

# Zustandsbasierte Anlagenüberwachung

Originaltitel:  
Condition based Monitoring Solutions

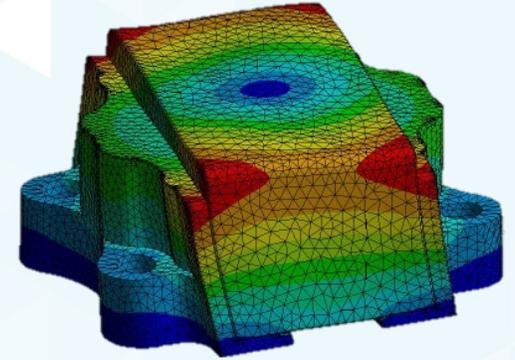
Deutsche Version:  
Joachim Baumm, FAE Semitron

Chris Murphy, Central Applications  
DFAE Training Munich



# Agenda

- ▶ **CbM Strategie**
- ▶ **Anwender ersetzen Piezo durch MEMS**
  - MEMS Accelerometer für Condition Based Monitoring
- ▶ **Anwendungen mit Piezo Sensoren**
  - Signalketten - Lösungen
- ▶ **CbM Module & Systemlösungen**
- ▶ **Edge basierte KI für CbM**



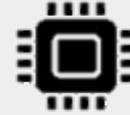
## Zustandsbasierte Anlagenüberwachung



### Fokus auf Systeme



Sensor



Integration



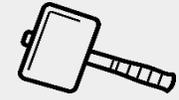
Edge Intelligenz



Verbunden



Flexibel



Robust

### ergibt neue Möglichkeiten



CbM Maschinenzustand



Integration der Steuerung

### daraus erwachsender Mehrwert

Produktivität

Laufzeit

Qualität

# Zustandsbasierte Überwachung (Condition based Monitoring)

## What CbM is NOT...

NOT a Market

NOT a Sensor Only Solution

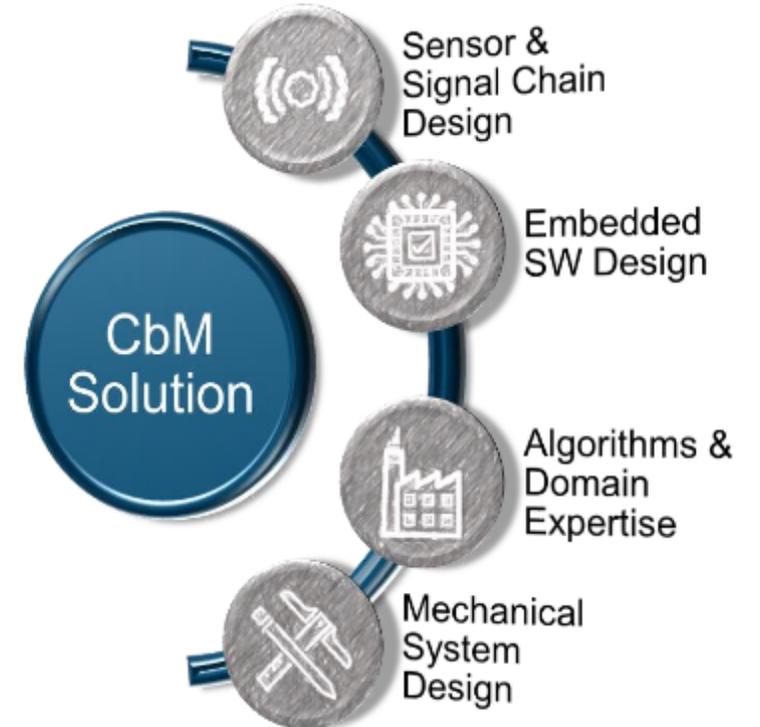
NOT Limited to Vibration Only

## What CbM is...

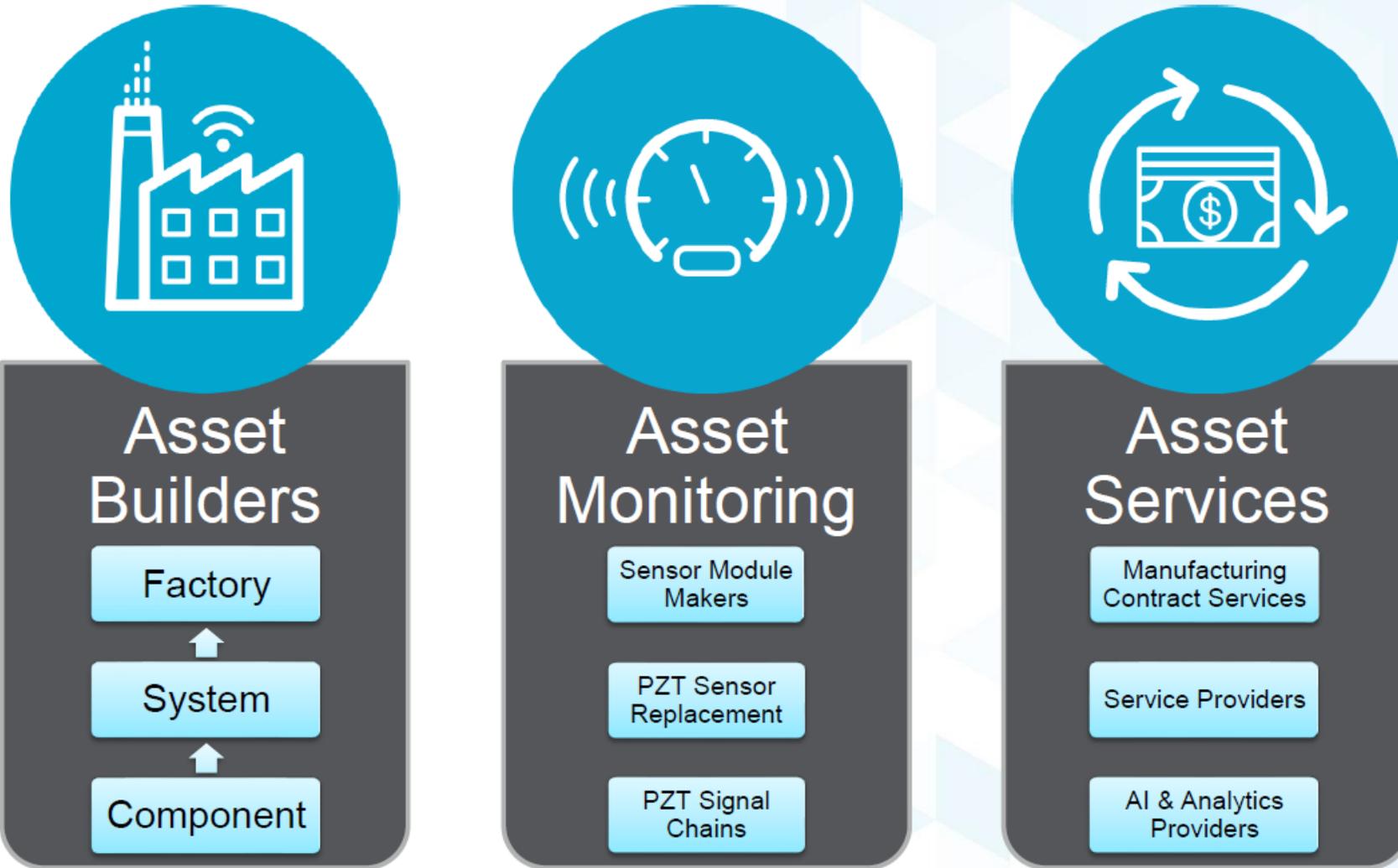
An Application

A System Solution

A Complete Diagnostic Solution



# Die Industrielandschaft besteht aus verschiedenen Kunden & Lieferketten



# ADIs CbM Strategie Fokus ist das Liefern von Erkenntnissen für vorausschauende Lösungen

## Erkennung



- Erkennung eines potentiellen Problems durch abnormale Betriebszustände

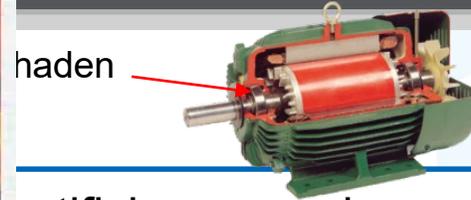


### AKTION:

**Niedrige Kosten,  
mit weniger Bandbreite**

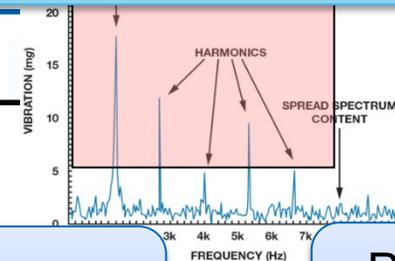
- Potentielles Problem, aber welche Aktion ist erforderlich?
- Wie zuverlässig ist die Fehlererkennung?

## Diagnose



- Identifizierung und Isolierung des Problems
- Schadensabschätzung

**Leistung ist wichtig**



- Problem besteht
- Wartung erforderlich
- Wann droht ein Ausfall?

## Prognose

- Bestimmung der verbleibenden Nutzungsdauer der Ausrüstung

- Problem identifiziert
- 3 Wochen verbleiben
- Teile bestellt, Wartung geplant

# Piezos verglichen mit MEMS Accelerometern

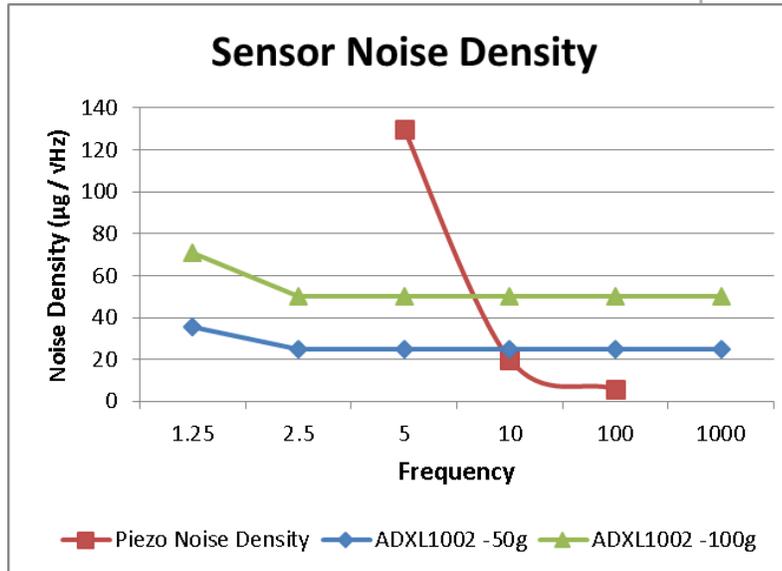
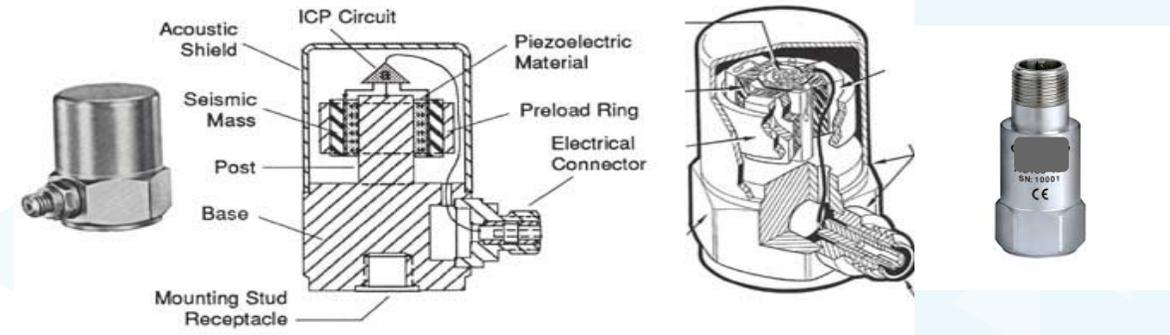


# MEMS Accelerometer Wertschöpfung für die Zustandsüberwachung

Die Leistung von MEMS Accelerometern verbessert sich (Frequenzerhöhung und Rauschverringung) und kommt dem mechanischen Sensor näher, dadurch werden intrinsische Attribute von MEMS wertvoller. Dies treibt die Marktdurchdringung und Ausbreitung ...

## Intrinsische MEMS Vorteile -

- ▶ Höherer Funktionalitätsgrad
  - Voller elektro-mechanischer Selbsttest
- ▶ Stoßfest (zuverlässige Empfindlichkeit)
- ▶ Arbeitet auch bei tiefer Frequenz
- ▶ Skalierbare Herstellung
- ▶ Low SWaP
- ▶ Niedrige Kosten
- ▶ Temperaturstabil

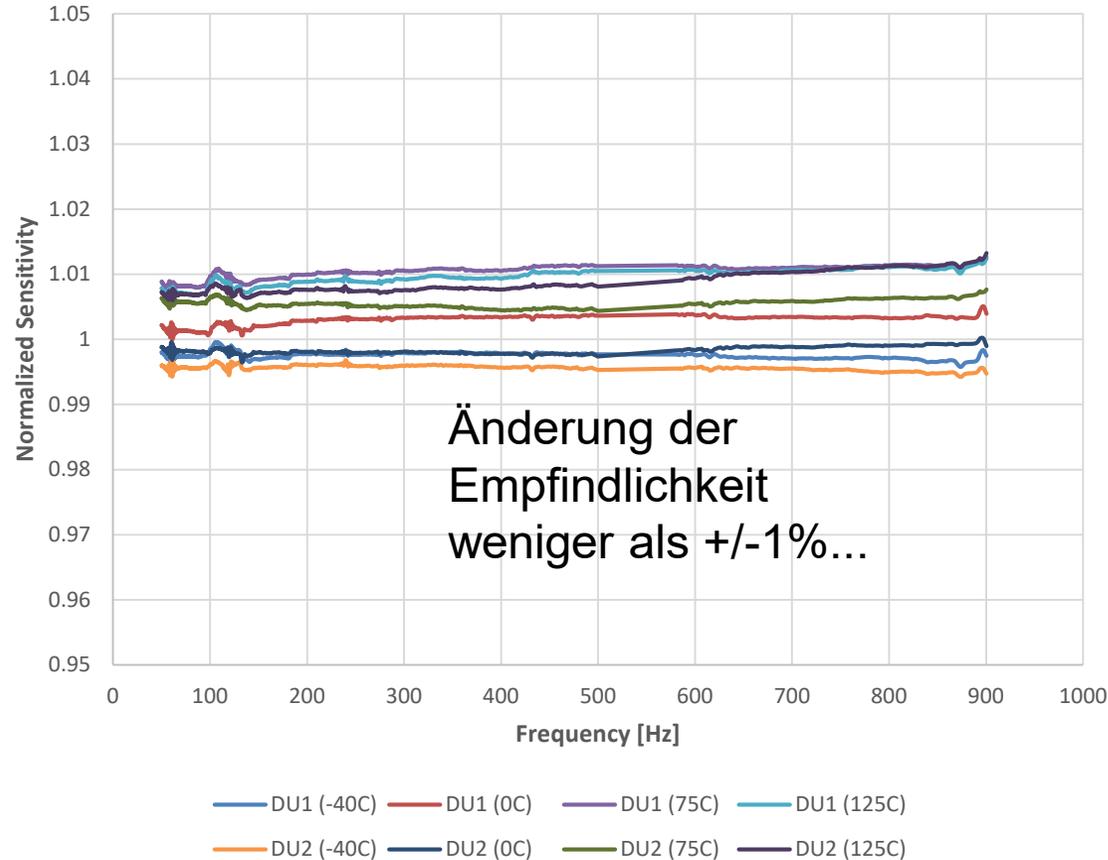


## Teure Nachteile mechanischer Sensoren:

- Handfertigung, Herstellung kaum skalierbar
- Periodische Kalibrierung erforderlich (insbesondere nach einem Fall)
- Teure, nicht lötbare Anschlüsse
- Schlechte Reaktion bei tiefen Frequenzen
- Begrenzter Selbsttest
- Temperaturempfindlich (Genauigkeitsschwankung ~10%)

# Intrinsische Stabilität von MEMS Accelerometern

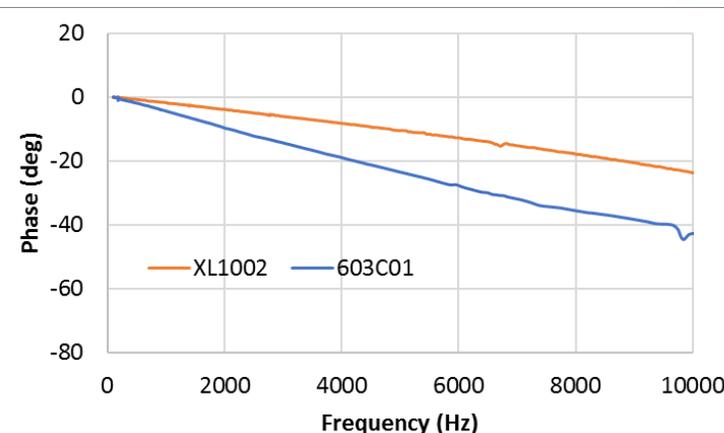
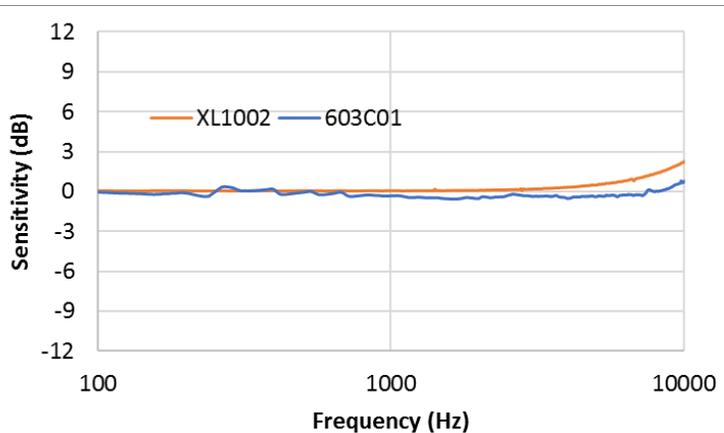
Ausgang stabil über Temperatur und Frequenz



- ▶ Stabile und wiederholbare Qualität der Messungen verringert den Bedarf an teurer Kalibrierung

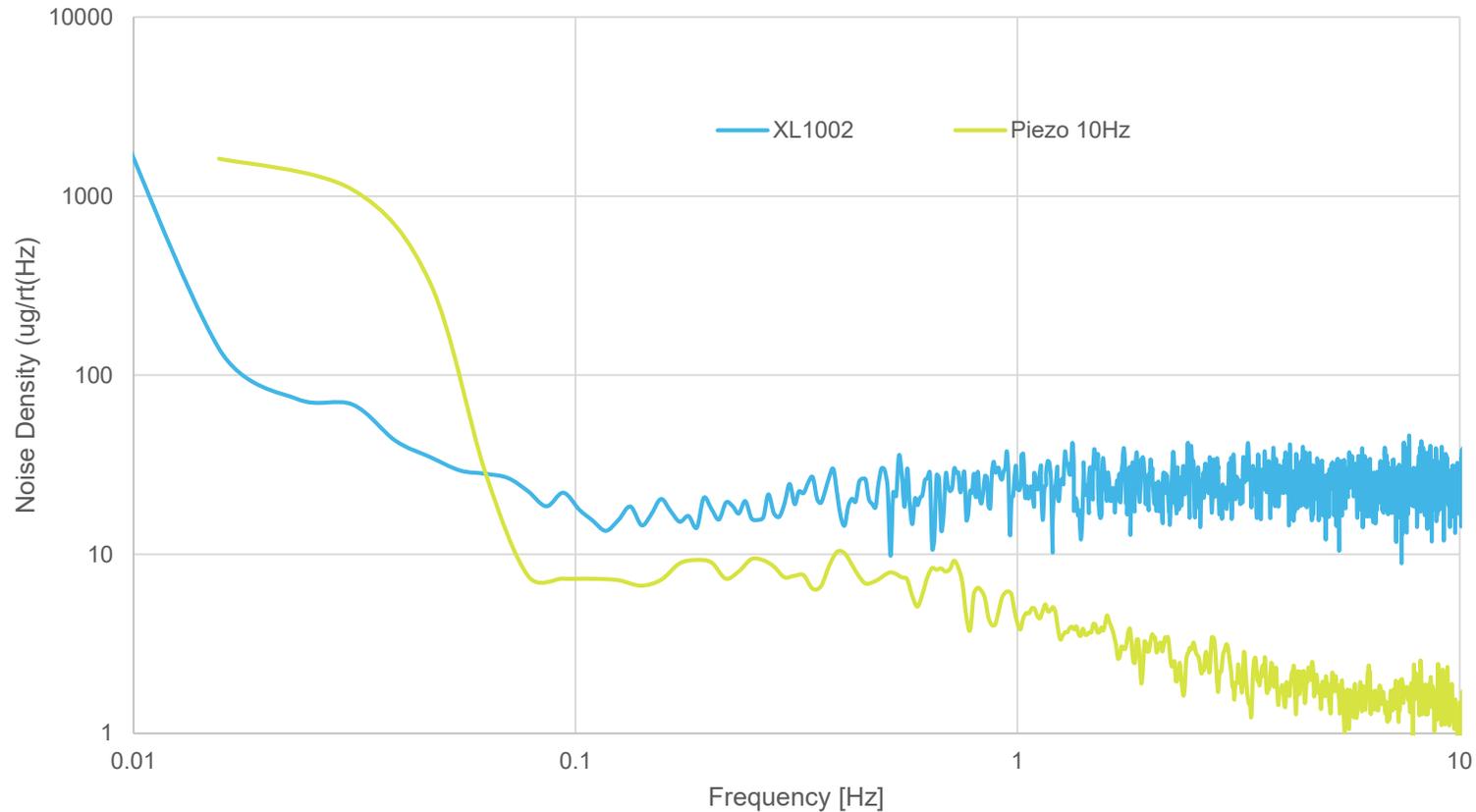
# Vergleiche: MEMS gegen Piezo – Basis Information

	Measurement Range (g)	Sensitivity (mv/g)	noise (ug/rtHz)	cross-axis (%)
603C01	50	100	8	7%
XL1002	50	40	25	1%



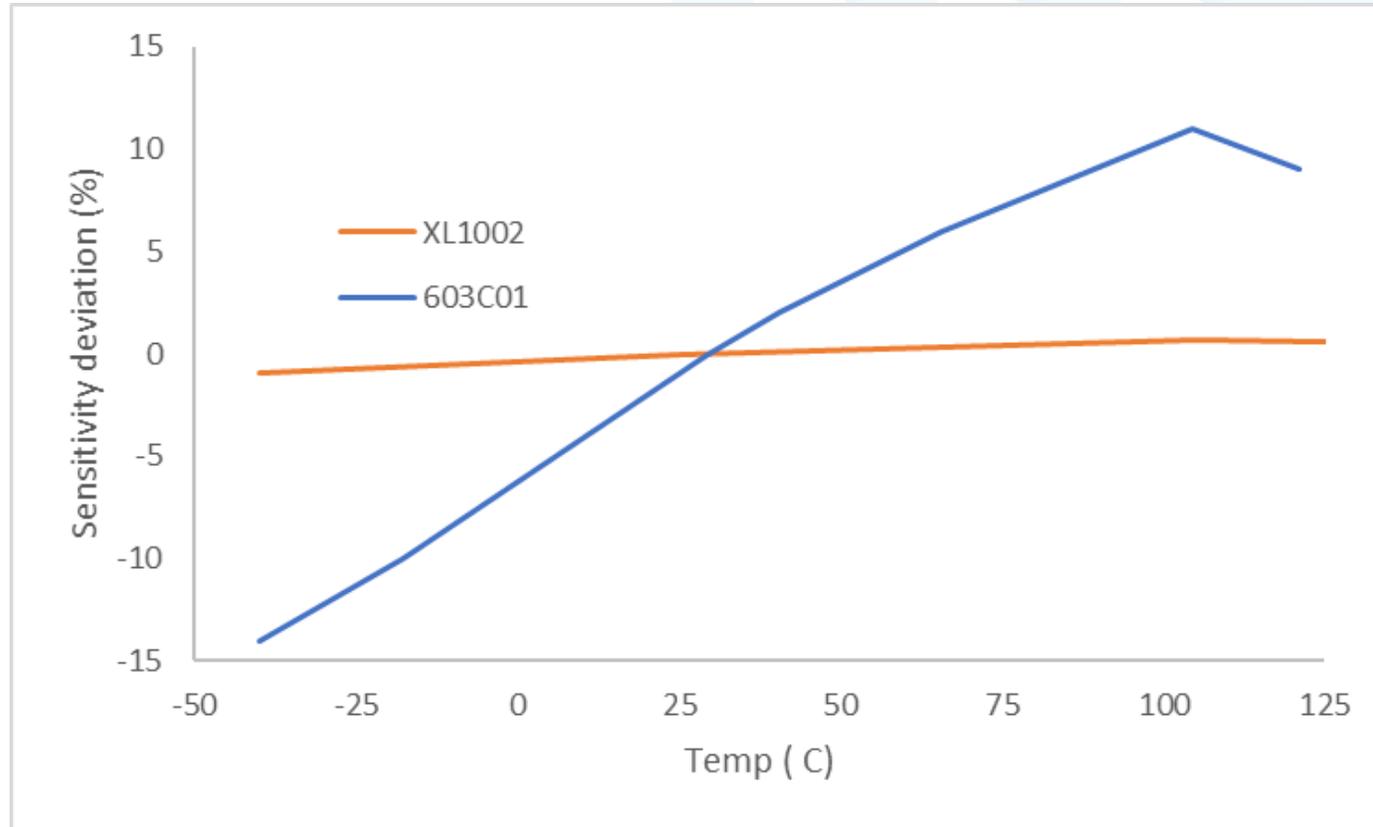
- **Änderung der Empfindlichkeit über die Frequenz ist vergleichbar**
- **ADXL1002 Phasendrehung über Frequenz ist 50% geringer**

# Vergleiche: MEMS gegen Piezo – Rauschdichte



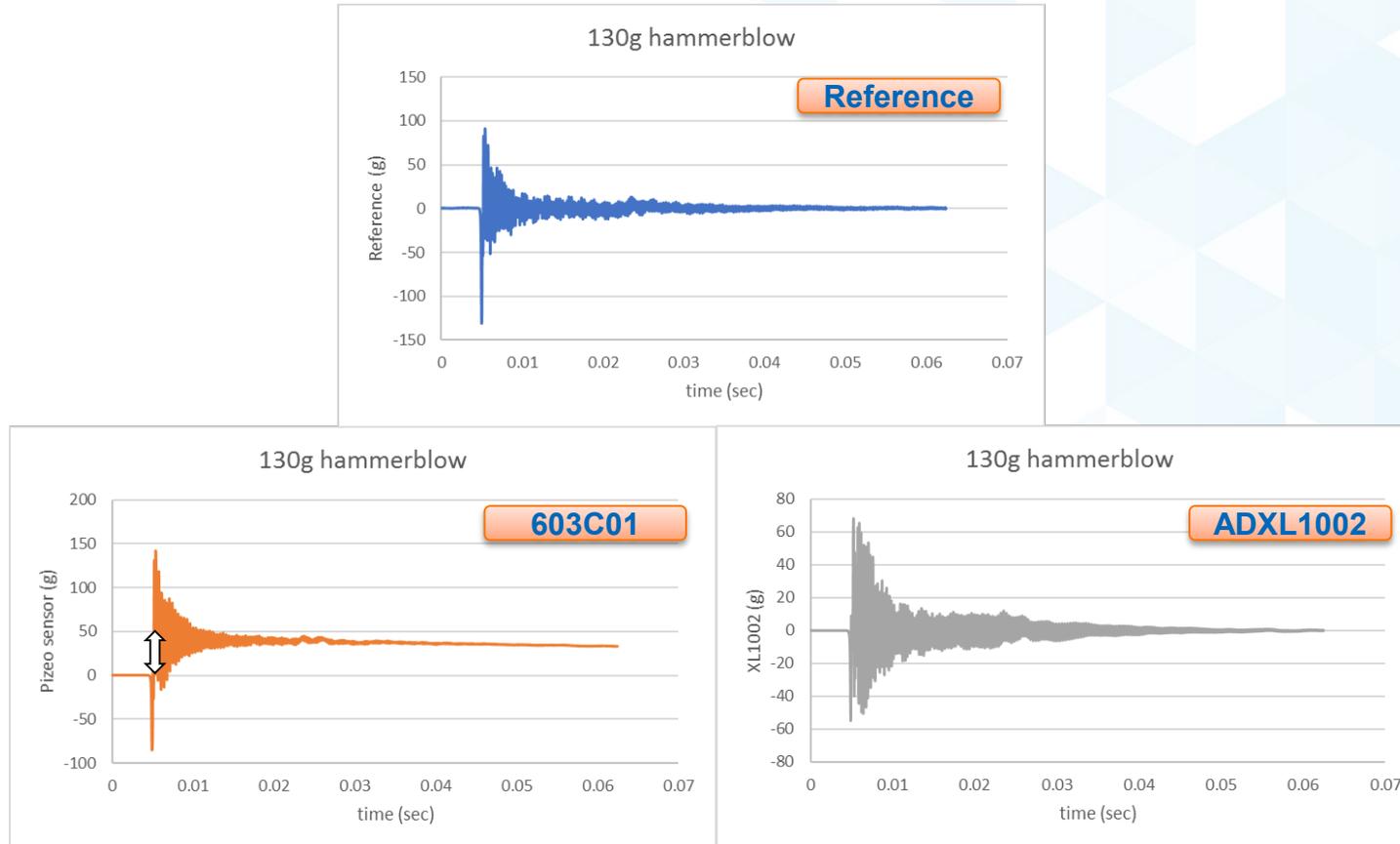
**Piezo hat weniger Grundrauschen, aber mehr Unsicherheit bei tiefer Frequenz**

# Vergleiche: MEMS gegen Piezo – Temperaturgang der Empfindlichkeit



- Empfindlichkeitsabweichung beim XL1002 kleiner 1% über Temperatur
- Empfindlichkeitsabweichung beim 603C01 größer 10% über Temperatur

# Vergleiche: MEMS gegen Piezo – Reaktion auf Überlast



- **Piezo hat eine deutliche DC Verschiebung nach Stoß >100g**

# PZT sind heute im Gebrauch die Standard Sensoren

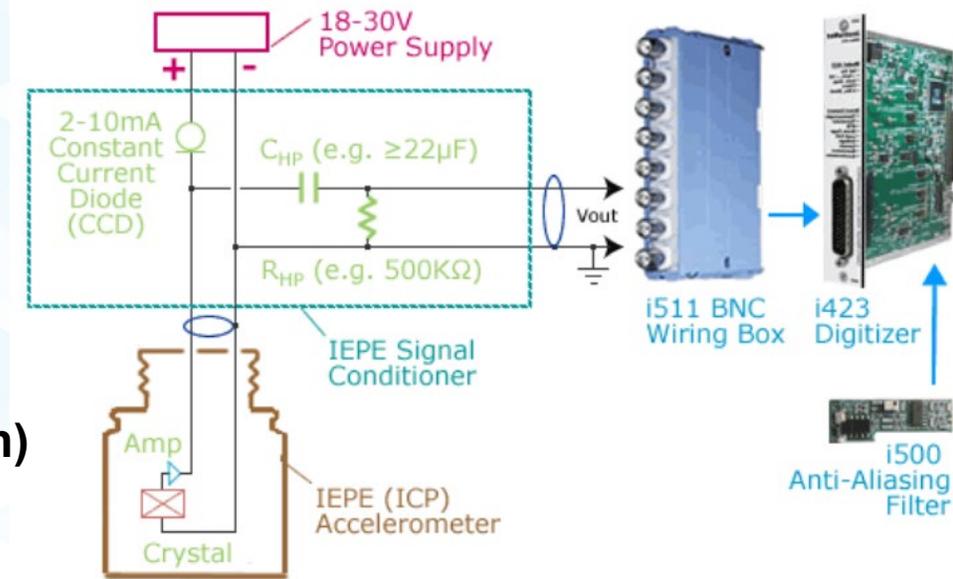
## Derzeitige und künftige Sensor - Anforderungen

- ▶ Bedarf an speziellen Gehäusen, Montagearten und Anschlüssen
- ▶ Fertigung auf Bestellung
  - Bedarfe im Bereich von 100 bis mehrere 1000
- ▶ Durchschnittspreise für Sensoren zur Zustandsüberwachung gehen herunter bis auf
  - \$80 ohne Elektronik
  - \$25 für Bausteine zur allgemeinen Verwendung



# Derzeitige und künftige Sensoranforderungen

- ▶ PZT Accelerometer Kosten je Kanal beinhalten
  - ein sehr aufwendiges Netzteil
  - Signalaufbereitung erfordert eine externe Steuerung oder Gateway
    - Treibt die Kosten eines PZT basierten CMS pro Kanal auf über **\$1000**
    - (auch mehrere **1000\$** sind möglich)
- ▶ MEMS basierte CMS werden angeboten
  - Mit Kosten pro Kanal im Bereich **\$100 (auch mehrere 100\$ möglich)**
  - in halbautonomen 'intelligenten Sensoren'
    - Die Halbleiternatur von MEMS ermöglicht höher integrierte Lösungen



## •Umrüstung bestehender Anlagen von Piezo auf MEMS

- MEMS Ausgang auf IEPE Hardware Umrüstkit
- Entwicklung bereits begonnen



# “Circuits from the Lab” Referenz - Designs

- ▶ In Vorbereitung:
- ▶ Idea 625 [ADXL100x + 4-20mA Current Loop](#)
  - Ermöglicht eine MEMS kompatible Lösung für industrielle 4-20mA Stromschleifen
- ▶ Idea 614 [IEPE kompatible Schnittstelle für ADXL100x Vibrations - Sensoren macht ADXLs zum PZT Tonabnehmer](#)
  - Ermöglicht eine kompatible Schnittstelle als Lösung für den Ersatz von PZT sensoren



# Mechanische Anforderungen, die für optimierte Lösungen zur Vibrationsüberwachung zu beachten sind

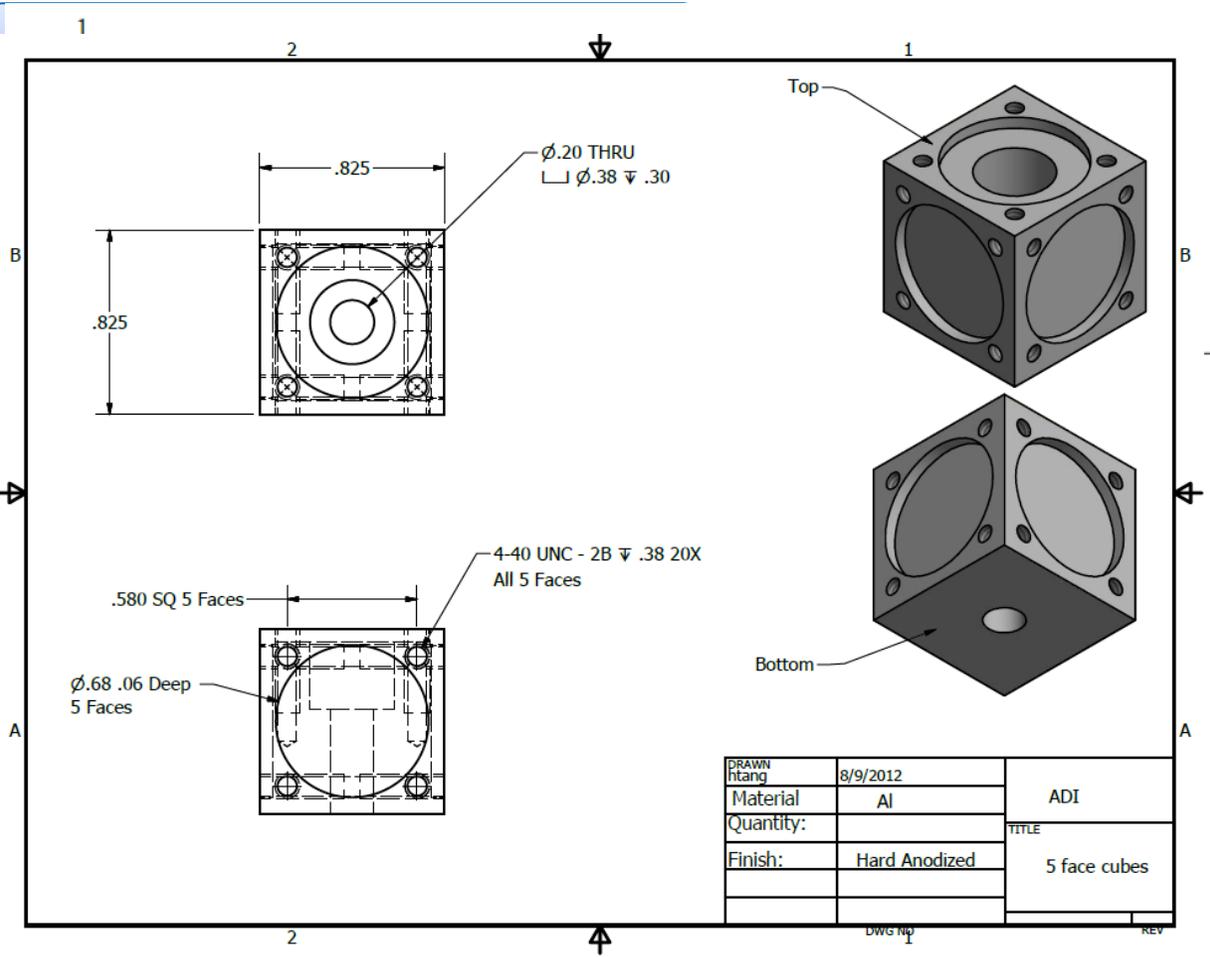
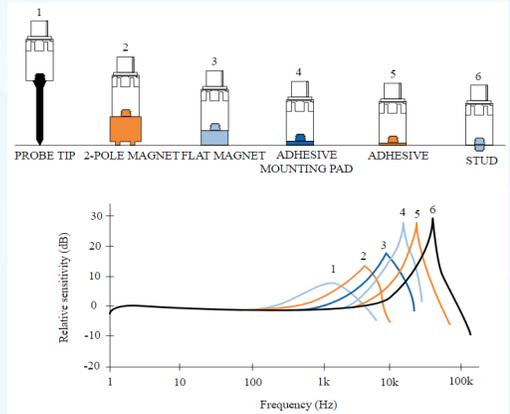


Figure courtesy of DEWESoft

## Befestigung ist kritisch

- Direkte, rigide Sensorbefestigung ist wichtig zur Maximierung des Energietransfers über die gewünschte Bandbreite
- Flansch- oder Schraubenmontage in Verbindung mit Kleber maximiert die Frequenz Übertragung



## Größe spielt eine Rolle

- Größere Platinen, Gehäuse, Umhüllungen, Batterien etc. beeinflussen die Reaktionsfähigkeit des Sensors
- Resonanzen durch das mechanische Design degradieren die Qualität der aus dem Sensor gezogenen Daten



# MEMS Accelerometer für die zustandsbasierte Anlagenüberwachung



# Heutige CbM Sensoren & Systeme – Bandbreite und g-Bereich

50 CbM Systeme vom einfachen Fühler über komplette Sensoren bis zu Cloud Lösungen im Vergleich

ADXL355/57

ADXL354

ADXL372, ADXL356, ADIS16228

ADXL100x, ADcmXL3021

1kHz

1kHz - 10kHz

10kHz+

~16%

~68%

~16%

Bandbreite (kHz)

ADXL354/5

ADIS16228

ADXL356/7

ADXL37x, ADXL100x, ADcmXL3021

20g

20g - 50g

50g+

~13%

~59%

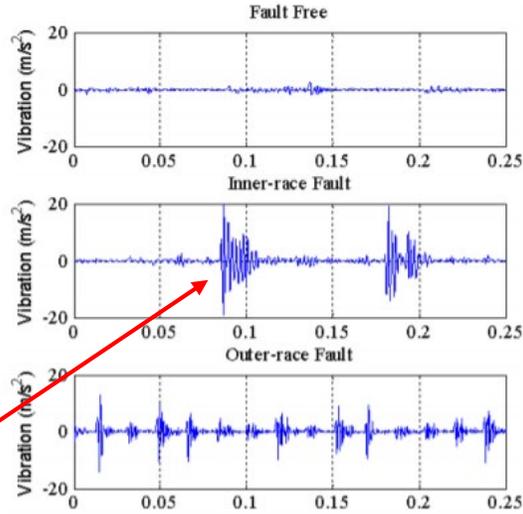
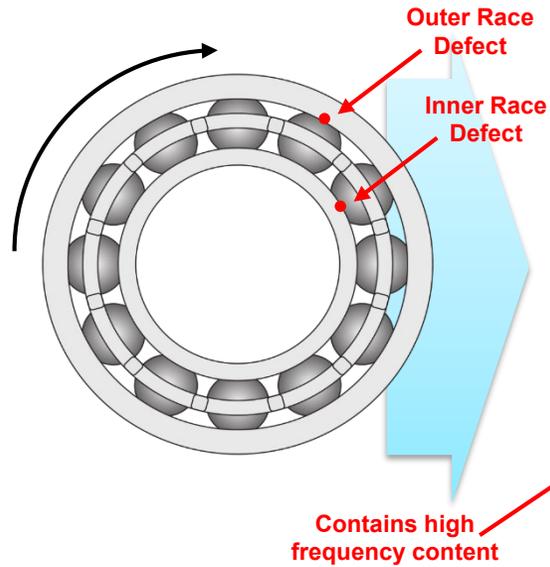
~28%

g-Bereich (g)

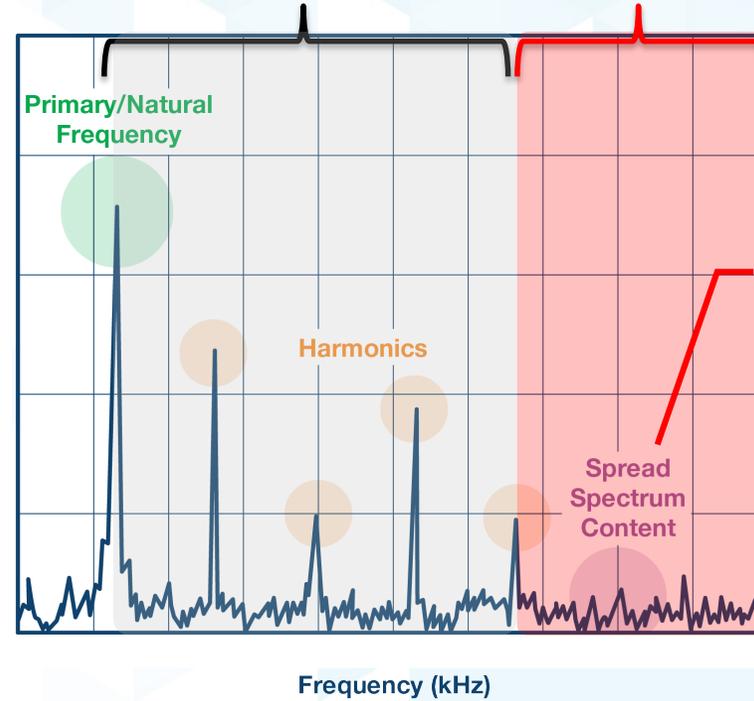
- NXP – 2.7kHz
- Kionix – 8kHz?
- Bosch – 1.6kHz
- ST – 5kHz
- Colibrys – 7kHz

- NXP – ±250g
- Kionix – ±64g
- Bosch – ±480g
- ST – ±400g
- Colibrys – ±30g

# Erfassung beginnender Fehler in Lagern erfordert rauscharme Sensoren hoher Bandbreite



Low frequency events & harmonics (e.g. imbalance, misalignment, etc.)    High frequency events (e.g. bearings)



Messungen bis zu 10kHz und mehr, weil die Vibrations-Komponenten von Interesse bei höheren Frequenzen liegen

**Stufe 1**

- Anwesenheit hoher Frequenzen
- Typisch >>5kHz
- Sehr kleine Amplituden

**Stufe 2**

- Zunehmendes Klingeln durch Einschläge
- 500Hz bis 5kHz
- Defektfrequenzen mit Modulation tauchen auf

**Stufe 3**

- Energieausbreitung in tieferen Frequenzen
- Defektfrequenzen werden lauter
- Steigende Lagertemperaturen

**Stufe 4**

- Defektfrequenz im ersten Band ist

**Ausfall ist bevorstehend!**

# ADXL100x Familie CbM Accelerometer

Ultra rauscharme Accelerometer mit hoher Bandbreite



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™



# ADXL100x Familie von CbM Accelerometern mit hoher Leistungsfähigkeit

## Features and Specifications



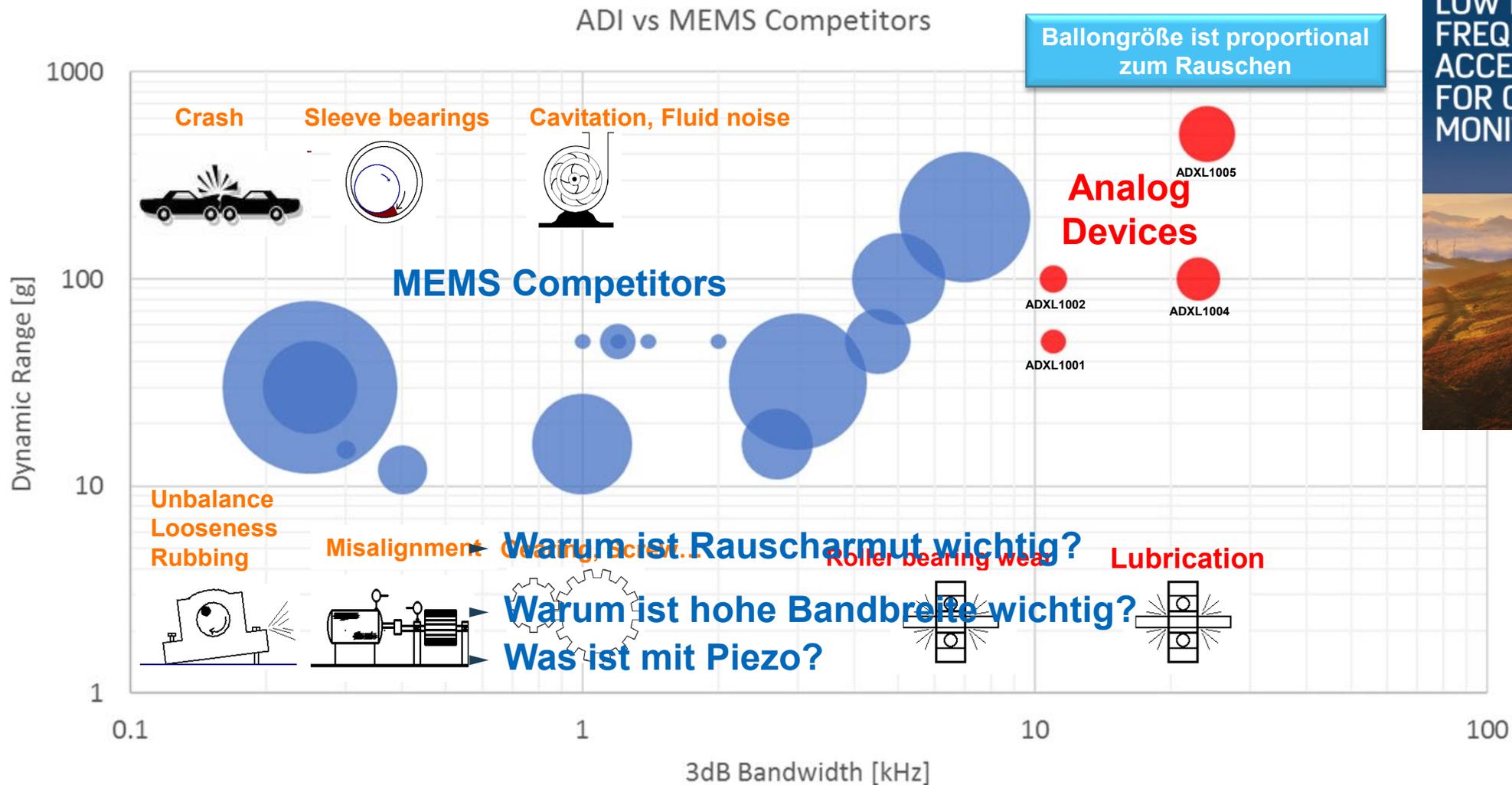
### ▶ ADXL1001/2/3/4/5

- **High Full Scale Ranges (FSR)  $\pm 50g$  to  $\pm 500g$**
  - Low noise density
    - **25 to  $80\mu g/\sqrt{Hz}$  noise density**
  - Single, in-plane orientation
  - Analog output
  - Overrange indicator (OR)
  - Electro-static Self test (ST)
  - **Up to 23kHz**
  - 1mA power supply current
  - **-40C to +125C operation**
  - **5x5mm LFCSP package**
- **NXP – 2.7kHz**
  - **Kionix – 8kHz?**
  - **Bosch – 1.6kHz**
  - **ST – 5kHz**
  - **Colibrys – 7kHz**

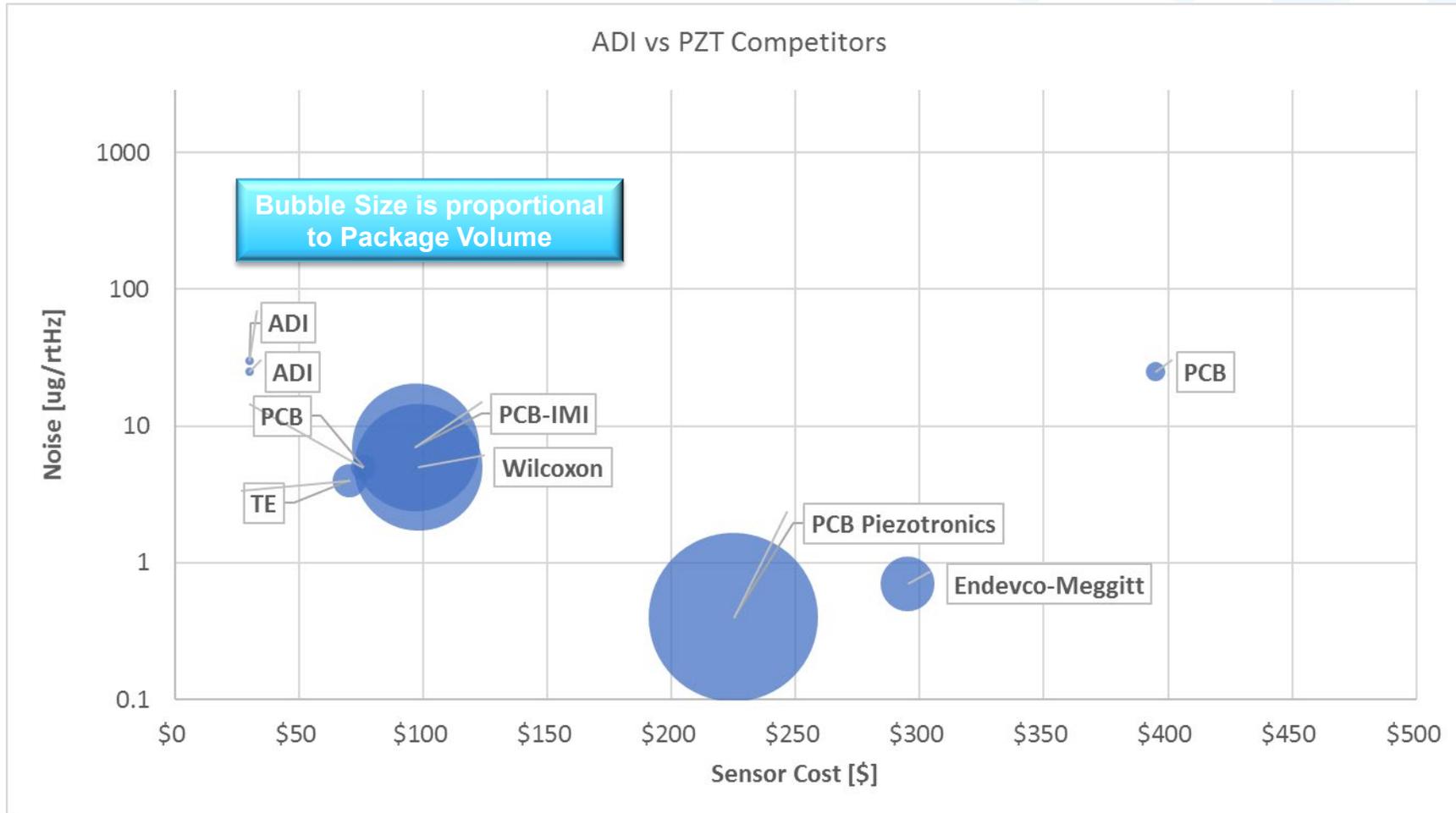


# ADXL100x Familie von CbM Accelerometern

Sensor Highlight



# ADXL100x Accelerometer Series im Vorteil durch Leistung, Größe & Kosten



## PZT Technology

- Cons:
  - Poor DC response
  - Large package size
  - High cost
- Pros:
  - Wide bandwidths
  - Excellent noise performance
  - Designed into legacy CbM applications

# ADXL35x Familie

## Industrielle Accelerometer

Ultra rauscharme industrielle Accelerometer



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™



# ADXL356/7 vereinfachen Mehrachsen-Systemdesign und bieten mittlere Bandbreite & Leistung



## Highlights

- 5.5kHz Resonanzfrequenz
- Bandbreite ~1.5kHz
- g-Bereiche einstellbar: 10-40g
- Offsetstabilität & Temperaturbereich

## Funktional Blockdiagramme

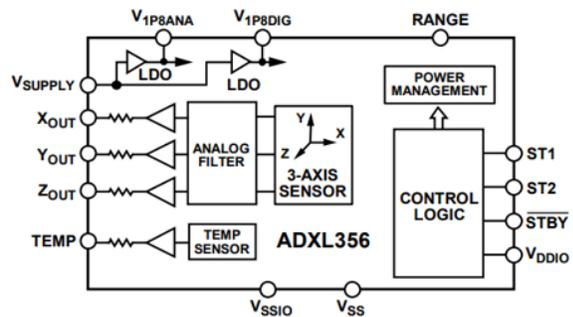


Figure 1. ADXL356

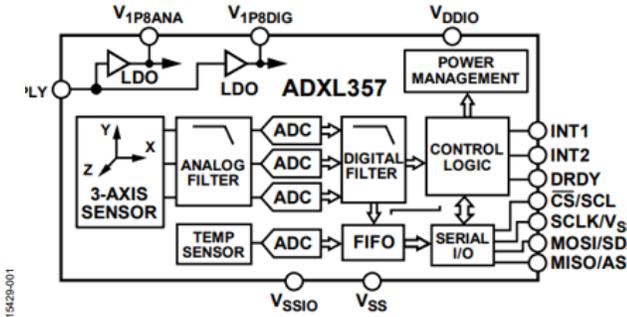


Figure 2. ADXL357

Spezifikation	KX220-1072	IIS3DWB	ADXL337	ADXL356
<b>g-Bereich</b>	±8g	±16g	±3g	±40g
<b>0g Offset</b>	1mg/°C		1.1mg/°C	0.75 mg/°C <b>max</b>
<b>Empfindlichkeit über Temperatur</b>	±0.01%/°C	NA	±0.01%/°C	±0.01%/°C
<b>Bandbreite</b>	8kHz	5kHz	1.6kHz	3 - 3.5kHz
<b>Resonanz</b>	???	7kHz	5.5kHz	5.5kHz
<b>Rausch Dichte</b>	815µg /√Hz	90µg /√Hz / 65µg /√Hz [3-axis/ 1-axis]	175µg /√Hz	80µg /√Hz
<b>Übersprechen</b>	2%	NA	1%	1%

## ADXL359 In Entwicklung

- Plastikgehäuse-Version des ADXL357
- Ermöglicht Kosten-sensitive Diagnoselösungen
- Weiterhin in der industriellen Leistungsklasse



# ADXL356 – Frequenzbereich & 0g-Offset über Temperatur

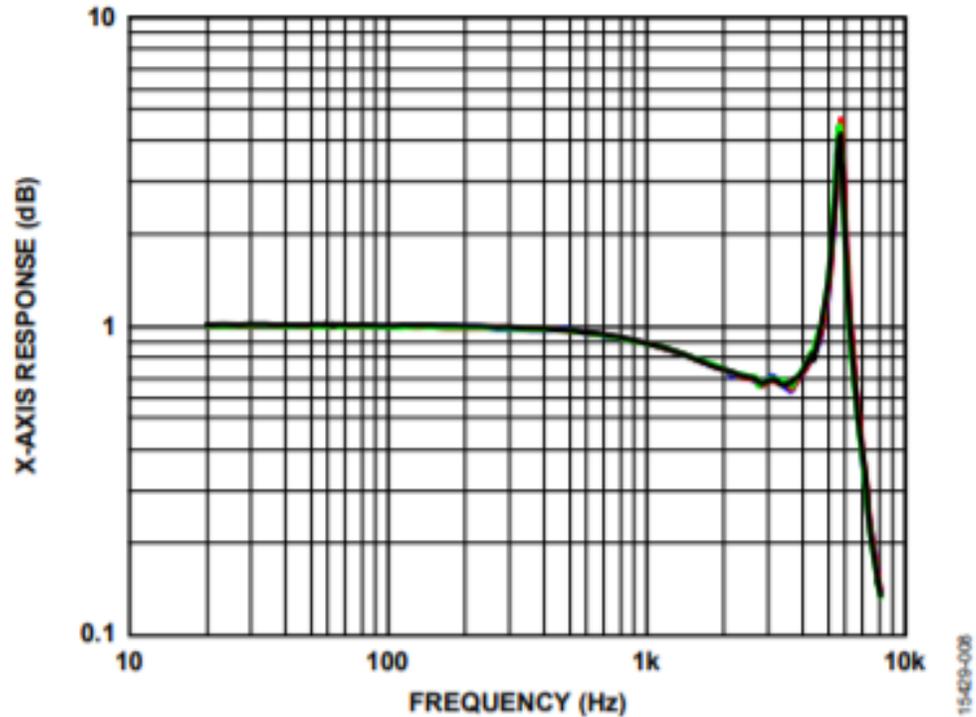


Figure 8. ADXL356 Frequency Response for X-Axis

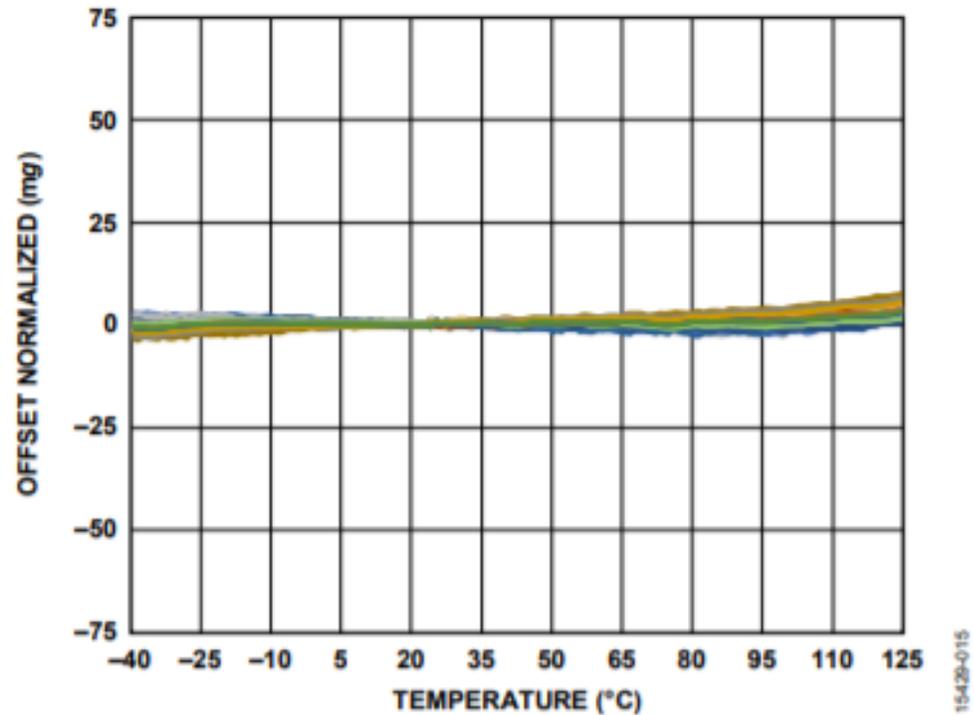


Figure 15. ADXL356 Y-Axis Zero g Offset Normalized Relative to 25°C vs. Temperature

# Flexibles Portfolio zur Signalaufbereitung ermöglicht MEMS-basierte Lösungen für viele Anwendungsfälle

## Diagnose auf System & Maschinenebene:

- Bandbreite: DC → >10kHz
- rauscharm: <125ug/√Hz
- weiter Dynamikbereich: >50g
  - **ADXL1001**
  - **ADXL1002**
  - **ADXL1003**
  - **ADXL1004**
  - **ADXL1005**

## System Referenz & Power:

- Stabil, rauscharme Ausgänge
- Flexible Spannungs Ein-/Ausgänge
- **ADR4540**
- **LTC1928-5**

## Präzisions Datenwandler

- Höhere Abtastraten erhalten die höhere Sensorbandbreite, verringern Einfluss von unerwünschten Signalen & Rauschen
- **Früherkennung der Anzeichen für Lagerschäden & unpräzise Ausrichtung durch Rauscharmheit & höhere Auflösung**

### Ein Kanal

- **AD4000/2/4/8**
- **AD7768-1**
- **ADAQ7980/8**

### Vier Kanäle

- **LTC2344-16/18**
- **AD7768-4**
- **AD7682**

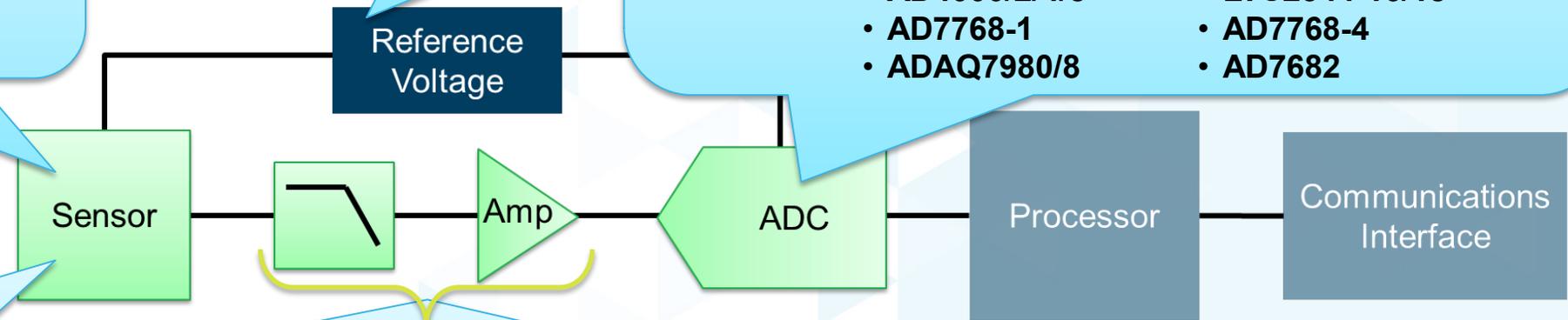
## Diagnose auf Systemebene:

- BW: DC → >1.5kHz
- rauscharm: <125ug/√Hz
- Weiter Dynamikbereich: ±10-40g
  - **ADXL356**

## Signalaufbereitung & ADC Treiber:

- Externe Filter & Treiber verringern unerwünschte Signale & Rauschen durch Aliasfrequenzen oder Faltung
- Einflüsse wie Sensorresonanz, hochfrequente Takte & Rauschen aus elektrischen Komponenten & dynamischer Umgebung beeinträchtigen frühe Anzeichenerkennung

- **AD8606**
- **LT6013**
- **AD8422**
- **ADA4625-1**
- **ADA4522-1**
- **ADA4610-2**
- **ADA4807**
- **ADA4805**



# CbM Signalkette – nicht nur Accelerometer



# Hochwertige Piezo CBM Signalkette

## IEPE Standard Piezoelektrische Sensoren

Integrated Electronics Piezo Electric  
(ICP®, CCLD, Isotron®, Deltatron®, Piezotron®)

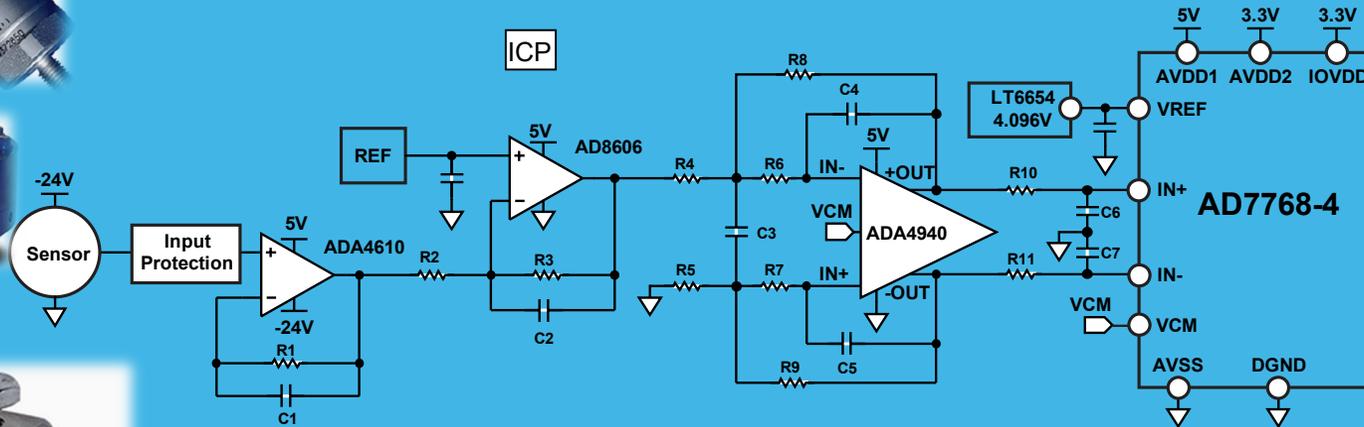
Schocksensoren



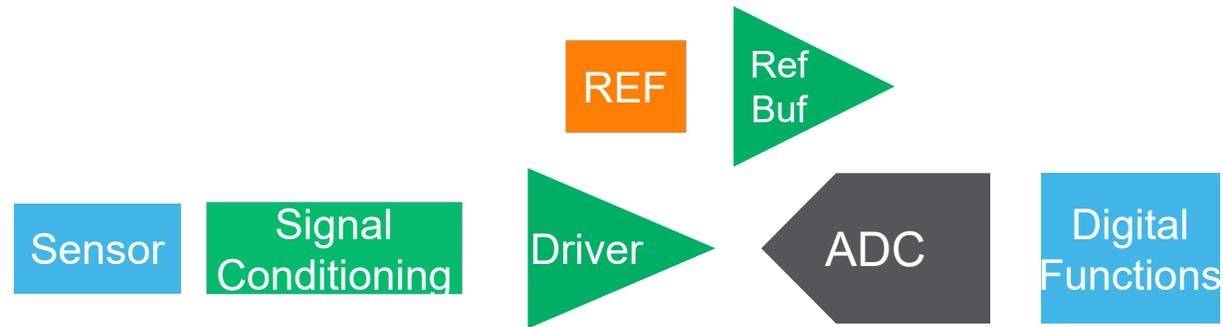
Lastzelle



Accelerometer



# PZT Sensor Signalkette



	Sensor	Signalaufbereitung	ADC Treiber	ADC	Referenz/Puffer
Typische Anforderungen	ICP/IEPE -24V Versorgung -10V Signalvorspannung	30V Versorgung geringer Querstrom rauscharm DC gekoppelt	hohe Bandbreite 5V Versorgung rauscharm	80kHz Signalbandbreite flache Kennlinie (THD) rauscharm	rauscharme Referenz interner Puffer
Beispiele	Sensorversorgung LT3092 <b>PCB Sensors</b> <b>621B40 (30kHz)</b> <b>603C01 (10kHz)</b>	ADA4625-1 AD8676 LT6018 AD8251 ADA4610-2 AD8606 LTC6373	ADA4940 ADA4945-1	AD7768-1 AD7768-4 AD7768 AD7134	ADR4540

## ► Wer ist der Anwender?

- **Luftfahrt-Unternehmen**, entwickelt eine Messplattform zur Erfassung des Zustands fester und rotierender Tragflächen
- **IAT Unternehmen**, fügt **Vibrationsüberwachung zu bestehender SPS hinzu**
- **ET&M Unternehmen**, entwickelt eine flexible Präzisionsplattform zur Datenerfassung

## ► Warum hat ADI das Design gewonnen?

### ▪ Aircraft System Health:

- Temperaturstabilität (relevant to aircraft environment) superior to competition (2x better gain drift, 3x better offset drift)
- Superior combination of DC (gain, offset, drift) and AC (SNR, THD) provides a platform suitable for interfacing to accelerometers (piezo and MEMS), strain guage, RTD, TC and more.

### ▪ IAT Vibrationsüberwachung/CBM

- **Überragende Kombination von DC + AC Eigenschaften bietet Flexibilität für eine Vielzahl von Messmodalitäten (z.B. Vibration, akkustisch, Druck, Temperatur), ideale CbM Plattform Lösung bedient flexibel neue Messaufgaben und zukünftige Entwicklungen**

### ▪ Präzisions Datenerfassung:

- **Überragende Kombination von DC + AC Eigenschaften bedeutet, der AD7768 bietet eine Plattformlösung, die Software konfigurierbar ist. Anwender könne die Leistungsaufnahme, Bandbreite und das Rauschverhalten einstellen, um mit einem ADC viele Aufgaben zu lösen wie Strom- und Spannungs Eingangsmodule, Audio und Vibrations Eingänge, Druck und Dehnungs-Messmodule.**

## ► Welche Unternehmen haben ähnliche Anforderungen?

- Firmen aus vielfältigen Industriezweigen, die eine flexible Messplattform mit herausragenden AC + DC Eigenschaften entwickeln wollen

## ► Link to more information

- [Hyperion AD7768](#)
- [Fighter Guide](#)



# CbM Module & Systemlösungen



## • Gründe für ein Modul

- Weder Zeit noch Kapazität, um MEMS Experte zu werden
- Erprobte Lösung, speziell für CbM entwickelt
  - Keine Notwendigkeit mechanischer Simulation und Charakterisierung
  - Entworfen & characterisiert für bekanntes Verhalten
  - Eingebetteter Mikrocontroller bietet auf CbM zugeschnittene Software
- Geringere Zeit bis zur Marktreife bietet dem Kunden Vorteile
- ADI handhabt die ganze Beschaffung

## • Warum ADI für Module

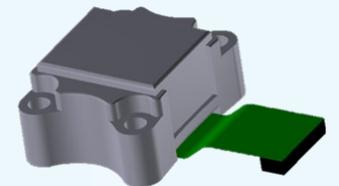
- 15+ Jahre Erfahrung im Moduldesign und Einsatz von iSensor IMU
- Über 40 Produkt herausgebracht und mehr als 1 Million Einheiten verkauft

### iSensor

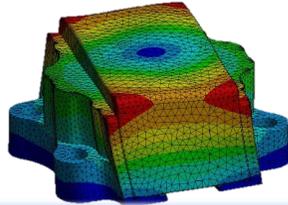
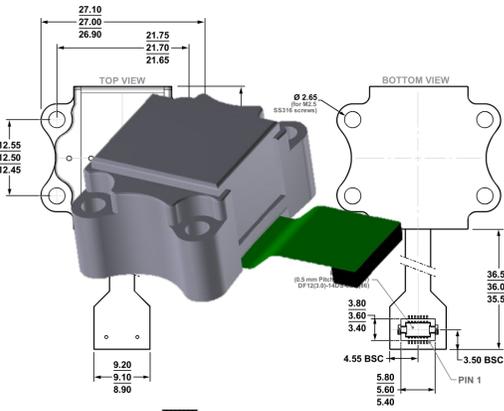


Die kleinste  
SMT IMU mit  
hoher Leistung  
der Welt

### CbM



# ADcmXL3021 kombiniert die Verarbeitung der Sensordaten in einem mechanisch optimierten Gehäuse

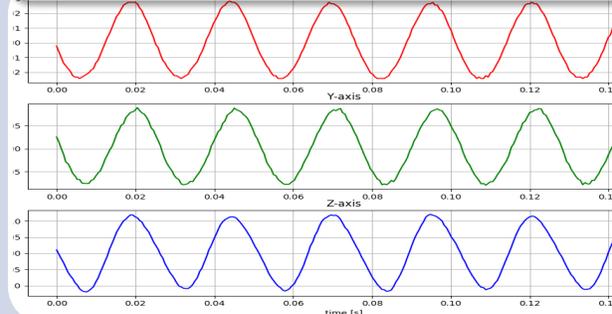


Mechanisch entworfen  
für eine natürliche  
Frequenz >50kHz

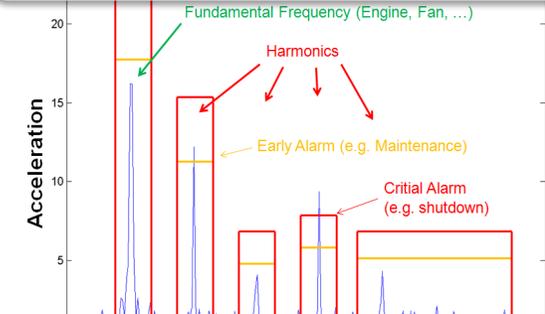
## ADcmXL3021 Highlights

- Dreiachsige Vibrationsmessung mit ADXL100x
- $\pm 50$  g Messbereich
- Große Bandbreite:
  - DC-10 kHz (innerhalb 5% Abweichung)
- Schnelle Abtastung bis zu 220 kSPS
- Anwender-konfigurierbar
- Externer Takt zur Synchronisation
- Unipolare Versorgung 3.0-3.6V
- Betriebstemperatur:  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+105^{\circ}\text{C}$

## Zeitdomänen Modi



## Frequenzdomänen Modi



## Eigenschaften

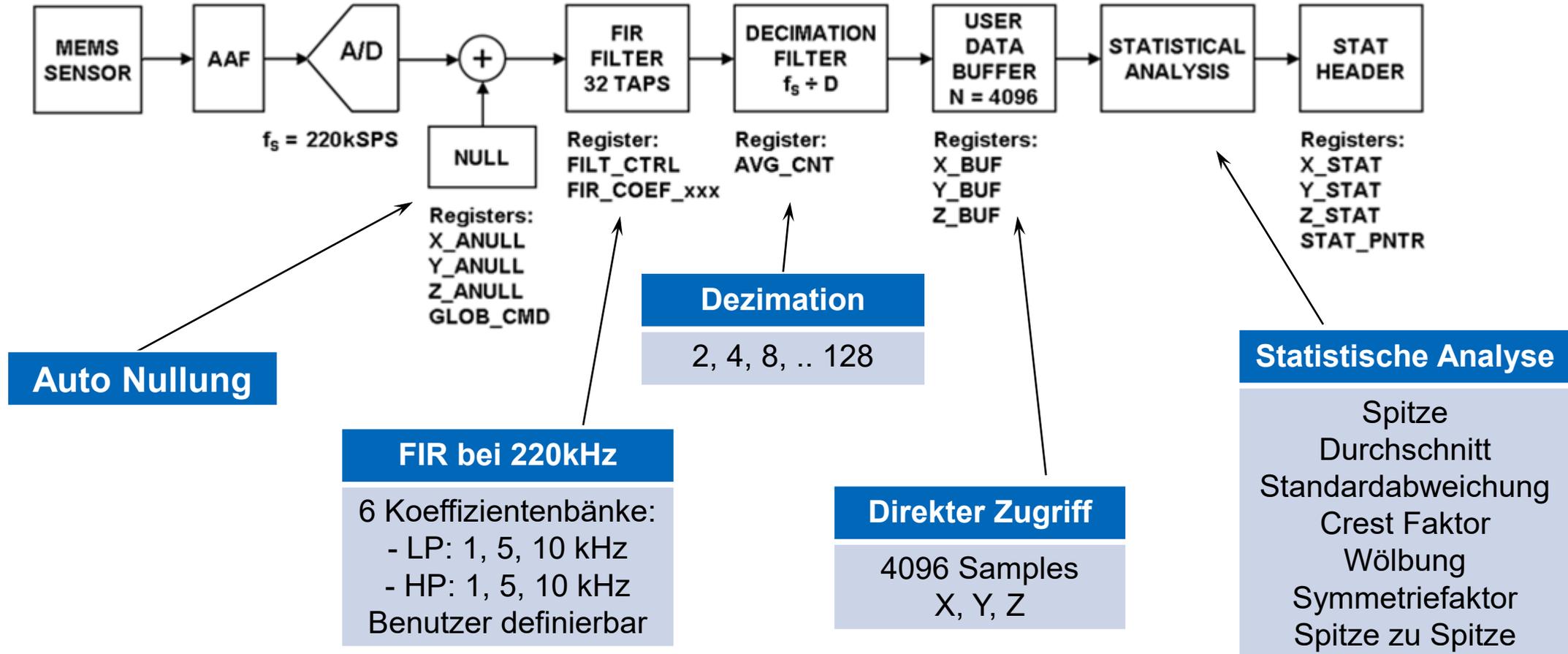
- Erfassung mit 220kSPS
- **Echtzeit Streaming**
  - Rohe, ungefilterte Daten
  - Ermöglicht kundenspezifische Weiterverarbeitung
- **Manuelle Zeitrastung**
  - Benutzer initiiert
  - gefiltert & dezimiert
  - Speichert 4096 Werte pro Achse
  - Berechnete statistische Werte

## Eigenschaften

- Erfassung mit 220kSPS
- **Manuelle FFT**
  - Benutzer initiierte Erfassung von 4096 Werten
  - gefiltert & dezimiert
  - Fenster & FFT Mittelwerte
  - konfigurierbare Spektralalarme & Interrupts
- **Automatische FFT**
  - Gleich wie manuelle FFT
  - Periodisch getriggert

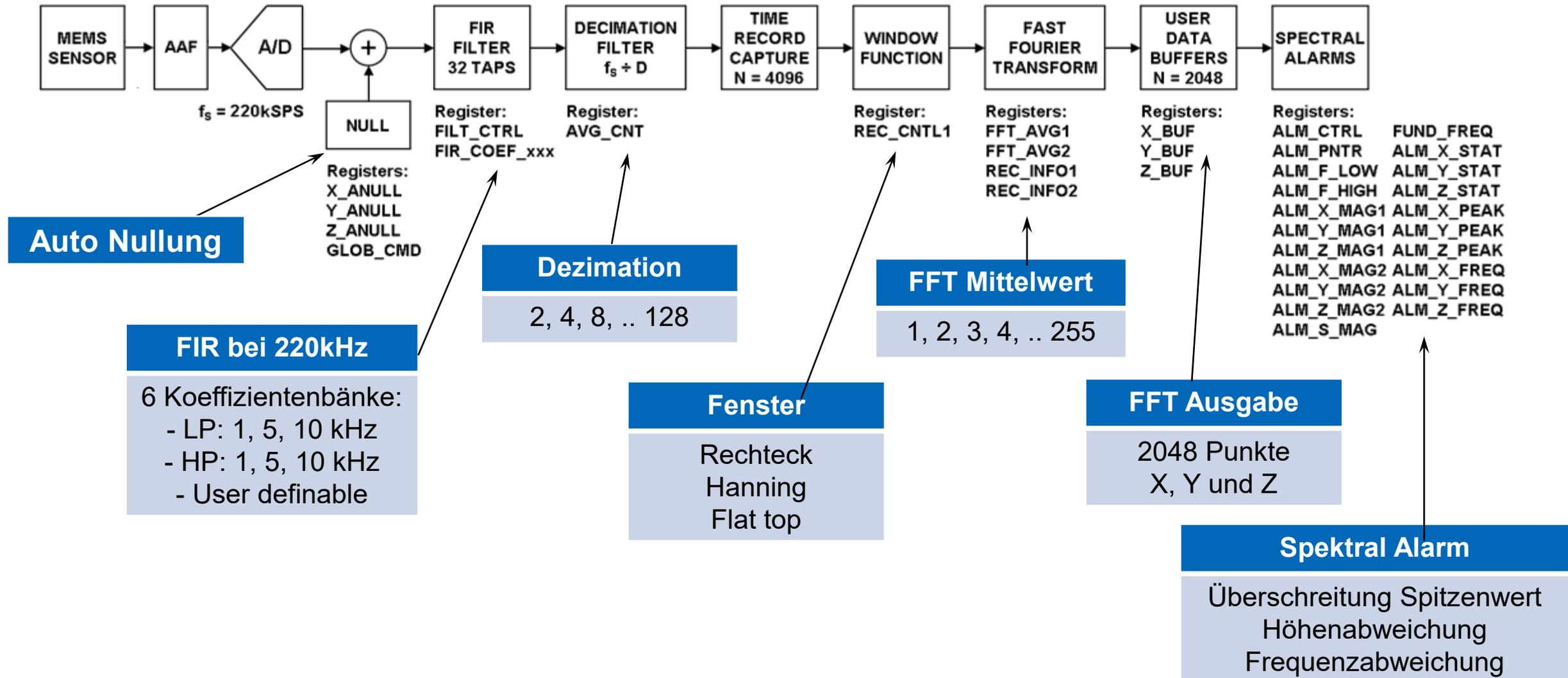
# ADcmXL3021

## Manuelle Zeit-Rastung



# ADcmXL3021

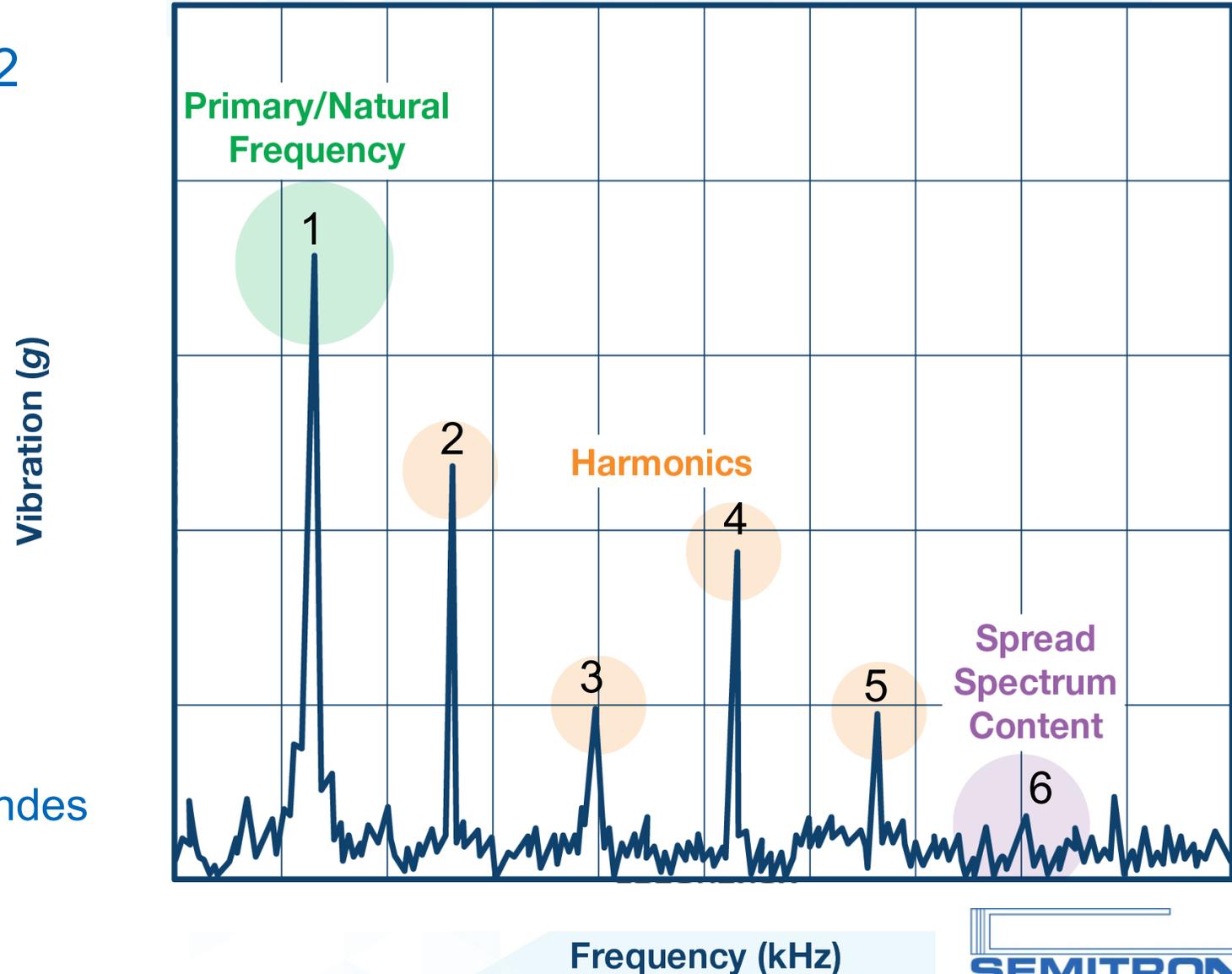
## FFT Darstellung



# ADcmXL3021

## Alarm Eigenschaften

- ▶ 2 Alarmstufen: Alarm1 und Alarm2
- ▶ Alarm Verzögerung
- ▶ Überschreitung der Spitze
  - Alarm beim Überschreiten des eingestellten Spitzenwertes
- ▶ Abweichung bei der Höhe
  - Alarm beim Überschreiten der Höhe
  - Alarm beim Unterschreiten der Höhe
- ▶ Abweichung bei der Frequenz
  - 6 verschiedene Bänder
  - Alarm bei Vibration außerhalb des Bandes



# Drahtlose MVP1 Plattform zur Erprobung beim Kunden & für die Entwicklung erhältlich

## Magnetische Befestigung/ Flanschmontage am Gehäuse

### Wireless MVP

Power Supply  
(Battery)

Accelerometer

MCU

ADuCM40  
+ SmartMe

ADXL10



Analog Devices Condition Based Monitoring Demonstrator

Enter Serial Port e.g. COM7

COM15

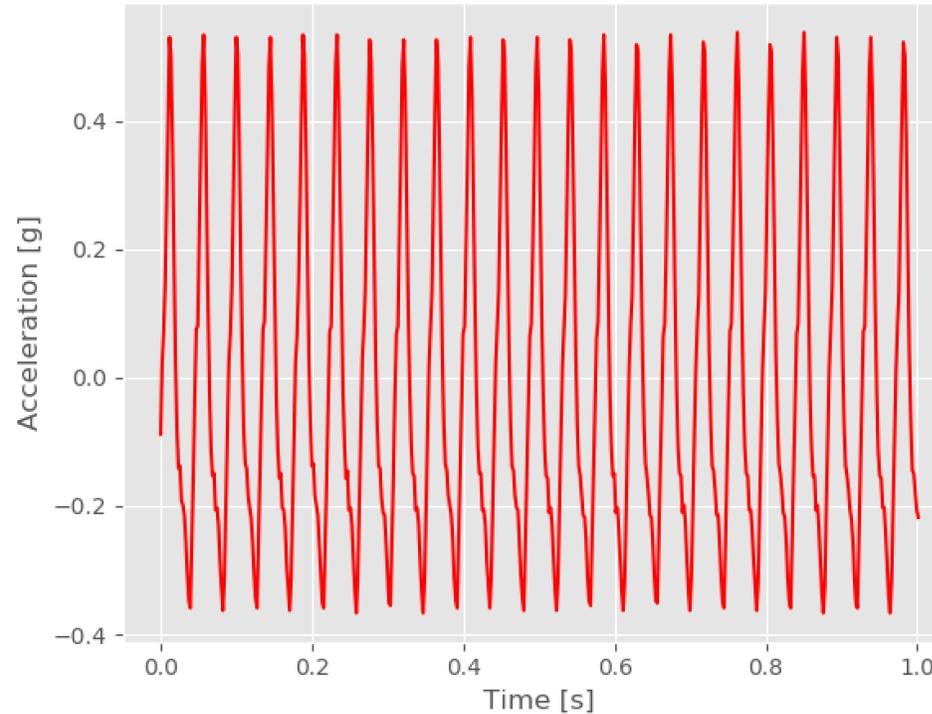
Connect

Disconnect

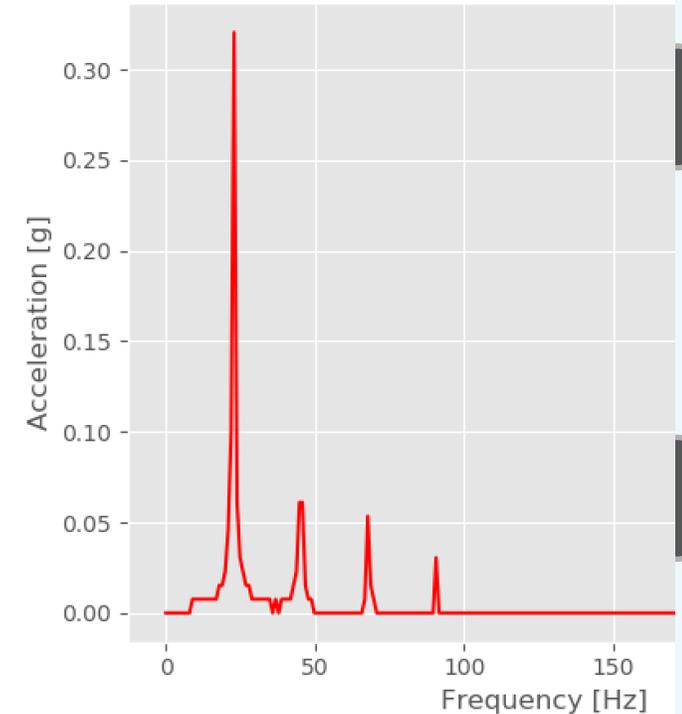
Remove ADC offset (only when static)



Time series #1

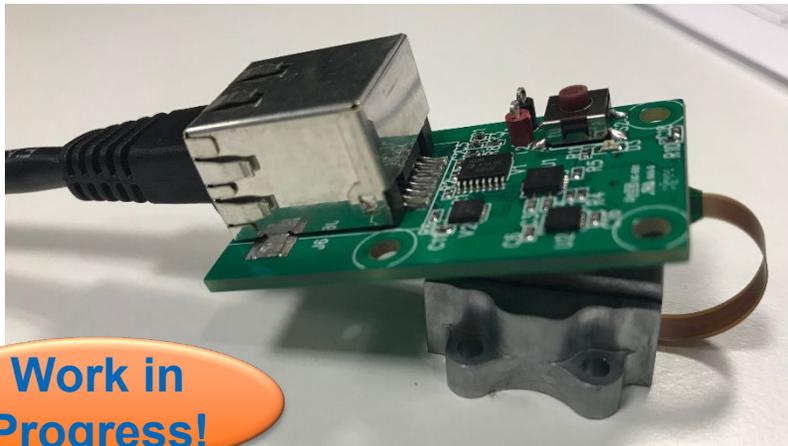
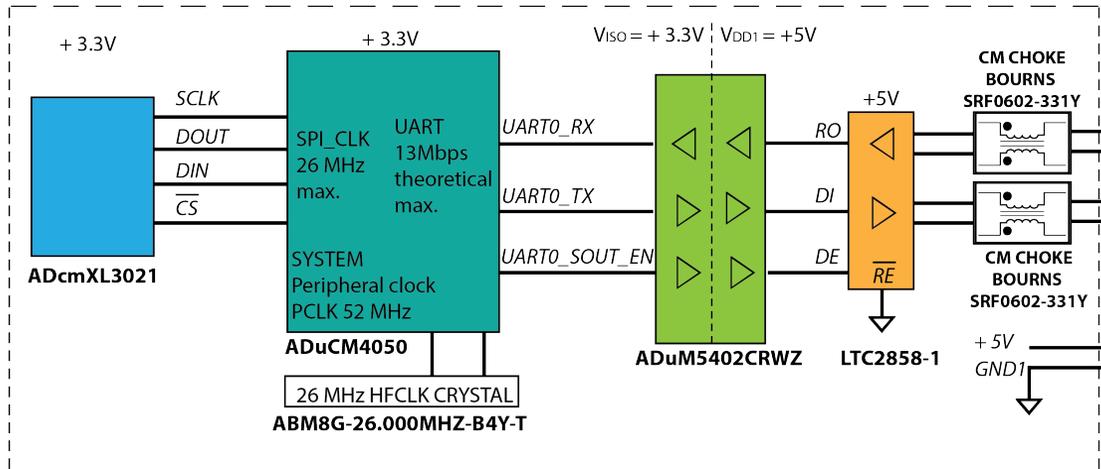


DFT, 1 Hz/bin



# Pioneer1 ist eine verkabelte Plattform zur Unterstützung von mechanischen Designs & industrieller Kommunikation – Schraubmontage

## Pioneer1 Verkabeltes System



Work in  
Progress!

### ADcmXL3021 Modul basiertes Design

- erleichtert Sensoranbringung & Signalketten Design

### RS-485 industrielle Schnittstelle

- Robustes Interface für industrielle Umgebungen
- bietet Rauschimmunität auch bei langen Kabeln
- Verschiedene Variationen verfügbar je nach System-Anforderungen & Kostenrahmen

### Software zur Entwicklung verfügbar

- Beinhaltet ADcmXL3021 Schnittstellen Treiber
- Zugriff auf den den separaten ADuCM4050 für kundenspezifische Protokolle & Anwendungen

### Mechanisches Schutzgehäuse

- IP67 Gehäuse integriert ADcmXL3021 & die umgebende Schaltung

# CbM geeignete MEMS & Module



# Sensor-Lösungen für CbM von Analog Devices

Part Number	Axis	Range (g)	Resonance (kHz)	Noise ( $\mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ )	Temp Range ( $^{\circ}\text{C}$ )
ADcmXL3021	3	50	21	26	-40 to +105
ADXL1001	1	100	21	30	-40 to +125
ADXL1002	1	50	21	25	-40 to +125
ADXL1003	1	200	28	45	-40 to +125
ADXL1004	1	500	45	125	-40 to +125
ADXL1005	1	100	42	75	-40 to +125
ADXL354	3	2,4 or 8	2.4	20	-40 to +125
ADXL356	3	40	5.5	80	-40 to +125
ADXL357*	3	40	5.5	80	-40 to +125
ADXL372	3	200	16	3.5(LSB)	-40 to +105
ADIS16228	3	18	5.5	248	-40 to +125

# Evalkits für CbM Sensoren von Analog Devices

ADcmXL3021	EVAL-ADCM Evaluation Kit for ADcmXL3021 Wide Bandwidth, Low Noise, Triaxial Vibration	
ADXL1001	EVAL-ADXL100X	ADXL1001/ADXL1002 Evaluation Board
ADXL1002	EVAL-ADXL100X	ADXL1001/ADXL1002 Evaluation Board
ADXL1003	EVAL-ADXL1003	ADXL1003 Evaluation Board
ADXL1004	EVAL-ADXL1004	ADXL1004 Evaluation Board
ADXL1005	EVAL-ADXL1005	ADXL1005 Evaluation Board
ADXL354	EVAL-ADXL35X	ADXL354 Breakout Board
ADXL356	EVAL-ADXL35X	ADXL356 Breakout Board
ADXL357*	EVAL-ADXL35X	ADXL357 Breakout Board
ADXL372	EVAL-ADXL372Z	Ultralow Power, $\pm 200$ g Digital Accelerometer Breakout Board
	EVAL-ADXL372Z-M	ADXL372 Evaluation Board
ADIS16228	EVAL-ADXL372-ARDZ	Micropower, 3-Axis $\pm 200$ g Digital Output MEMS Arduino Shield
	EVAL-ADIS2	ADIS2 Evaluation System
	ADIS16ACL1/PCB	ADIS16 Breakout Board

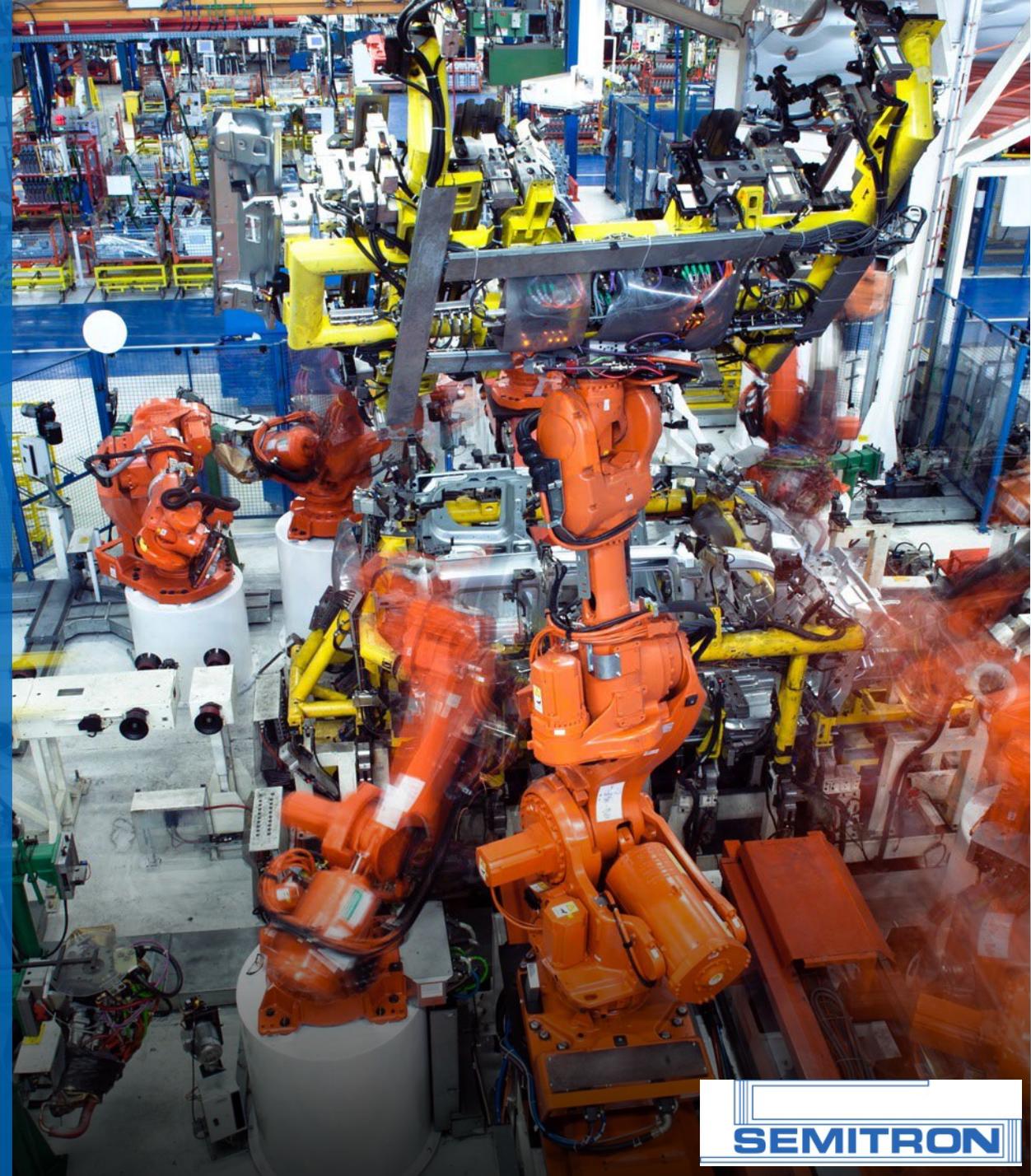


AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

# KI-getriebene Erkennung von Geräusch & Vibration an der Außenseite\* mit OtoSense

**\*Edge**

FÜR PROAKTIVE WARTUNG UND DIAGNOSE



SEMITRON

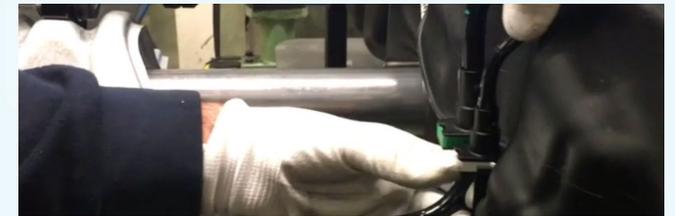
Otosense ist eine **KI-basierte Plattform** zur **Auswertung von Geräusch oder Vibration** an der **Außenseite\***, in **Echtzeit, Offline.**

\* Edge

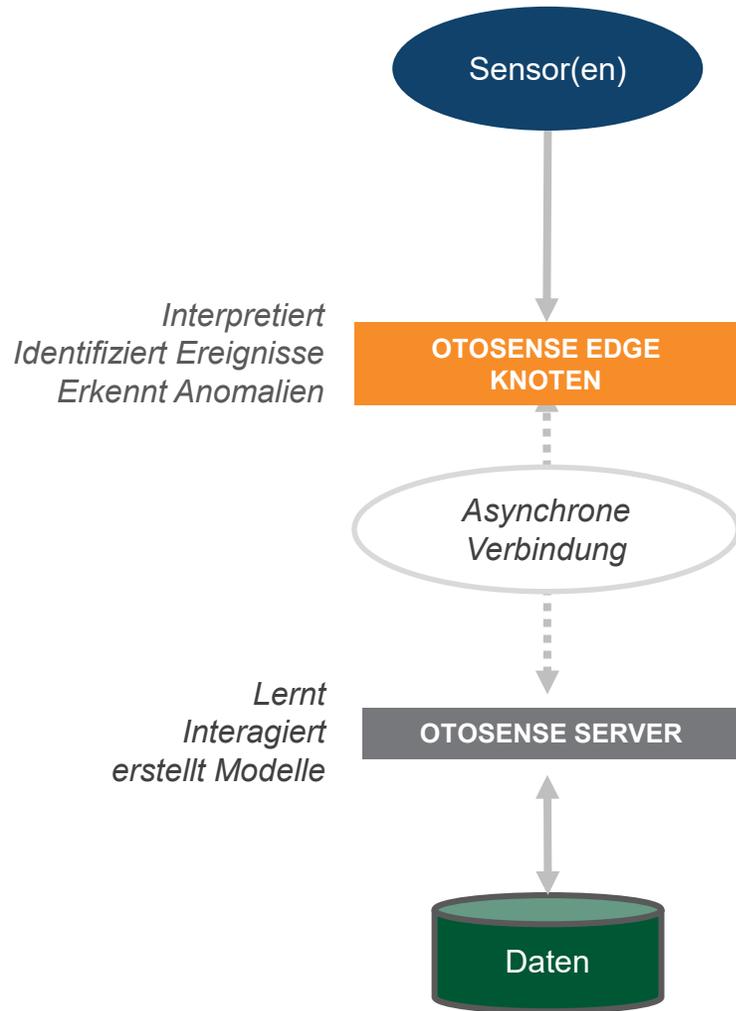
- **Reaktive, proaktive und vorhersagbare Wartung**
- **Fehlerdiagnose**
- **Qualitätssicherung und Qualitätsprüfung in der Produktion**

## HAUPTANWENDUNGSGEBIETE STAND HEUTE

- **Luftfahrt**
  - Flugzeugwartung (APU, Klappen, Starter)
  - Testfluganalyse und Qualitätssicherung
  - CVR automatisierte Protokollierung
- **Industrie**
  - Globale Überwachung großer Anlagegüter: Presse, Fließband, Roboter...
  - Fokussierte Überwachung kritischer Komponenten: Pumpe, Ventil, Unterbrecher, Ventilator, Lager, Turbine
  - Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle in Produktion/Montage
- **Automobil**
  - Federung, Bremsen, Reifen, Auspuff, Turbo
  - Umwelt (Sirene) und Fahrgastraum Ereigniserkennung für AV



# Was macht OtoSense einzigartig?



**BELIEBIGE KONTAKT/ KONTAKTLOSE VIBRATIONS ODER GERÄUSCH SENSOREN**  
*Any sensor acquiring sound or vibrations: microphone, accelerometer, pressure, motion*

**ECHTZEIT KONTINUIERLICHE ÜBERWACHUNG, LÜCKENLOSE SIGNALANALYSE**  
*Stationary and transient events – clicks or squeaks as well as hums or whistles*

**ECHTE EREIGNISERKENNUNG AN DER AUSSENSEITE, KEINE VERBINDUNG NÖTIG**  
*No network needed – Event Recognition is performed on a single edge processor*

**KUMULATIVES LERNEN, WACHSENDES WISSEN ÜBER DIE ZEIT**  
*Each recognition, each interaction can add to the system's knowledge*

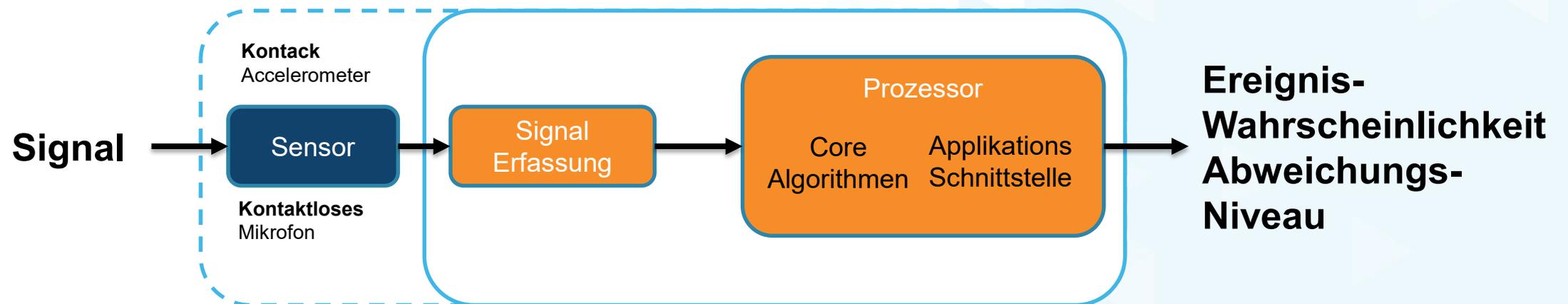
**INTUITIVE ENTWICKLUNGS- UND TEST PLATTFORM: OTOSENSE ENTWICKLUNGSKIT**  
*Fast recognition model design and simulation toolkit*

**KLARE DATEN-BESITZRECHTE UND FAIRE WERTSCHÖPFUNG**  
*Data belong to users, period. Agreed-on use of derived knowledge comes with incentives*

# OtoSense Edge Knoten

- ▶ **Führt kontinuierlich in Echtzeit Ereigniserkennung und Unterscheidung vor Ort durch**
- ▶ **Software optimiert für ADI DSPs**
  - Blackfin BF7xx Series
  - Sharc
- ▶ **Portierbarer Code erlaubt die Anwendung auf anderen Prozessoren**
  - 30 MHz CPU pro Sensor
  - 1 MB RAM pro Sensor

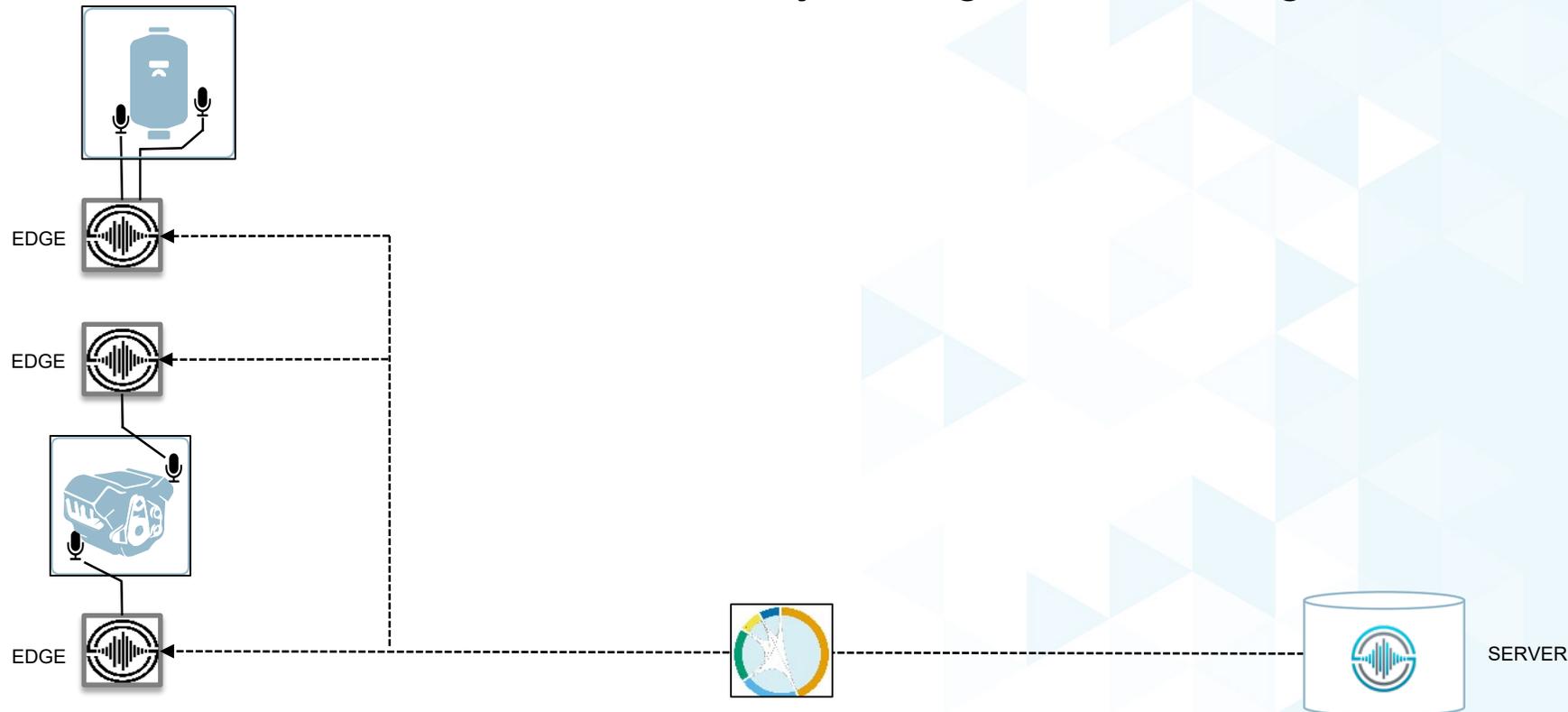
- ▶ **Erhältlich von reiner Software bis hin zum schlüsselfertigen Gerät**
  - OtoSense Edge Software (OES)
  - Optimierte OES auf ADI DSP
  - OES + DSP als gebrauchsfertige Plattform
  - komplette Lösung in IP67 zur Echtzeit-Überwachung
  - Komplettelösung im autonomen Handgerät für Diagnose-Anwendungen



# Installation und Entwicklungsprozess

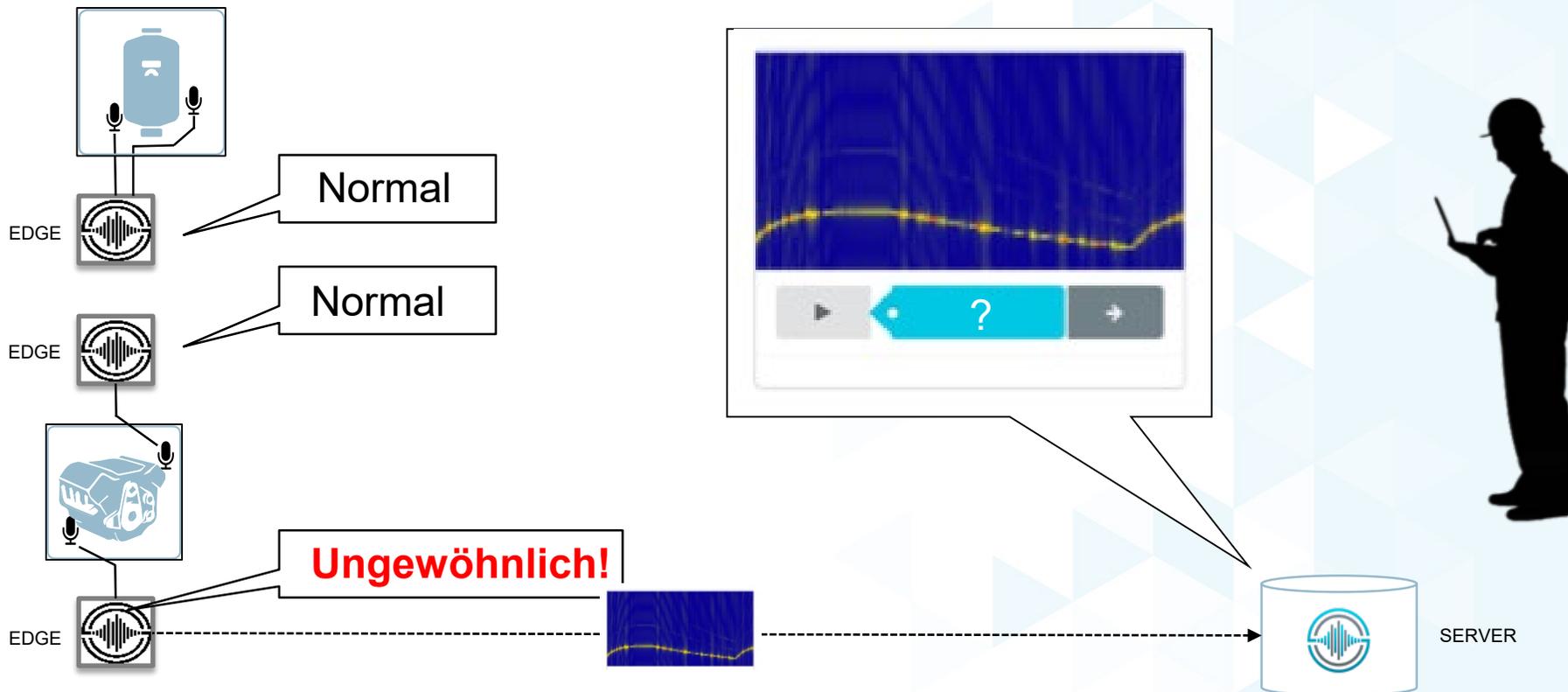
## 1. Initiale Lernphase

- ▶ Der Server erstellt ein initiales Unterscheidungsmodell zur Erkennung von Anomalien
- ▶ Dieses Initialmodell wird an die Edge Device überspielt
- ▶ Devices können jetzt ungewöhnliche Signale erkennen



# Installation and Entwicklungsprozess

2. Adaptive Learning
- ▶ Wenn ein Device ungewöhnliche Geräusche/Vibrationen erkennt, sendet es diese an den Server
  - ▶ Der Server fragt die Experten, was dieses Ereignis ist



3. Schnellere Alternative, wenn Ereignisse vom Zielsystem eingespeist werden können:

- Experten zeigen direkt die Ereignisse auf einer Geräusch-/Vibrationskarte auf
- Ereigniserkennung und Modelle zur Unterscheidung werden zu den Edge Devices geschickt

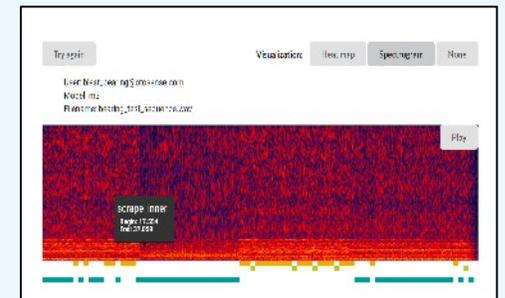
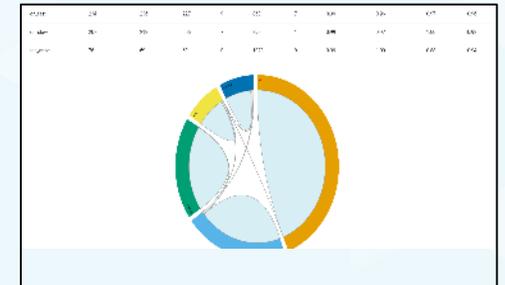
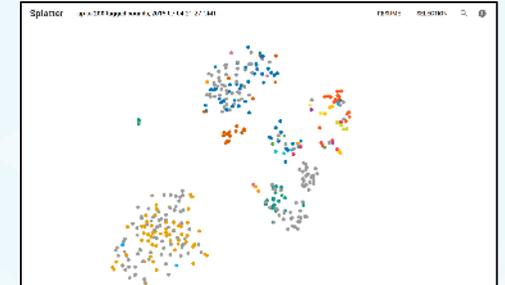


# Wie erprobt man OtoSense?

## ERSTER SCHRITT: DIE 2-STUNDEN ERPROBUNG

**Prüfen Sie OtoSense Leistungen mit einem gegebenen Anwendungsfall auf der Online Plattform mit Bausteinsimulation:**

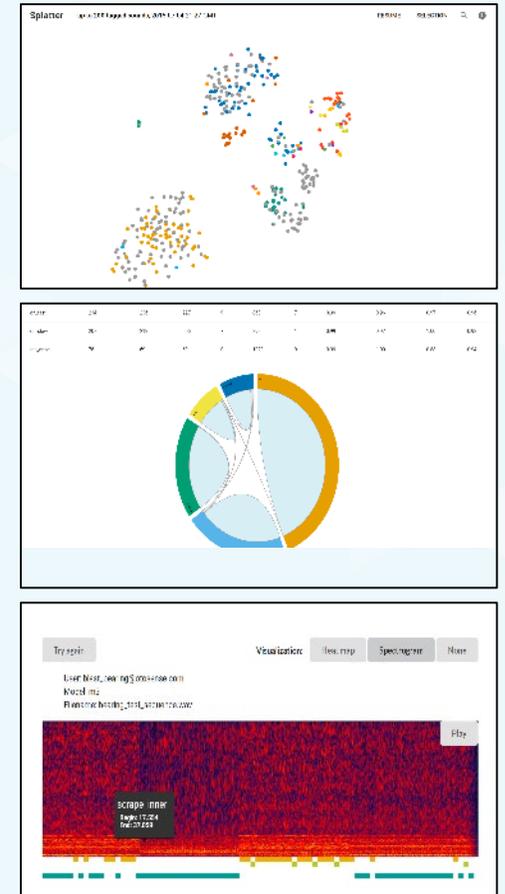
- ❑ Aufnahme einiger Geräusche/Vibrationen mit bestehenden Sensoren oder Leihensensoren
- ❑ Ihre Geräusche/Vibrationen werden in die KI Plattform eingespeist
- ❑ Modelle zur Anomalie-Erkennung und/oder Ereignis-Erfassung werden erstellt
- ❑ Laden Sie nicht zum Lernen benutzte Testdaten hoch, mit einer Kombination von Ereignissen und/oder Anomalien, und sehen Sie zu, während diese erkannt werden.
- ❑ Statistikmodelle der Leistung und simulierte Geräteausgaben zeigen genau, welche Leistung zu erwarten ist.



## ZWEITER SCHRITT: EIN 2-TAGE PILOTVERSUCH

### Bestätigung der Versuchsergebnisse mit einem System vor Ort in einem 2tägigen Pilotversuch:

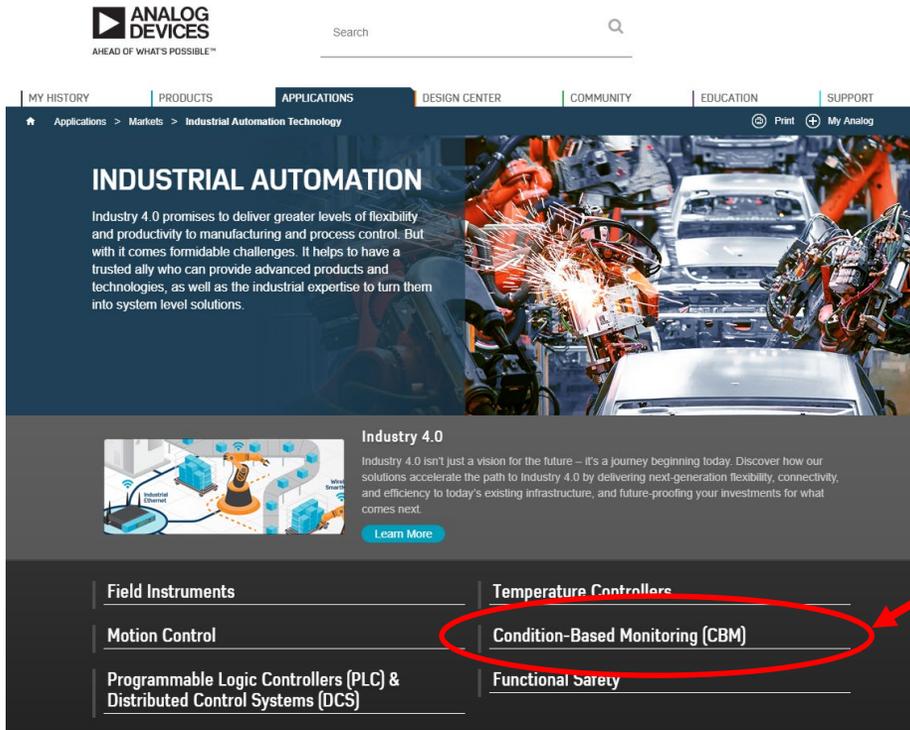
- ❑ Unser Team kommt mit einer Auswahl von Sensoren, Edge Devices, einem standalone Server und installiert das ganze System. Keine Internetverbindung nötig, nur Stromanschluss.
- ❑ Das OtoSense System durchläuft einen mehrstündigen Lernzyklus und erstellt initiale Modelle. Der Live Ausgang der Geräte ist direkt zugänglich.
- ❑ Das Team erstellt einen Bericht mit Details zu Installation und Ergebnis
- ❑ Fragen zur Langzeitinstallation werden angesprochen: Sensoren, Edge Devices, Serverintegration, Benachrichtigungssystem, Datenmanagement
- ❑ Wenn das Team abreist, haben Sie das System live arbeiten sehen, und der weitere Weg ist aufgezeigt worden.



- ▶ Analog Devices hat eine auf CbM Lösungen spezialisierte Gruppe
- ▶ Das MEMS Team ist für die Entwicklung von CbM Sensoren zuständig
- ▶ Das Emerging Markets Team ist fokussiert auf CbM Lösungen/Partnerschaft mit Dritten
- ▶ Die Wandler Gruppe arbeitet an PZT Signalketten
- ▶ Analog Devices akquirierte den CbM Algorithmen Spezialisten OtoSense
- ▶ Analog Devices sind Erster auf dem Markt mit MEMS CbM Accelerometern, die PZT Accelerometern tatsächlich Konkurrenz machen

# Weiteres zum Thema CbM

- ▶ [CbM Broschüre](#)
- ▶ [CbM Startseite](#)
- ▶ [MEMS Accelerometer für Zustandsüberwachung](#)
- ▶ [Verwendung von MEMS Accelerometern zur Zustandsüberwachung](#)
- ▶ [Elusive Tones: Aliasing Effects in Digital MEMS Accelerometers in Condition Monitoring](#)
- ▶ [Vibrationsgleichrichtung in MEMS Accelerometern](#)
- ▶ [MEMS Vibrationserfassung: Geschwindigkeit zu Beschleunigung](#)
- ▶ [Eingebaute Intelligenz und Kommunikation für zuverlässige, kontinuierliche Vibrationsüberwachung](#)



MY HISTORY | PRODUCTS | APPLICATIONS | DESIGN CENTER | COMMUNITY | EDUCATION | SUPPORT

## INDUSTRIAL AUTOMATION

Industry 4.0 promises to deliver greater levels of flexibility and productivity to manufacturing and process control. But with it comes formidable challenges. It helps to have a trusted ally who can provide advanced products and technologies, as well as the industrial expertise to turn them into system level solutions.

### Industry 4.0

Industry 4.0 isn't just a vision for the future – it's a journey beginning today. Discover how our solutions accelerate the path to Industry 4.0 by delivering next-generation flexibility, connectivity, and efficiency to today's existing infrastructure, and future-proofing your investments for what comes next.

[Learn More](#)

- Field Instruments
- Motion Control
- Programmable Logic Controllers (PLC) & Distributed Control Systems (DCS)
- Temperature Controllers
- Condition-Based Monitoring (CBM)**
- Functional Safety

[CbM Webseite](#)

Signalketten  
&  
empfohlene  
Bausteine

Material  
&  
Applikations  
Noten

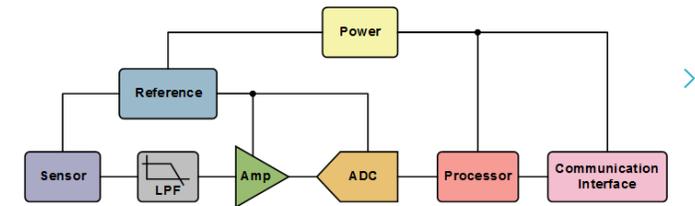
### Signal Chains [2]

- Wired Industrial Interface
- Wireless for Industrial IoT

[See Less](#)

### Wired Industrial Interface 1 of 2

[< Prev](#) | [Next >](#) Click on a part in the diagram below



### Latest Resources

Solutions Bulletins & Brochures  
[Next Generation Condition-Based Monitoring](#)

Solutions Bulletins & Brochures  
[Technologies and Applications for the Internet of Things](#)

Technical Articles  
[What You Need to Know About MEMS Accelerometers for Condition Monitoring](#)



Das war unser Webinar

# Zustandsbasierte Anlagenüberwachung

Joachim Baumm, FAE Semitron

*Vielen Dank!  
Fragen?*



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

