



## *Störungs- und Wartungsvorhersage mit KI*

DDI Dr. Andreas Kuhn

**ANDATA**

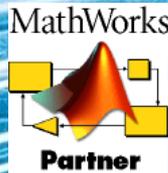
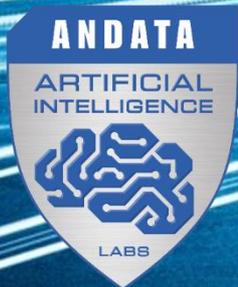
1.2.2024, Amstetten



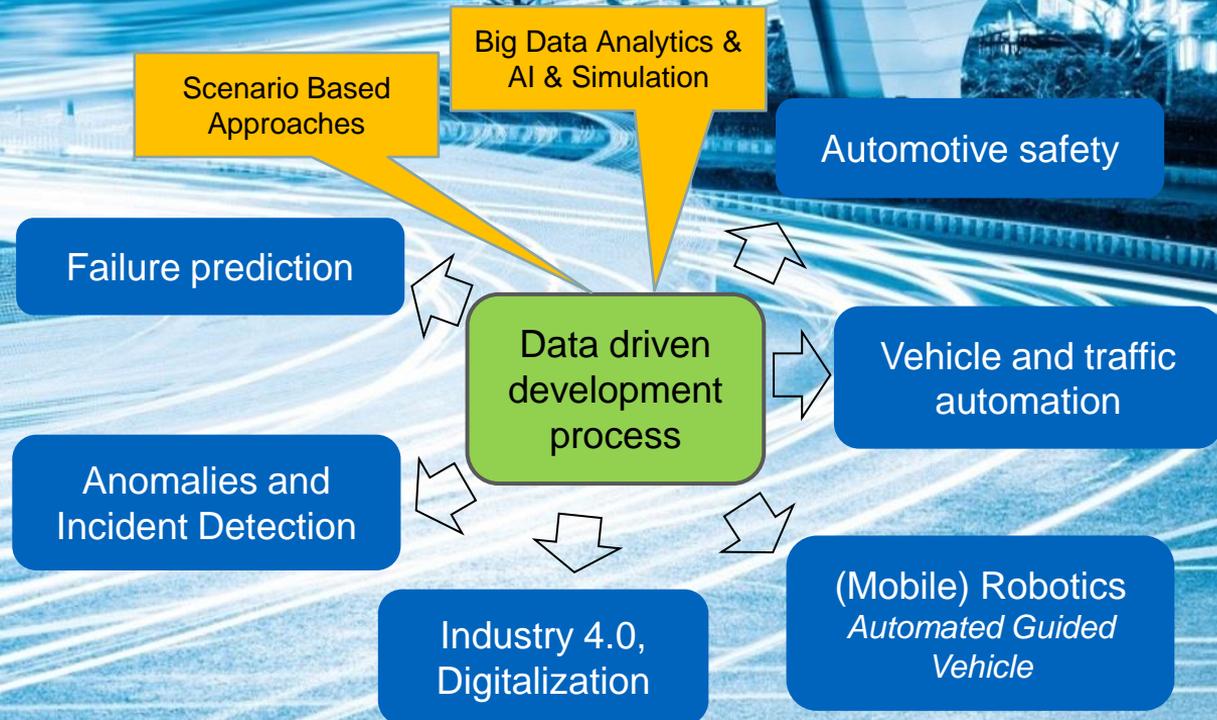
WIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH

## Fields of Competence

- Artificial Intelligence
- Data Mining
- Big Data Analytics
- Modeling and simulation
- Predictive Model based Control
- Distributed Control
- Signal Classification
- Swarm Intelligence
- (Embedded) Software
- Decision Support Systems
- Stochastic Simulation
- Scenario Management
- Robustness and Complexity Management



since 2004

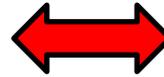


- What are the necessary sensors for a valid (automated) decision?
- What can be done with a given set of sensors?

# Herausforderungen bei Predictive Maintenance und KI allgemein

- zu viele Daten
- zu viele Sensoren
- oversized Server/Cloud

Kosten



Benefits

- zu wenige oder falsche Daten

- zu geringe Erkennungsraten
- nicht ausreichend Nutzen



Komplexität der Ingenieuraufgabe



- zu viele Falschalarme
- Fehlende Nutzer-Akkzeptanz

Anforderungsdefinition

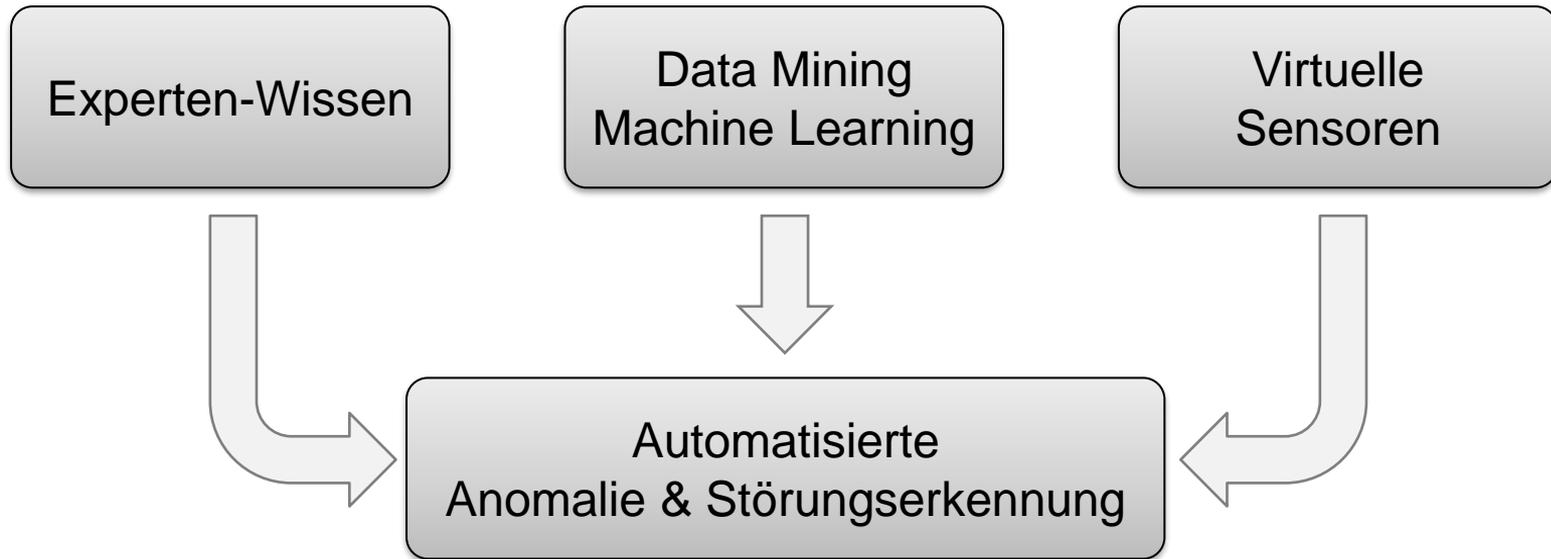
Quantifizierung von Kosten/Nutzen

Design Konzept

Lernende Systeme

## Methoden und Ansätze für „Predictive Maintenance“

Welche Kriterien / Sensor-Signale / Informationen sollen verwendet werden?

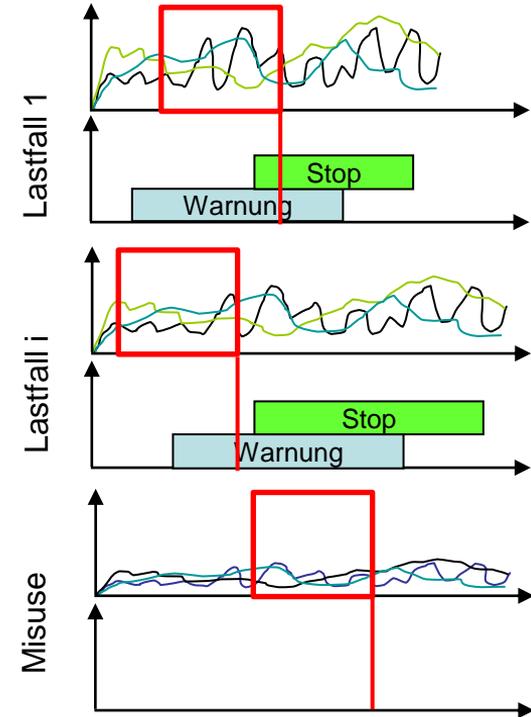
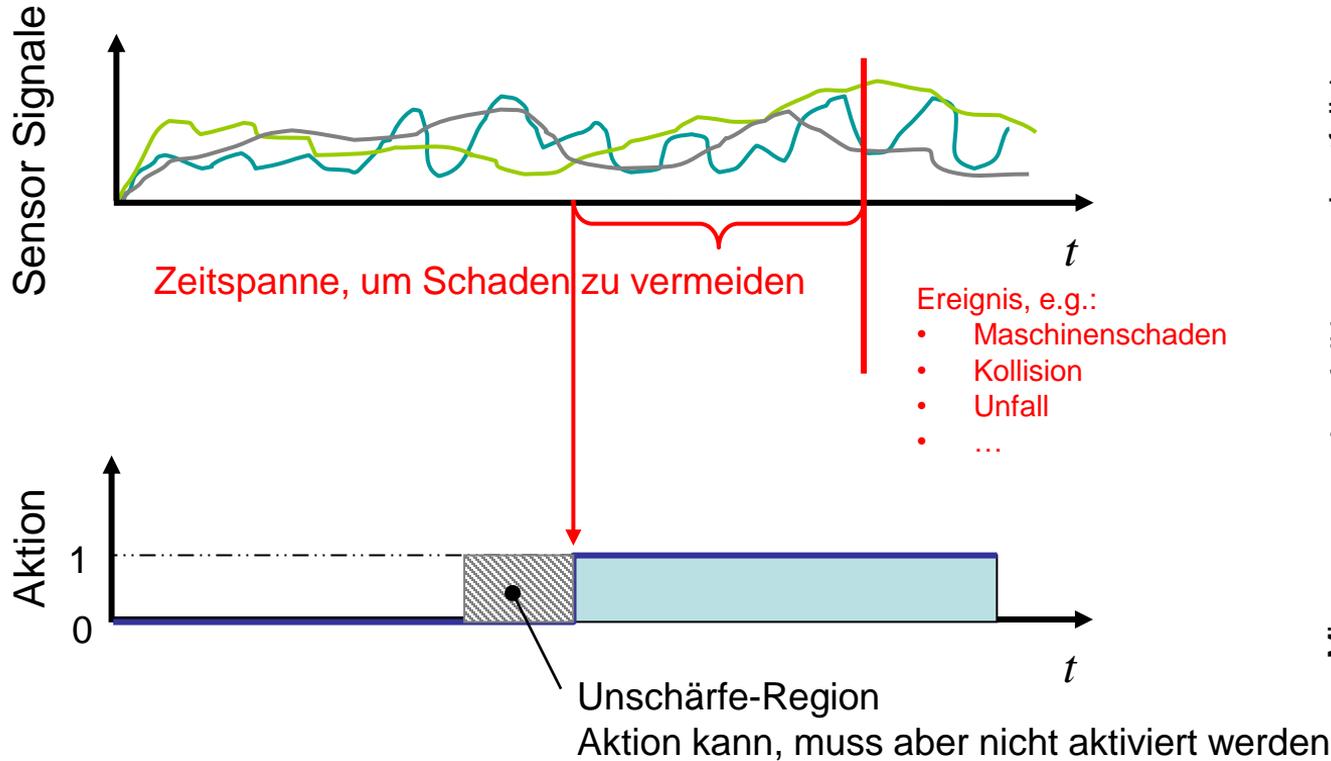


## *PM Kriterien mittels Expertenwissen*

1. Identifikation/Definition von der Einfluss-Parametern
  - Last-Kollektive
  - Maximale Lasten
  - Last-Typen
  - Betriebs- und Umweltbedingungen
  - ..
2. Defintion der Kriterien
3. Kalibrierung der Kriterien und Schwellwerte
4. Adaption auf Basis der Erfahrungen im Betrieb
  - systematische Betriebsdaten-Erfassung
  - ...



# Evaluierung der Wartungspunkte mit Machine Learning



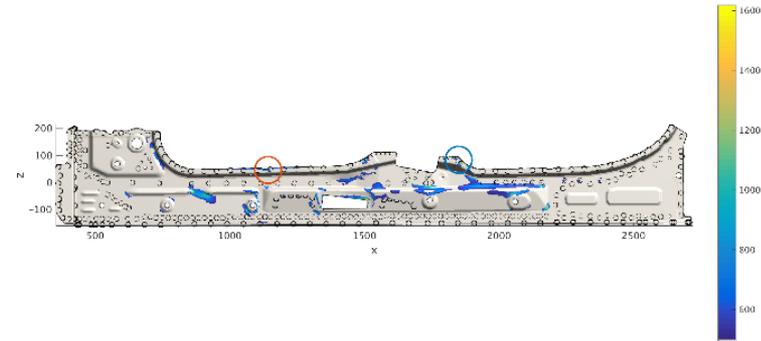
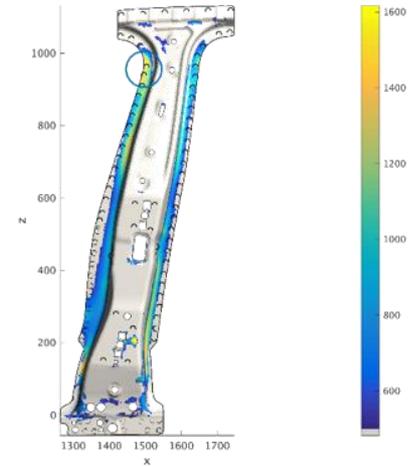
....

## Beispiel für Virtuelle Sensoren

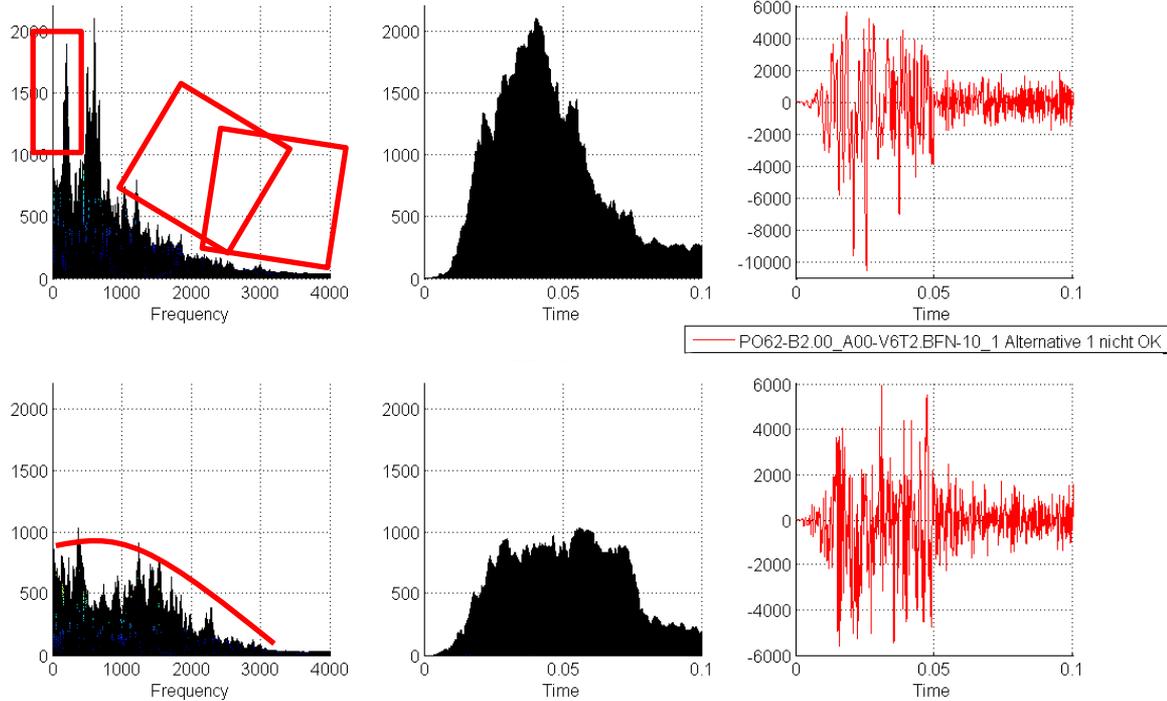
Messung von nicht oder nur sehr teuer messbaren Größen

Durch indirekte Messung

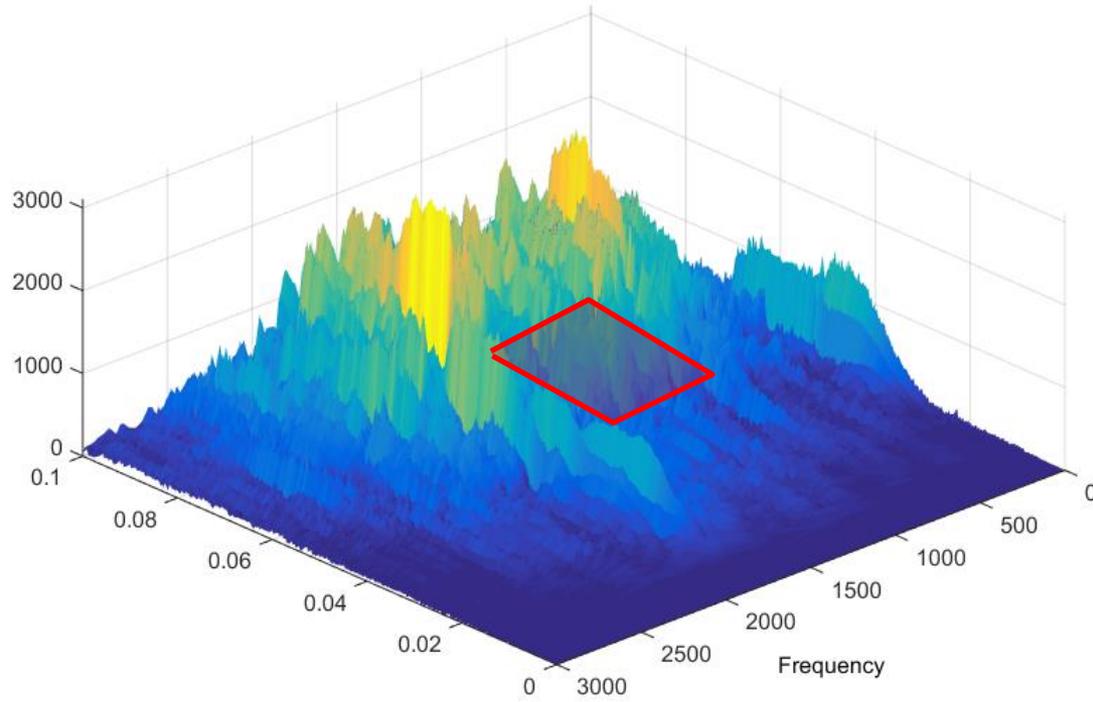
- Berechnung der Reserven in Simulationen
  - Haltbarkeit und Schädigung
  - Maximale Betriebslasten
  - ...
- Auswertung von Test (z.B. Abnahme-Tests)
  - mit umfassender Sensorik
  - ...
- Entwicklung virtueller Sensoren
  - Stochastische Simulation
  - Machine Learning



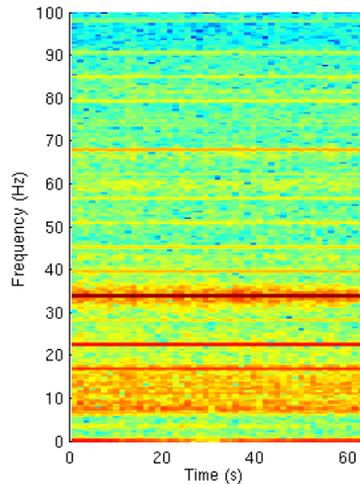
# Beispiel Daten-Plausibilisierung FFT



## Beispiel Datenplausibilisierung Moving-FFT



# Beispiel DatenPlausibilisierung Spectrogramm

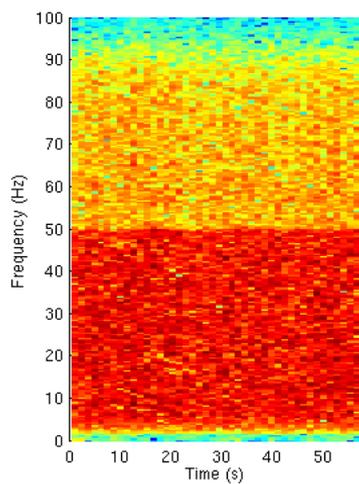


**IDLE**

(engine idle)

~ 64 seconds

$\Delta t = 0.005$  s

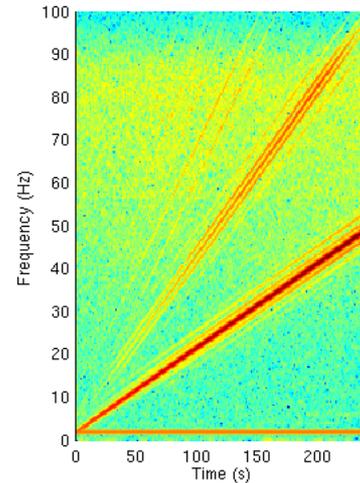


**ROAD**

(proving ground track)

~ 60 seconds

$\Delta t = 0.005$  s



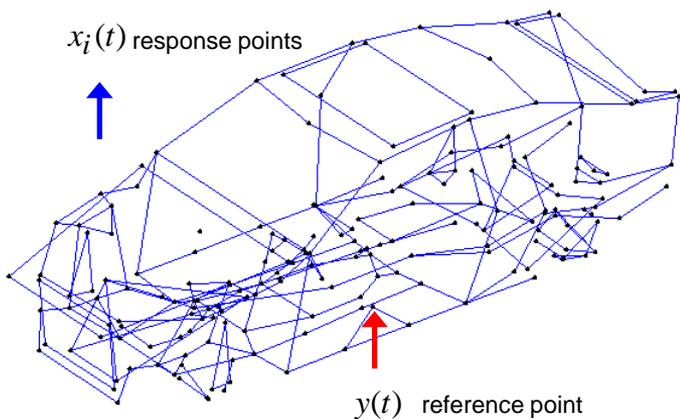
**TORSION**

(sine-sweep on hydraulic jacks)

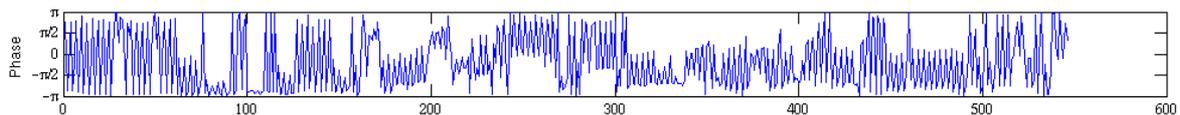
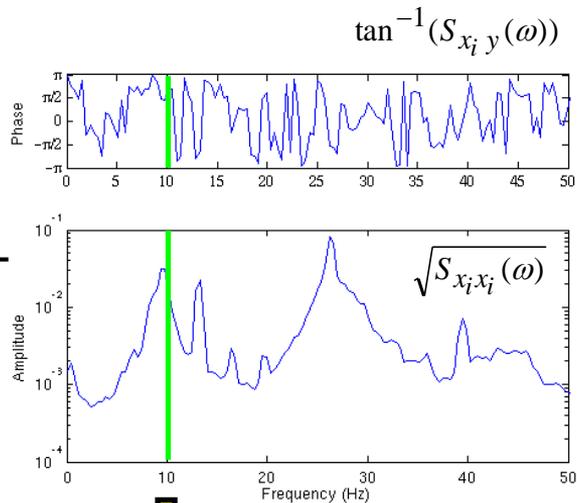
~ 245 seconds

$\Delta t = 0.005$  s

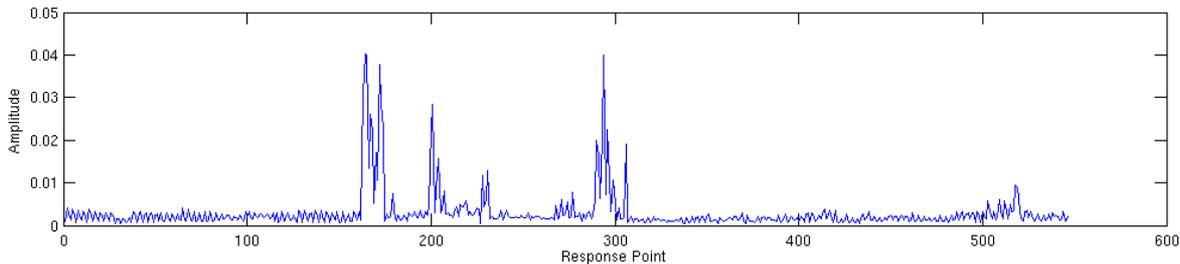
# ODS Background



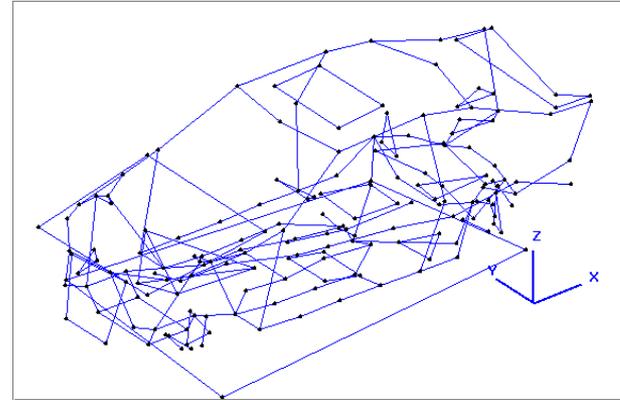
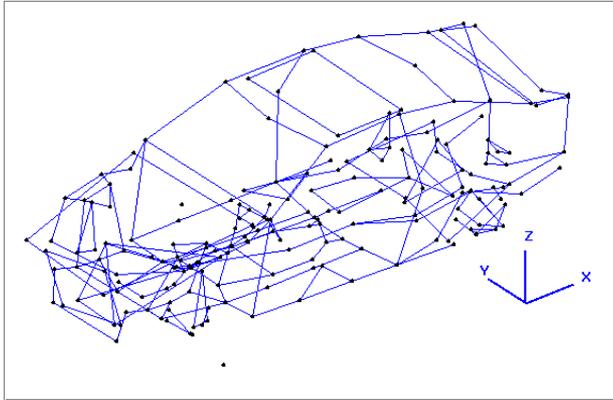
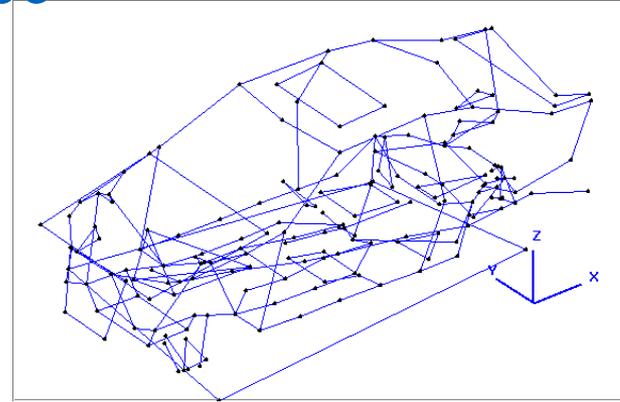
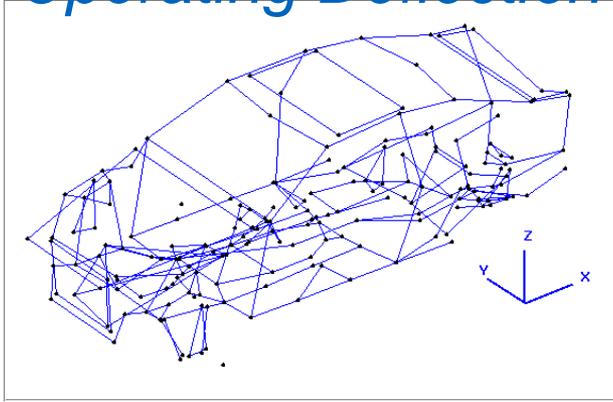
FFT



ODS  
(at given  $\omega$ )



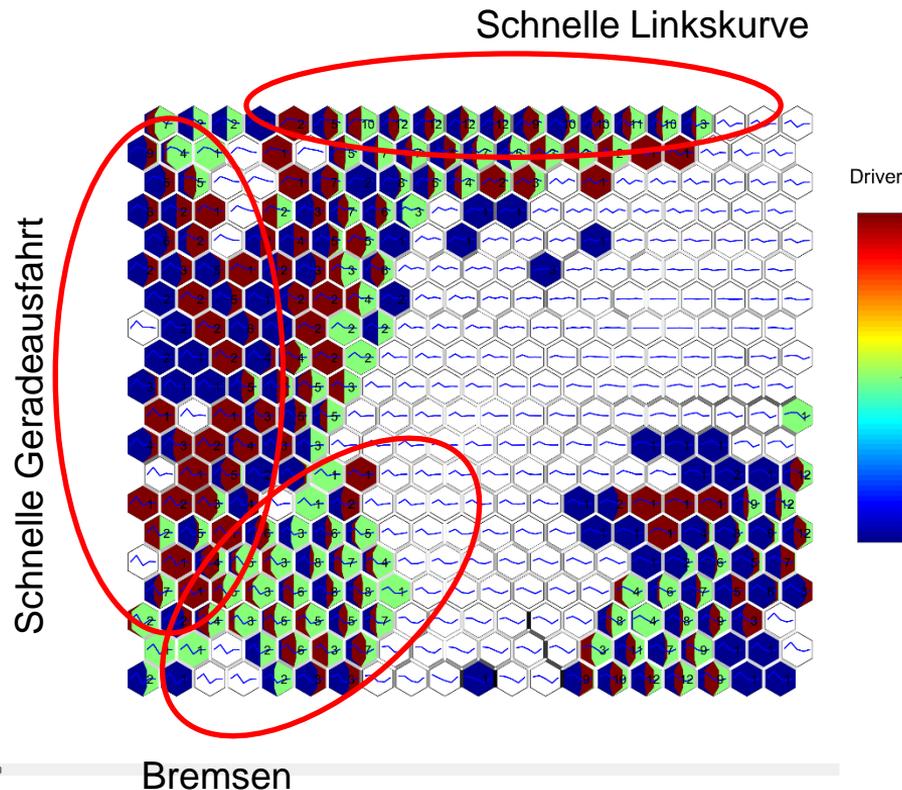
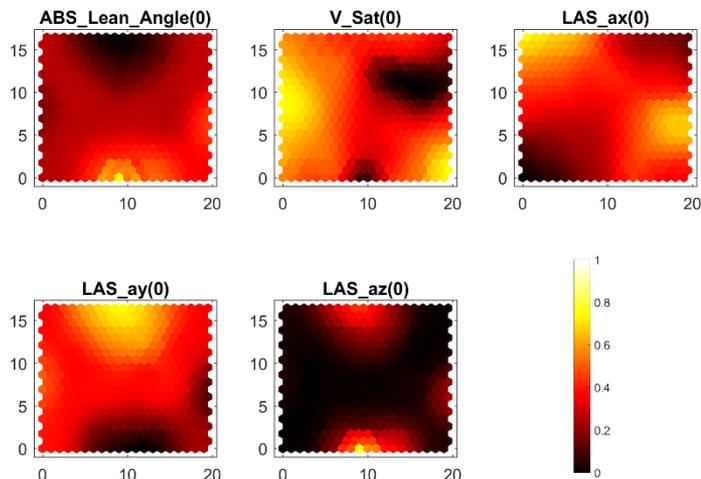
# ODS Operating Deflection Shape



# Prognosemodelle – Beispiel für Nutzerprofile / Lastkollektive

Gegenüberstellung der Fahrer

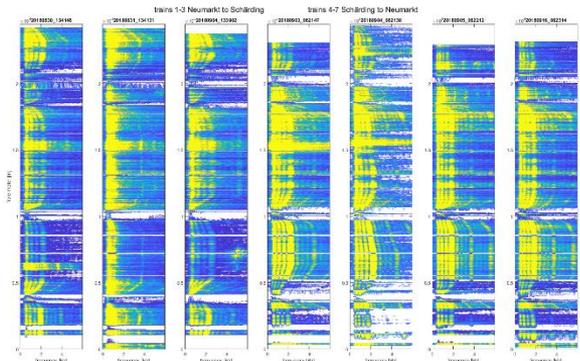
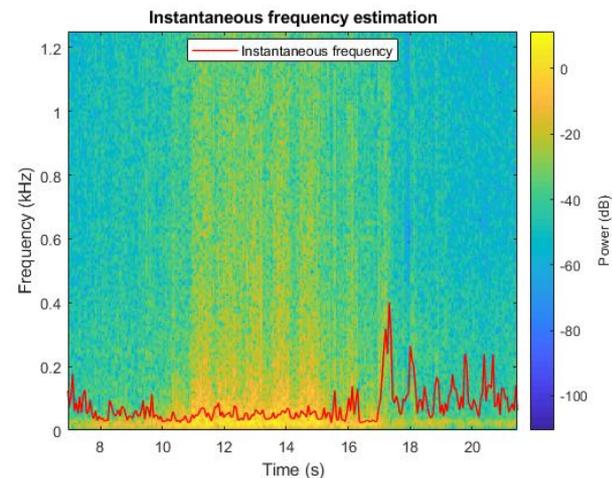
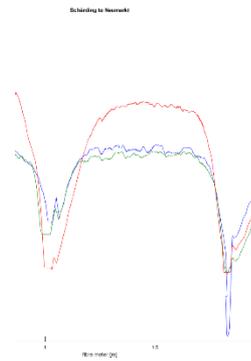
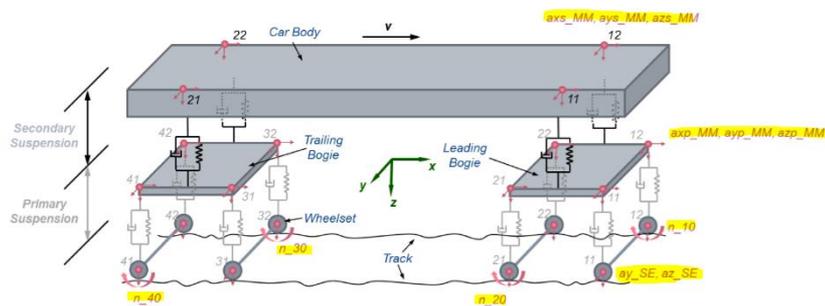
- Fahrer X fährt mit geringerer Geschwindigkeit und bremst häufiger
- Fahrer Y fährt Kurve am aggressivsten
- Fahrer Z schnell auf Geraden



Model: 4 - sofrm - 20

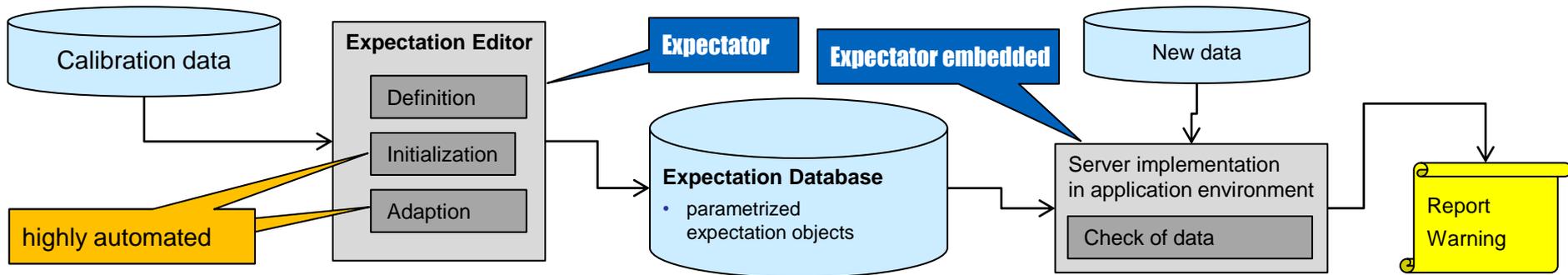
# Weitere Beispiele

- Shredder
- Zug-Fahrgestelle
- Detection of rock fall and rail breaks by Distributed Accoustic Sensing (DAS)
- Test-Maschinen
- ...

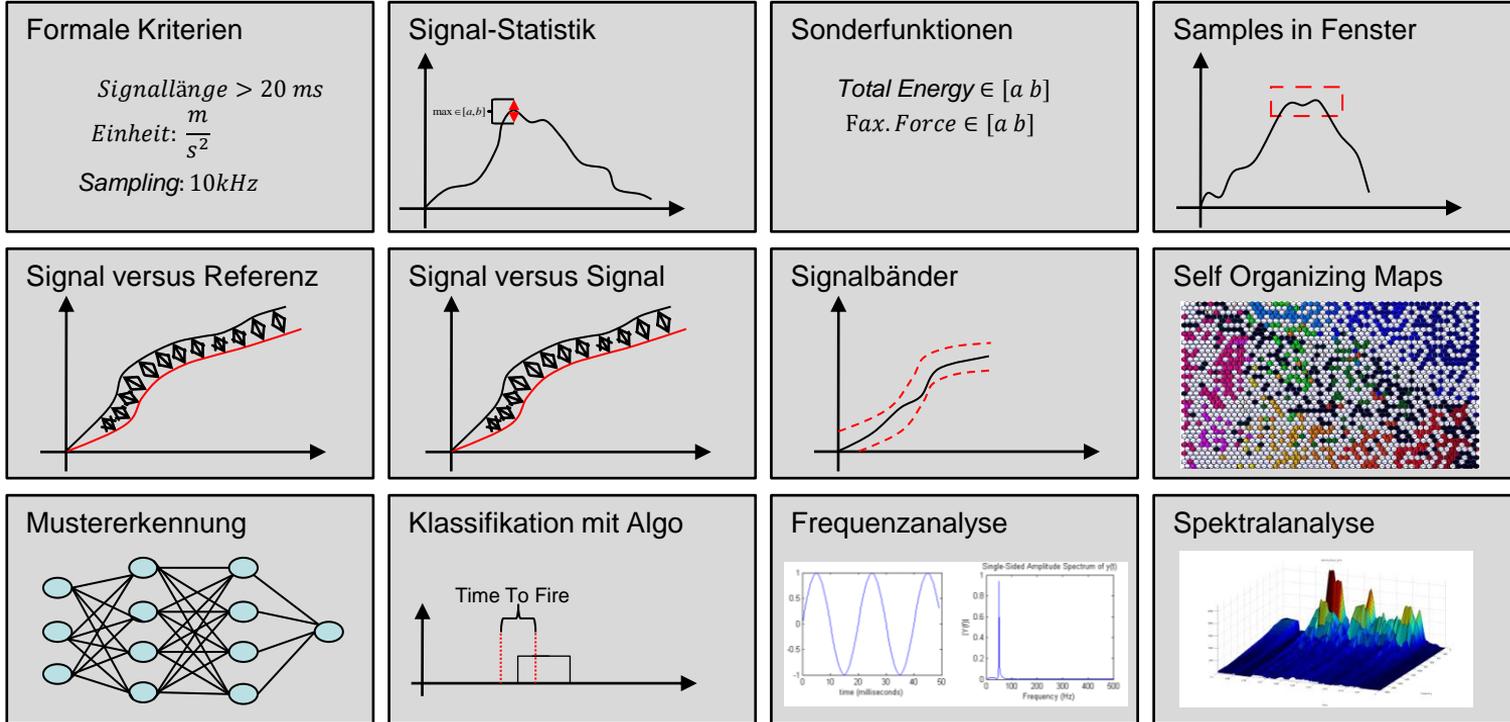


# Challenge, Requirements and Solution Concept

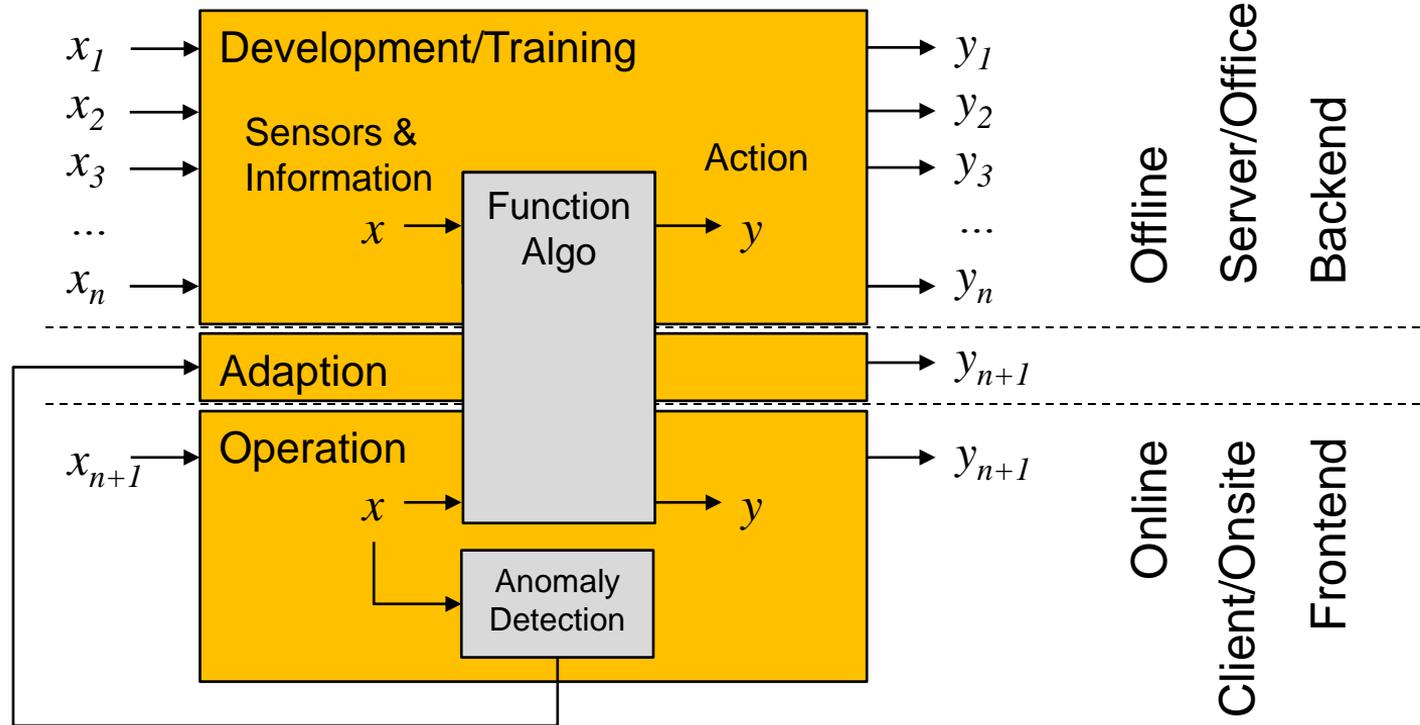
- Es gibt NICHT EINE METHODE für die Erkennung beliebiger Störungen
- Entwicklung eines modularen Baukasten mit vielen verschiedenen Methoden unterschiedlicher Fehler- und Störungstypen
- **Schnelle Adaption** und **Definition** von neuen Kriterien für Störungen mit unterschiedlicher Komplexität
- Konzept der Anomalie-Erkennung mit “Erwartungen”
  - Generische **mathematische Formulierung** des **erwarteten, normalen Verhaltens und Mustern** in Sensordaten
  - Zusammenstellung unterschiedlicher “Erwartungen” in gemeinsamer Datenbasis (> Expertensystem)
  - Auswertung neuer Daten mit “Erwartungsdatenbank” ⇔ Reporting



# Expectator Erwartungsmethoden



# Ansatz für „Vernetzte Entwicklung“



➤ Lernende Systeme

## ANDATA Software and Tools



- Data collection, preparation and normalization
- Data cleaning
- Sensor models
- Signal preparation
- Requirements definition ("labelling", etc.)



- Data analysis
- Training, adaption and evaluation of Machine Learning models
- Meta modelling, feature selection, etc.



- Scenario management
- Multilevel stochastic simulation
- Execution of distributed simulations



- Data plausibilization
- Anomalies and incident detection

## *Allgemeine Vorgehensweise*

- Anforderungsanalyse (Abschätzung und Quantifikation Kosten/Nutzen)
- Entwicklung von Konzept und Lösungsarchitektur
  - Notwendige Sensoren
  - IT-Infrastruktur (Server / Clients, Vernetzung)
  - Implementierung von Datenbeschaffung und -management
- Datensammlung
- Entwicklung/Tuning von Anwendungen (Datenanalyse, Training von ML)
- Stetige Verbesserungen/Erweiterungen
- Datenbasierte Entwicklung von Assistenzfunktionen und (teil-) automatisierten Lösungen



AI and data bases development  
are no research anymore!

Let's do it!

## **AN DATA GmbH**

Andreas Kuhn

Tel: +43 6245 74063

Email: [office@andata.at](mailto:office@andata.at)

Web: [www.andata.at](http://www.andata.at)