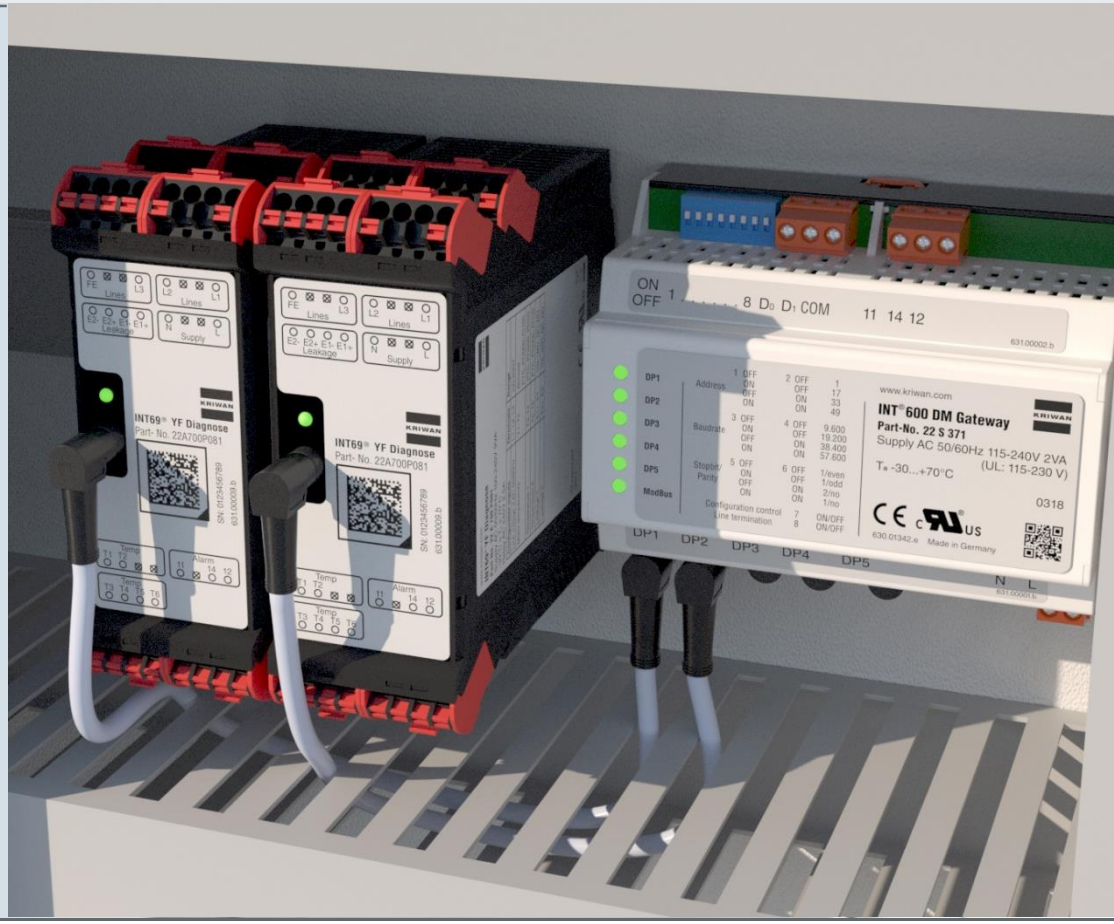
Schwingungsanalyse bei der Fehlererkennung: Chancen, Grenzen und Ausblick

KRIWAN®

KRIWAN Industrie-Elektronik

KRIWAN Produkte

schützen Maschinen und Investitionsgüter vor Überlastung und Betriebsausfall.



KRIWAN Produktspektrum

Elektronischer Schutz	Maschinenschutz-Sensorik	Wind- und Strömungssensorik
Schutzregler	Connectivity	Software

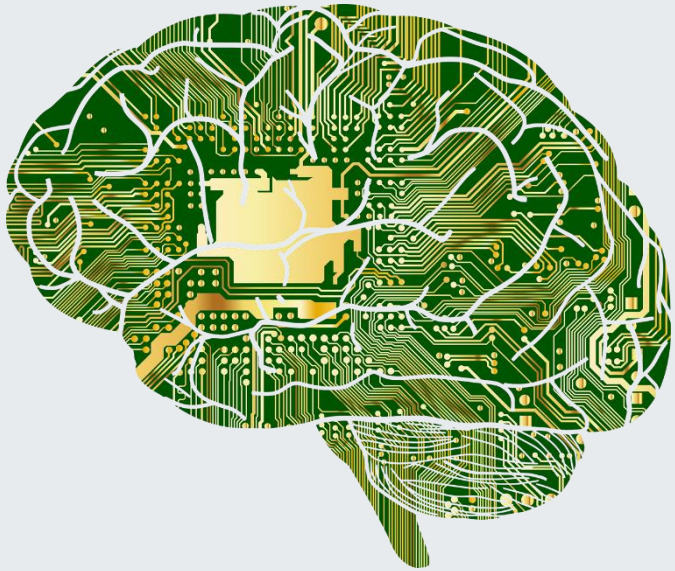
“Macht Ihr auch Schwingungsmessung ???”

Schwingungsanalyse 1.0: Kreiselpumpe

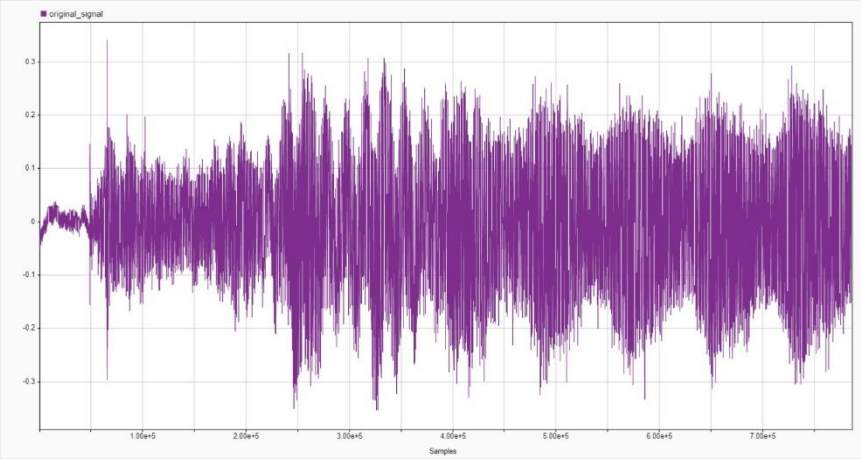
Trockenlauf (NIO)

mit Wasser (IO)

???



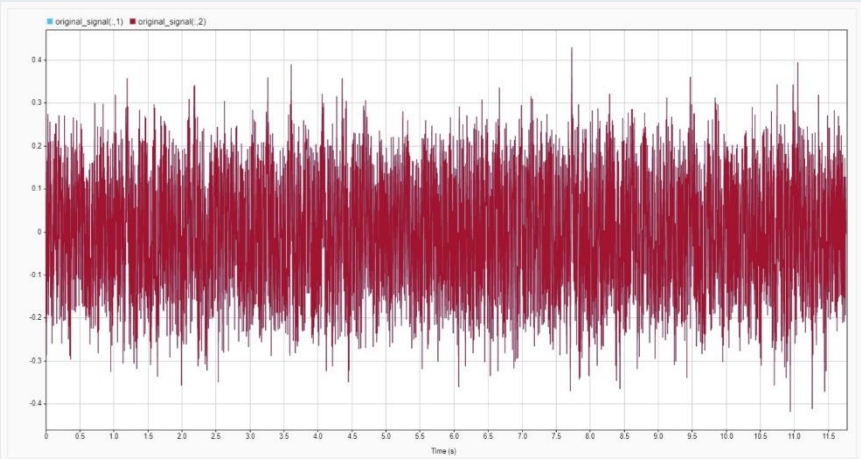
Schwingungsanalyse - Zeitreihen

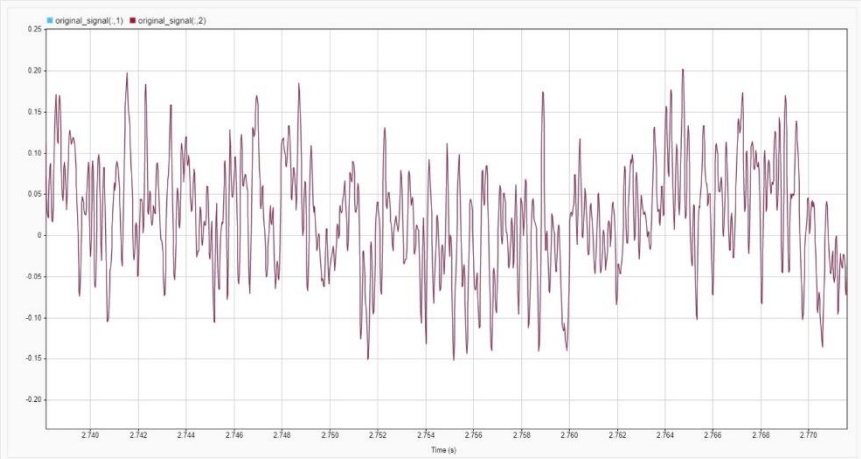


Kreiselpumpe im Trockenlauf

Betrieb mit Wasser

Zoom-in im Zeitbereich





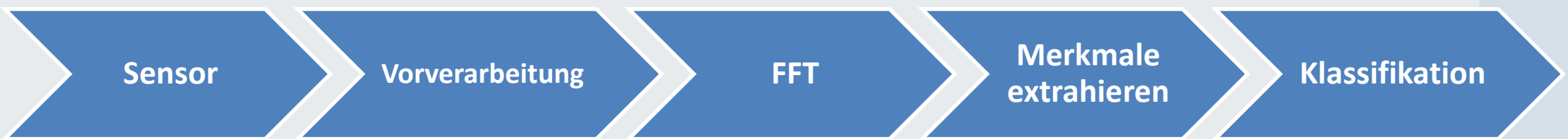
Wie bewertet man solche Daten und trifft Entscheidungen?

Skalare Größen

- Temperatur
- Druck
- Durchfluss
- Leistungsaufnahme
- …

…und stochastische Zeitreihen

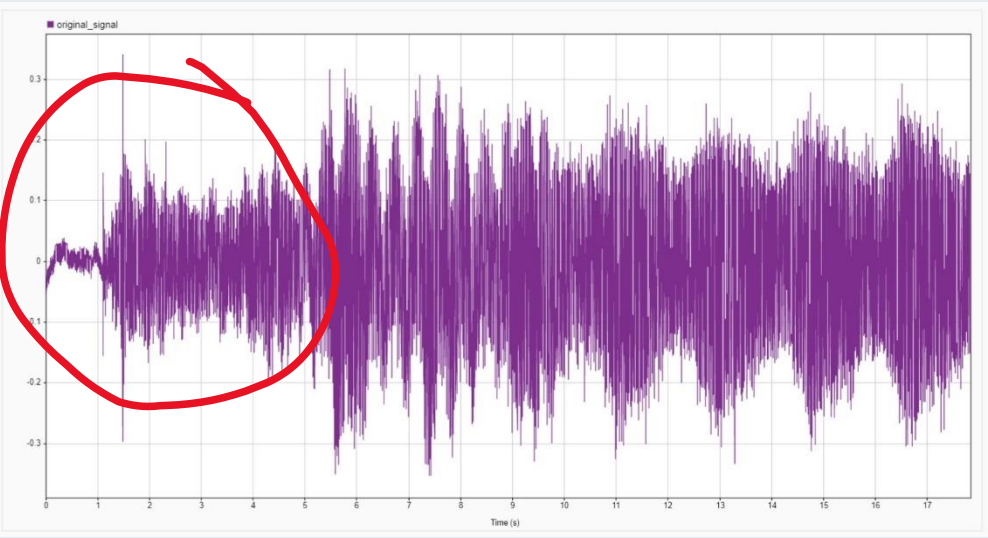
Schwingungsanalyse 4.0



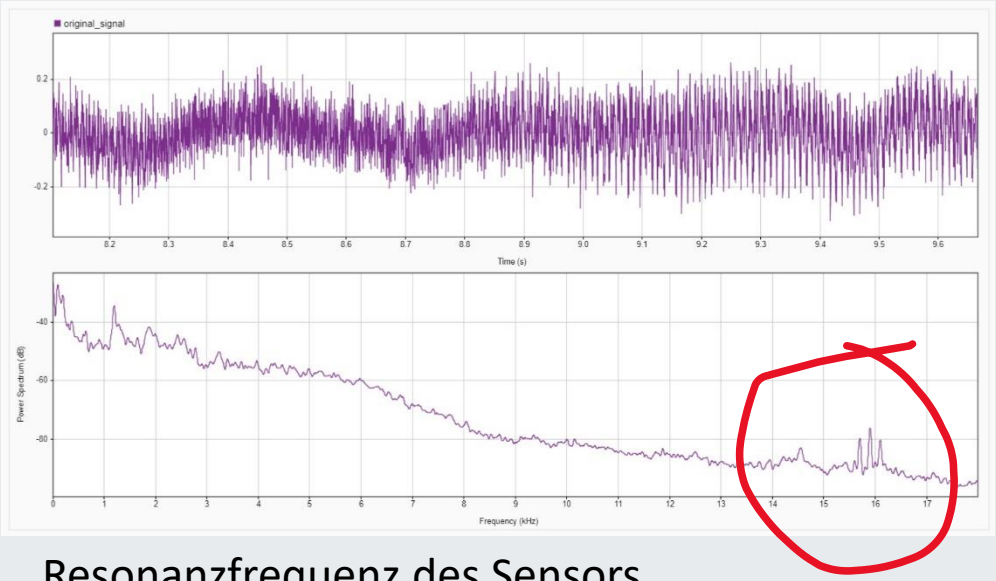
Sensor

Sensor → Vorverarbeitung

Eliminieren von Artefakten und Messfehlern

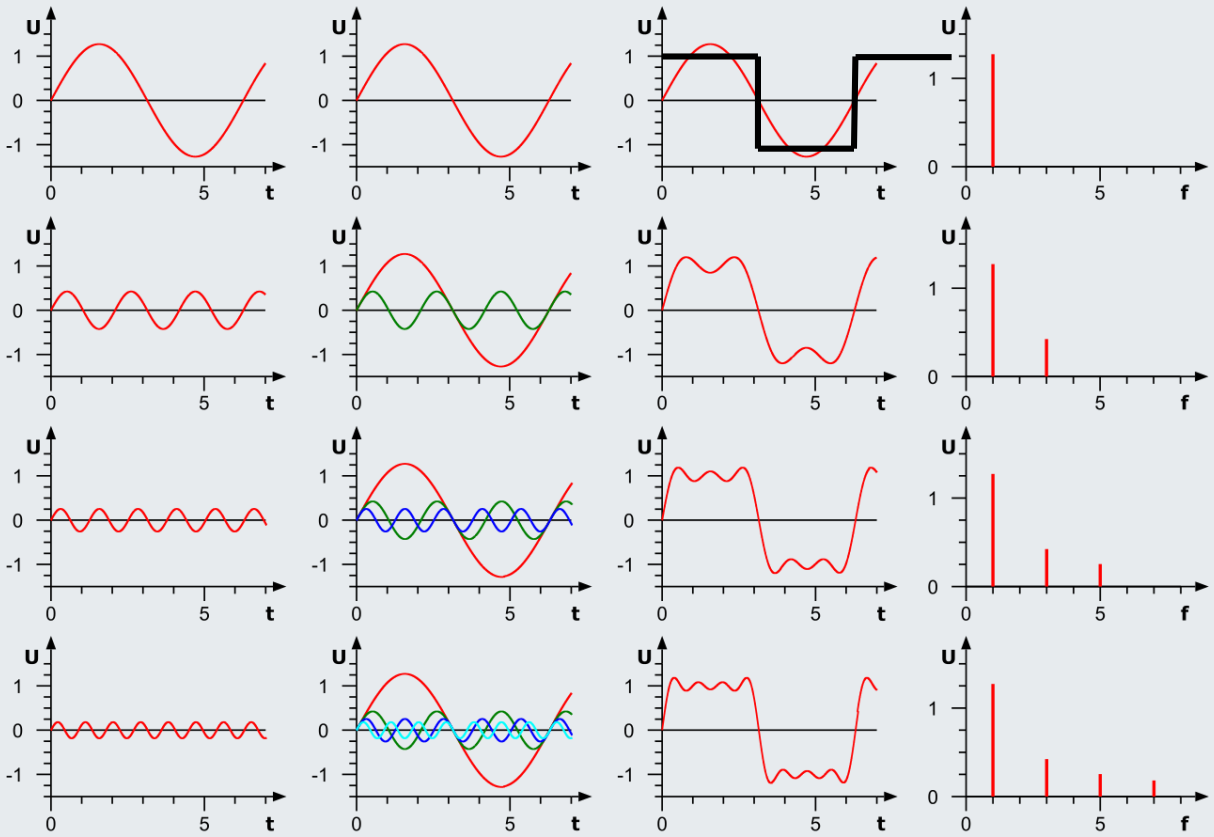


Unterschiedliche Arbeitspunkte



Resonanzfrequenz des Sensors

Sensor → Vorverarbeitung → FFT

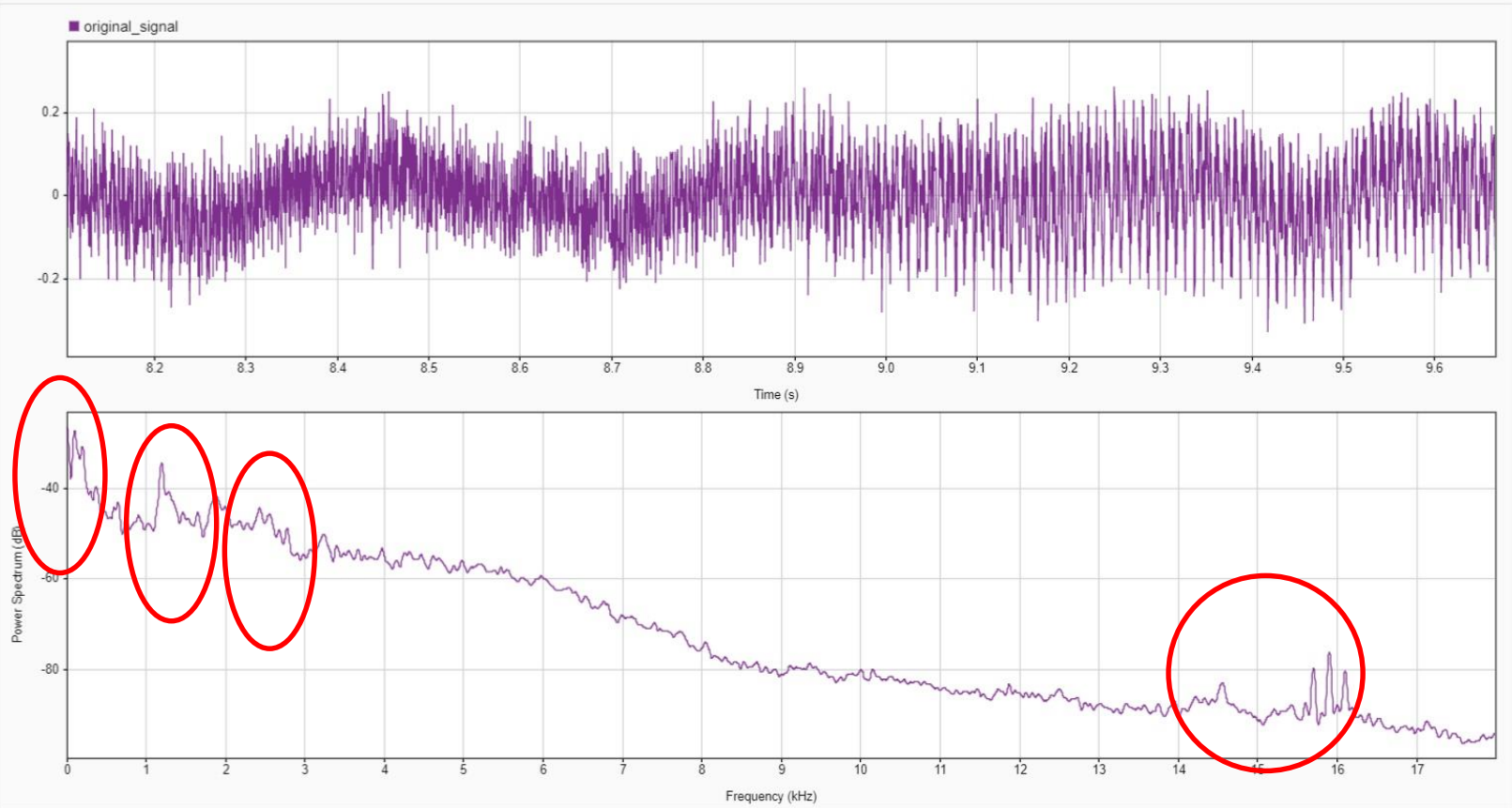


Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Fourierreihe

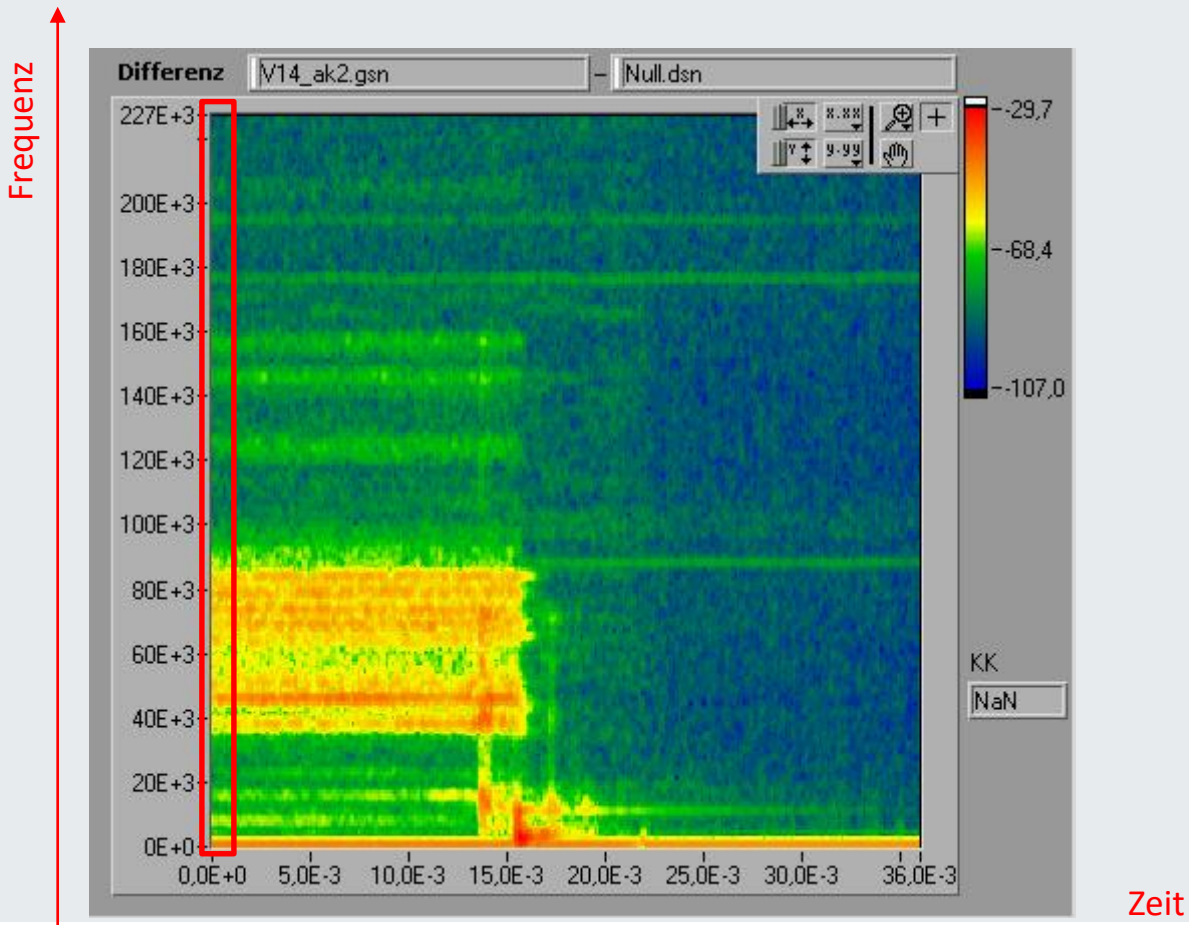
Joseph Fourier (1768–1830)

$$f(t) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos(kt) + b_k \sin(kt)\right)$$

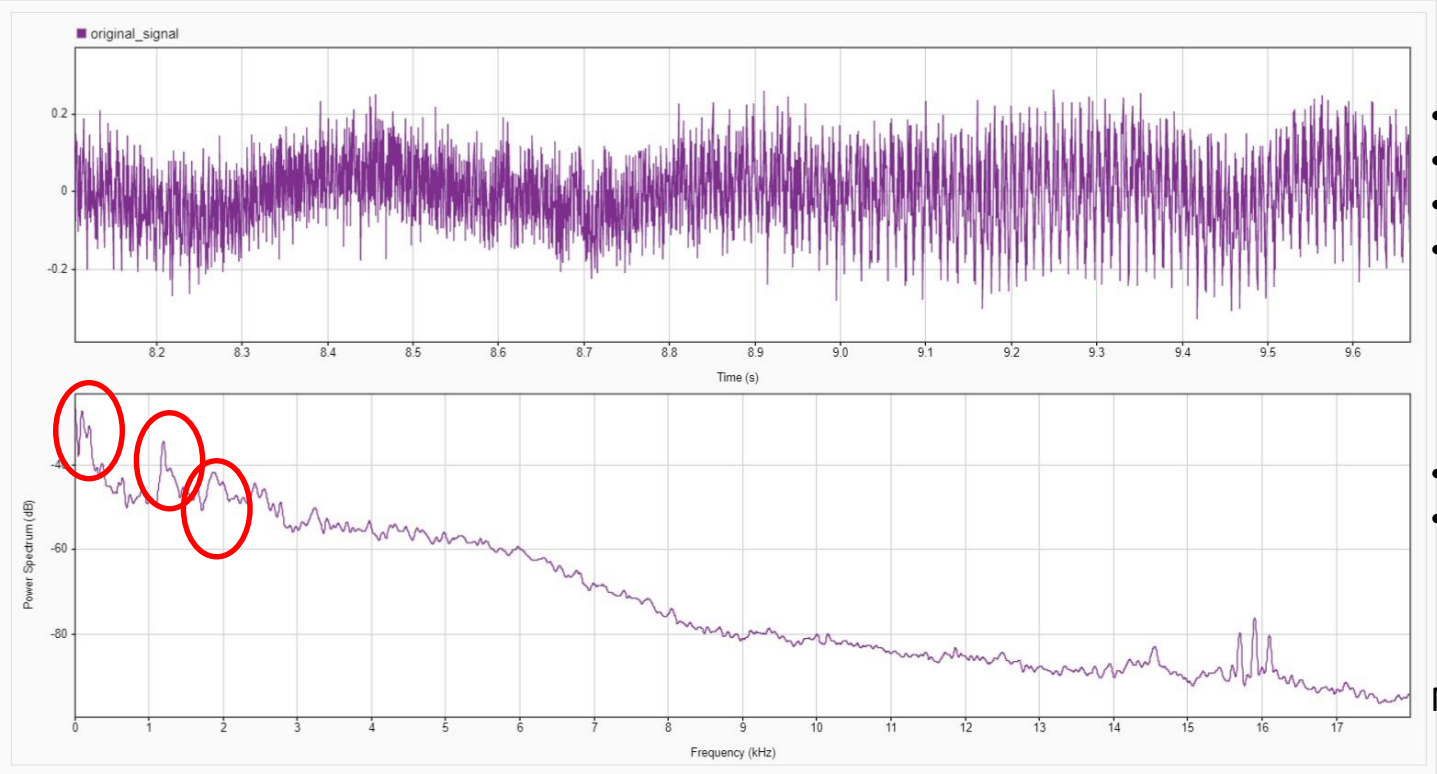
Sensor → Vorverarbeitung → FFT



Sensor → Vorverarbeitung → FFT



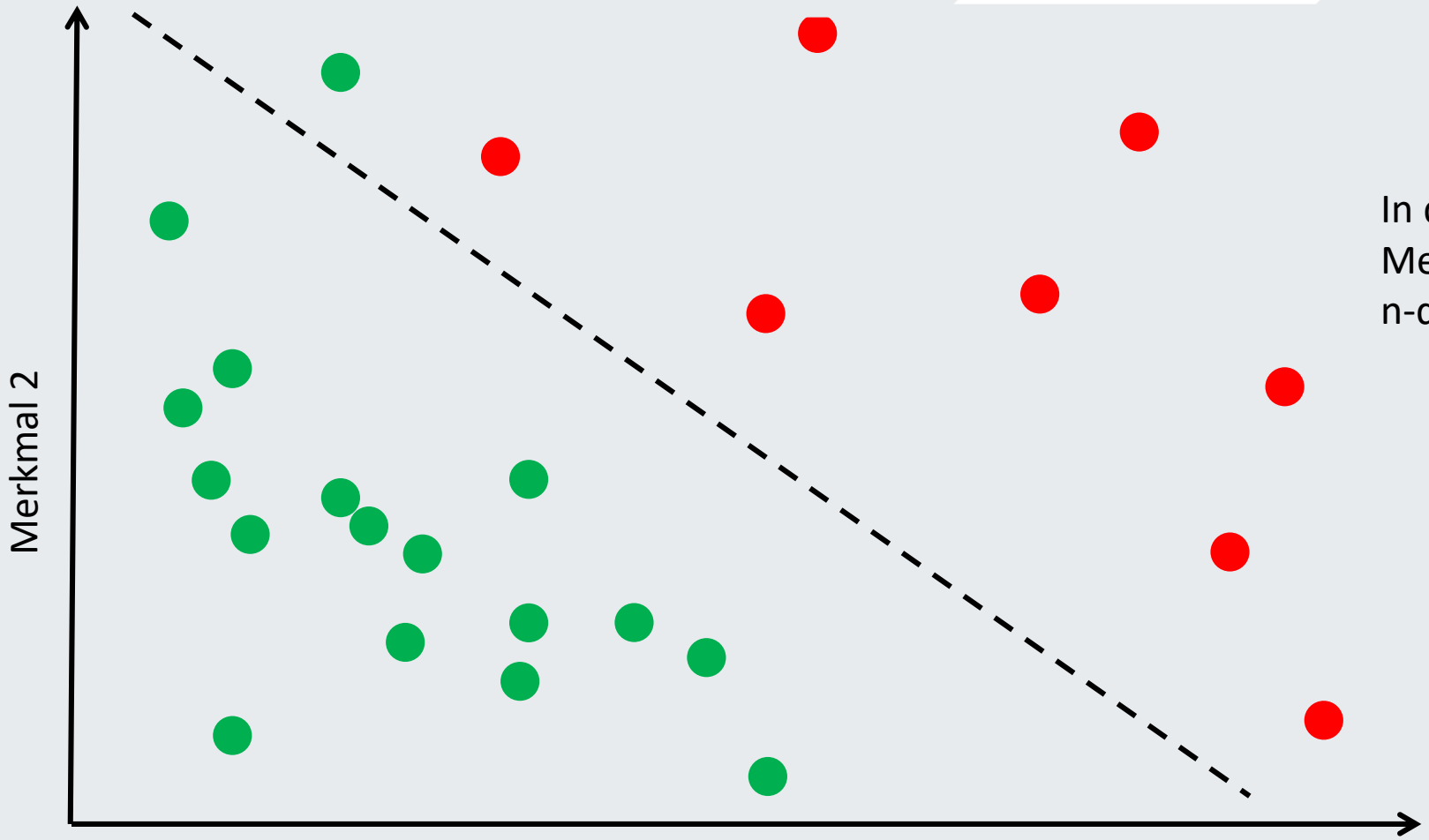
Sensor → Vorverarbeitung → FFT → Merkmale extrahieren



- Quadratischer Mittelwert → M_1
- Median → M_2
- Min / Max → M_3
- Nulldurchgänge → M_4

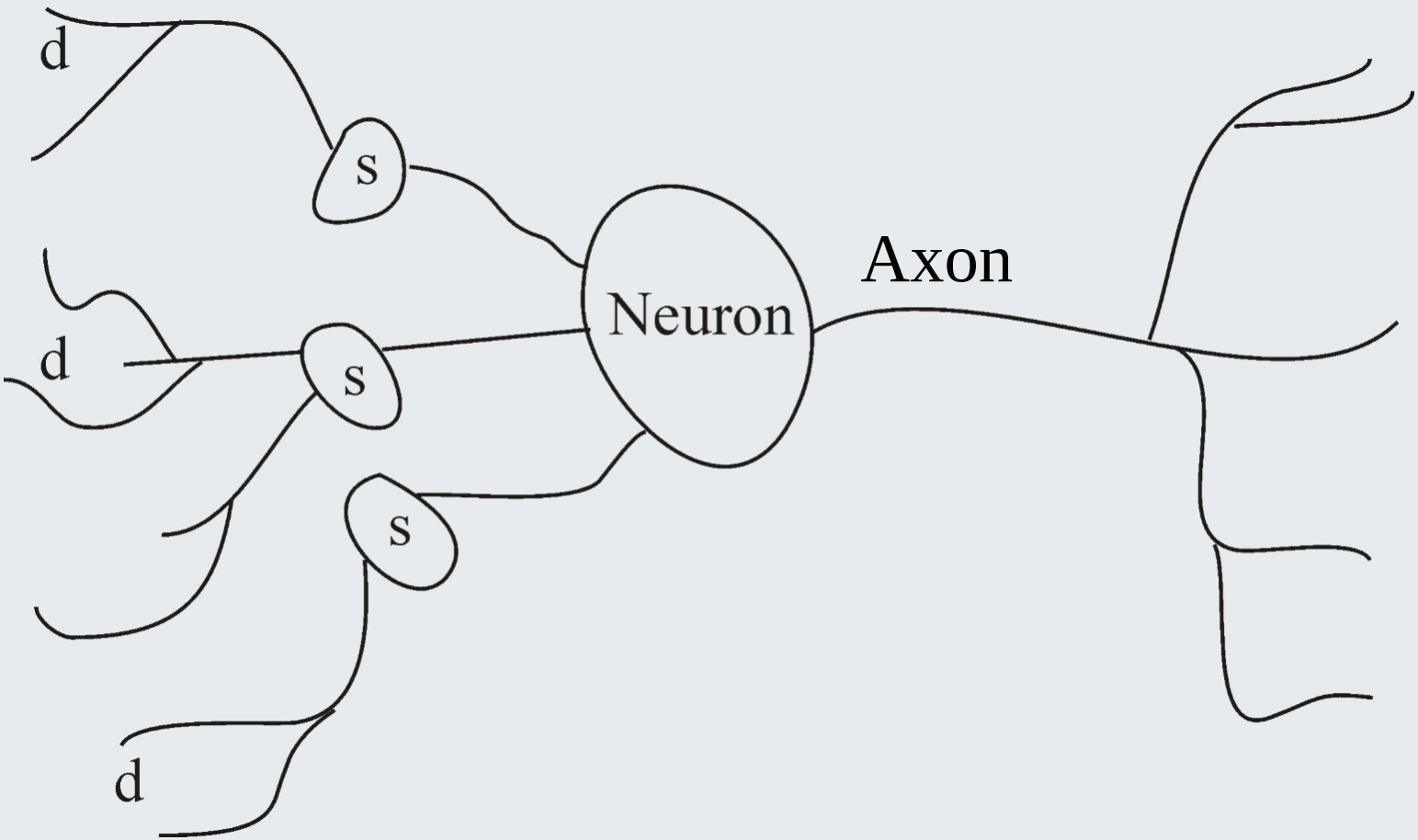
- Amplitude und Frequenz der Spitzen → M_5 - M_{10}
- Breite / Fläche der Frequenzbereiche → …

Merkmalsvektor $\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ \vdots \\ M_n \end{bmatrix}$

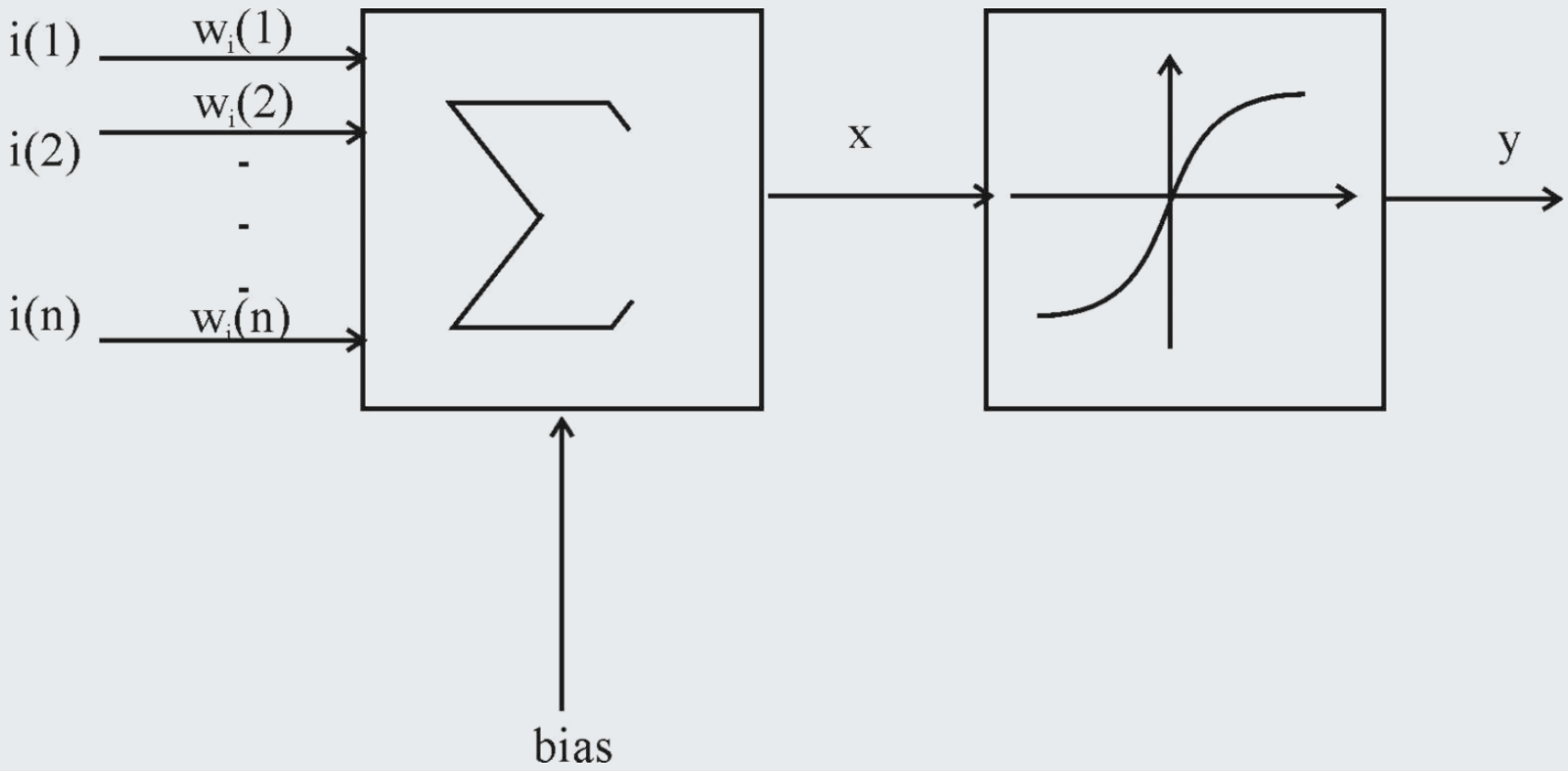


In der Realität ist der Merkmalsraum n-dimensional…

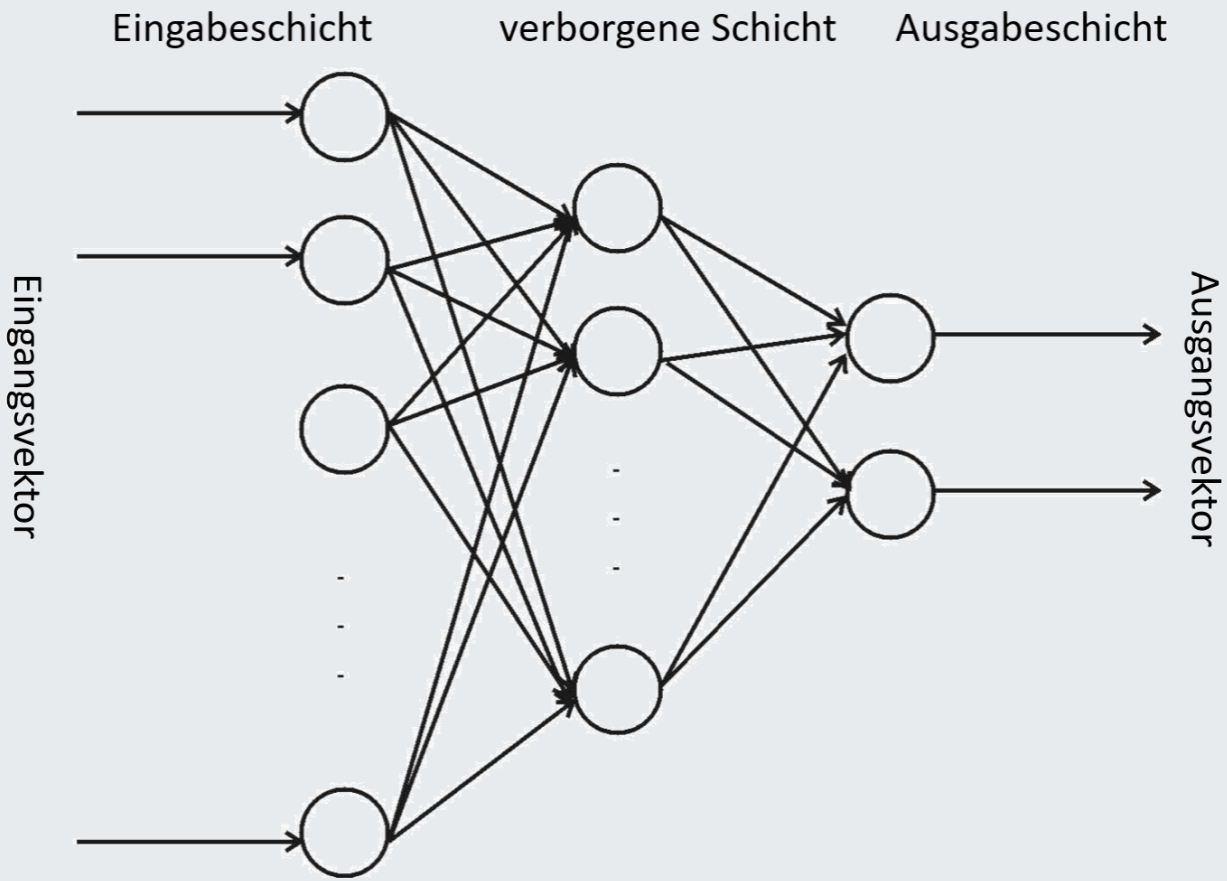
Künstliche Neuronale Netze



Künstliche Neuronale Netze



Künstliche Neuronale Netze



Probleme

Sehr viele Parameter müssen gelernt / trainiert werden:

- Platzierung und Befestigung des Sensors
- Länge des Zeitsignals
- Parameter der Vorverarbeitung (z.B. Filter)
- Parameter der FFT
- Welche Merkmale werden extrahiert?
- Wie läuft die Klassifikation ab? Parameter des NN

Die Pumpen haben verschiedene Arbeitspunkte

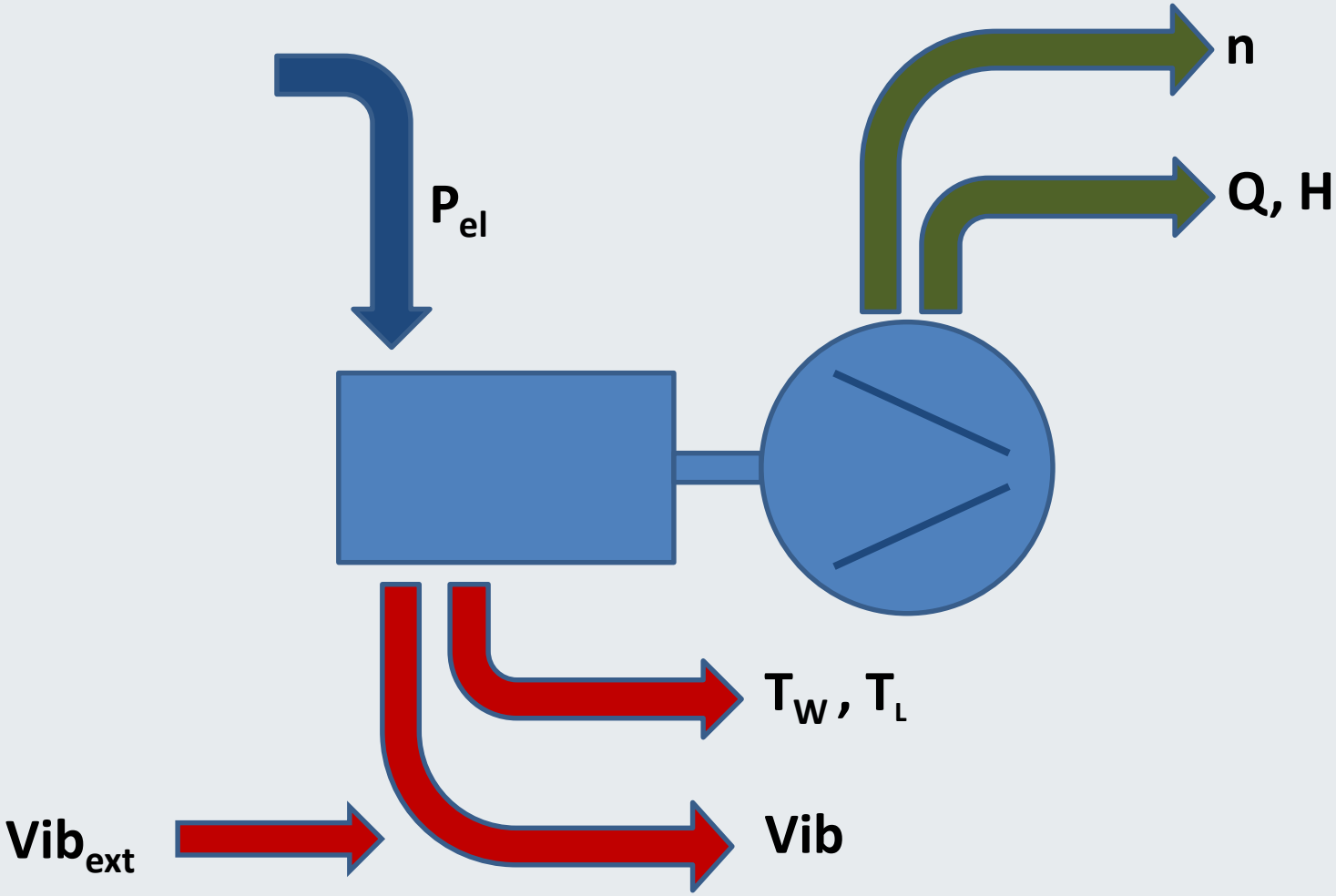
- Start – Betrieb – Stopp
- Frequenzumrichter / Drehzahlen
- Punkt in den Einsatzgrenzen
- Umgebungstemperatur
- Anschlüsse / Verrohrung / Aufstellung
- Medium
- Vibrationsquellen in der Nähe

Schwingungsanalyse funktioniert häufig noch nicht plug-and-play

Lösungsansätze:

- „einfache“ Schwingungsanalyse zusammen mit weiteren Parametern
- Weitere Parameter zur Parametrierung nutzen

Ausblick: Sensor Fusion



KRIWAN

1968–2018

GET CONNECTED

KRIWAN Industrie-Elektronik GmbH

Allmand 11

74670 Forchtenberg

Deutschland

Tel. +49 7947 - 8 22-0

www.kriwan.com