






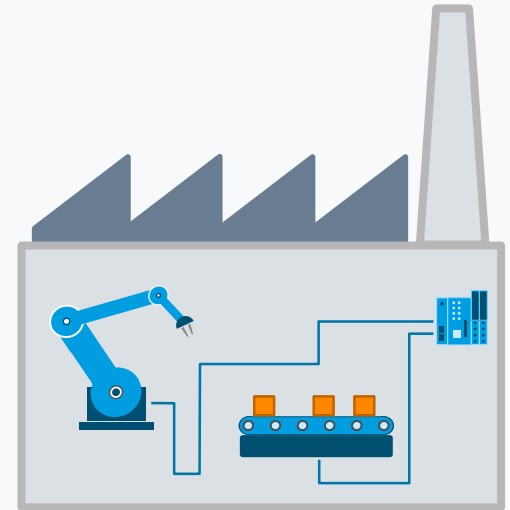
Dr. Frank Oppenheimer
Bereichsleiter Produktion

 +49 441 9722-285
 +49 441 9722-280
 frank.oppenheimer@offis.de

PREDICTIVE MAINTENANCE

Zwischen Wunsch und Wirklichkeit

- | Industrie 4.0 als Strategie, um globalen Herausforderungen zu begegnen
- | Smart Factories als Teil hoch-effizienter Lieferketten
- | Sensoren und elektronische Systeme durchdringen die Produktion (Digitalisierung)
- | Anforderungen:
 - | **Flexibilität, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Produktion**



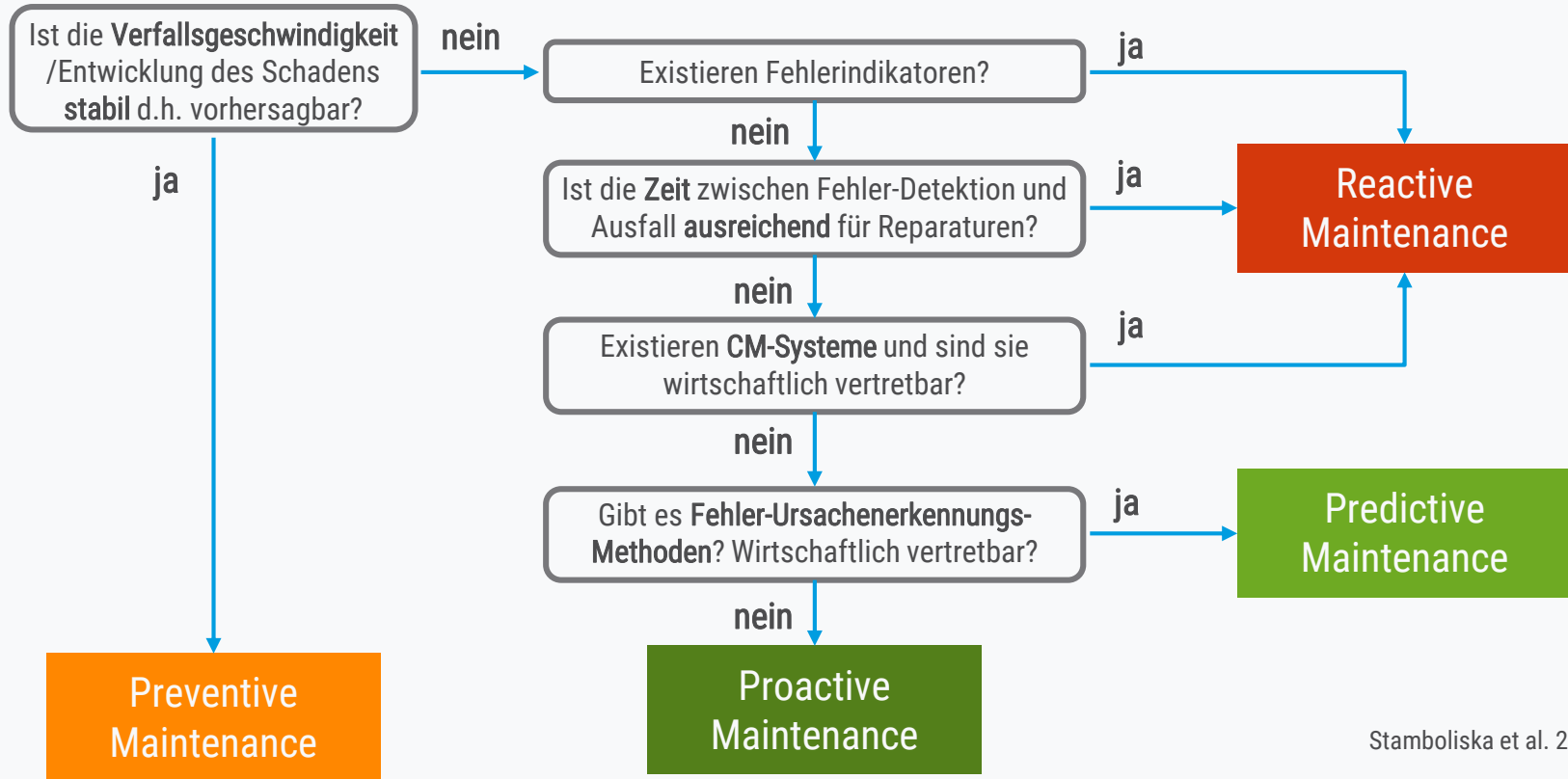
**Reactive
Maintenance**
Nach Ausfall

**Preventive
Maintenance**
Regelmäßig

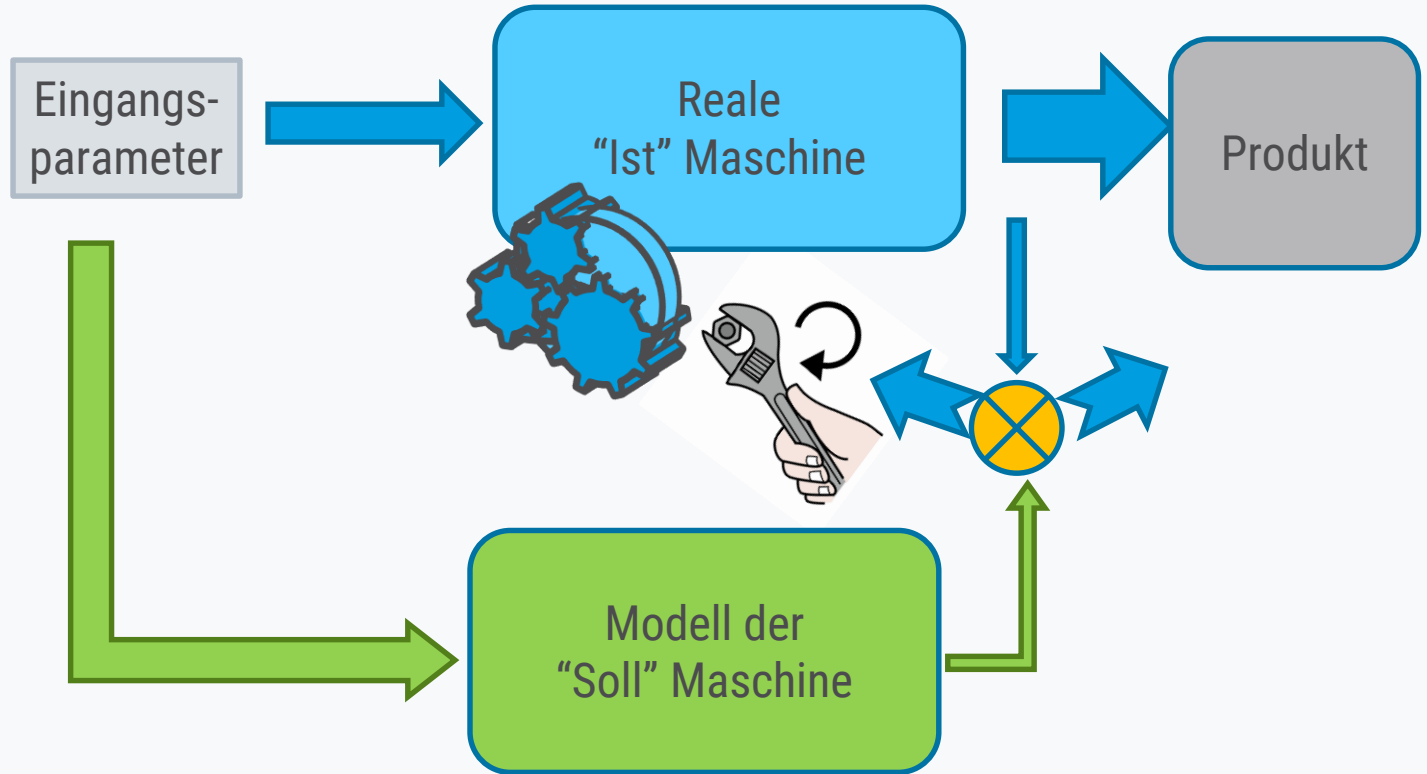


**Predictive
Maintenance**
Zum 'richtigen Zeitpunkt'

**Proactive
Maintenance**
Kontinuierlich



Stamboliska et al. 2015



| Condition Monitoring

| Monitoring

- | Messen (Vibration, Temperatur, ...)

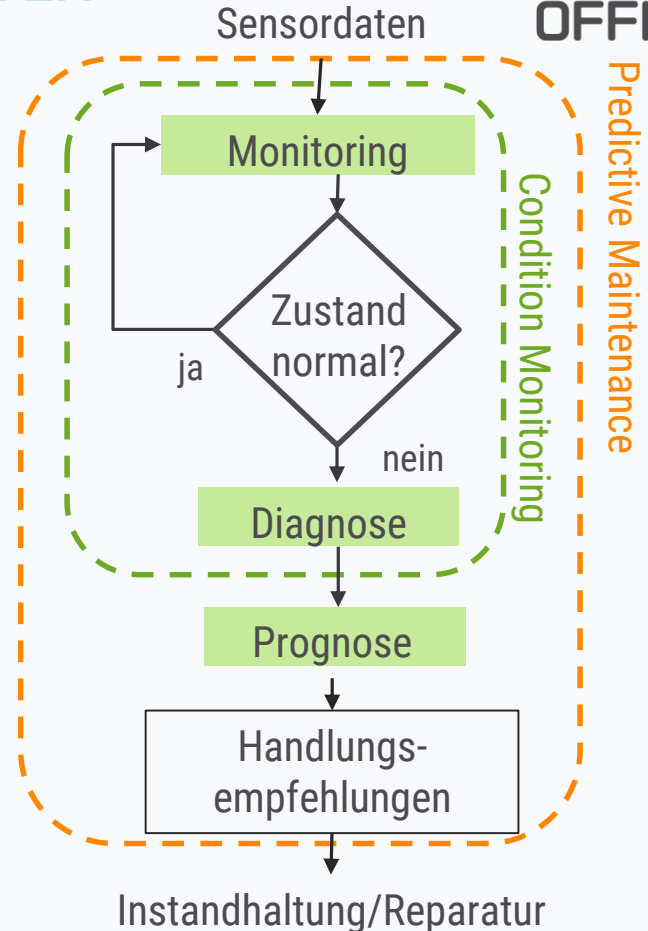
- | Bewerten (aktueller Zustand normal?)

| Diagnose

- | Bestimmung der Fehlerart und der Fehlerquelle

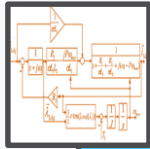
| Prognose

Abschätzung der Restlebensdauer (Remaining Useful Lifetime)



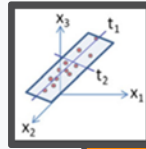
A large blue shape on the left side of the slide, resembling a document page with a folded top-right corner.

CONDITION MONITORING



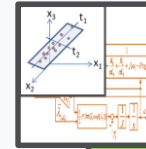
Physik

- Exaktes Modellverständnis
- Analytisch
- Dynamisches Verhalten
- Anwendungsspezifisch



Daten

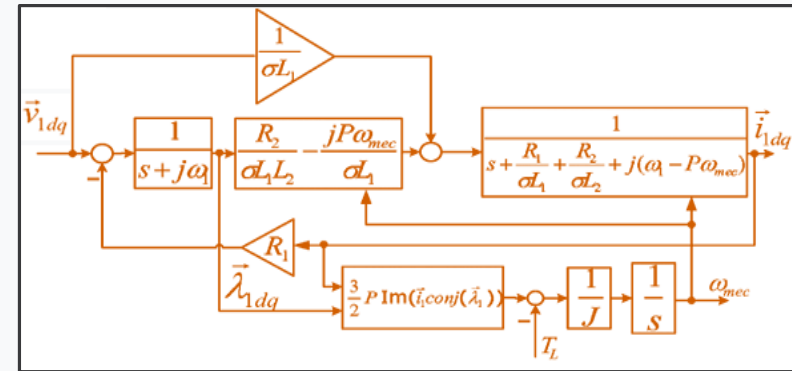
- Statistische Verfahren
 - Regression
 - Nachbarschaft
 - Clusteranalyse
- Maschinelles Lernen
 - Neuronale Netze



Hybride Verfahren

- Kombiniert phys. Modell und Daten
- Parameteranpassungen
- Dateninterpretation

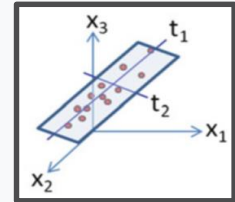
- | Mathematische Modellierung der Dynamik (Verhalten) von Anlagen auf Basis von **physikalischen Prinzipien** (first principles)
- | Modellierung erfordert umfassendes Domänenwissen über die **grundlegenden Prozesse** einer Anlage und deren **Komponenten**
- | Bilden das Verhalten präzise ab
- | **Hoher Aufwand** für die Modellentwicklung erforderlich (Systemanalyse)
- | Modelle sind **anwendungsspezifisch**
- | **Beispiel: Motorumdrehungen in UPM bei Betriebsspannung V**



Blockdiagramm Induktionsmotor

Filho & Filho 2009

| Extrahieren statistische Eigenschaften aus kontinuierlich aufgenommen Sensordaten (Temperatur, Druck, Spannung, akustische Signale), um das Verhalten einer Anlage zu beschreiben



| Lernen aus der Beobachtung von guten und schlechten Maschinenzuständen

| Kein spezifisches Wissen über Anlagen erforderlich

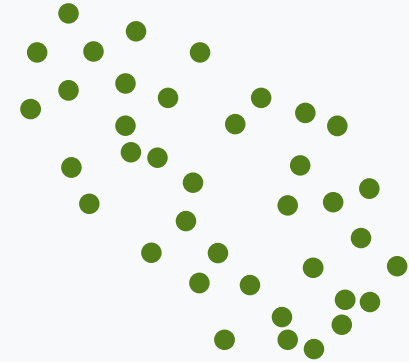
| Der Anlagenbetrieb muss nicht unterbrochen werden



Anomalieerkennung ist der Prozess der Identifizierung von unerwarteten Elementen oder Ereignissen in Datensätzen, die von der Norm abweichen. Z.B.:

- | Spannungspitze
- | Geräusche
- | Drehmomentveränderung

Anomalie



Eigenschaften von Anomalien:

1. Anomalien unterscheiden sich in ihren Merkmalen von der Norm.
2. Anomalien sind selten verglichen mit den normalen Dateninstanzen.

Wunsch

Historische Daten, die alle Maschinenprozesse darstellen (normal, fehlerhaft) sind vorhanden.

Realität

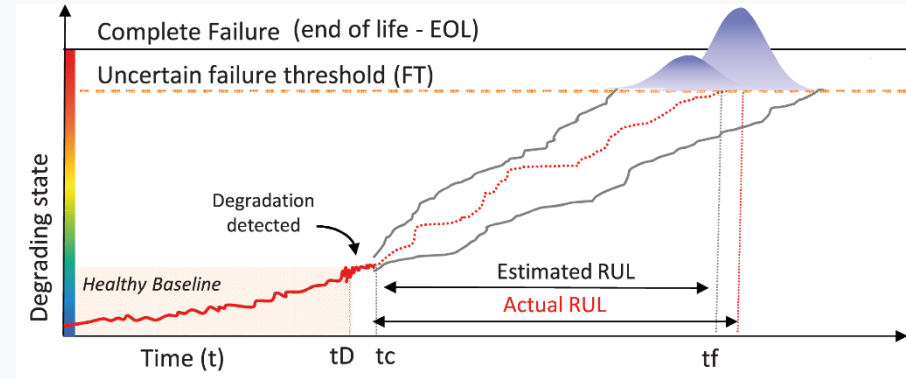
Nur wenige Daten sind verfügbar

Klassifikation im Nachhinein schwierig

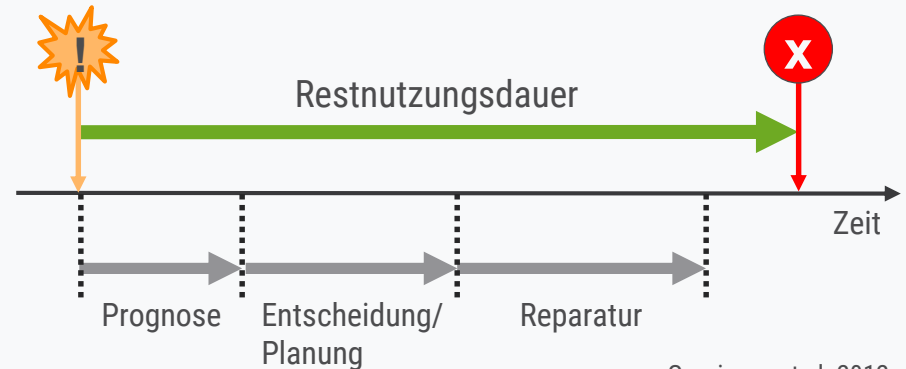
RESTNUTZUNGSDAUER - PROGNOSE

Remaining Useful Lifetime (RUL)

- Abschätzung der verbleibenden Restnutzungsdauer einer Anlage
- Projektion von Heute bis zum Ausfall der Anlage
- Die Restnutzungsdauer muss größer als die Zeit sein, die für die Reparatur benötigt wird



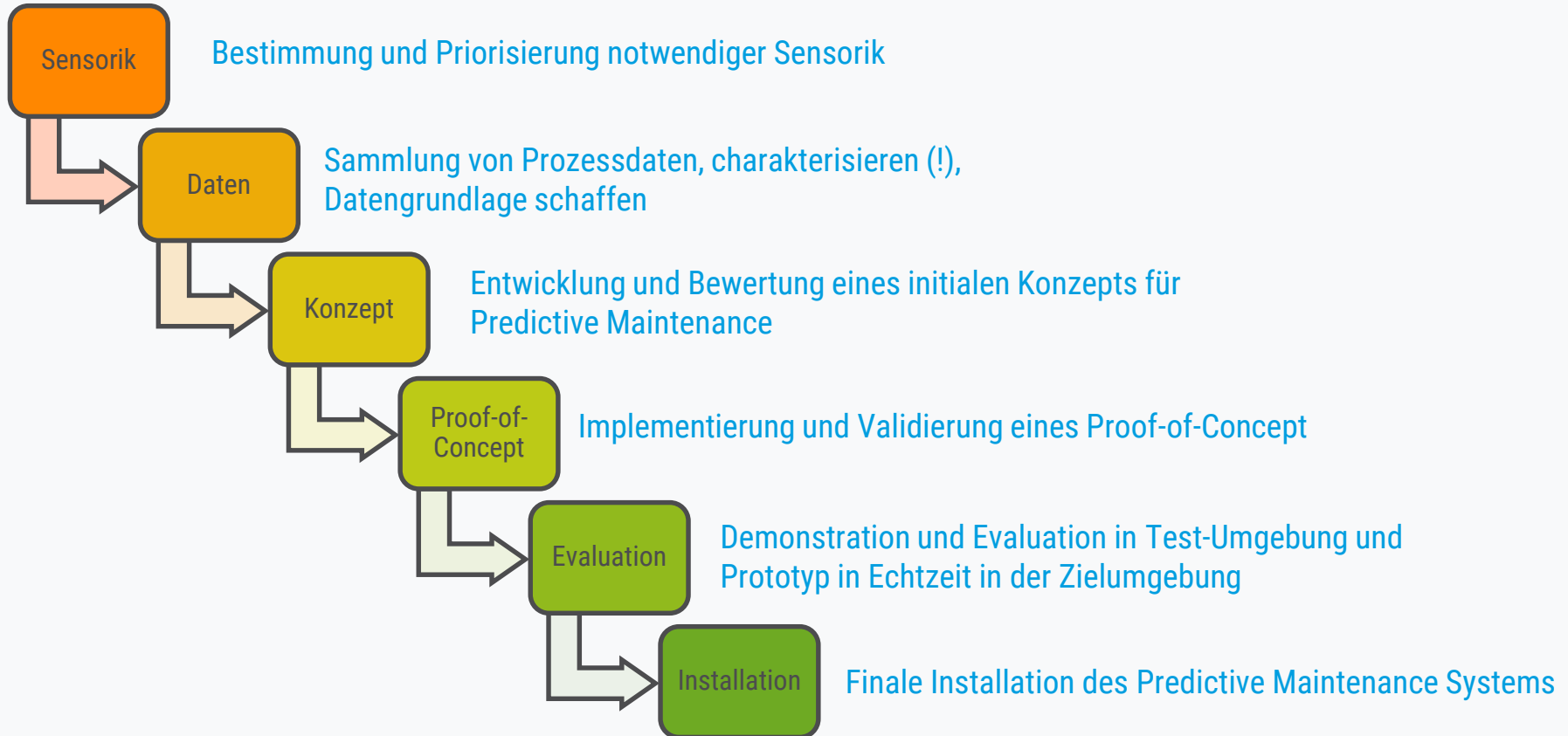
Javed et al. 2017



Gouriveau et al. 2012

STRATEGISCHES VORGEHEN

Einführung von Predictive Maintenance



**VIELEN DANK FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT!**

