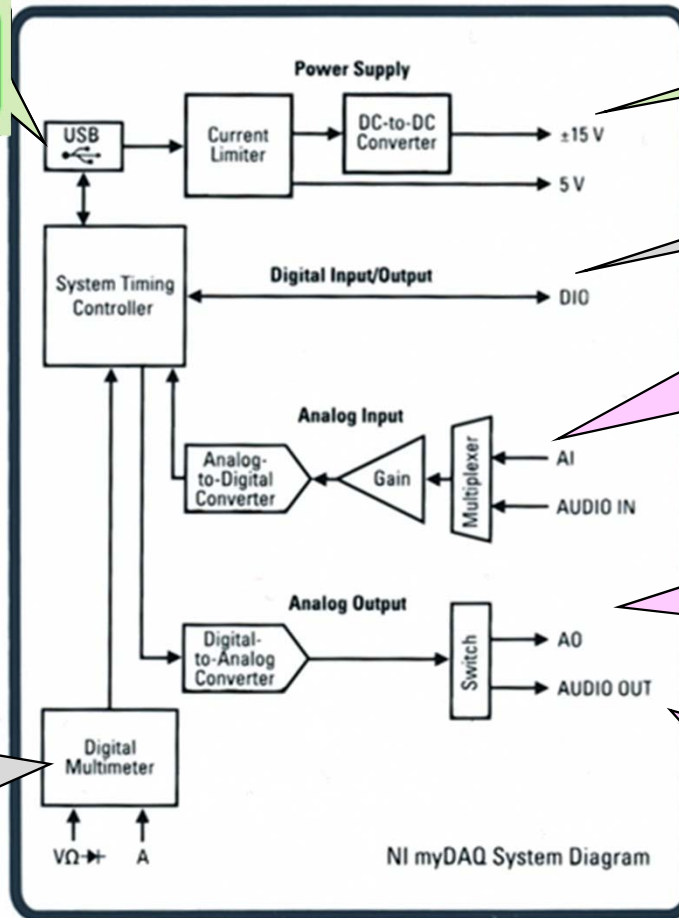
Der NI myDAQ

USB

(bus powered)



**Multimeter
I/U/R**



**$\pm 15\text{ V}$ for Opamps
 $+5\text{ V}$**

8 DIO / Counter

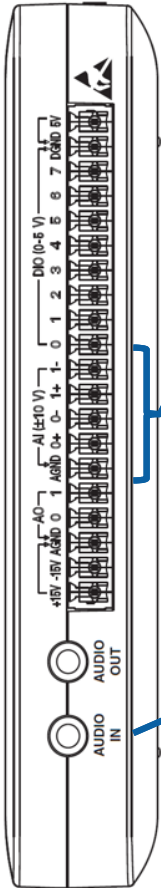
2 ADC 16 Bit @ 200 kHz
 $\pm 2\text{ V}$ / $\pm 10\text{ V}$ differential inputs

2 DAC 16 Bit @ 200 kHz
 $\pm 10\text{ V}$ @ 2 mA

Stereo Audio in/out
w supply circuit for electrete mics



Akustische Messungen mit dem myDAQ



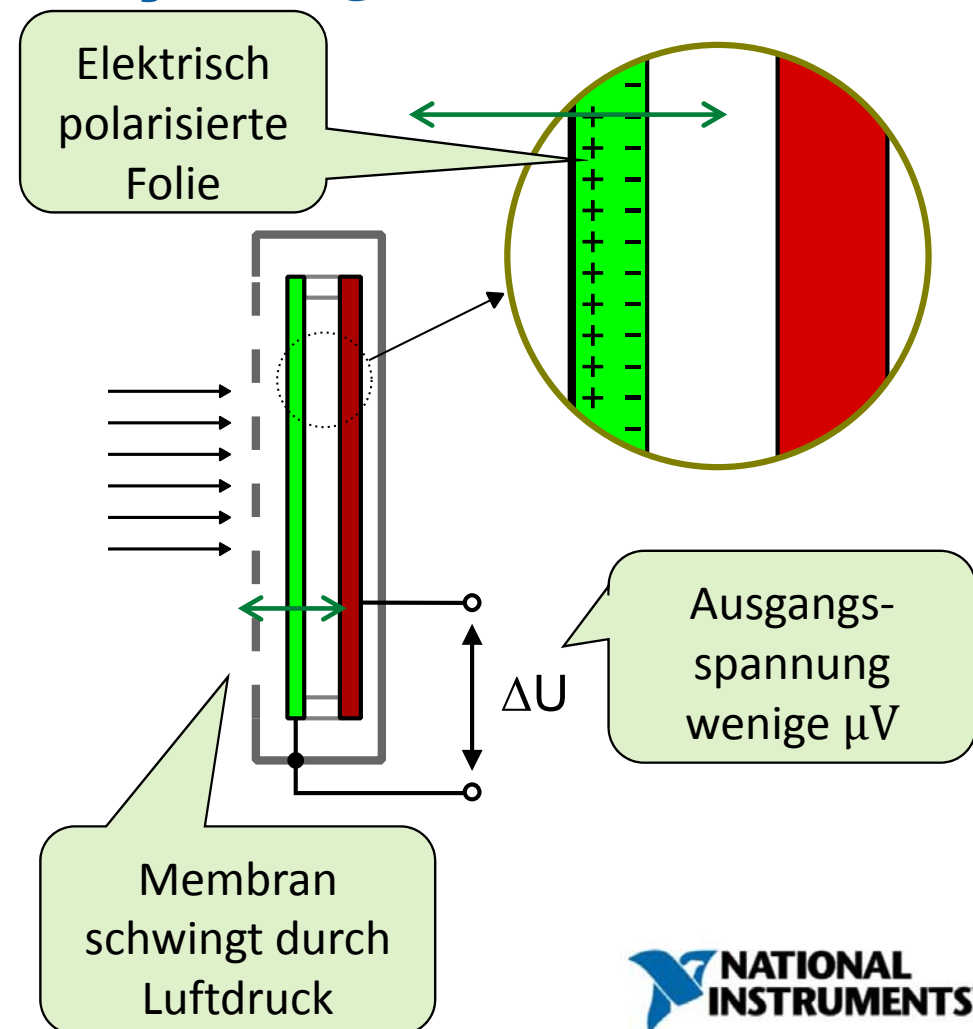
- ADC-Eingänge AI0 $\pm$, AI1 $\pm$
 - Galvanisch gekoppelt, differentiell
 - Max. 200 kHz Sampling-Rate
 - 0..400 kHz analoge Bandbreite (Alias-Effekt!)
 - Messbereich $\pm 2V$, $\pm 10V$
 - 16 Bit $\rightarrow LSB = 0,06 \text{ mV}$ (bei $\pm 2V$ Messber.)
 - Fehler ca. 5 mV (typ.), 9 mV (max.)
- Audio In (Stereo)
 - Kapazitiv gekoppelt, gemeinsame Masse, $\pm 2V$
 - 1,5 .. 400 kHz analoge Bandbreite
 - Speiseschaltung für Electret-Mikrofone



Einfache Mikrofone für den myDAQ

Elektret-Kondensatormikrofone

- Vordere Membran (grün): Folie aus elektrisch polarisiertem Material
- Membran schwingt durch Luftdruckschwankungen
- Abstandsänderung zwischen Membran und Rückseite erzeugt Spannung im μV -Bereich
- Ca. 90% aller eingesetzten Mikrofone haben diesen Typ
- Stückpreise < 1 Euro



Einfache Mikrofone

Electret-Mikrofone

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

myDAQ Audio In

- Besitzt Speiseschaltung
- Elektret-Mikrofone direkt anschließbar

Electret Microphone

COM-08635 ROHS✓



\$0.95

ADD TO CART

1 quantity

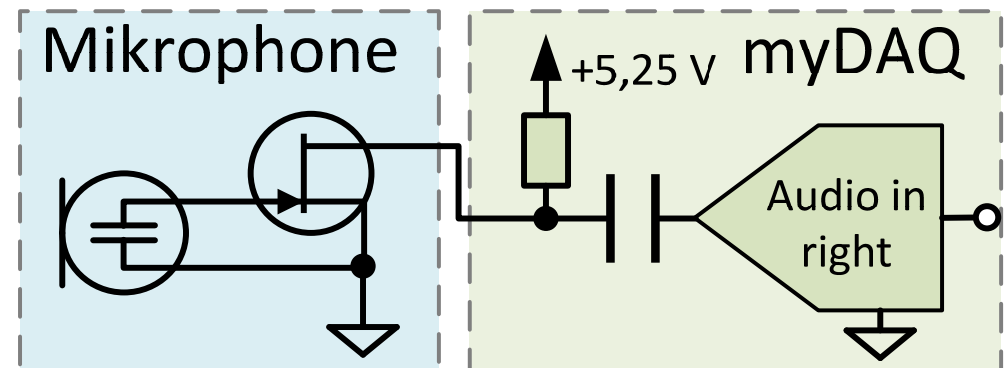
250+ in stock

\$0.95 1+ units

\$0.90 25+ units

\$0.86 100+ units

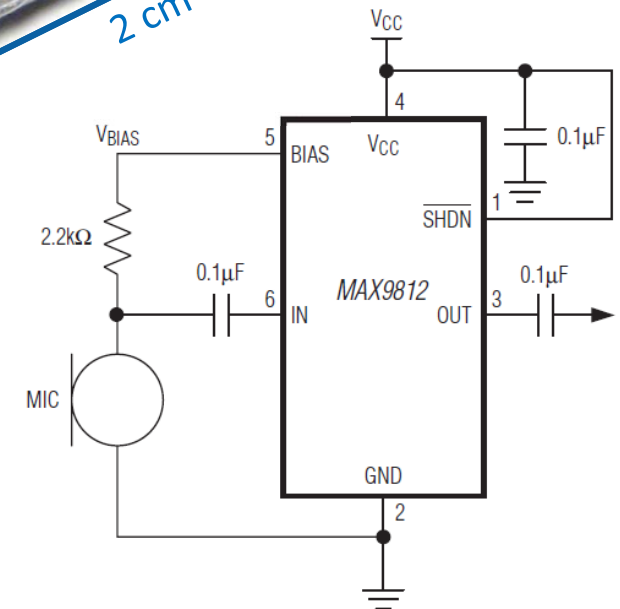
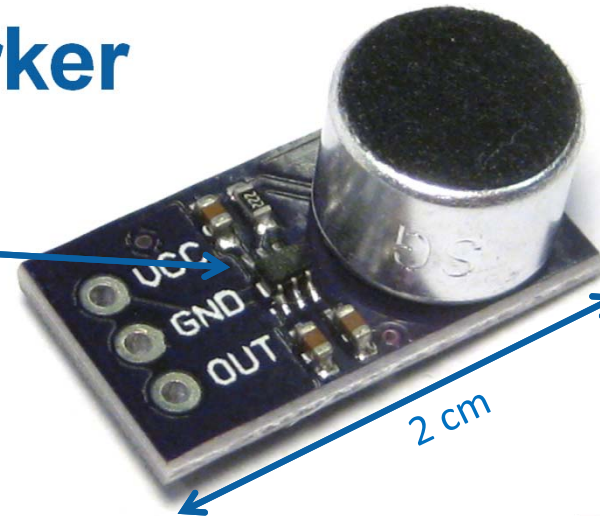
Need larger quantities?
Check out our Volume Sales program



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.

Kreuzkorrelation von zwei Signalen

Kreuzkorrelation von zwei zeitkontinuierlichen Funktionen $x_1(t)$, $x_2(t)$

$$r_{x_1, x_2}(\tau) = M \int_{-t_{int}}^{+t_{int}} x_1(t) \cdot x_2(t - \tau) dt$$

Zeitverschiebung τ

 t -kontin.

Kreuzkorrelation von zwei zeitdiskreten Signalen $x_1[n]$, $x_2[n]$

$$r_{x_1, x_2}[m] = M \sum_{n=n_{start}}^{n_{stop}} x_1[n] \cdot x_2[n - m]$$

Verschiebungsindex m

 t -diskret

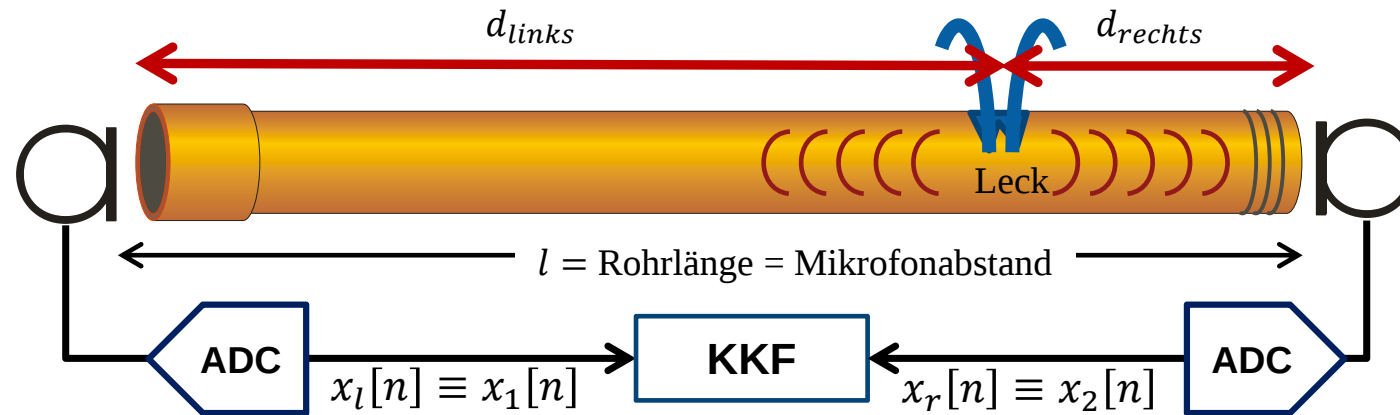
- „Ähnlichkeit“ von Signalen als Funktion der (Zeit-) Verschiebung τ bzw. m

Praktische Anwendung???

1. *Wenn's rauscht ist's nicht ganz dicht ...*

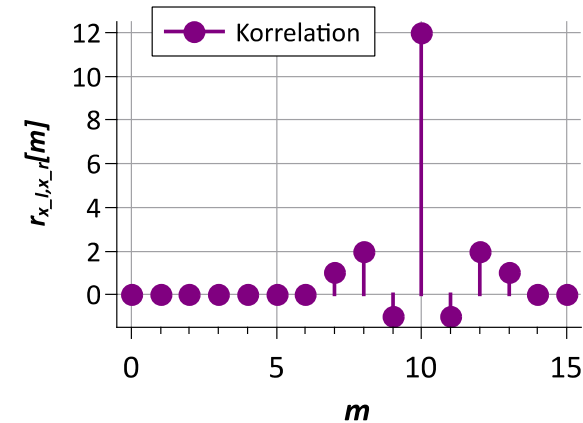
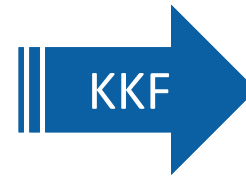
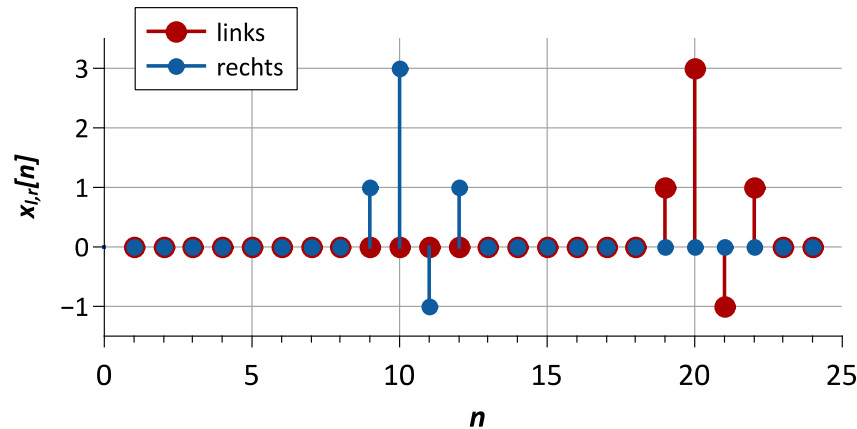
Akustische Lecksuche per Kreuzkorrelation

Anwendung: Lecksuche in Wasserleitungen



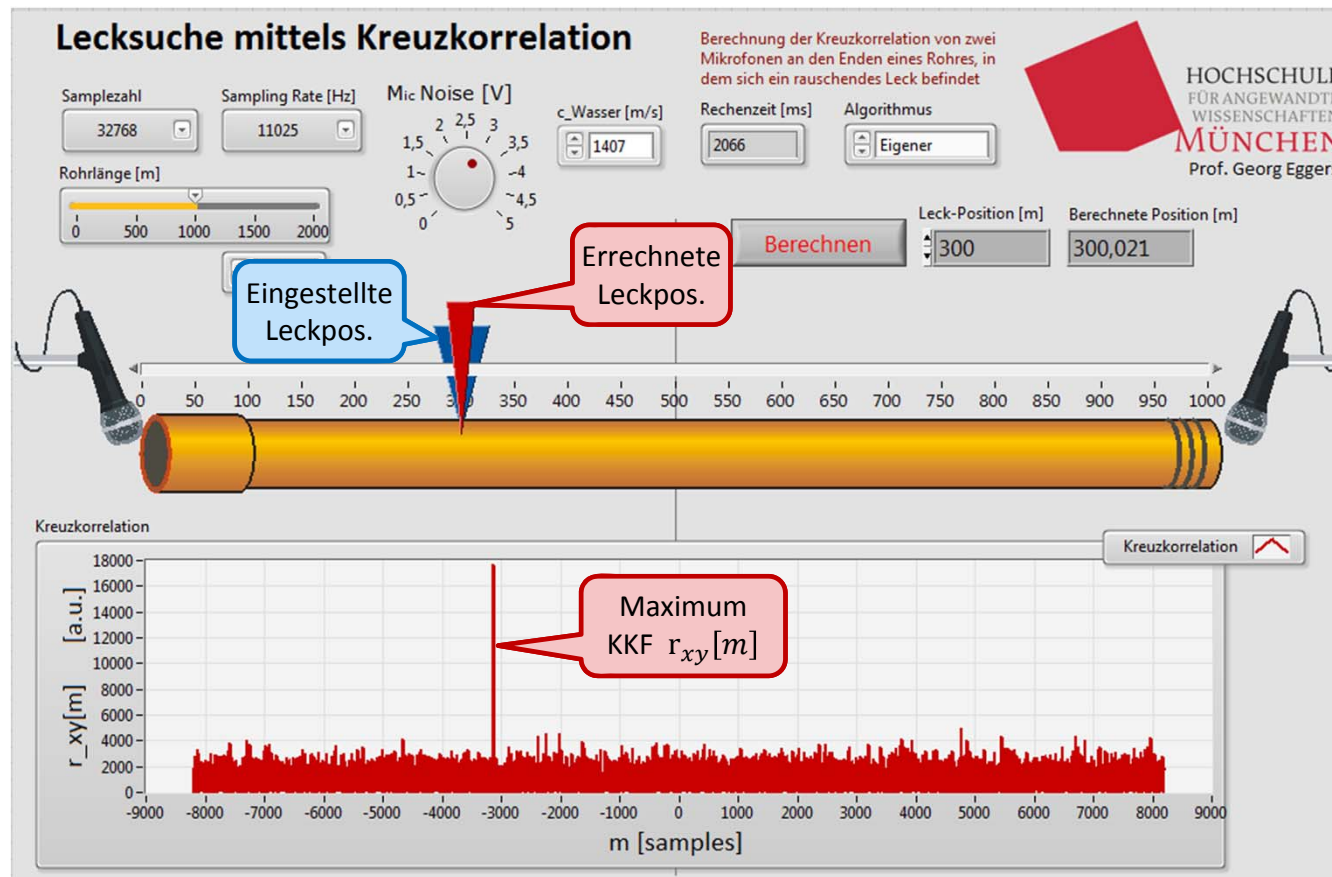
- Leck erzeugt Rauschen, Ausbreitung mit $c_{\text{Wasser}} \approx 1400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Mikrofone an Rohrenden, Laufzeitdifferenz je nach Leckposition
- Ermittlung der Laufzeitdifferenz durch Kreuzkorrelation
→ Berechnung der Leckposition
- Verfahren wird kommerziell eingesetzt

Praktikum: Lecksuche in Wasserleitungen

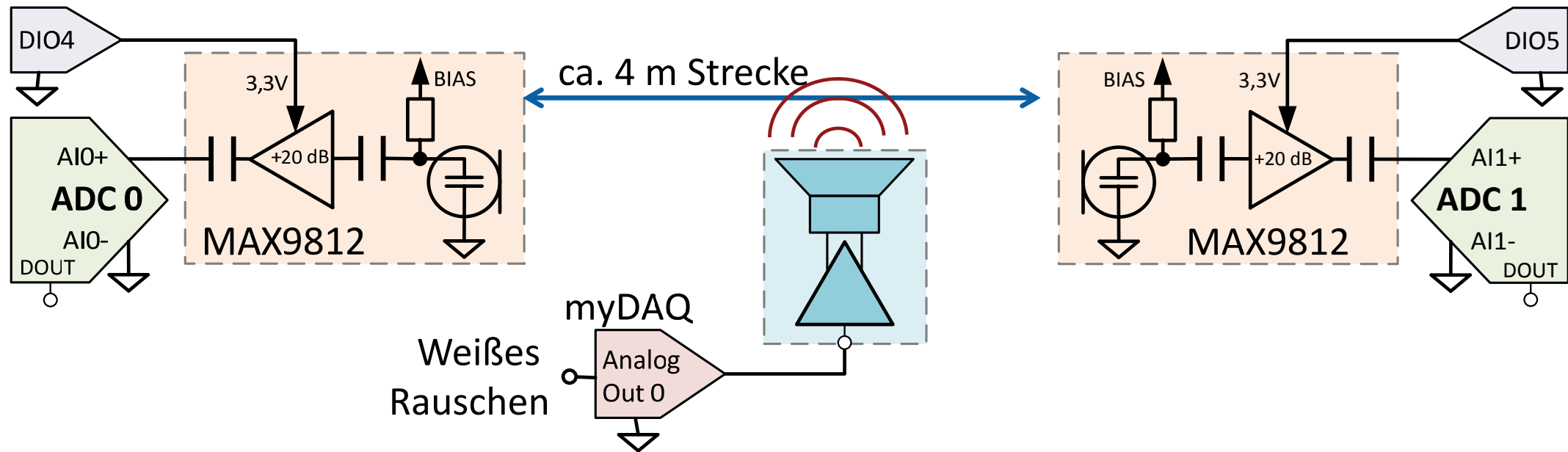


- Berechnung der Kreuzkorrelation
- Bestimmung des Maximums $m_{\max}$ mit $r_{x_1, x_2}[m_{\max}] = \text{maximal}$
- Laufzeitdifferenz $\Delta t_{\text{Lauf}} = \frac{m_{\max}}{f_{\text{Sampling}}}$
- Position $d_{\text{links}} = \frac{1}{2} l_{\text{Rohr}} + \frac{1}{2} \frac{m_{\max}}{f_{\text{Sampling}}} c_{\text{Wasser}}$

Praktikum: Lecksuche in Wasserleitungen



Lecksuche mit realer Messung



- „Leck-Lautsprecher“ erzeugt weißes Rauschen, Ausbreitung mit $c_{\text{Luft}} \approx 345 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
- Mikrofone in ca. 4m Abstand
- Problem: Richtcharakteristik der Mikrofone, Ausblenden Sekundärschall

Lecksuche: Signalausgabe

MyDAQ-Signalausgänge

- Ausgabestrom max. 2 mA
→ nicht ausreichend für Lautsprecher
- 5V-Ausgang myDAQ (max. 100 mA)
reicht für Verstärker nicht aus.
- Aktivbox erforderlich
- Beispiel: Miniatur-Lautsprecher
„TechMaxx Musicman Nano“
- 3,5-mm Klinke, direkt an Audio-Out
oder DAC-Ausgang anschließbar
- LiPo-Akku
- Preis ca. 10 .. 20 Euro



Lecksuche: „Richtmikrofon“

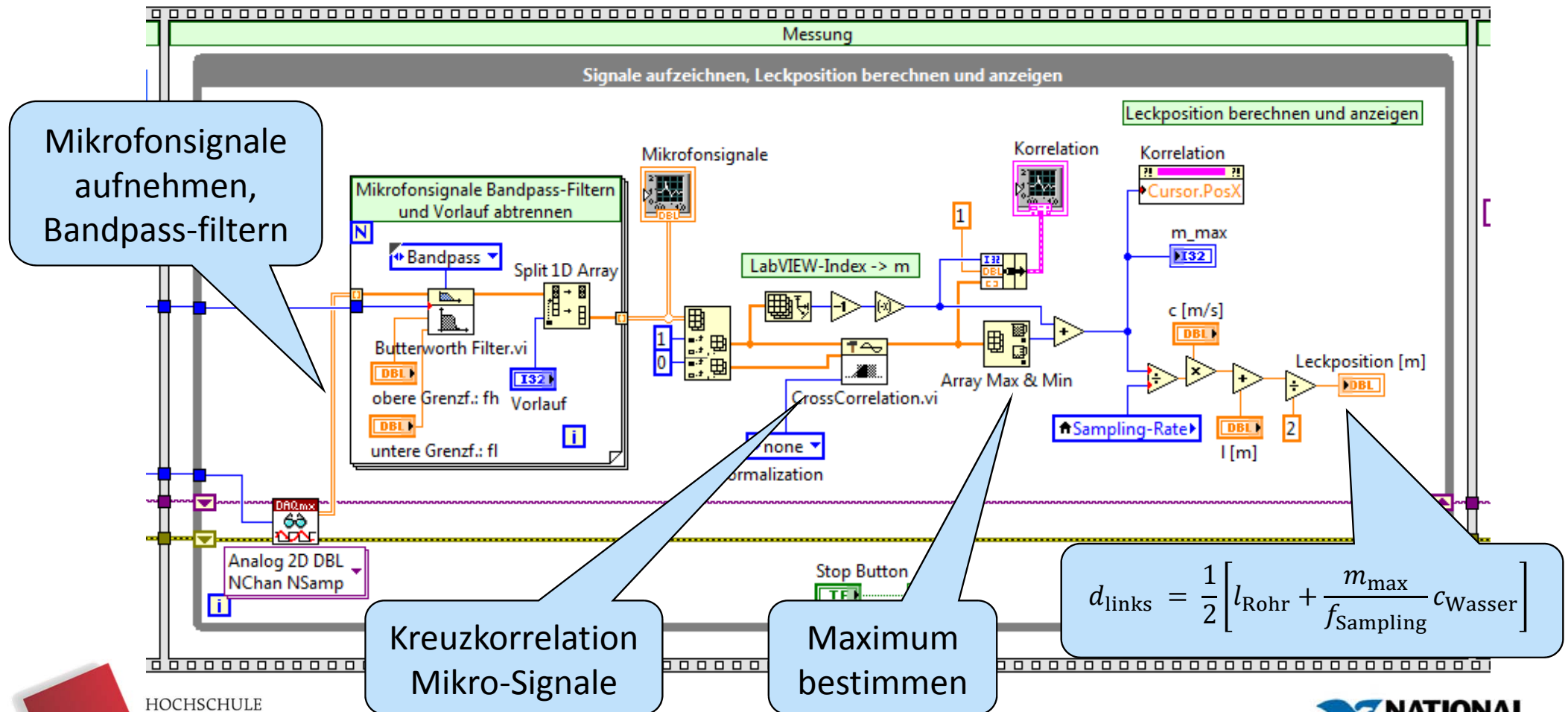
- Elektretmikrofone sind typisch Druckempfänger
→ Kugelcharakteristik
- Akustische Experimente erfordern oft Richtcharakteristik zur Ausblendung von Sekundärschall
- Schalltrichter mit genoppter Oberfläche (Einweg-Kaffeebecher) zeigen (kostengünstig) befriedigende Resultate ...



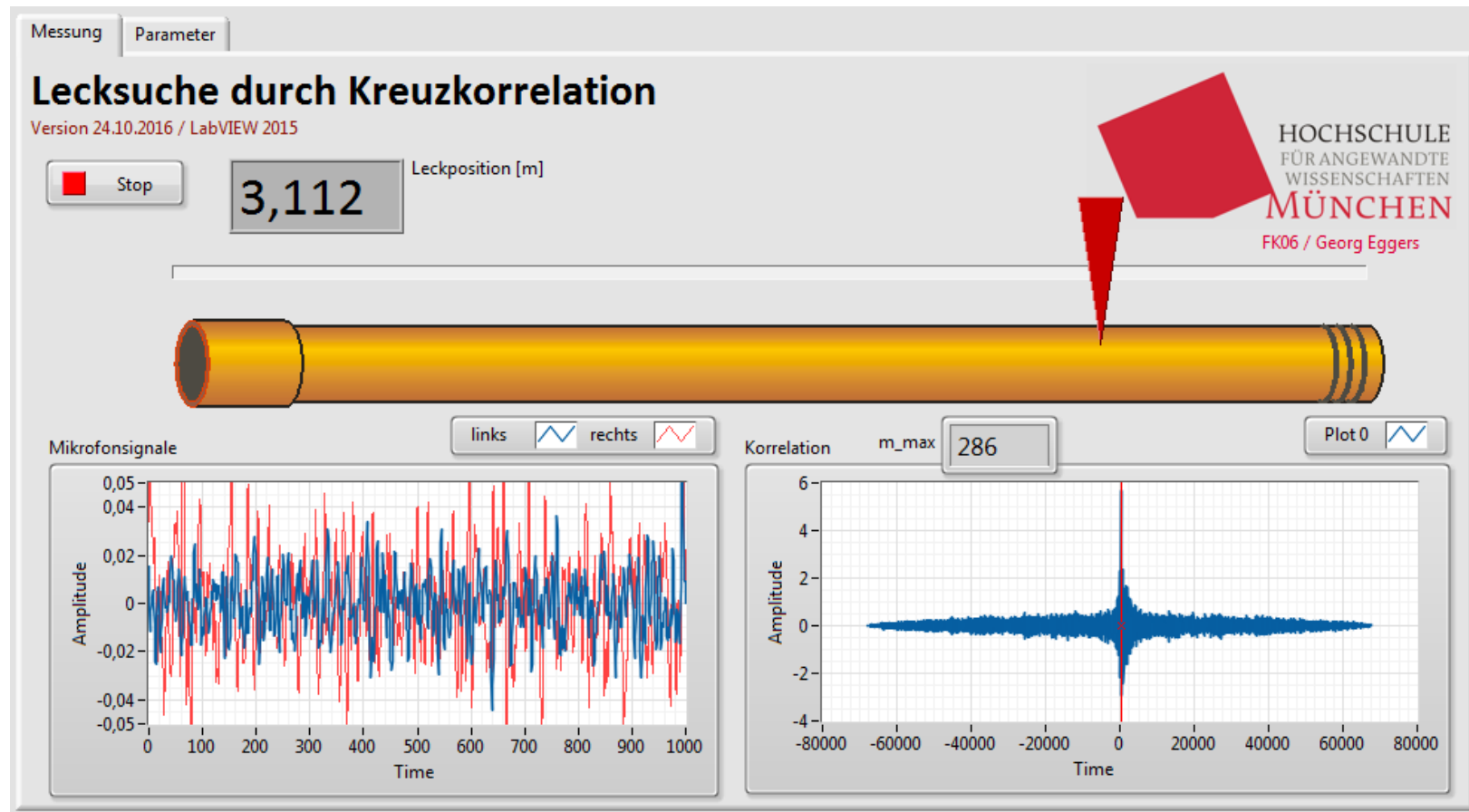
Mikrofonmodul



DEMO: Lecksuche mit realer Messung



DEMO: Lecksuche mit realer Messung



2. *Hallo! Echo?*

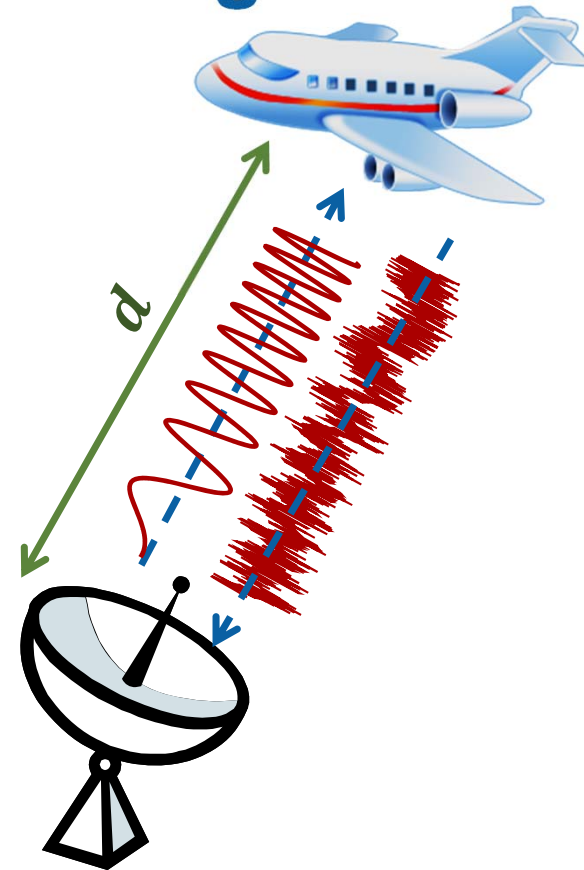
Laufzeitmessung zur Distanzbestimmung

Distanzbestimmung durch Laufzeitmessung

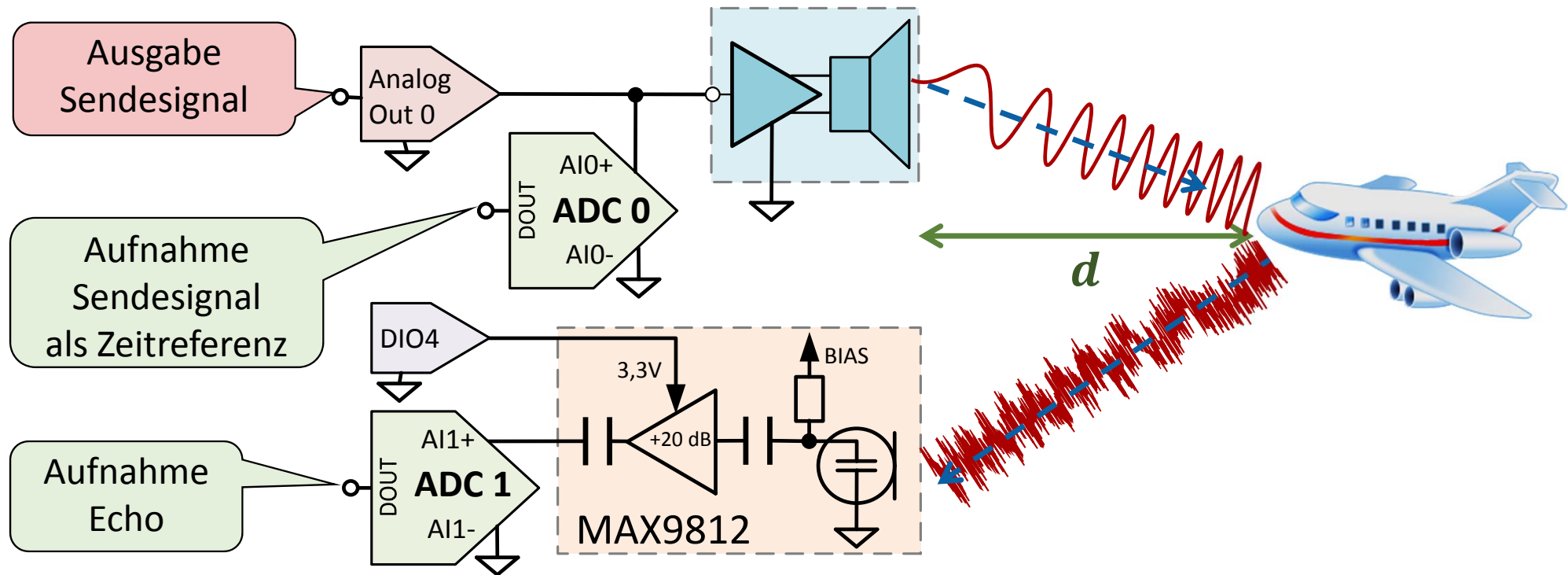
- Praktischer Einsatz der Kreuzkorrelation:
Distanzmessung durch Laufzeit im Primärradar
 - Aussenden eines Signals, Aufzeichnen des Echos
 - Kreuzkorrelation von Echo mit Sendesignal
 - Bestimmung der Signallaufzeit t_{Lauf} aus dem Maximum der KKF

$$t_{\text{Lauf}} = \frac{m_{\text{max}}}{f_{\text{Sampling}}}$$

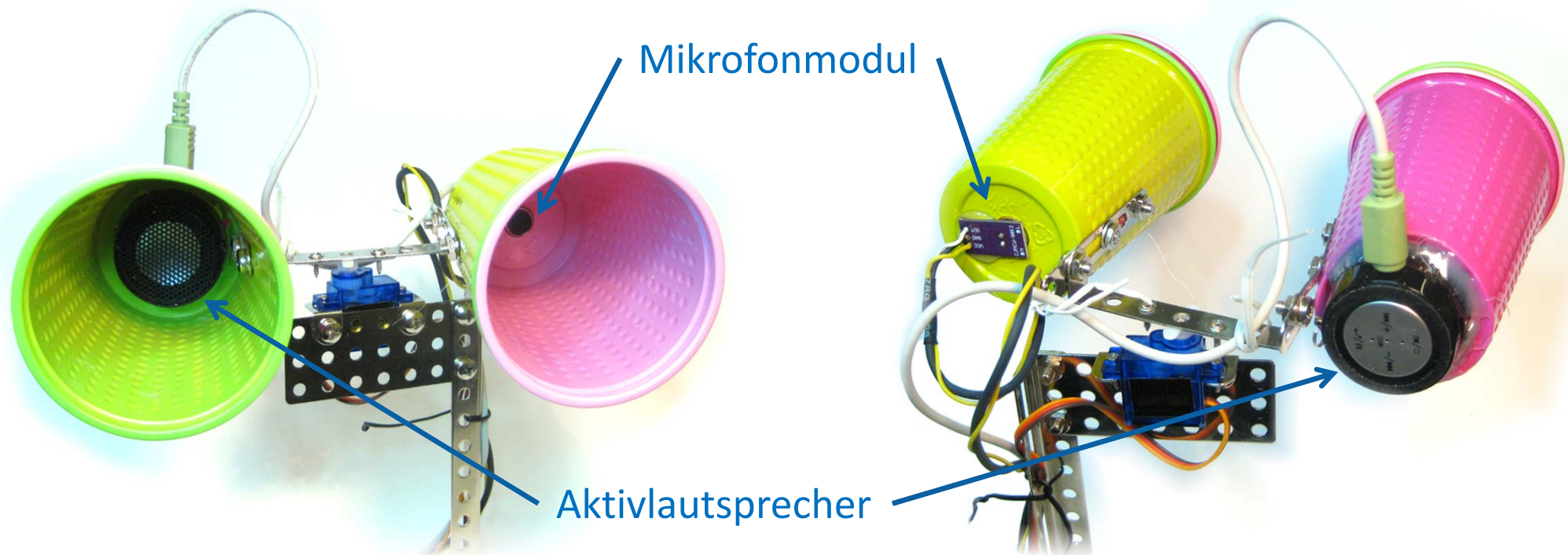
- Bestimmung Distanz $d = \frac{t_{\text{Lauf}} \cdot c}{2} = \frac{c}{2} \frac{m_{\text{max}}}{f_{\text{Sampling}}}$



Akustische Laufzeitmessung: „Hörsaal-Radar“



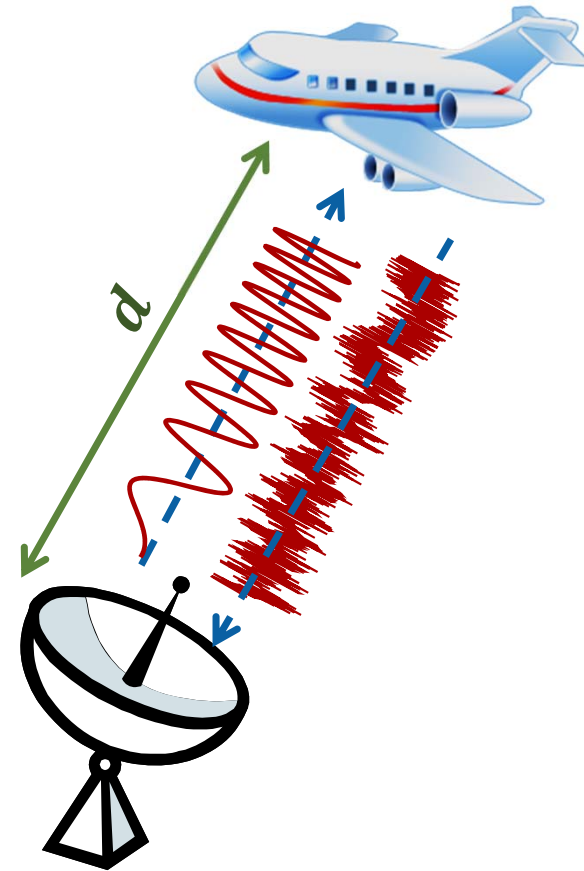
Akustische Laufzeitmessung: „Hörsaal-Radar“



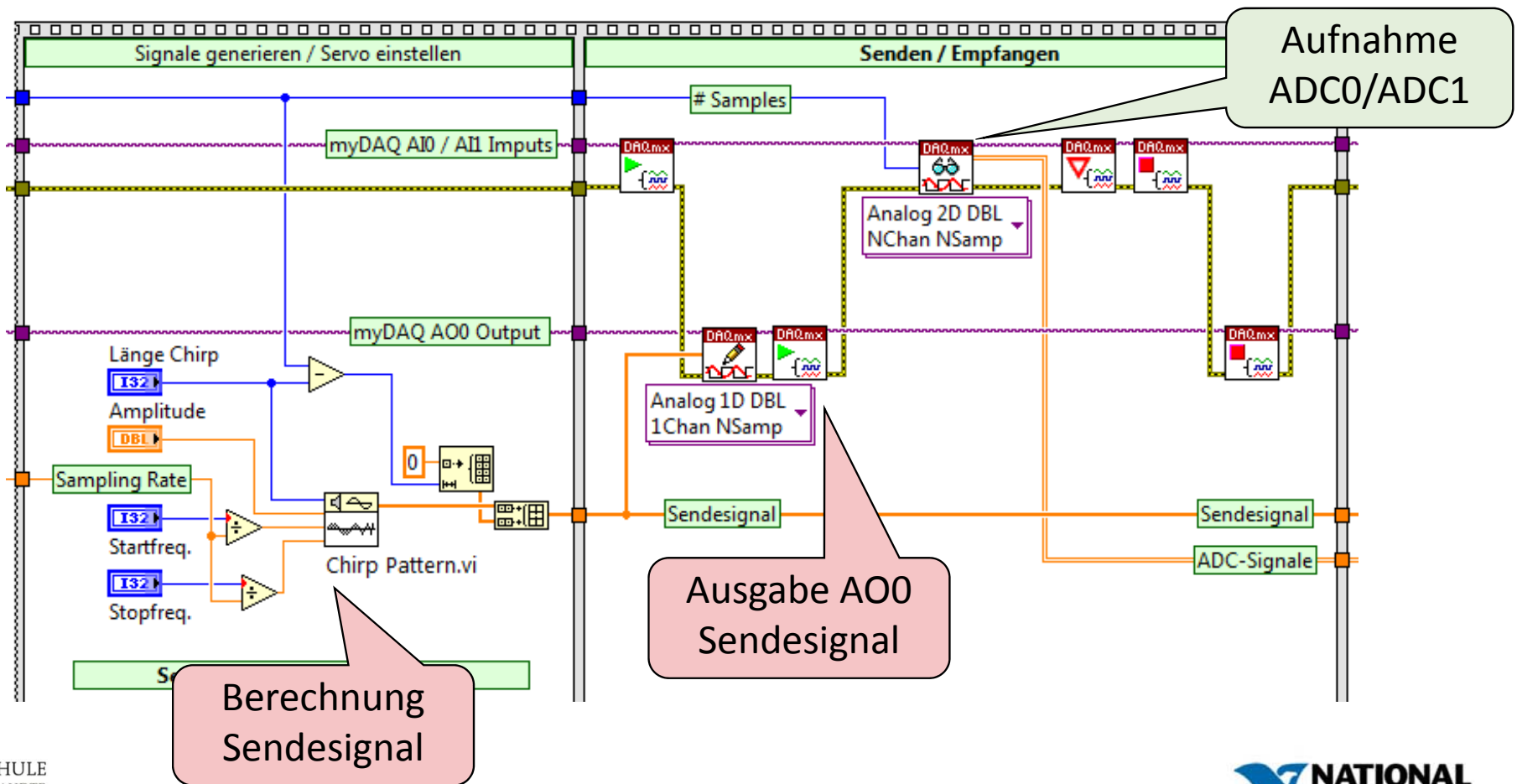
- Getrennter „Sende- und Empfangsbecher“

Akustische Laufzeitmessung: Probleme

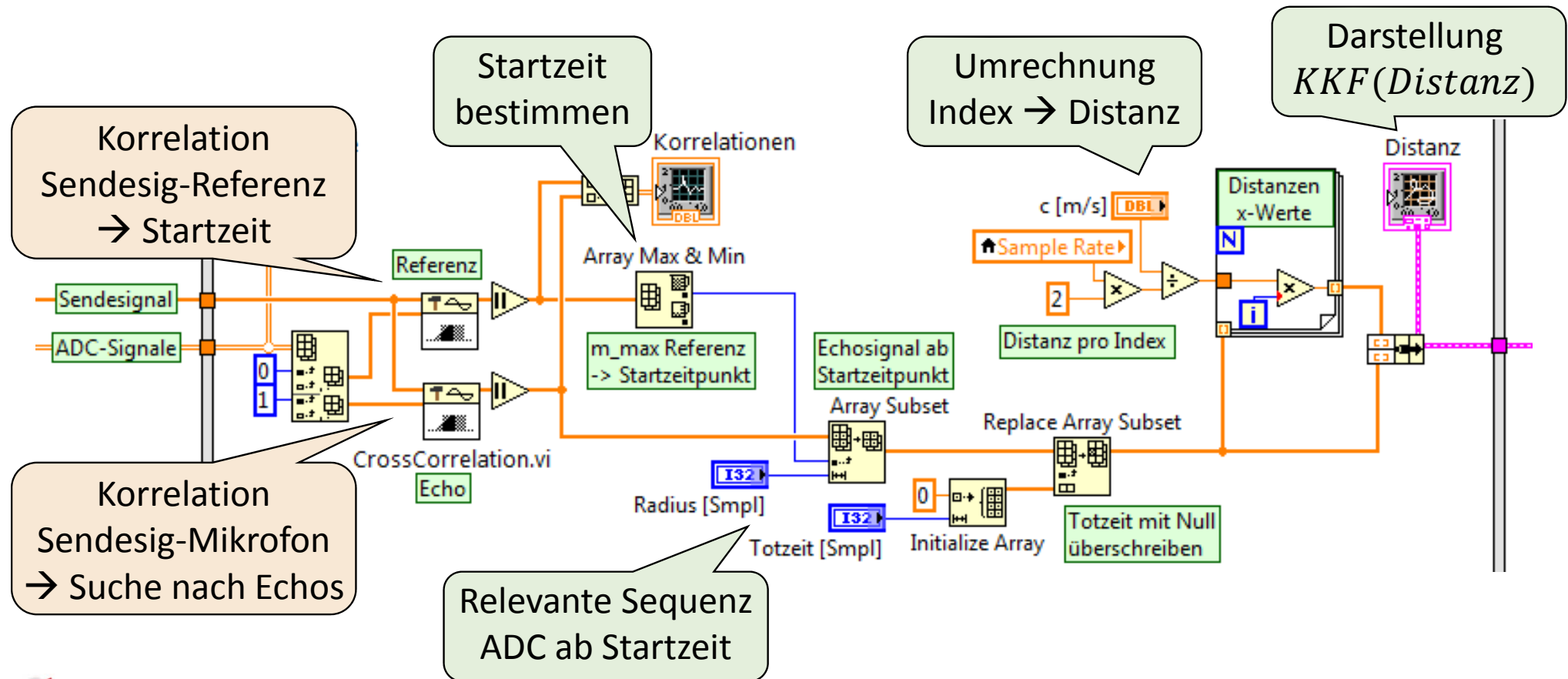
- Sendesignal
 - Periodische Signale ergeben periodische KKF
→ keine eindeutige Distanzbestimmung
 - Echte Radaranlagen verwenden meist „Chirps“
mit kontinuierlich steigender Frequenz
- Wechselwirkung Sender-Empfänger
 - Während Aussendung wird Echo übertönt
→ Aussendungsdauer definiert minimale Messdistanz
 - Längere Signale → bessere Echoerkennung
- Synchronisation Sender/Empfänger
 - Bei myDAQ durch parallele Aufnahme des Sendesignals



Akustische Laufzeitmessung: Umsetzung



Akustische Laufzeitmessung: Umsetzung

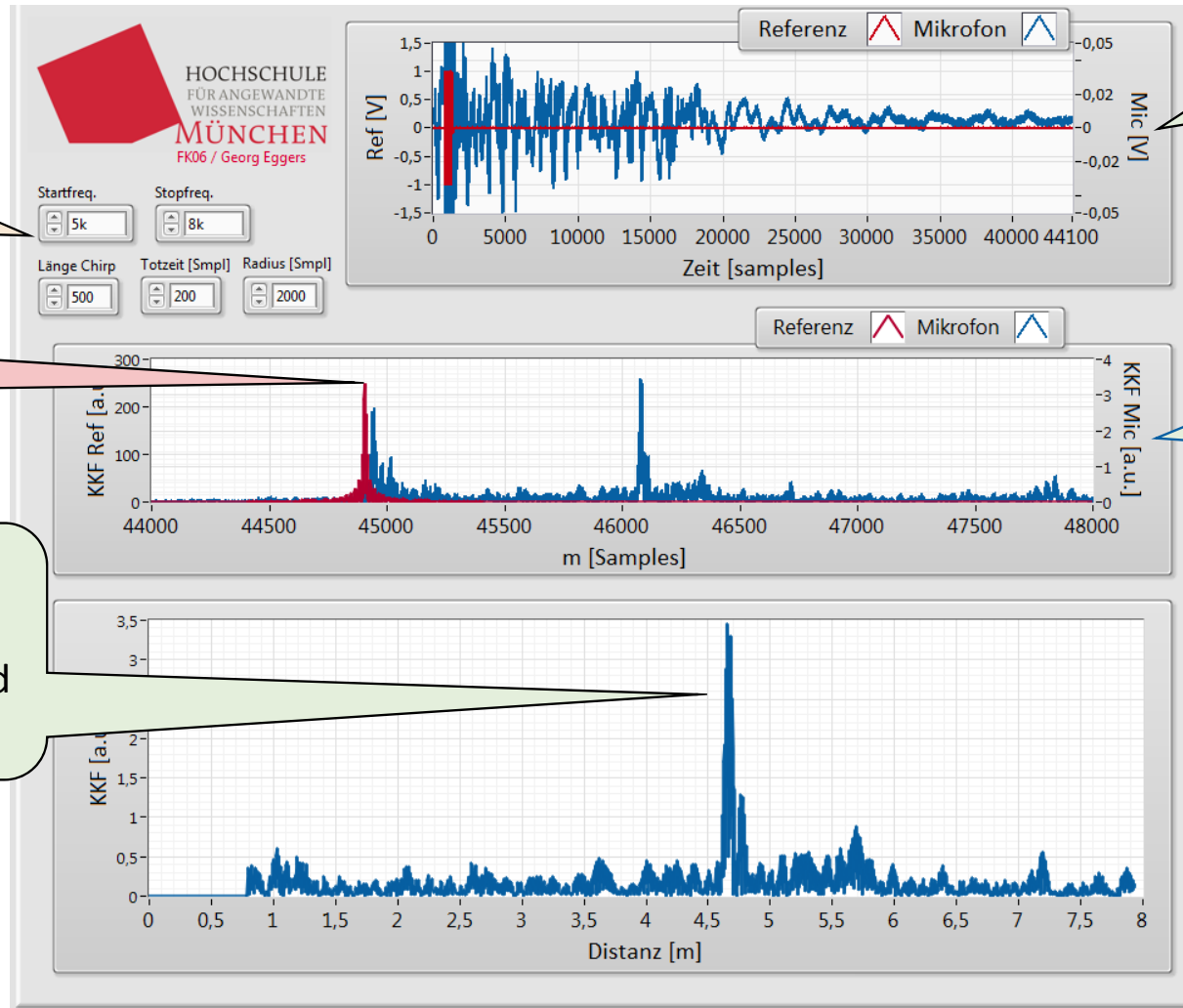


Akustische Laufzeitmessung: Umsetzung

Parameter
Sendesignal

Zeitpunkt
Aussendung

Darstellung
KKF(Distanz)
Hier: Schrankwand
bei 4,6 m

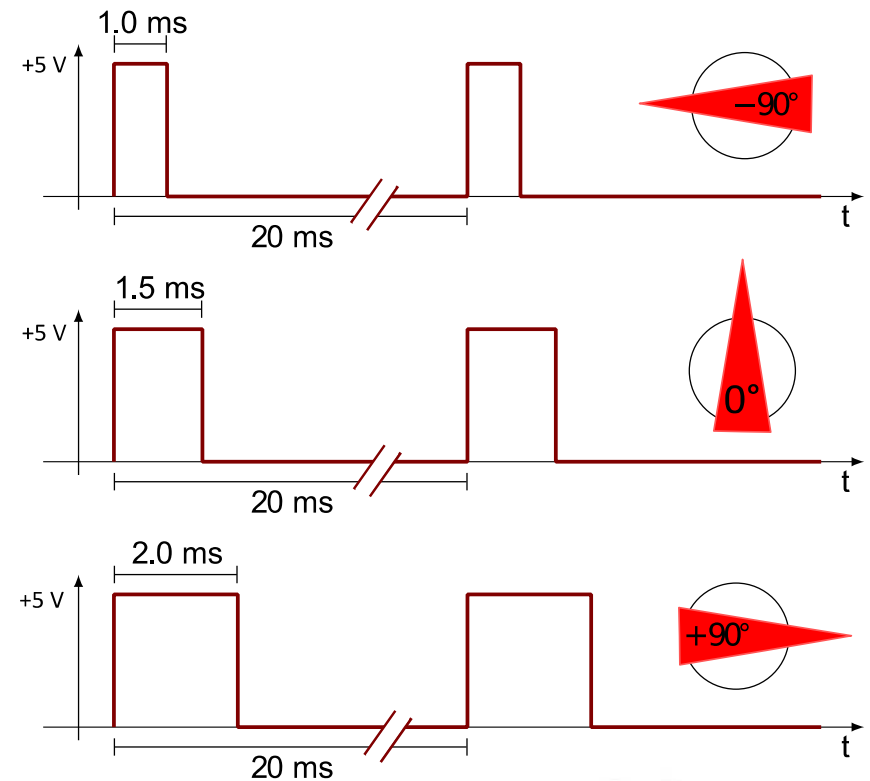


ADC-Signale
Referenz,
Mikrofon

KKF-Signale
Sender-Referenz,
Sender-Mikrofon

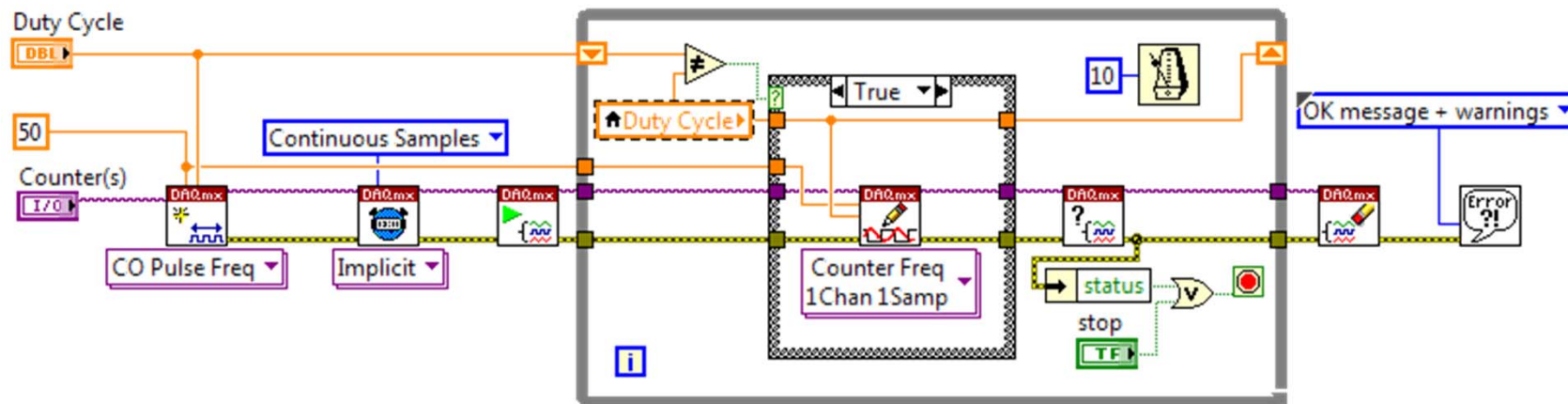
Exkurs: Servos Steuern mit dem myDAQ

- Kleine Modellbau-Servos ohne zusätzliche Hardware mit myDAQ steuerbar
- Counter-Signal mit 50 Hz
- Tastverhältnis bestimmt Drehwinkel
- +5V/100 mA knapp ausreichend

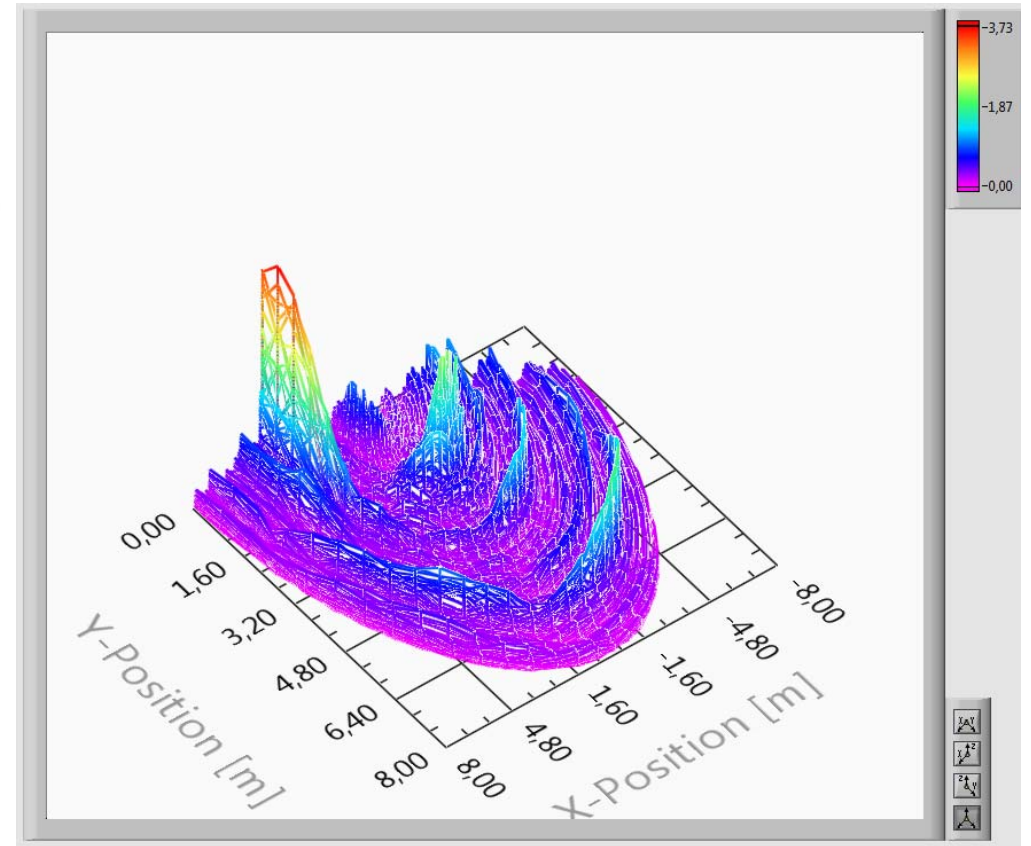
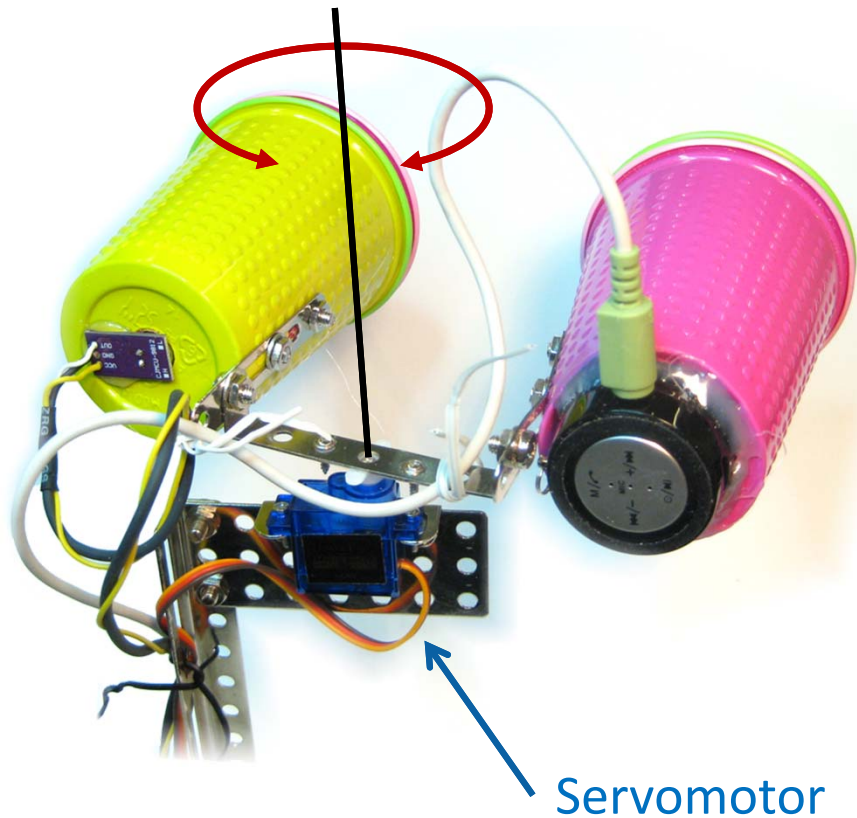


Exkurs: Servos Steuern mit dem myDAQ

- myDAQ besitzt Counter mit programmierbarer Frequenz und Tastverhältnis
 - Ausgang: DIO3
 - Beschreibung und Beispielprogramm:
„Pulse Width Modulation (PWM) Using NI-DAQmx and LabVIEW”
<http://www.ni.com/tutorial/2991/en/>
- 



DEMO: „Hörsaal-Radar“ in Polardarstellung



3. *Wo pfeift's denn?*

Richtungshören & Akustische Kamera

Richtungshören

- Menschliches Gehör bestimmt Schallrichtung aus Laufzeitunterschied
- Streckenunterschied

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

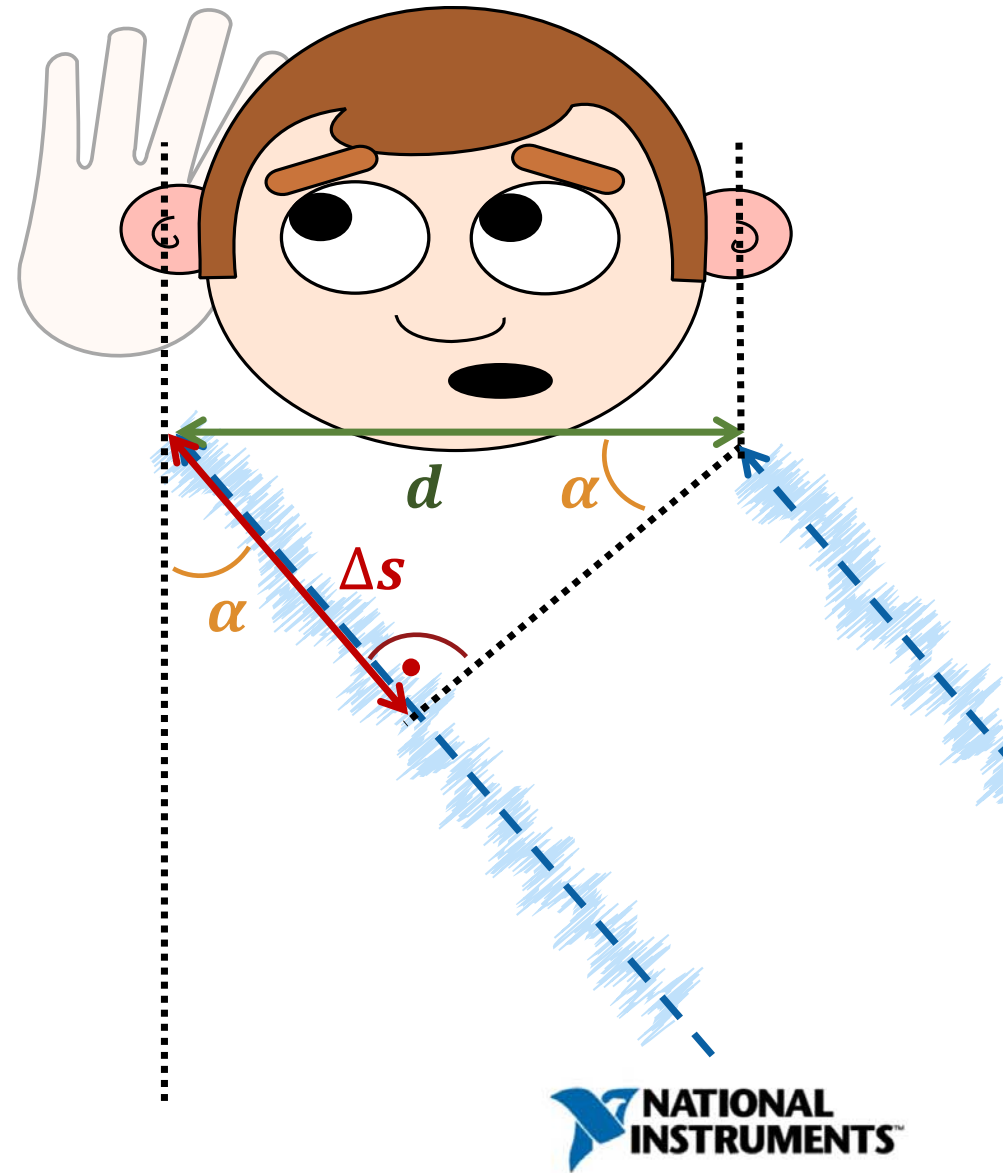
- Laufzeitunterschied

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

- Laufzeitunterschied aus KKF

$$\Delta t = \frac{m_{\text{max}}}{f_{\text{Sampling}}}$$

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



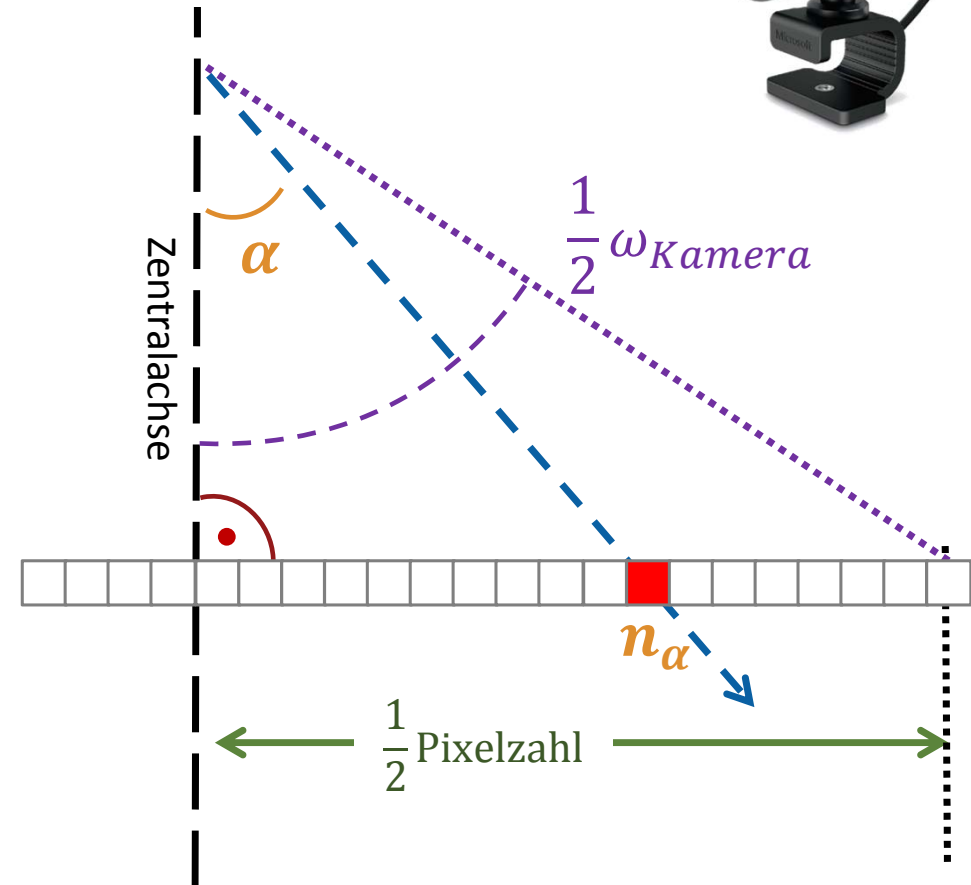
Richtungshören: akustische Kamera



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

$$n_{\alpha} = \tan^{-1}[\alpha] \cdot \frac{\frac{1}{2} \text{Pixelzahl}}{\frac{1}{2} \omega_{\text{Kamera}}}$$

- Getrennt für X- und y-Achse
- Markierung der Schallquelle im Kamerabild möglich



Akustische Kamera, ein Traum

Pictures: National Instruments Deutschland AG



The
digit
bear
cam
nois
mid
resu
for i

The
to si
com
logg

SeeSV-S205

Real-Time Portable Sound Camera



[+] Bild vergrößern

Preis ab € 34.400 (Preisoptionen anzeigen)

- Configuration-based, acoustic camera acquisition
- Integrated hardware design for fast setup
- Light weight makes it easy to search out noise sources
- Data stored as TDMS files to simplify postprocessing

Übersicht Preise Ressourcen



Hinweis: Unsere Preise verstehen sich zzgl. MwSt.



Kreditkartenzahlung mit VISA-, Master- oder EC-Karte möglich

Sie können bei National Instruments auch bequem per Kreditkarte bezahlen. Bestellen Sie online und wählen Sie am Ende des Bestellvorgangs Ihre Zahlungsart. Beschleunigen Sie Ihre Bestellung mit Kreditkartenzahlung!

Artikelnummer	Beschreibung	Lieferzeit	◆ Euro	Anzahl
Acoustic Camera System				
783521-01	SeeSV-S205 Sound Camera	5 - 10	€ 34,400.00	0

In den Warenkorb >>

Akustische Kamera, Version 0.1

- Akustik
 - 4 x Mikrofonmodul MAX9812 (AliExpress, je 1 Euro)
- Bildaufnahme
 - Microsoft LifeCam Studio (ca. 60 EUR)
- Mechanik
 - Eitech Metallbaukasten (eBay, ca. 15 Euro)
- ADC Hardware
 - NI myDAQ



Akustische Kamera, Version 0.1

■ Akustik

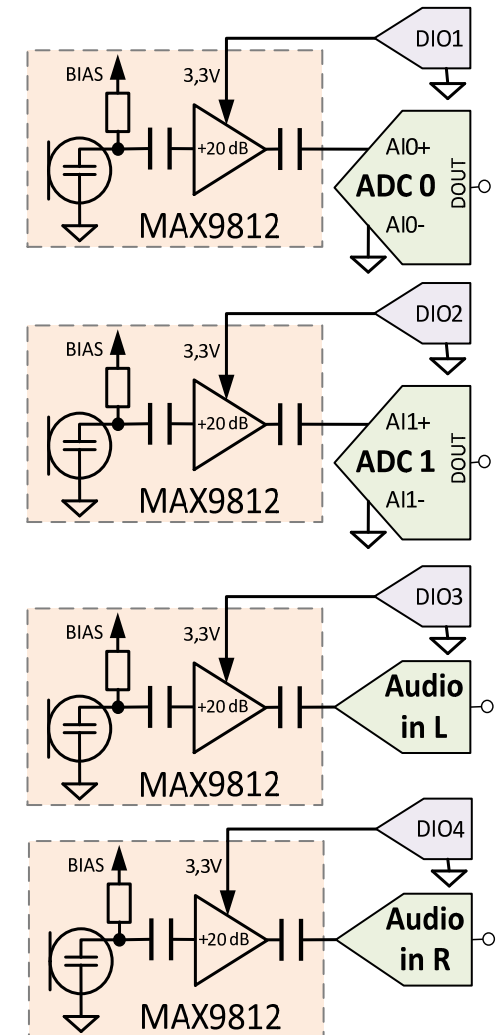
- 2 Mikrofone für X-Achse: AI0, AI1
- 2 Mikrofone für Y-Achse: Audio In L/R
- Abwechselnde Abfrage der Paare
- Speisung der Verstärker über DIO0..3

■ Bildaufnahme

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

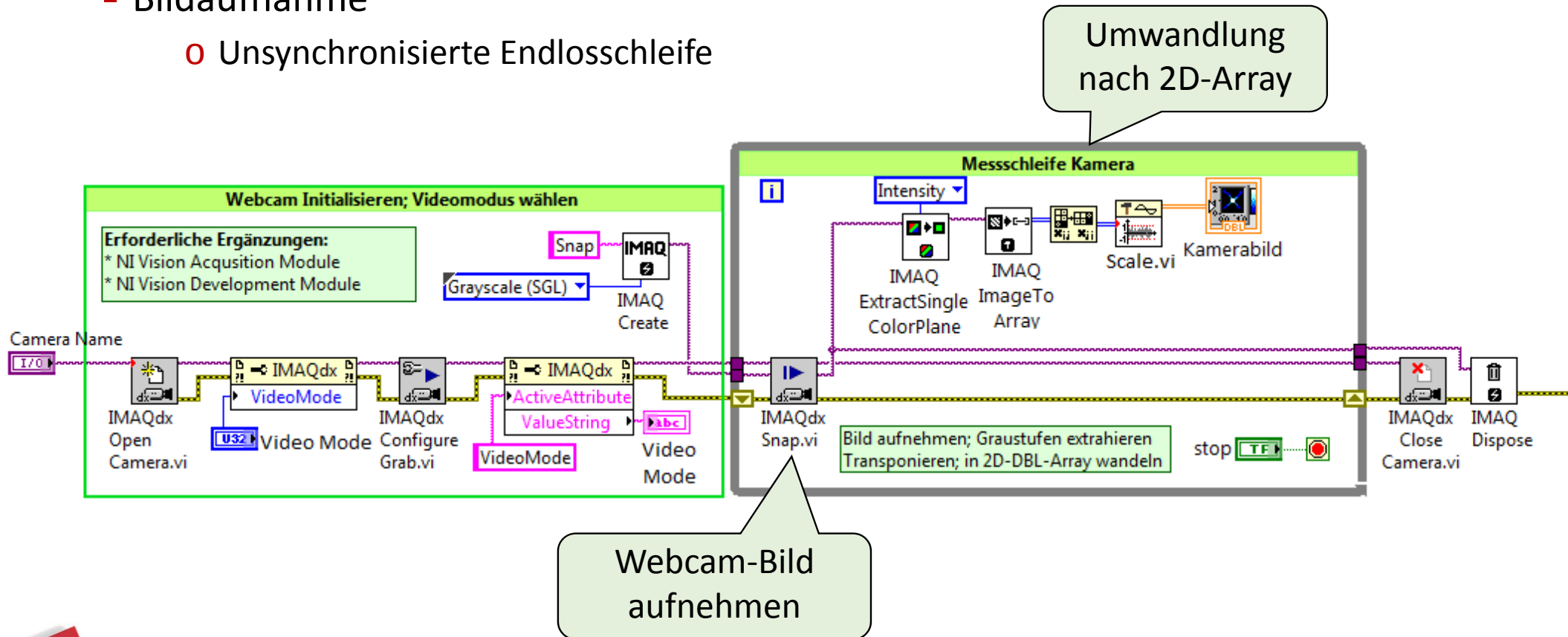
■ Mechanik

- Mikrofonabstand jeweils ca. 50 cm

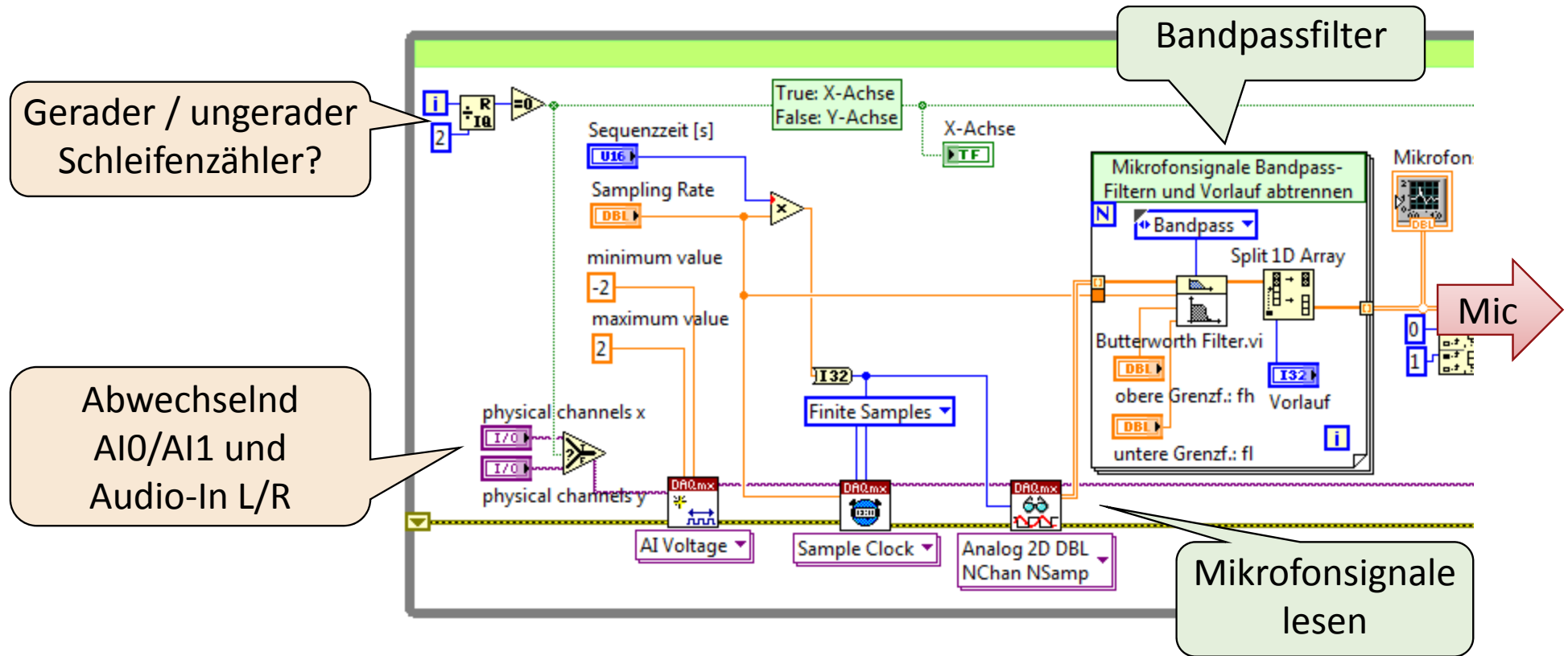


Akustische Kamera, Version 0.1: Umsetzung I

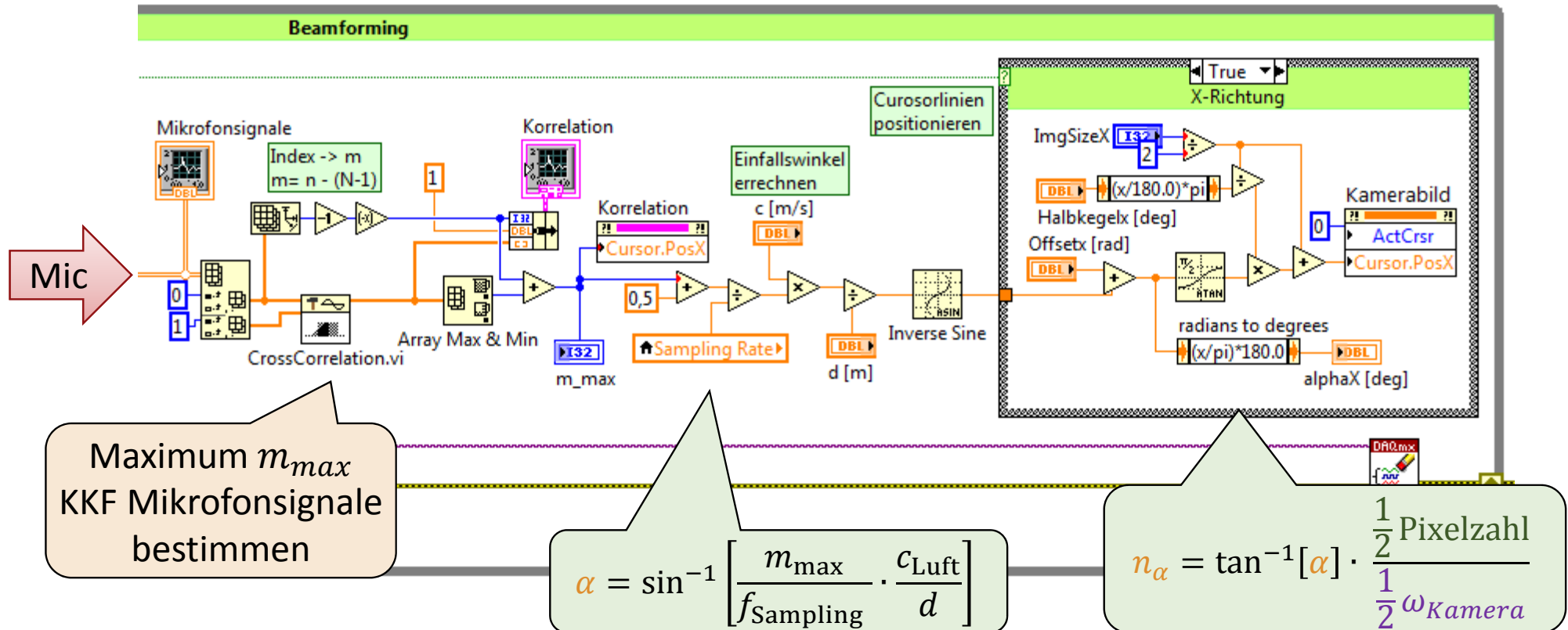
- Bildaufnahme
 - Unsynchronisierte Endlosschleife



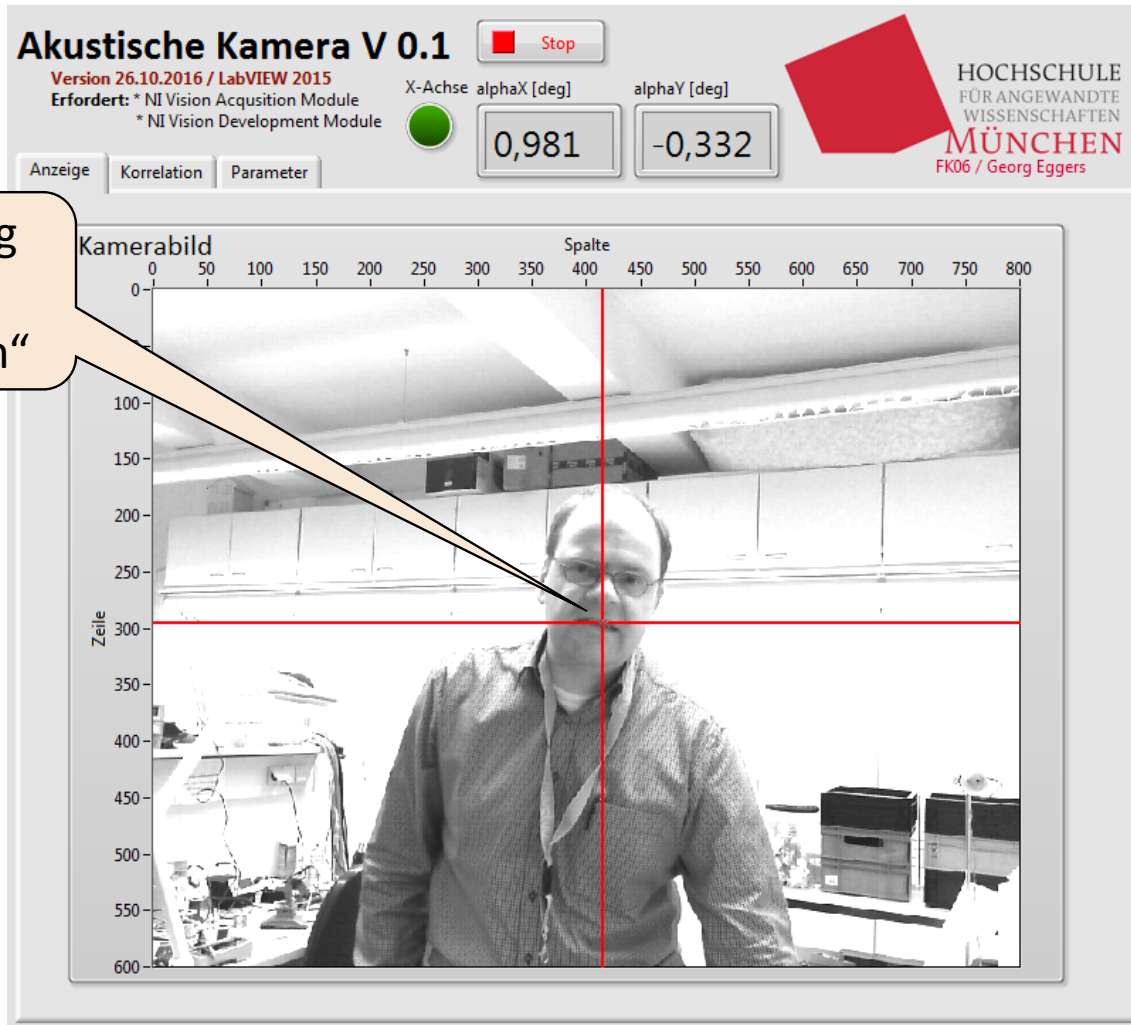
Akustische Kamera, Version 0.1: Umsetzung II



Akustische Kamera, Version 0.1: Umsetzung III



DEMO: Akustische Kamera, Version 0.1



Fazit

1. *Wenn's zischt ist's nicht ganz dicht ...*
Akustische Lecksuche per Kreuzkorrelation
2. *Hallo! Echo?*
Laufzeitbestimmung zur Entfernungsmessung
3. *Wo pfeift es denn?*
Richtungshören / Akustische Kamera



Dank & Referenzen

Vielen Dank:

- HM-Studierende Mechatronik als Beta-Tester
- Jan Kniewasser (NI Germany Academic Field Sales)
- Claudia Pichlmeier, Event Specialist NI Germany
- **Das Publikum des Academic Forums**

Weblinks

- Presentation and LabVIEW-Programme: www.georg-eggers.de/dozententag

Literatur

- Rennert, Ines; Bundschuh, Bernhard (2013): Signale und Systeme. München: Hanser.

Bilder und Datenblätter

- NI myDAQ: <http://www.ni.com/mydaq/d/>
- MAX9812 Mikrofonverstärker:
<https://www.maximintegrated.com/en/products/analog/audio/MAX9812L.html>
- Microsoft LiveCam Studio:
<https://www.microsoft.com/accessories/de-de/products/webcams/lifecam-studio/q2f-00015>

