

SIGNALE IN NATUR UND TECHNIK



Assist.-Prof. Dr.-Ing. Michael Lunglmayr

INHALT

- Was ist ein Signal?
- Warum Digitale Signalverarbeitung?
- Beispiele:
 - Signalverarbeitung erlaubt Horchen in eine Richtung
 - Lernen von den Besten: Fledermäuse als Meister der Signalverarbeitung
 - „Alles Bio“: Verarbeiten von Biosignalen in der Medizin

■ Signale: „Alles“ was Information trägt:

- Sprache
- Musik
- Videobilder
- Messdaten
- Oder auch Symbole:



■ Liegen Signale in elektrischer Form vor (etwa als Spannung), dann kann man sie elektronisch verarbeiten

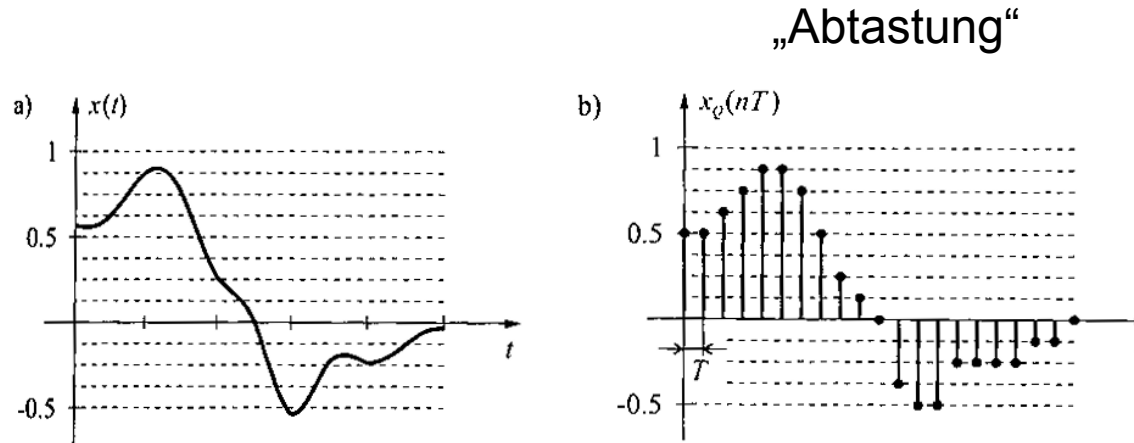
→ **Signalverarbeitung**

■ Verarbeitung von Signalen:

- Unterdrückung von Störungen
- Herausholen von bestimmten (Nutz)informationen
- Umwandlung zwecks Übertragung oder Speicherung...

■ Erscheinungsformen von Signalen:

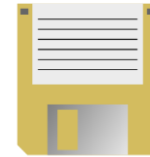
- a) Analoge Signale: die meisten Signale in der Natur
- b) Digitale Signale: die heute am meisten verwendete Repräsentation



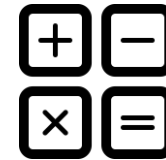
- z. B.: Audio: Digitales Signal ist Folge von Zahlen die zu bestimmten Zeitpunkten gemessen werden.
- Diese Zahlen werden z.B. hintereinander auf einer CD abgespeichert

Zwei große Vorteile digitaler (Signal-)Verarbeitung:

- Digitale Signale lassen sich einfach und verlässlich speichern („in der Zeit verschieben“)...



- ...und man kann mit ihnen zuverlässig rechnen



□ Beispiele:

- Verstärken – Multiplikation mit z.B.: 2
- Überlagern von Instrumentalmusik mit Gesang: Addieren

- Bildverarbeitung, Videoverarbeitung (JPEG, MPEG,...)
- Telekommunikation
(Bluetooth, WLAN, GSM, UMTS, LTE, ADSL, VDSL,...)
- Audio (CD, MP3,...)
- Sprachbasierte Systeme
(Spracherkennung, Sprachkompression, ...)
- Radartechnik (Abstands- und Geschwindigkeitsschätzung)
- Medizinische Signalverarbeitung
(Ultraschallgeräte, EKG, EEG-Signale,...)

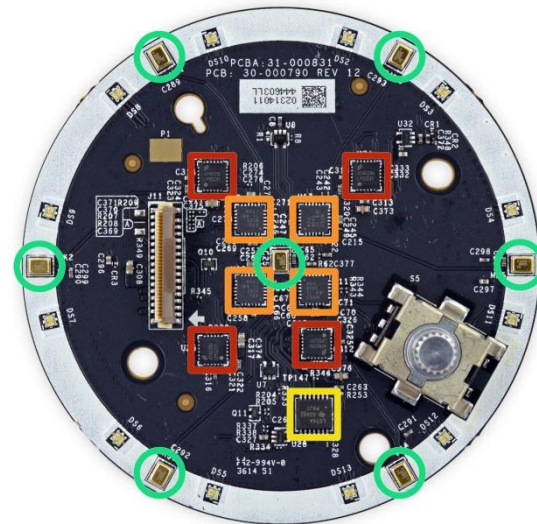
- Bildverarbeitung, Videoverarbeitung (JPEG, MPEG,...)
- Telekommunikation
(Bluetooth, WLAN, GSM, UMTS, LTE, ADSL, VDSL,...)
- Audio (CD, MP3,...)
- **Sprachbasierte Systeme**
(Spracherkennung, Sprachkompression, ...)
- **Radartechnik (Abstands- und Geschwindigkeitsschätzung)**
- **Medizinische Signalverarbeitung**
(Ultraschallgeräte, EKG, EEG-Signale,...)

Signalverarbeitung erlaubt Horchen in eine Richtung

- Sprachbasierte Assistenzsysteme wie z.B. Amazon Alexa ermöglichen Befehlsausführung über Sprache
- Übersetzung der akustischen Schallwellen (Wörter, Sätze, ...) in eine „computerverständliche Sprache“
- Das Sprachsignal des Sprechers muss dafür so störungsfrei wie nur möglich aufgenommen werden
- Räumliche Ausblendung von Störgeräuschen



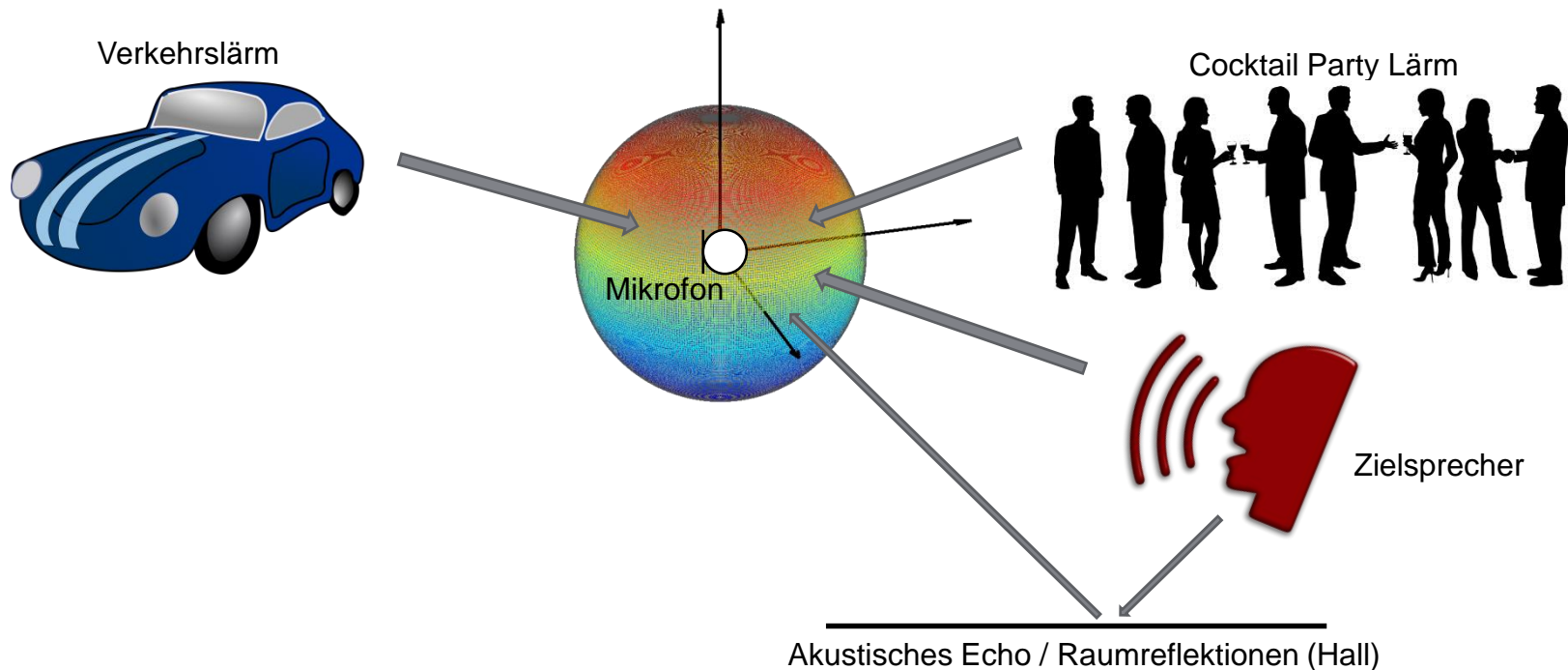
=> „Horchen in eine Richtung“
(BEAMFORMING)



Akustisches Beamforming

Einführung (1)

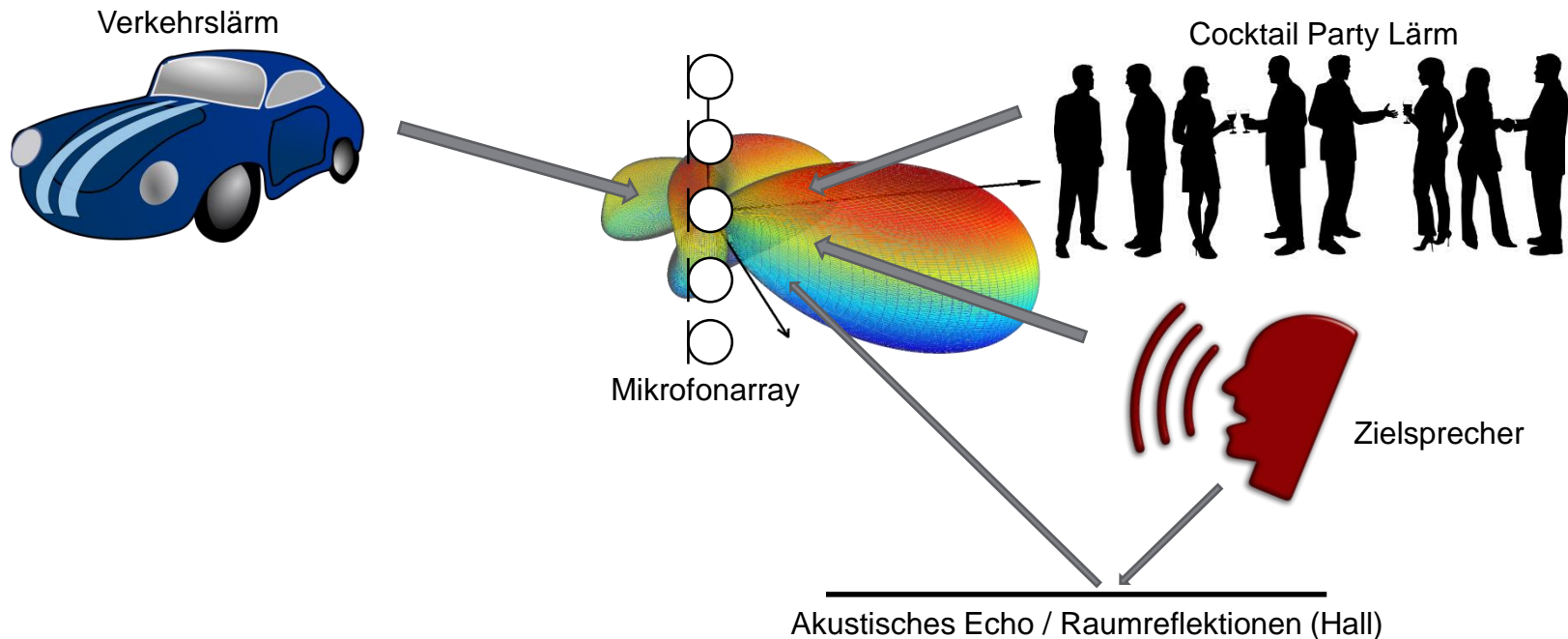
- Ein einzelnes Mikrofon Schall aus vielen Richtungen gleich auf,
→ Sprecher kann im Geräuschumfeld unverständlich werden.
- Problem wächst mit steigendem Abstand des Sprechers zum Mikrofon.



Akustisches Beamforming

Einführung (2)

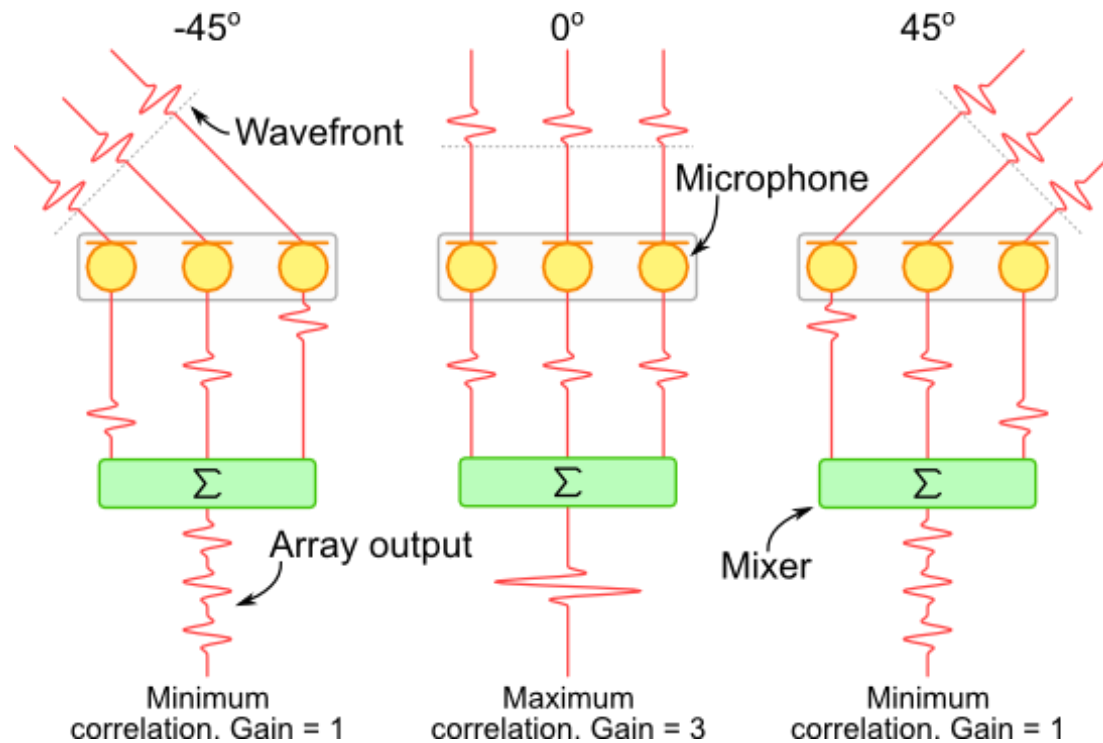
- Mehrere Mikrofone: Ausnutzen der räumlichen Information von Schallquellen, um Umgebungslärm zu unterdrücken.
- Ein sogenannter „Schallbeam“ wird in Richtung des Zielsprechers geformt.



Akustisches Beamforming

Delay and sum beamformer

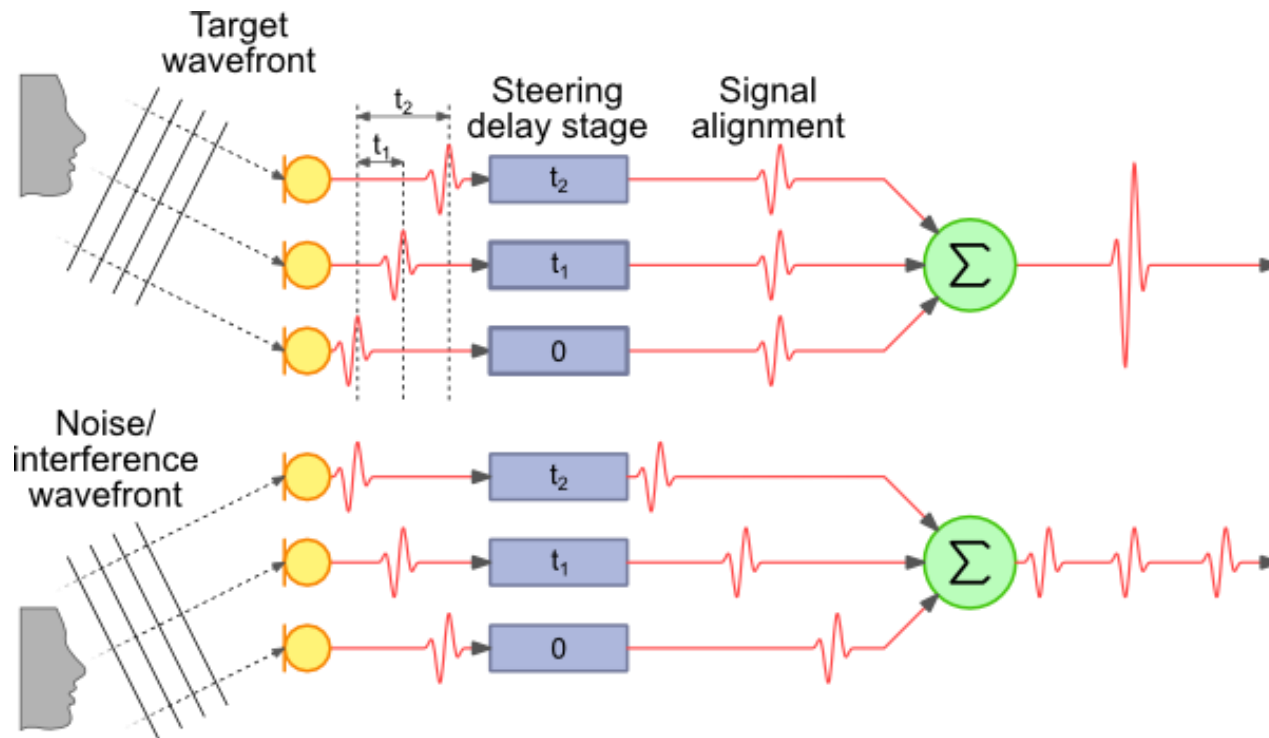
- Verzögern und Überlagern (Delay and sum beamformer)
 - Mikrofonanordnung an einer Linie
 - Einfache Summation der Mikrofonsignale



Akustisches Beamforming

Delay and sum beamformer

- Lenkung der Hauptrichtung
 - Verändern der Richtung in die „gehört“ wird
 - Elektronisch durch Zeitverzögerungen der Mikrofonsignale



Akustisches Beamforming

Störsprecherunterdrückung – Ein Beispiel

- Verstehen Sie die deutsche Sprecherin?

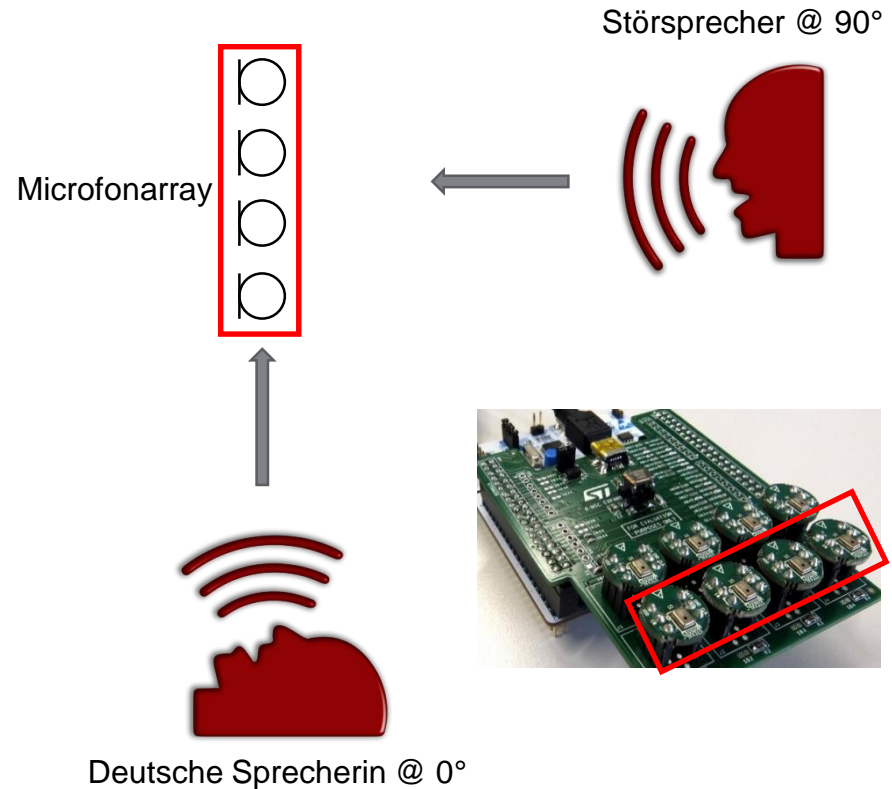
- Entfernung Sprecherin: 0.5m

- Differential Microphone Array

Ohne Beamforming
(1 Mikrofon)



Mit Beamforming
(4 Mikrofone)



- Akustische Quellenlokalisierung
 - Telekonferenz
 - Berührungslose Befehlsausführung



- Sprachverbesserung / Geräuschunterdrückung
 - Hörgeräte
 - Spracherkennung
 - Sprachbasierte Heimassistenten („Alexa“)
 - Mobiltelefonie

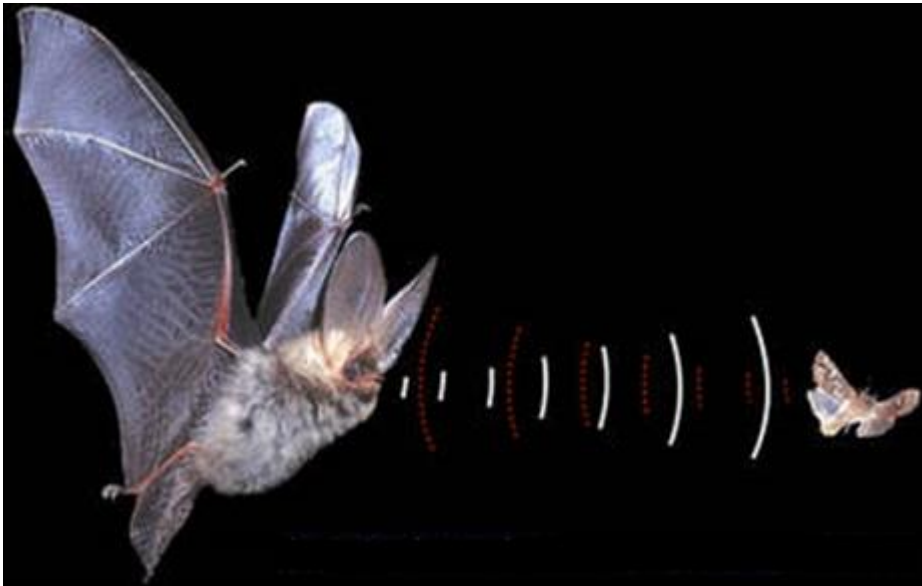


Lernen von den Besten: Fledermäuse als Meister der Signalverarbeitung

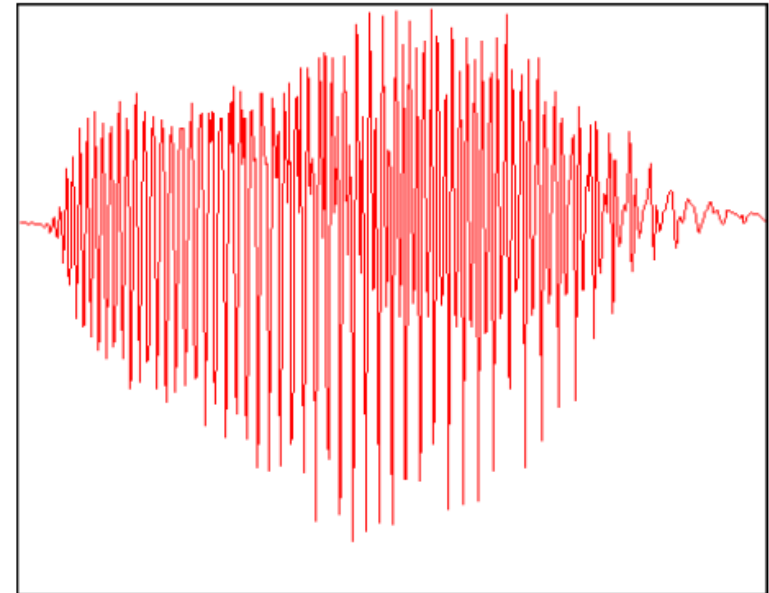
- Fledermäuse orientieren sich mit Echolot.



- Es wird ein spezielles Geräusch (Signal) ausgesendet.
- Dieses Geräusch wird von Hindernissen reflektiert.
- Die reflektierten Geräusche hört die Fledermaus und ordnet es Objekten in der Umgebung zu.

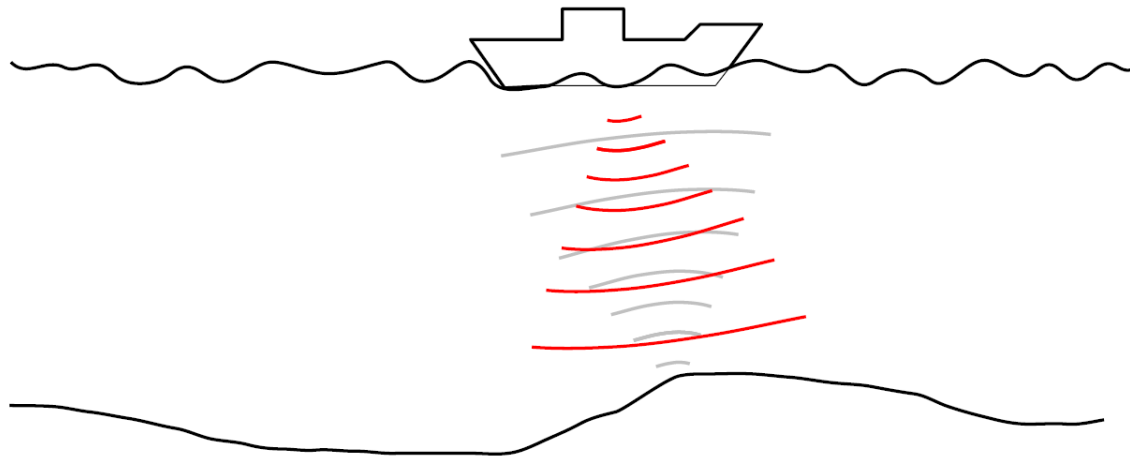


Quelle: <http://www.lfa-fledermausschutz-mv.de/typo3temp/pics/333d14c803.jpg>

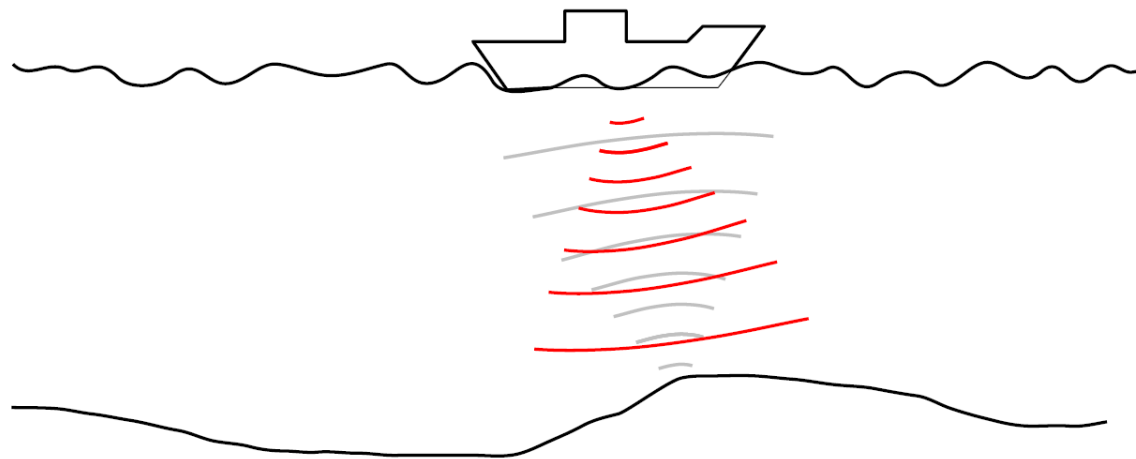


Zeitsignal

- **Prinzip:** Schallwellen (Signale) werden ausgesandt die von Objekten reflektiert werden
- Durch Messung der Laufzeit kann auf die Entfernung zu dem Objekt geschlossen werden.
- Beispiel: Abstand Schiff zu Meeresboden

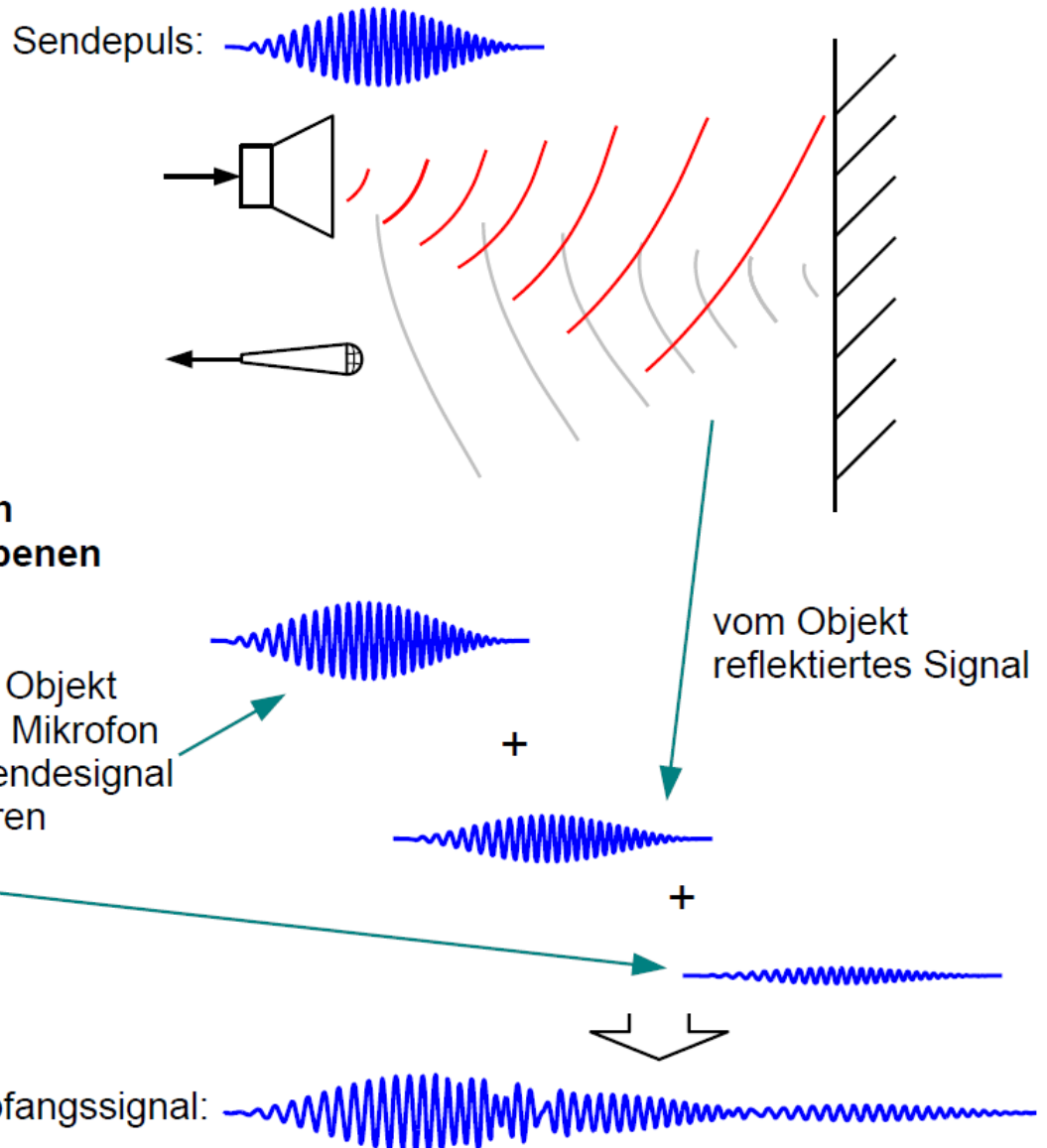


- Beispiel: Abstand Schiff zu Meeresboden
- Laufzeitmessung über Schallgeschwindigkeit
 - z.B.: in Luft (20°C) 343 m/s, Meerwasser ca. 1500 m/s
- D.h. würden die reflektierten Schallwellen mit einer zeitlichen Verzögerung von zwei Sekunden registriert, so kann bei Meerwasser ein Abstand von 1500 m angenommen werden (da die Laufzeit dem Weg hin und wieder retour entspricht)



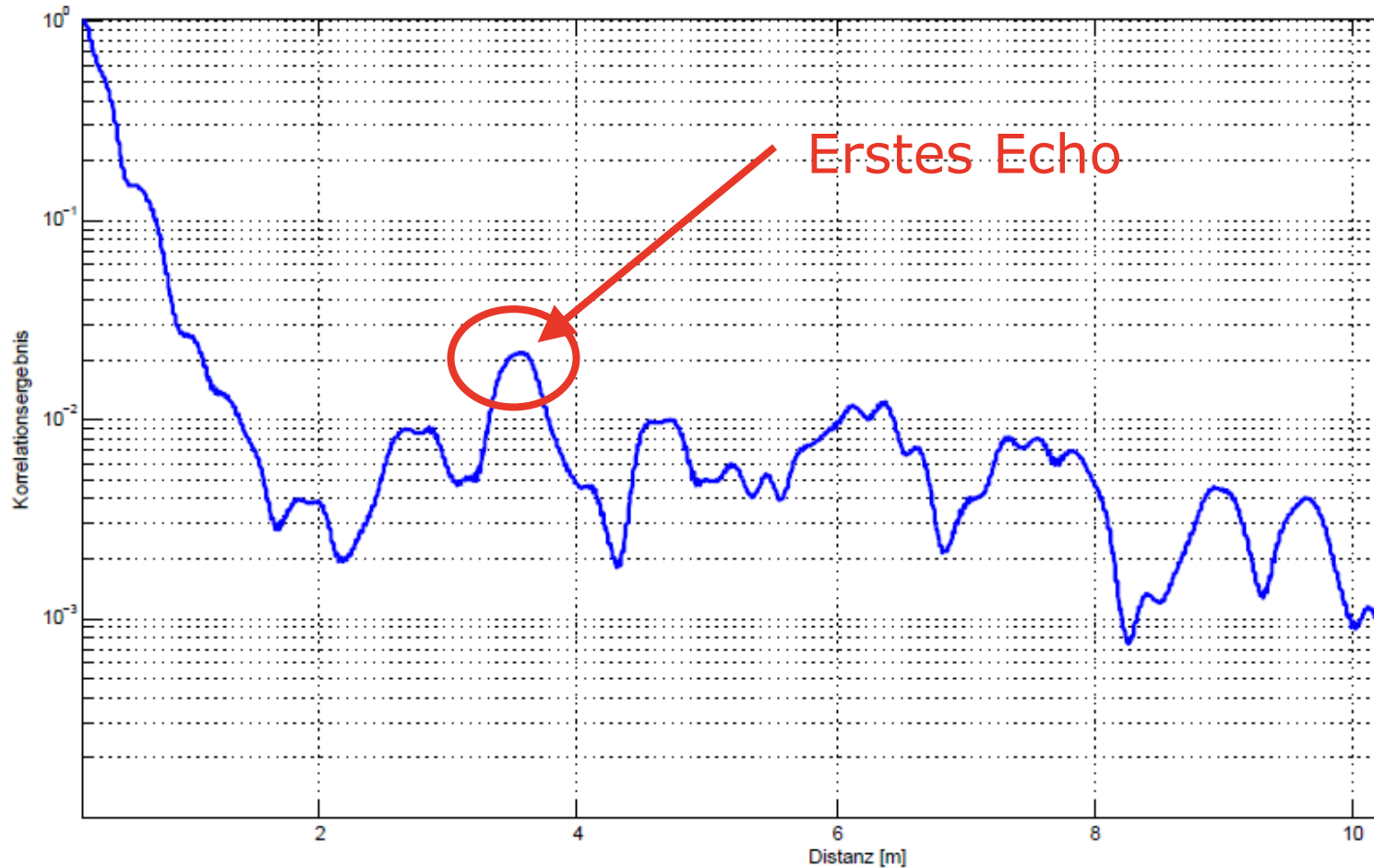
Signalverarbeitungskette des Echolot

■ Reales Szenario:



Signalverarbeitungskette des Echolot

■ Beispielresultat:



■ Fledermäuse auf Jagd:



Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/
File:Ultrasonic_bat_calls.ogg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ultrasonic_bat_calls.ogg)



Quelle: The Sound of Dinner. Chanut F, PLoS Biology Vol. 4/4/2006, e107 <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.0040107>

■ Die Fledermaus nützt eine optimale Art von Signalen

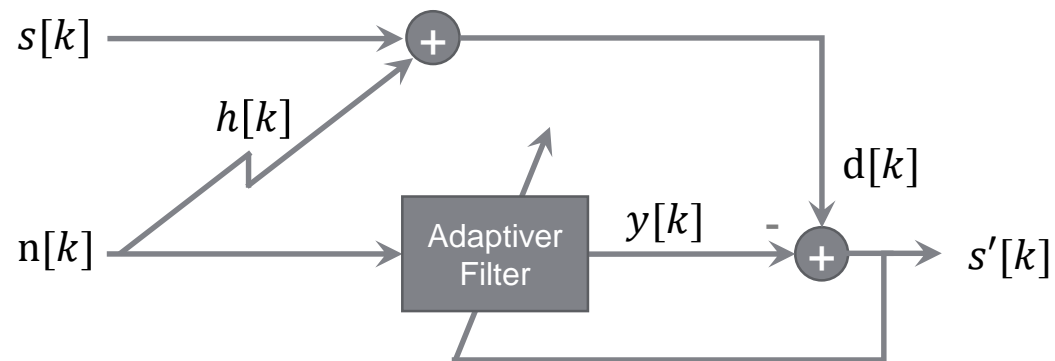
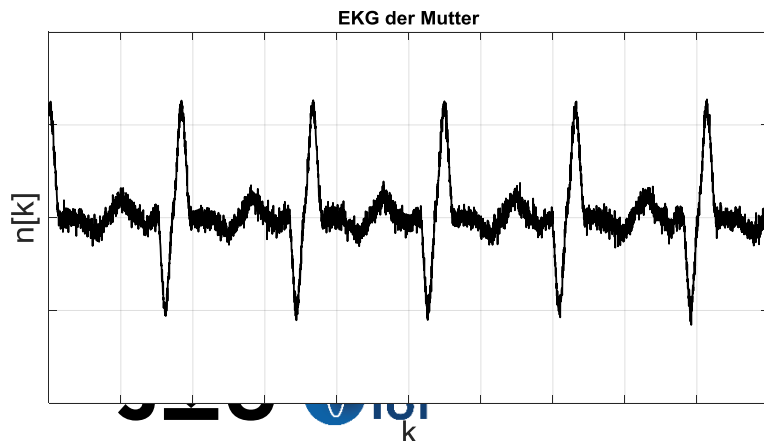
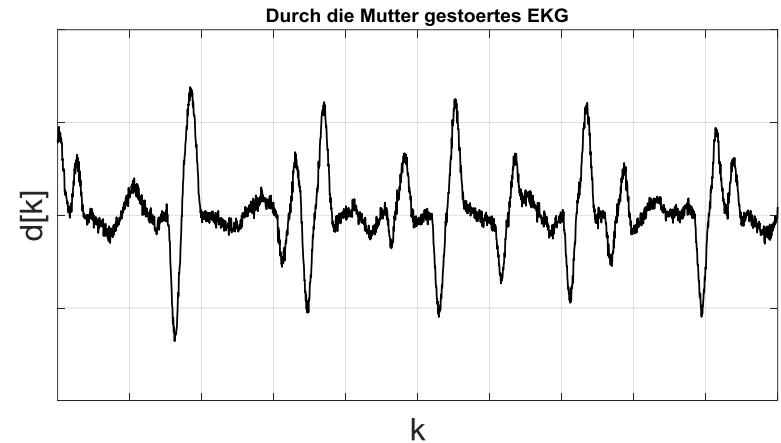
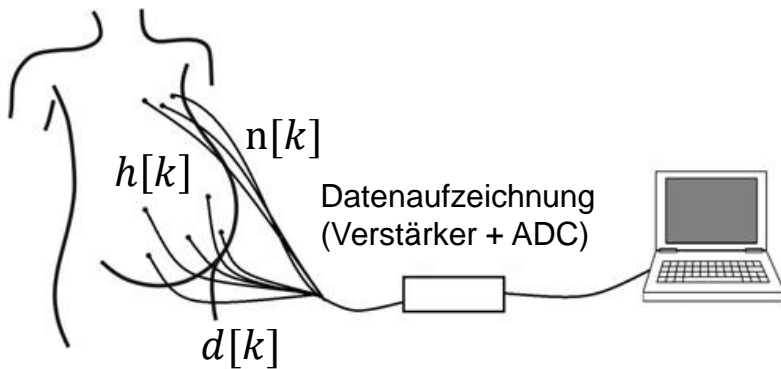
Was können Autos von Fledermäusen lernen?

- Das Prinzip der Echoortung wird äquivalent in Autoradaren verwendet
- Anwendung: Automotive Radar Systems
 - Abstandsregeltempomat (ACC)
 - Spurwechselassistent (Totwinkel-Überwachung)
 - Notbremsassistent

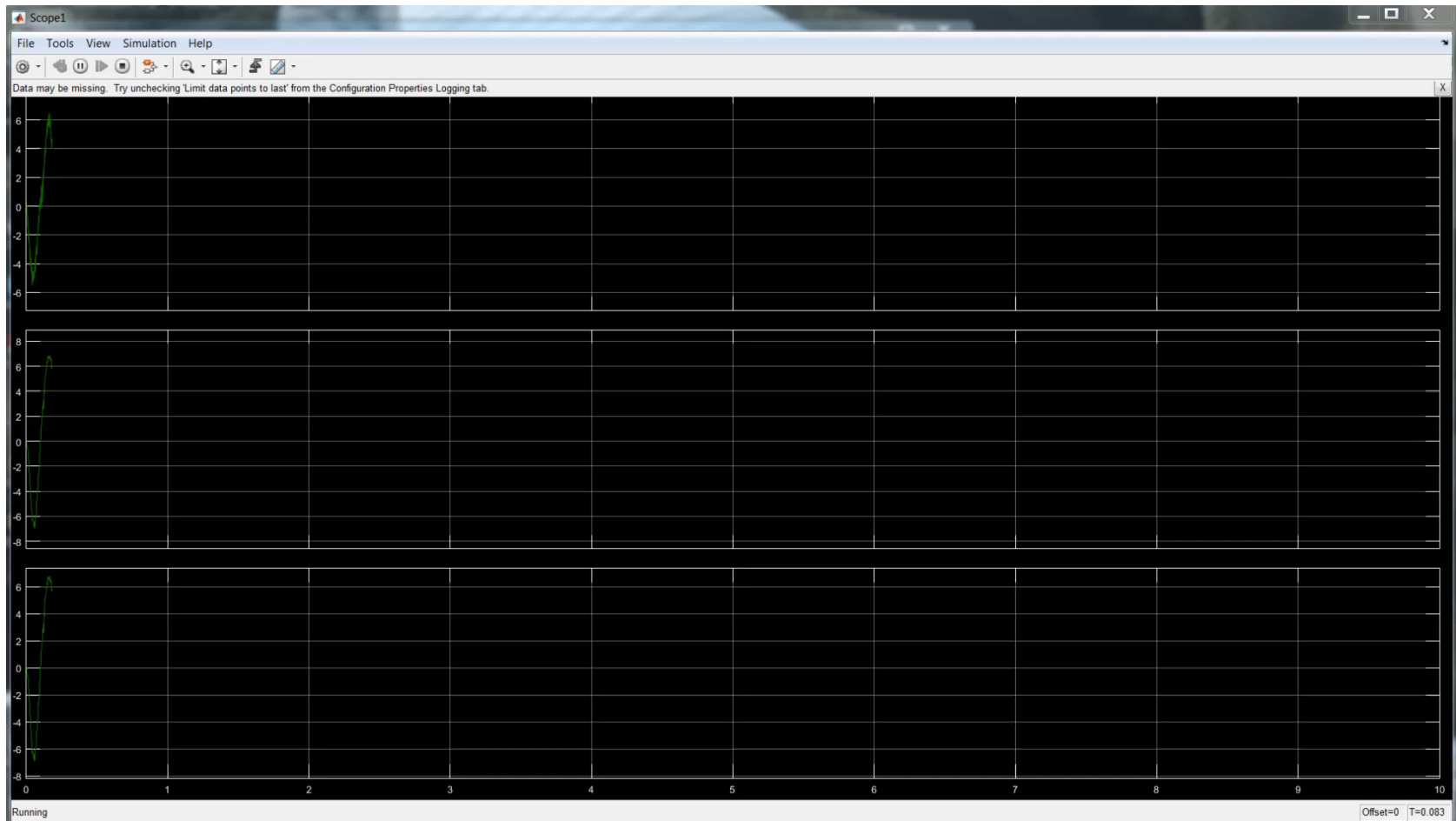


„Alles Bio“: Verarbeiten von Biosignalen in der Medizin

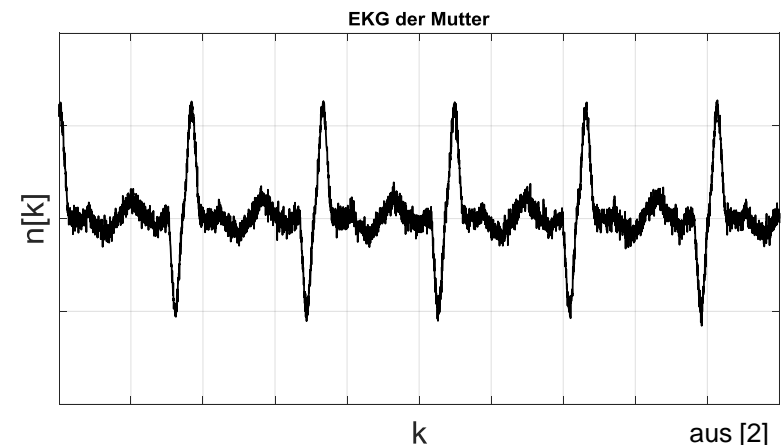
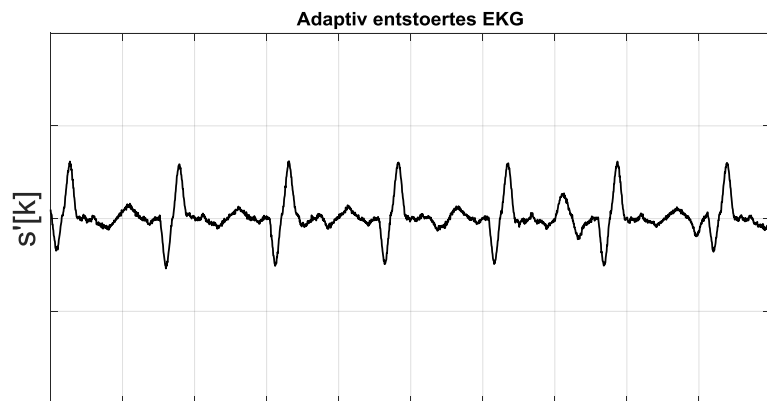
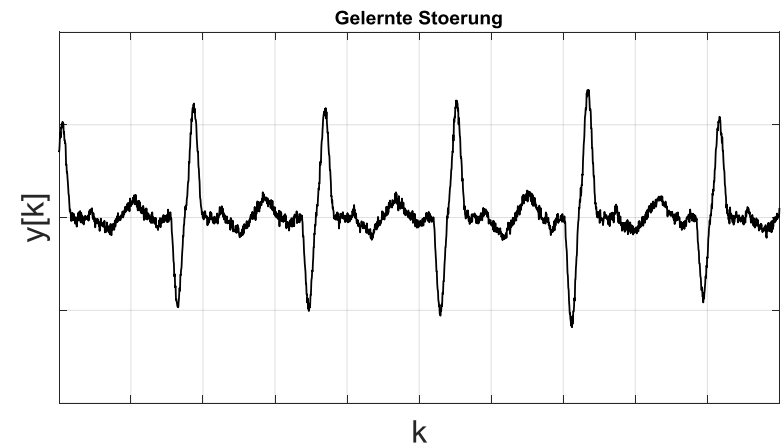
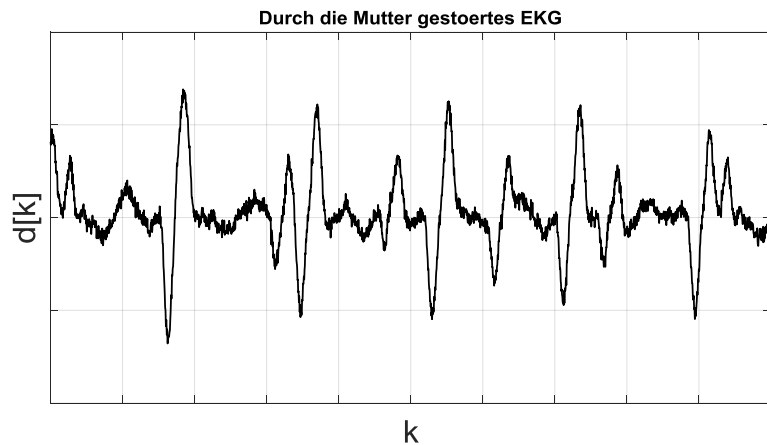
- Ziel: Das durch die Mutter gestörte EKG des Fötus soll extrahiert werden



Digitalrechner Adaptive Noise Cancellation



- Mittels adaptiver Filterung kann das EKG des Fötus gut von jenem der Mutter getrennt werden



- Signale tragen Information
- Signalverarbeitung erleichtert das Leben in Natur und Technik
- Digitale Signalverarbeitung steckt in fast jedem elektronischem Produkt und sorgt für Komfort, Sicherheit und Lebensqualität

JKU

**JOHANNES KEPLER
UNIVERSITÄT LINZ**