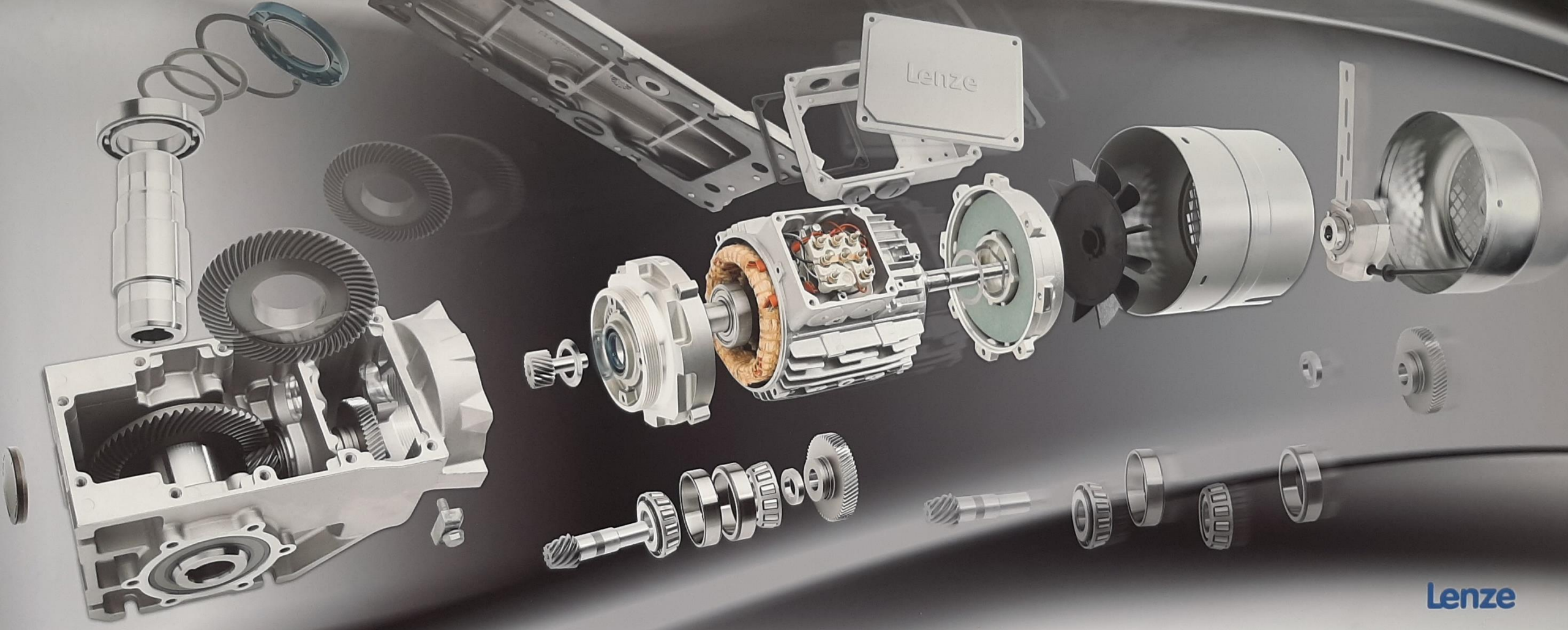




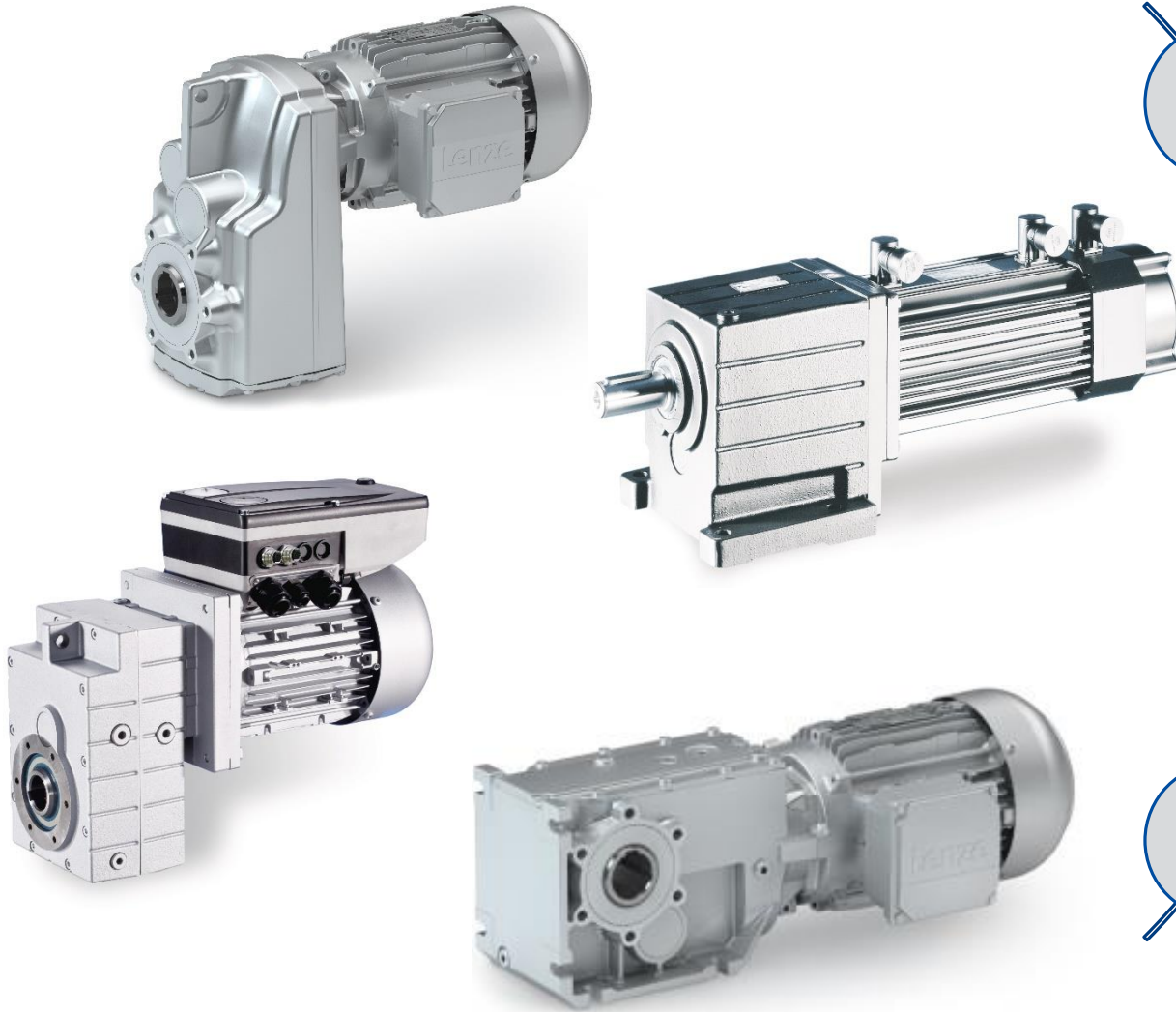
Getriebemotorenprüfung in einer variantenreichen Produktion

Aerzen, Germany | 16. Juli 2021 | Peter Wissbrock, Lenze SE

Lenze

Characteristics of the End-of-Line Tests

Fault Detection for Geared Motors



high number of variation

batch-size-one-Production

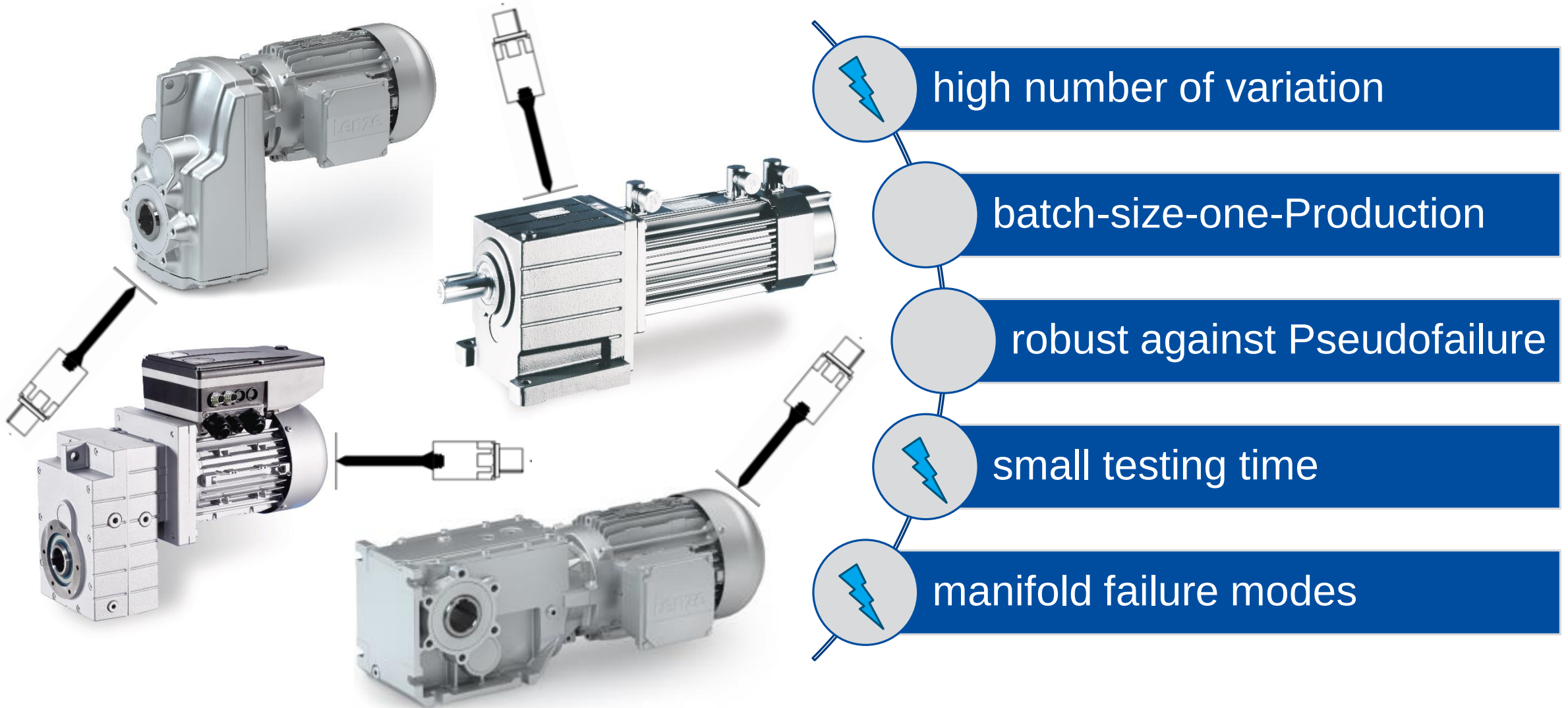
robust against Pseudofailure

small testing time

manifold failure modes

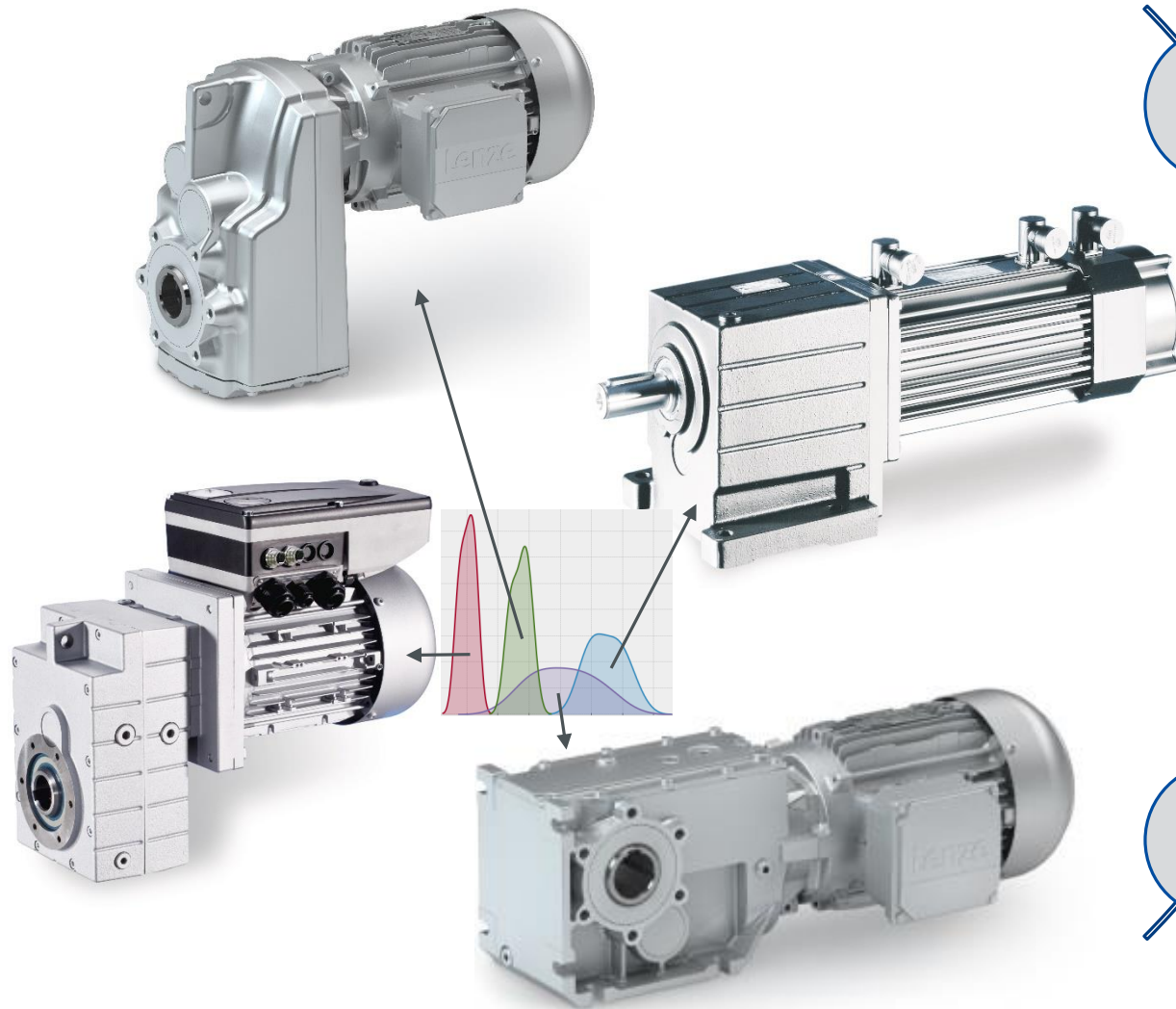
Characteristics of the End-of-Line Tests

Challenges in Measurement



Characteristics of the End-of-Line Tests

Challenges in Fault Diagnosis



- ⚡ high number of variation
- ⚡ batch-size-one-Production
- ⚡ robust against Pseudofailure
- small testing time
- ⚡ manifold failure modes

Definition of an End-of-Line Test Approach

Akustische Überwachung



<https://www.zeigermann-audio.de/schoeps-supercmit-digitales-richtrohrmikrofon.html>



https://www.cae-systems.de/fileadmin/CAEpage/Datenblaetter/Tech_Specs_SoundCam.pdf

Erfüllungsgrad der Anforderungen

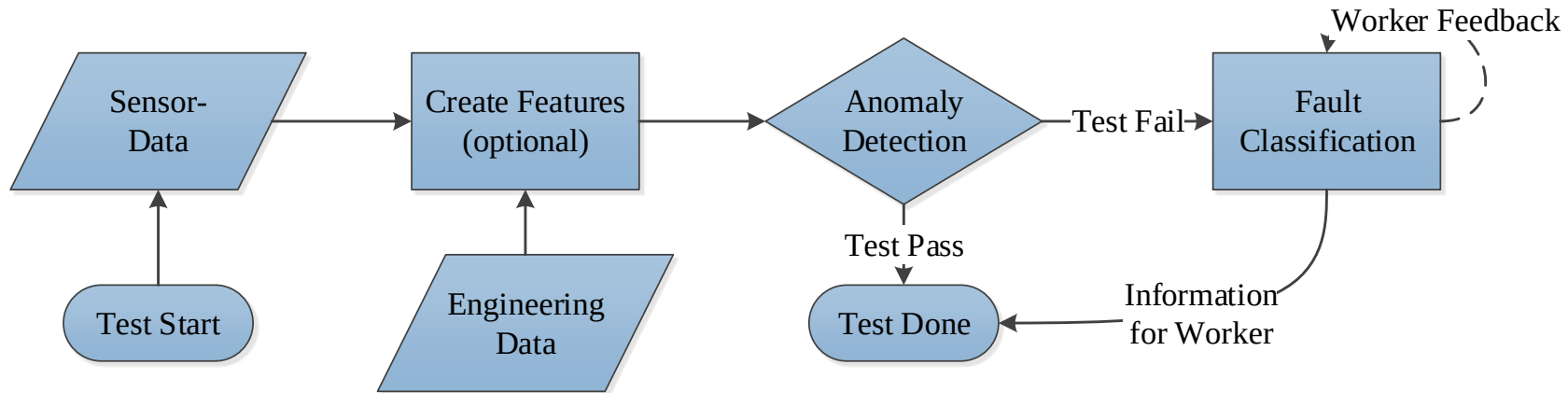
- Array-Mikrofon: 86%
- Richtmikrofon: 66%

Richtmikrofon	Array
Preis	Erfassbarer Bereich
	Wartung und Pflege
	Robustheit
	Diverse Zusatzfunktionen

Richtwirkung	++
Norm	00

Definition of an End-of-Line Test Approach

Ablauf während dem Testen



Acoustic Measurement

- microphones with directive efficiency (e.g. array microphones)

Erfüllungsgrad der Anforderungen

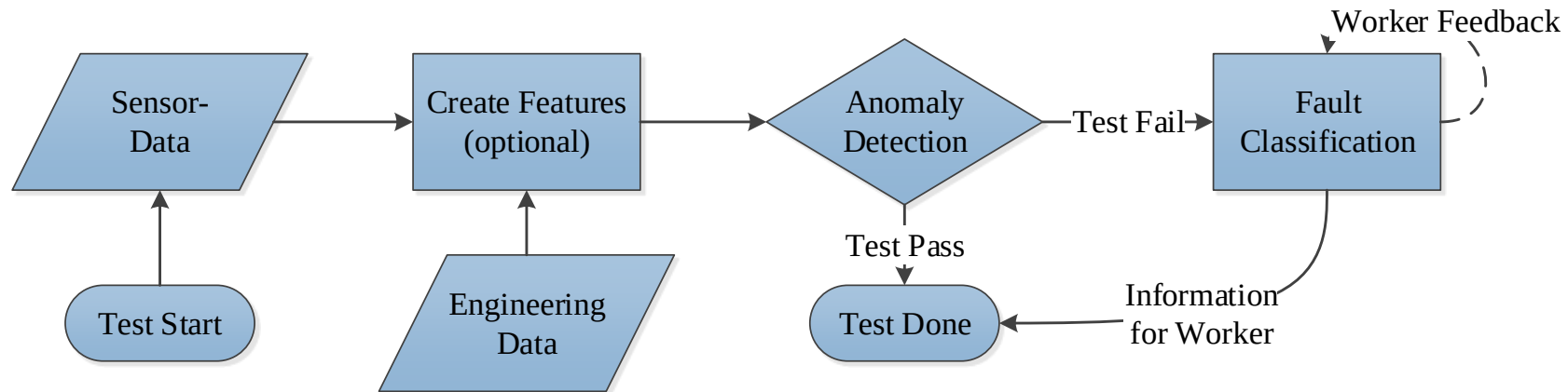
- Testablauf: 86%

Two-Step Fault Diagnosis

- anomaly detection use good-examples to train
- fault classification helps worker identifying known faults
- the assembly worker identifies only the unknown faults

Definition of an End-of-Line Test Approach

Feature Creation



Area of Feature

- Statistical features
- Fault associated features
- Psychoacoustic features
- Model-based features
- Artificially learned features

Characteristic

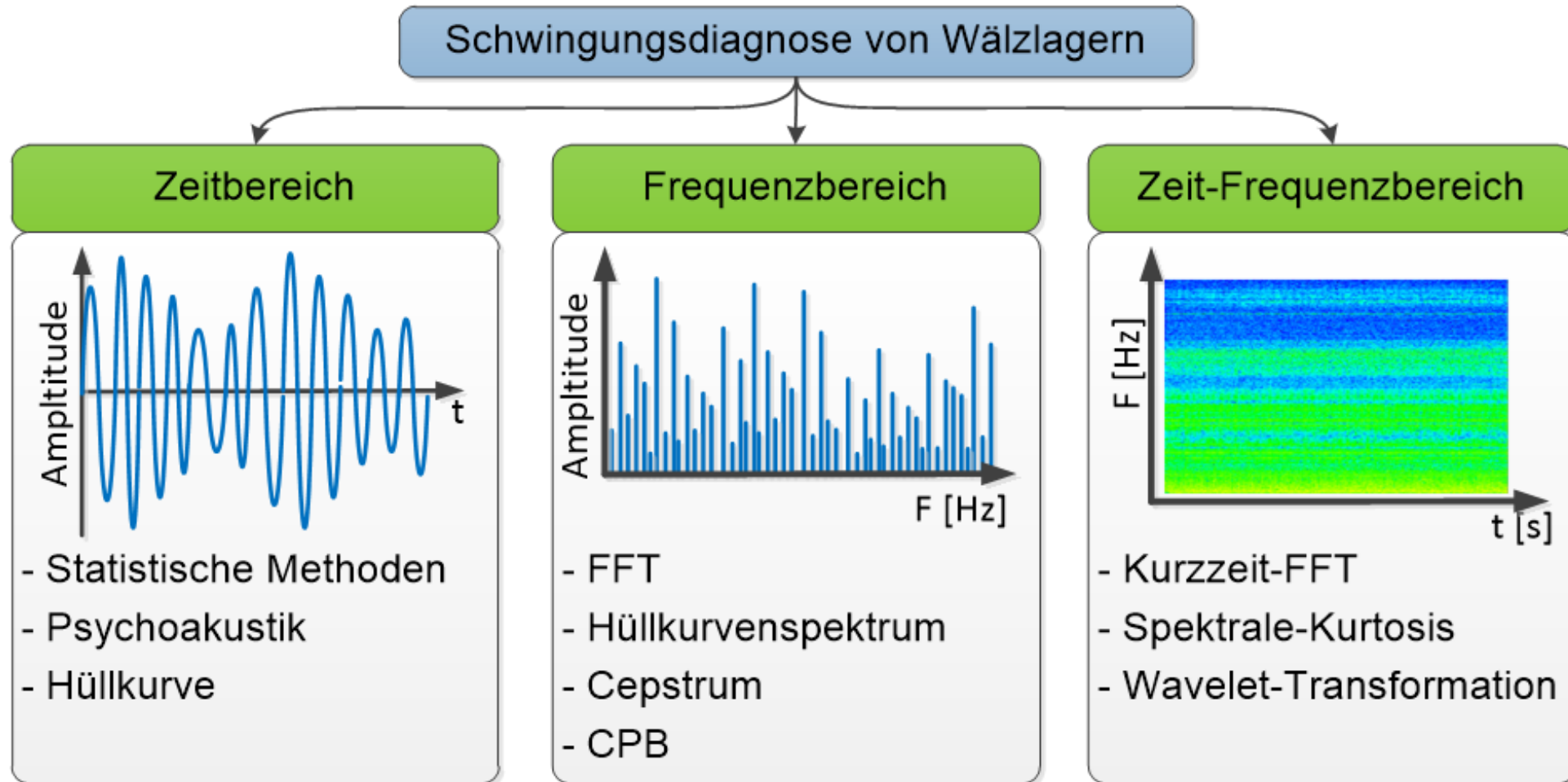
Generalization without a priori knowledge
Description of exactly one type of faults
Generalization of the sound quality
Description of system behavior
Learn system behavior

Erfüllungsgrad der Anforderungen

- Statistik/ Psychoakustik: 72%
- Schadensfrequenzen: 77%
- **Gesamtergebnis: 83%**

Features zur Motorenüberwachung

Übersicht



Features zur Motorenüberwachung

Schadensbezogene Merkmale

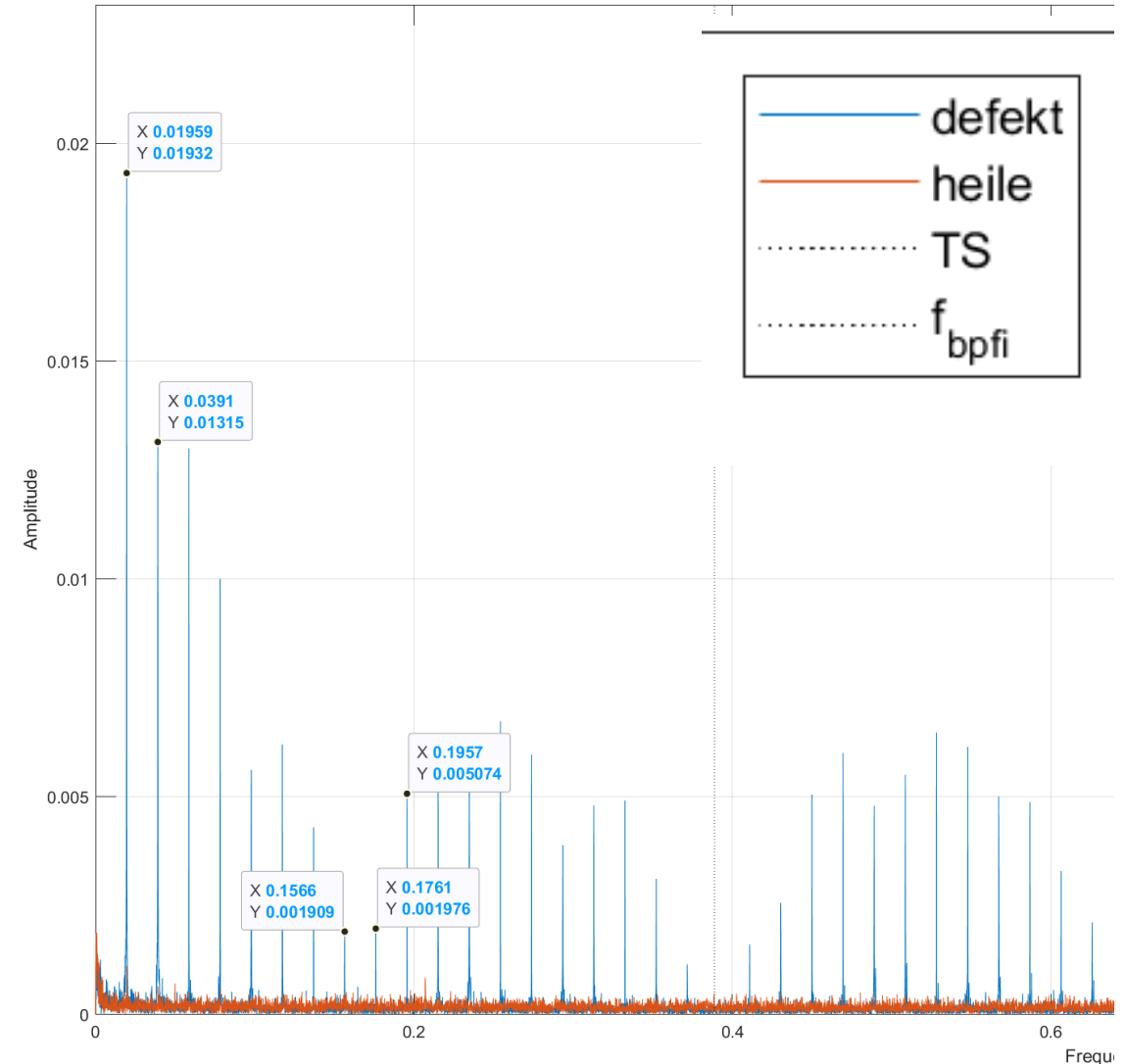
Berechnung der erwarteten Frequenzen

Zahneingriffsfrequenz: $f_Z = z \times f_n$

Lokaler Verzahnungsschaden: $f_{ZL} = f_Z \pm i \times f_n$

Zähnezahl z

Wellendrehzahl f_n



Features zur Motorenüberwachung

Statistik

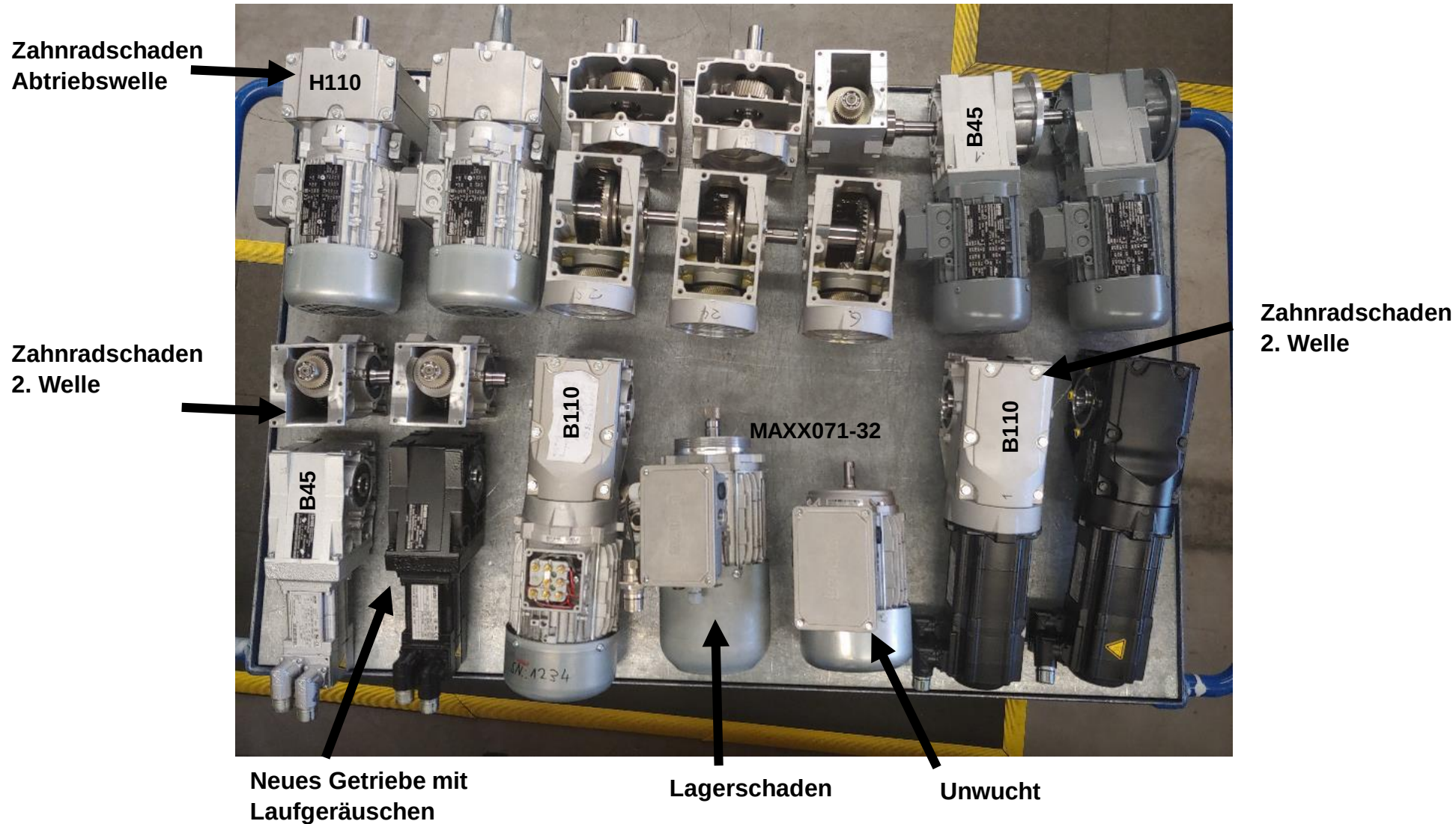
Insgesamt 12-14 Merkmale

Typische Merkmale:

- Effektivwert
 - Messungen bei hohen Frequenzen liefern beste Ergebnisse
 - 1kHz – 10kHz
- Crest-Faktor
- Standardabweichung
- Schiefe
- (spektrale) Kurtosis
- ...

Erste Evaluierungsrunde

Einzelbeispiele aus der Produktion



Erste Evaluierungsrunde

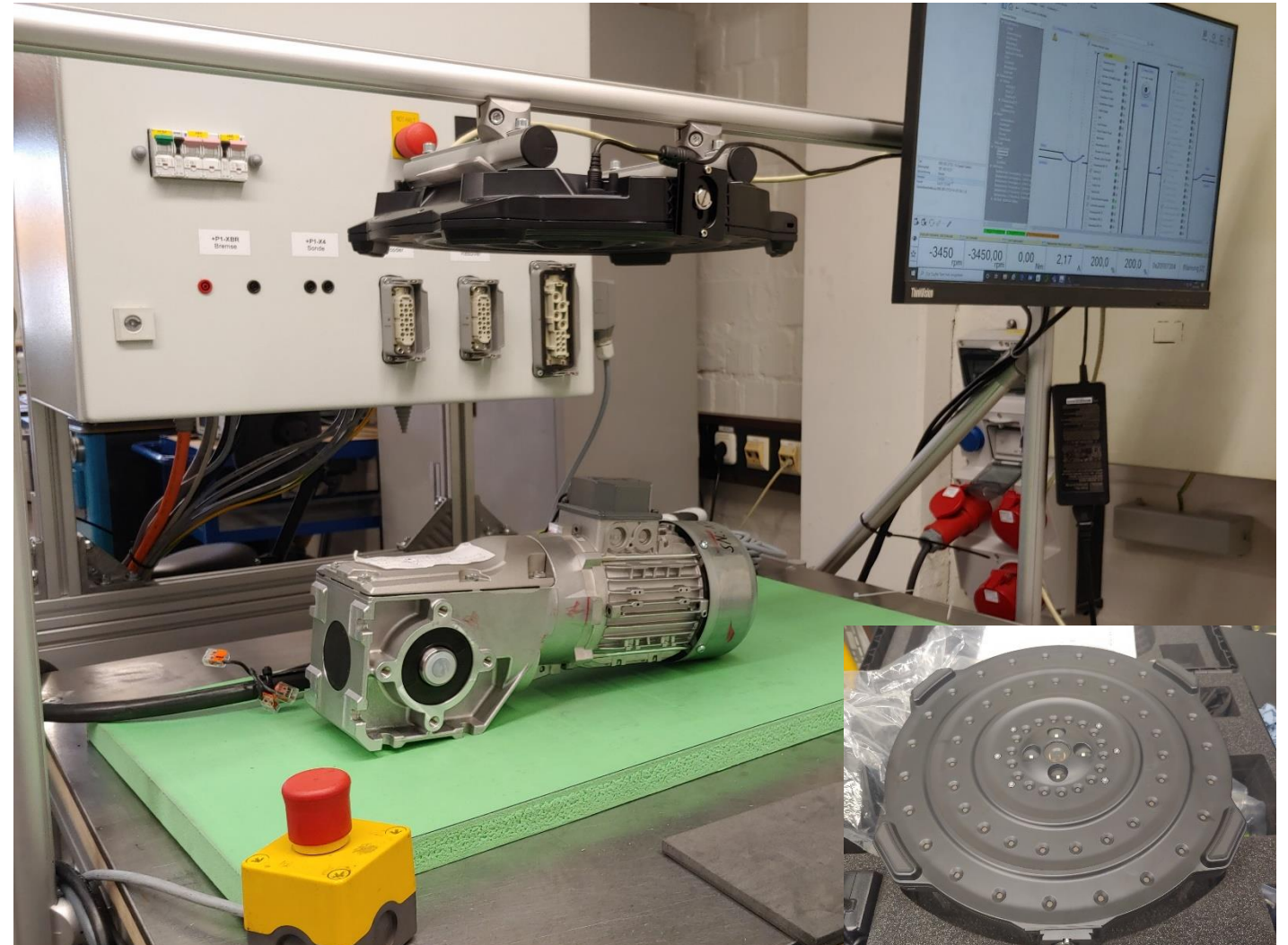
Versuchsübersicht

Mögliche Einstellungen & Anordnung

- Abstand SoundCam zu Messobjekt
- Schaltfrequenz des Umrichters
- Lage des Getriebemotors
- Schwingungsentkoppelung

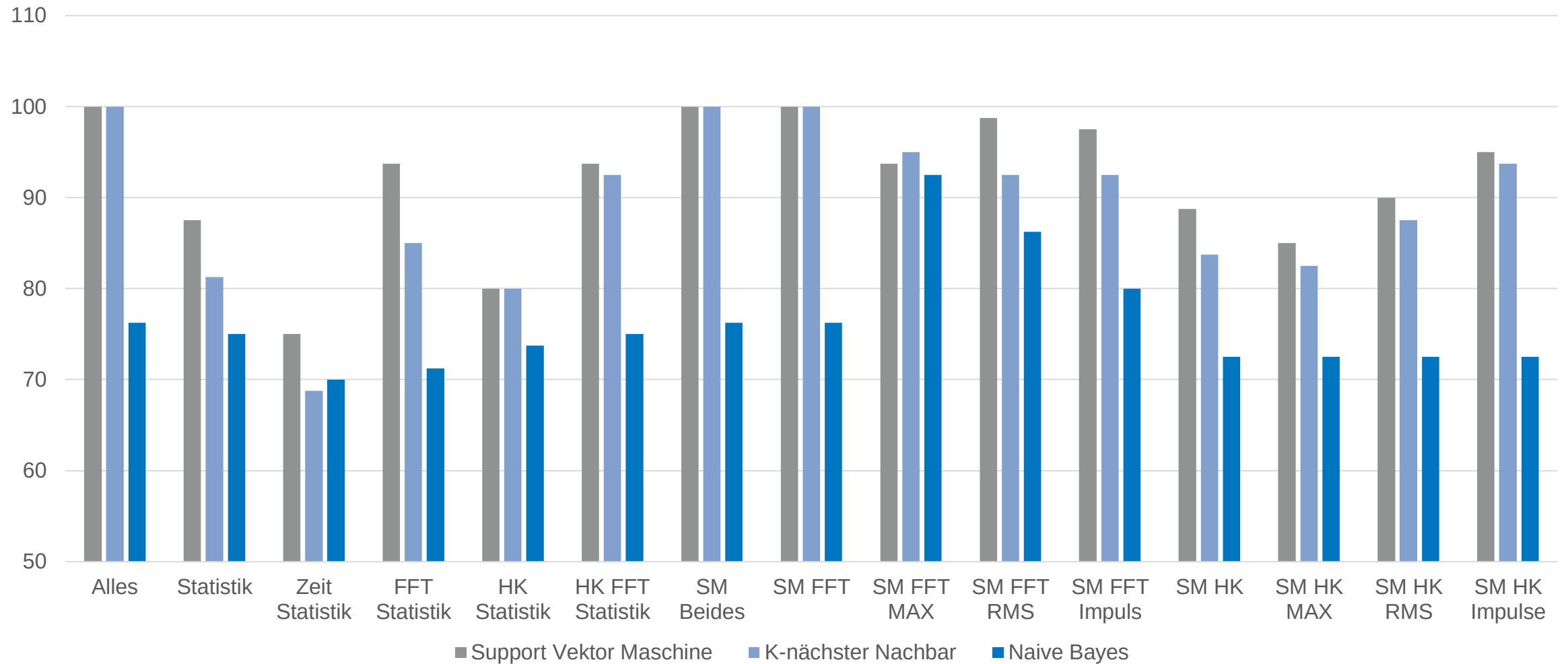
Typischen Hintergrundgeräusche

- Lüftungsanlagen & Motoren
- Akku- und Schlagschrauber
- Sprache & Musik
- Hammerschläge

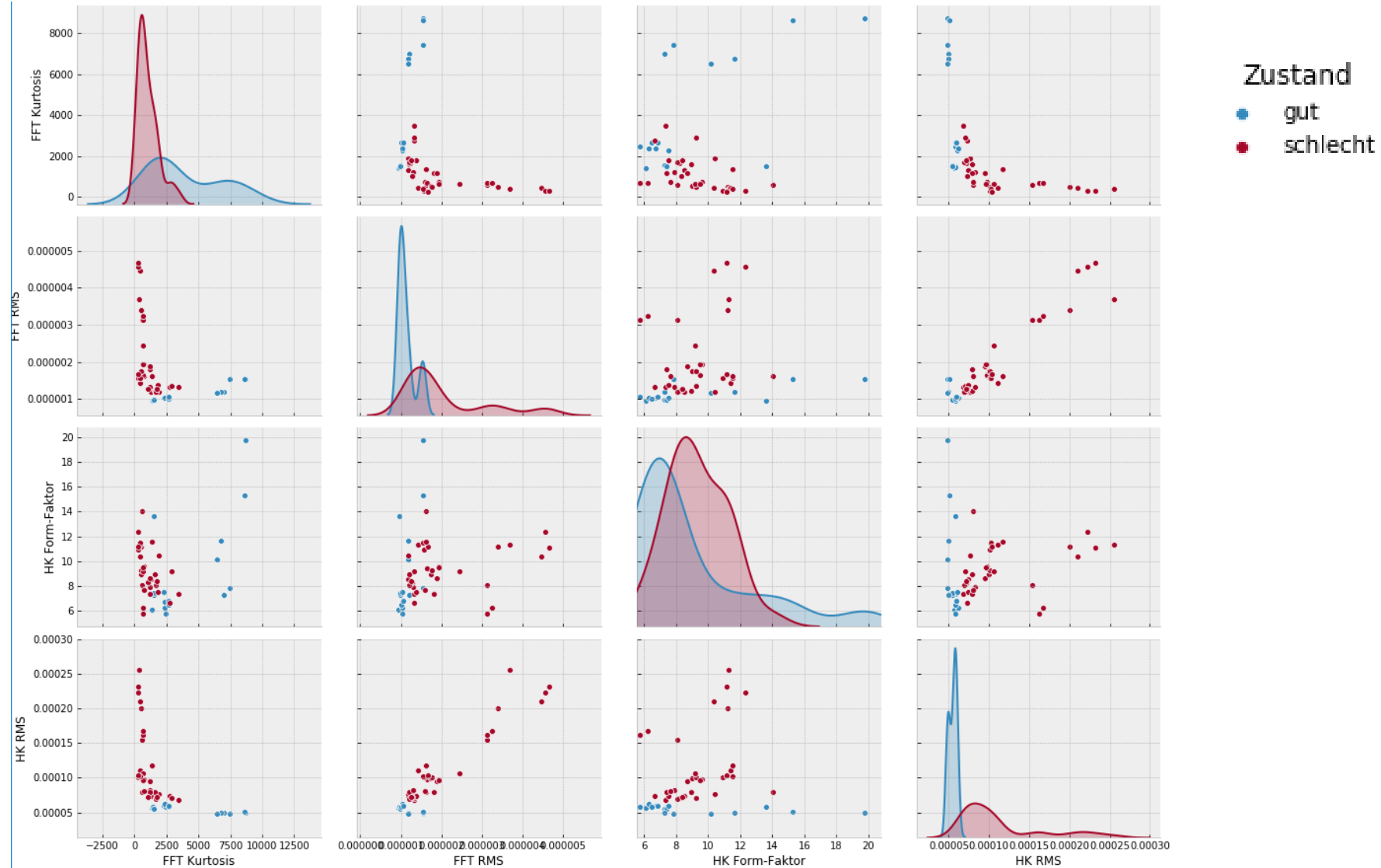


Erste Evaluierungsrunde

Maschinelles Lernen B45 Drehstrommotor

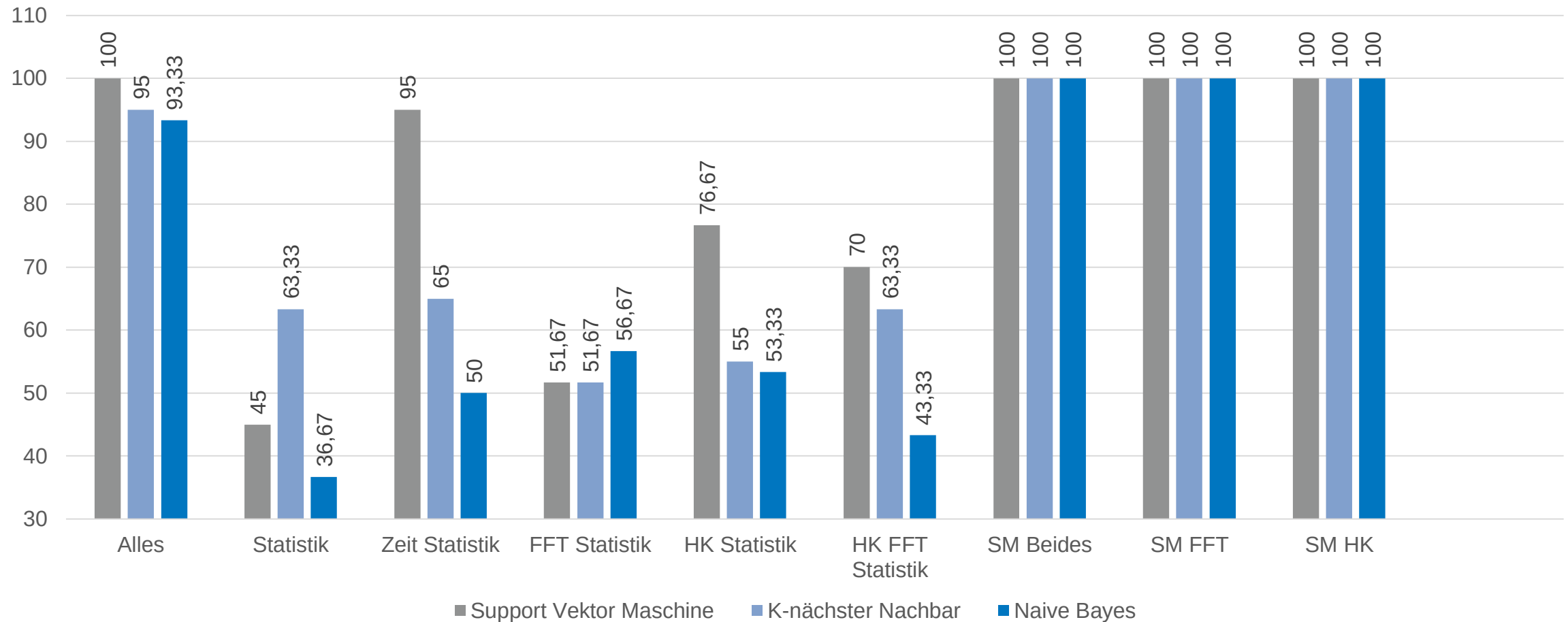


Erste Evaluierungsrunde

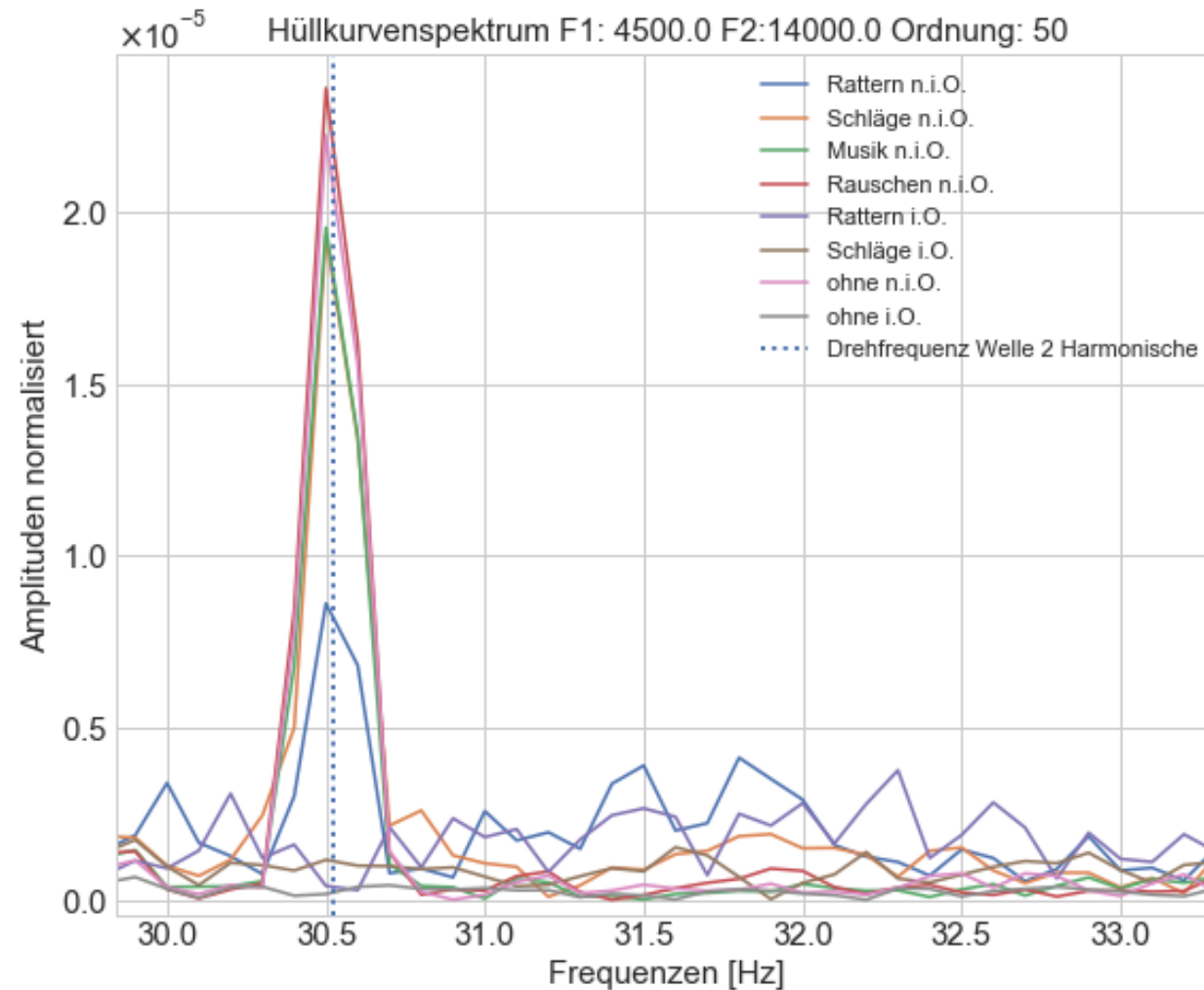


Erste Evaluierungsrunde

Datensatz mit Umgebungsgeräuschen



Erste Evaluierungsrunde

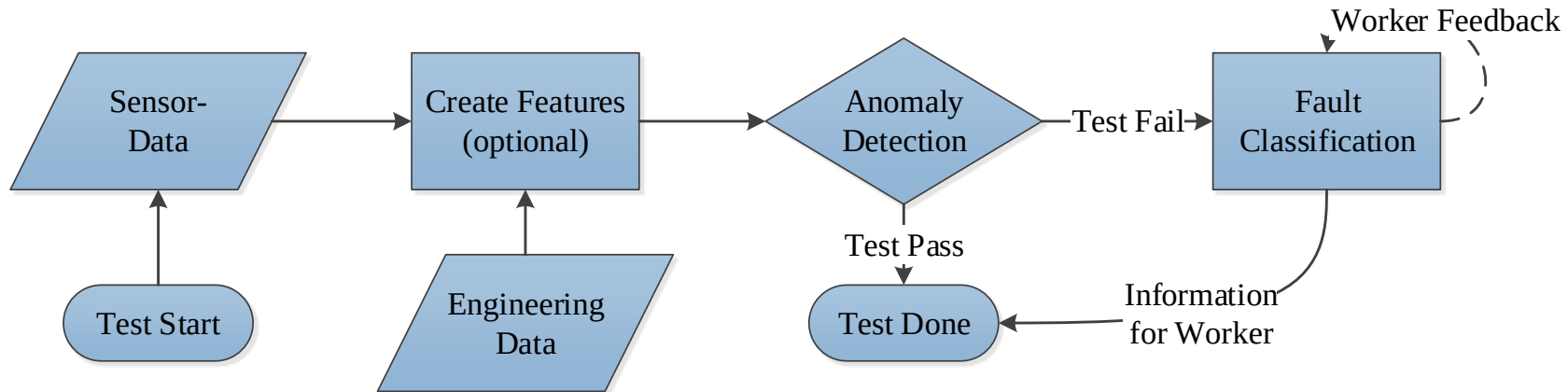


Erste Evaluierungsrunde

Materialnummer	Typ	Schäden	SVM accuracy	KNN accuracy	NB accuracy
13302643	DASM	1 x Lager, 1 x Unwucht	0,838095238	0,685714286	0,747619048
15810671	H110 DASM	2 x Macke	0,983333333	0,965151515	0,983333333
15979462	B45 DASM	2 x Macke, 1 x falsches Spiel	0,9875	0,9875	0,775
16171761	B110 Servo	1 x Macke	1	1	1
16360133	B110 DASM	1 x Macke	0,971428571	0,971428571	0,975
16423729	B45 Servo	1 x Macke, 1 x Lagersitz Getriebe	0,983333333	0,9	0,916666667

Possible Solution Methods

Feature Creation



Area of Feature

- Statistical features
- Fault associated features
- Psychoacoustic features
- Model-based features
- Artificially learned features

Characteristic

Generalization without a priori knowledge

Description of exactly one type of faults

Generalization of the sound quality

Description of system behavior

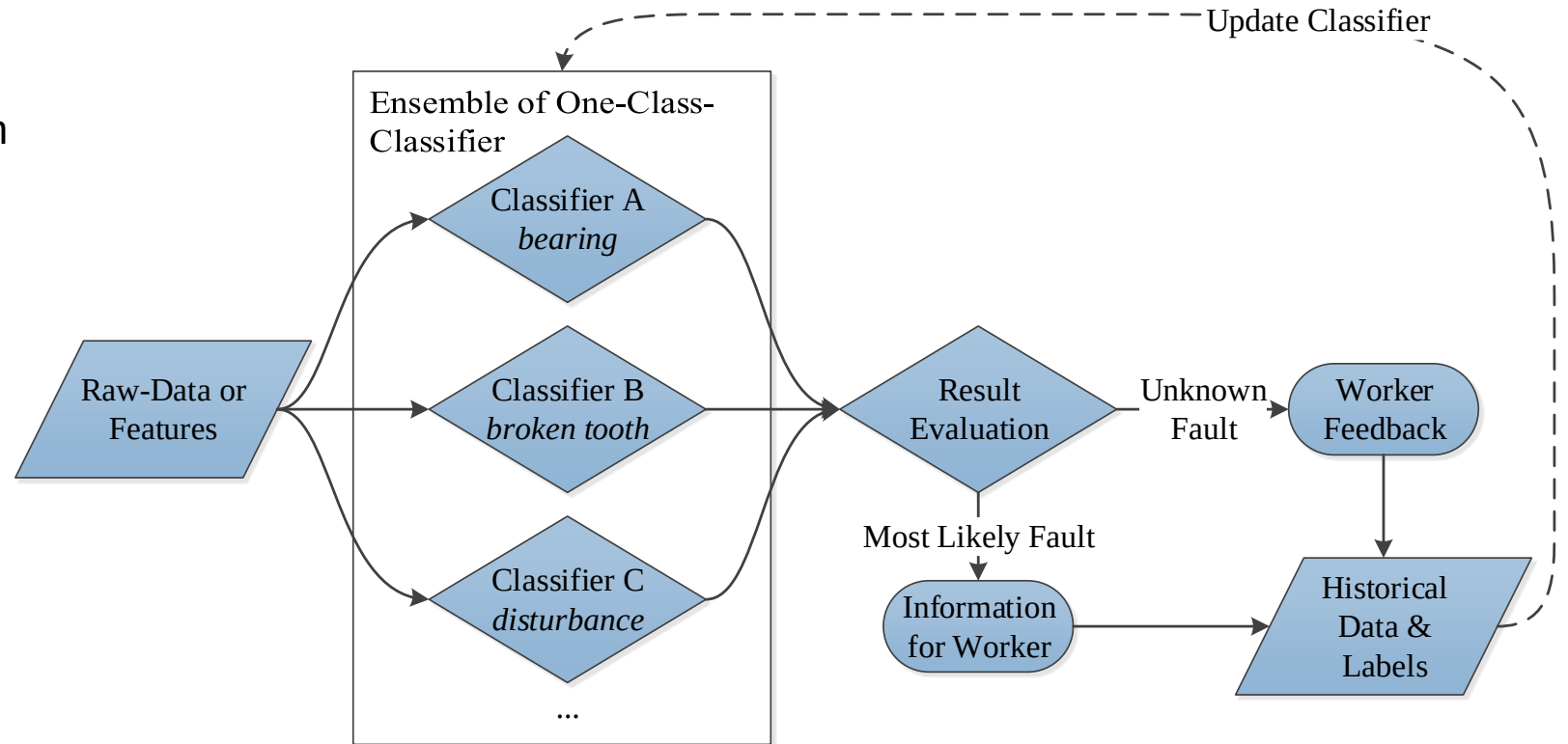
Learn system behavior

Possible Solution Methods

One-Class-Classifier (for Anomaly Detection and Fault Classification)

One-Class-Classifier fit both

- one instance for anomaly detection
- ensemble for fault classification



Possible Solution Methods

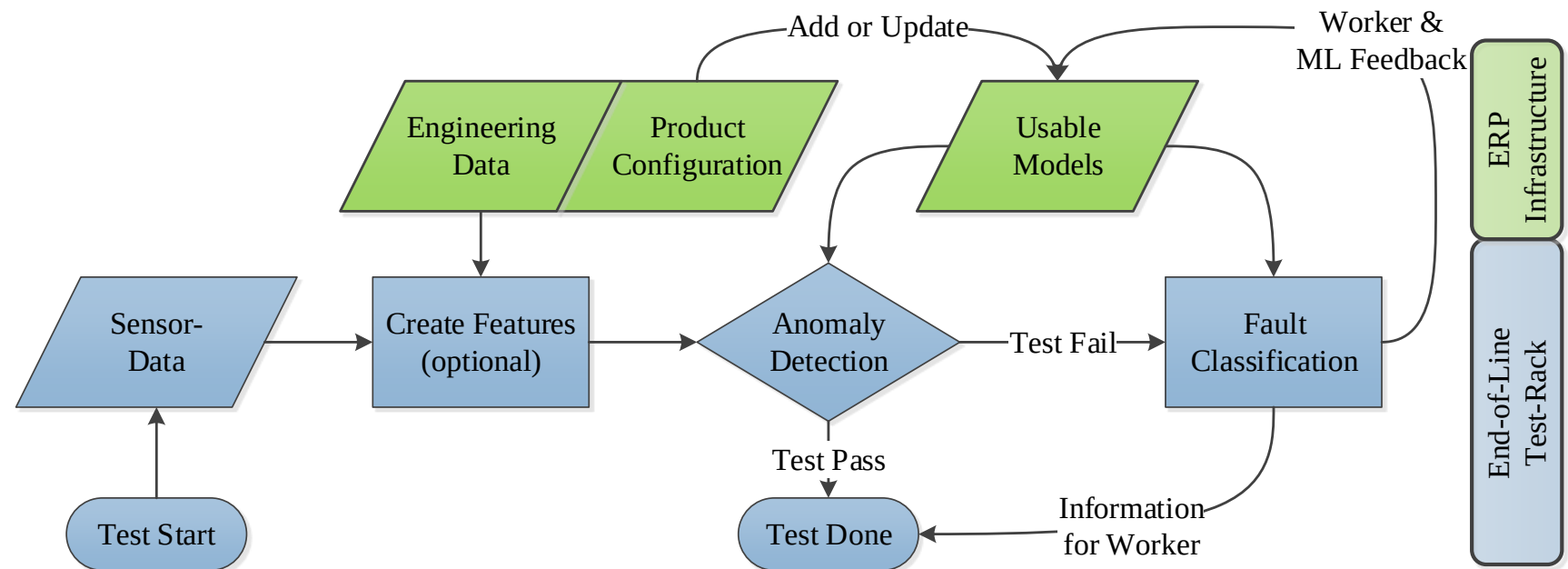
Diversity of Variants

Collecting Meta-Information

- Engineering Data for Features
- Product Configuration for Models

Use Models on Premise

- Store usable models



Possible Solution Methods

Diversity of Variants

Collecting Meta-Information

- Engineering Data for Features
- Product Configuration for Models

Use Models on Premise

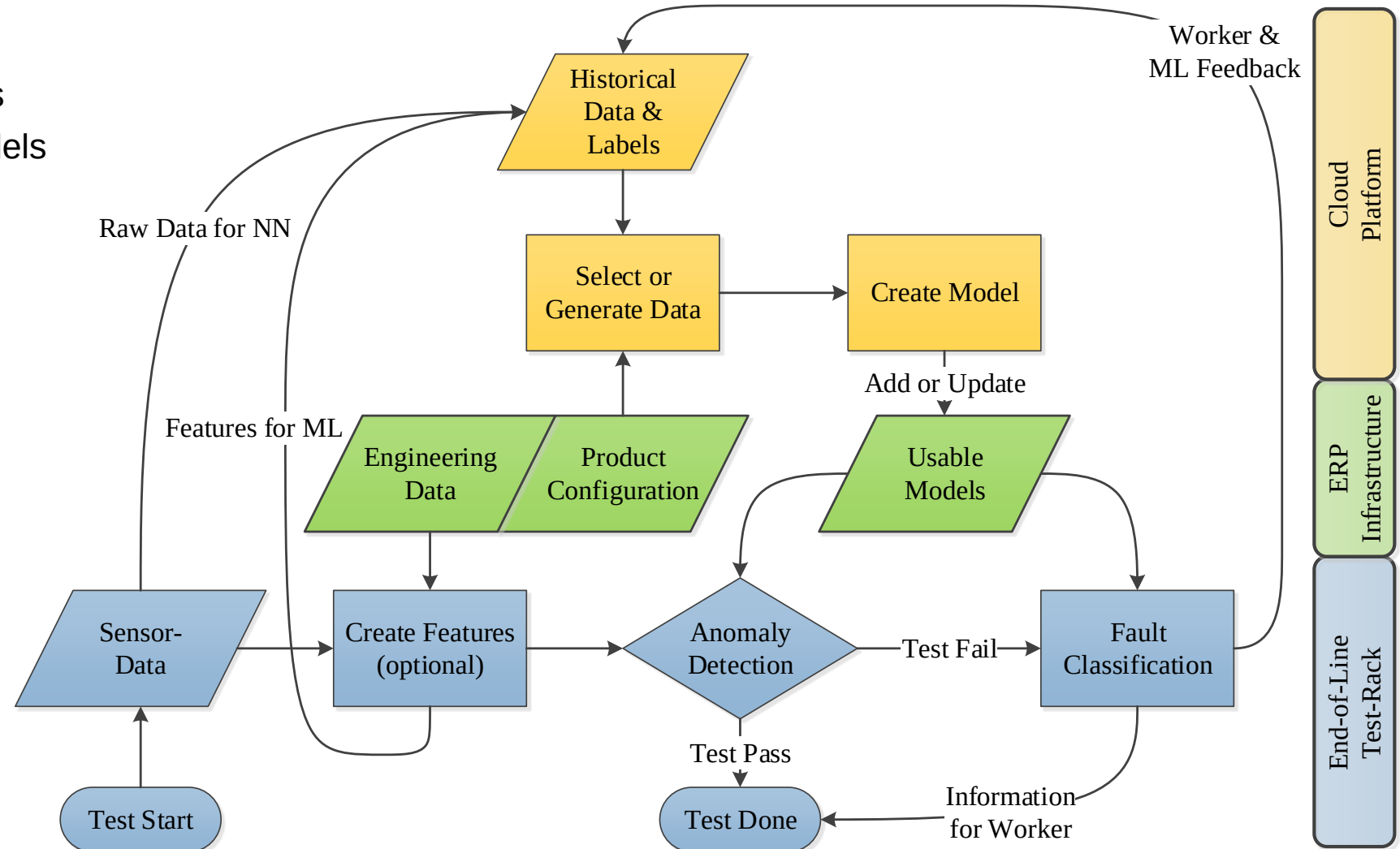
- Store usable models
- Store Dataset globally
- Create Models globally

Dataset for Model Creation

- Similarity Clustering
- Data Augmentation
 - Generative Nets

Transfer Learning

- Domain Adaptation



Zweite Evaluierungsrunde

End-of-Line Konzept

- Fokus großer Variantenraum
- Veröffentlichung PHME21

Robustheit

- Robustheit gegenüber Hintergrundgeräuschen
- Robustheit gegenüber (kleineren) Variationen

Merkmalsselektion

- Bestimmung der stärksten Merkmale
- Evaluierung generalisierbarer Merkmale

Clustering / Ähnlichkeit

- Varianten gemeinsam Testen
- Auswahl von Transferpiloten

Domänenadaption

- Generalisierbare Ansätze
- mehrere Varianten & Fehler

Zweite Evaluierungsrunde

Ablauf der Messung und Datenverarbeitung

- Motor fährt auf Bemessungsdrehzahl
- Datenaufzeichnung über 5s je Richtung
- Metadatenabruf aus SAP



Zweite Evaluierungsrunde

Experiment: Verzahnungsschaden

- Jeder Motor wird getestet
 - Hohe Anzahl Gutbeispiele
 - Hohe Anzahl Varianten
- Vereinzelt kommen Fehler vor
 - Geringe Anzahl Fehlerbeispiele
 - Hohe Anzahl Varianten



Thank you for your attention.

Lenze SE

Presenter	Peter Wissbrock
Department	IN
Address	
Location	Hans-Lenze-Straße 1 31855 Aerzen
Phone	+49 5154 82-3834
Fax	
E-mail	peter.wissbrock@lenze.com

This document is the intellectual property of Lenze SE, Aerzen .
Lenze is the sole and exclusive owner of the copyright and the intellectual property right.
This document may only be used with the express, written approval of Lenze.
Subject to technical alterations.