

22.02.2024, maintenance Dortmund

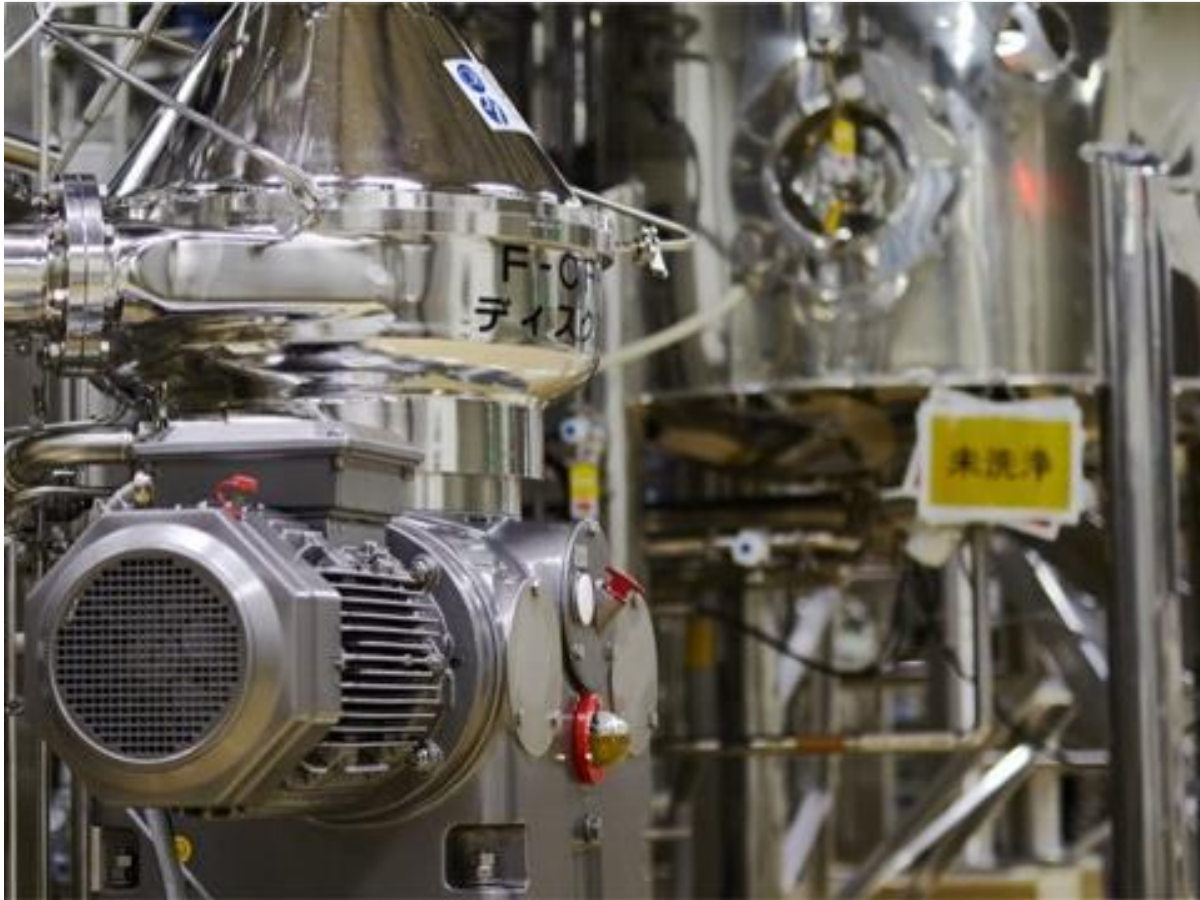
Praxisorientierte Strategien für prädiktive Instandhaltung

Optimierung der Instandhaltung in der Pharmaindustrie

Linus Kohl

Projektziel

"Aim high and see what is possible"



Projektziel

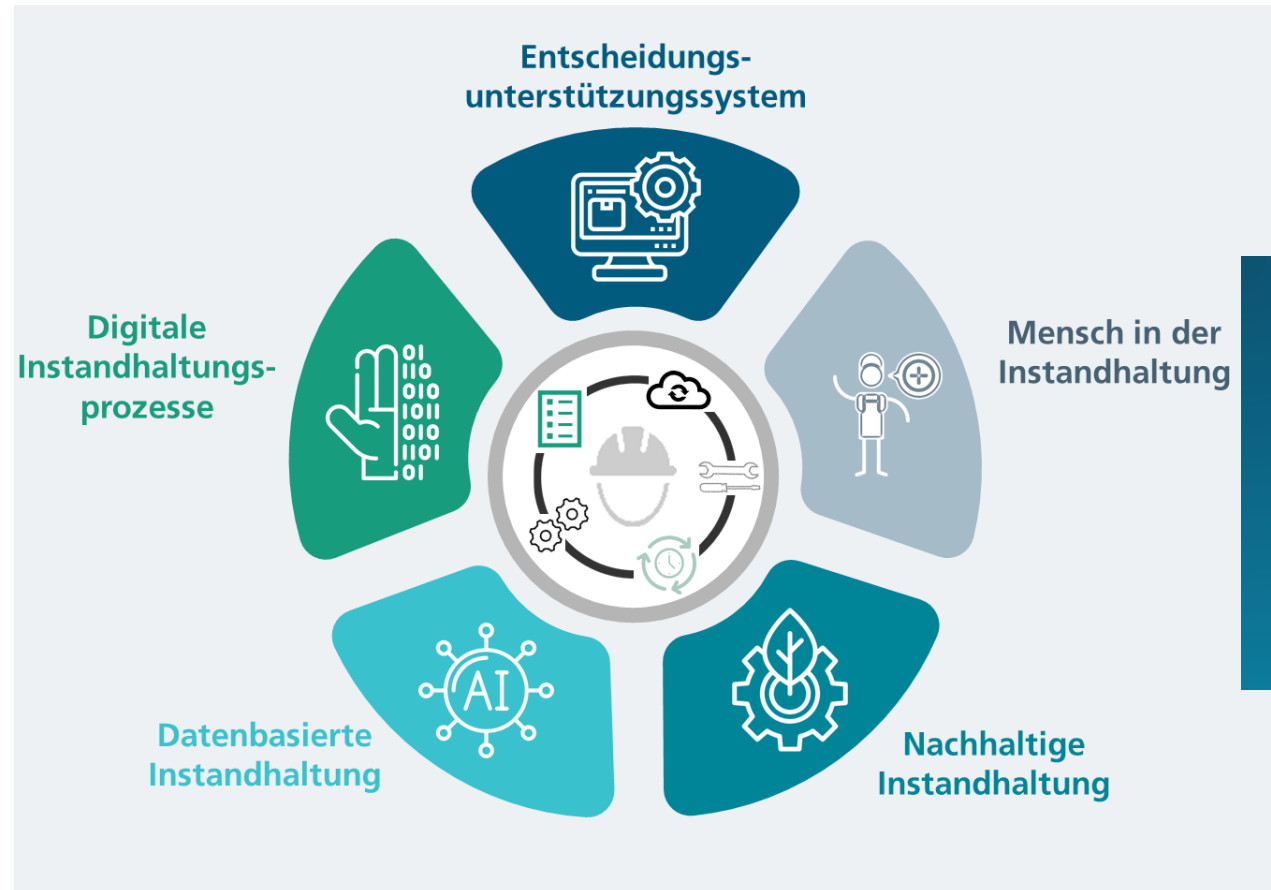
Anwendung einer präskriptiven Wartungsstrategie für Ventile einer Chromographiemaschine

Anwendungsfall:

- Bottleneck-Ausrüstung
- Identifiziert als Bad Actor
- Verfügbarkeit von Daten
- 24-Stunden-Produktion
- Ventile mit Relevanz (Fähigkeit zur Verallgemeinerung)

Die Instandhaltungsfreie Fabrik

Vision und Mission



Eine »Instandhaltungsfreie Fabrik« beschreibt die fundamentale Transformation von Instandhaltung zur Maximierung der wertschöpfenden Produktionszeit.

Die Instandhaltungsfreie Fabrik

Was ist zu tun?



DATENNUTZUNG

Konsequente, datenbasierte (prädiktive) Instandhaltung

- Reduktion der Störungsanteile
- Umwandlung in planbare Maßnahmen



PLANUNG

Integration von Instandhaltungsplanung in die Produktionsplanung

- Konsequente und planbare Nutzung von Ausfallzeiten



FLEXIBILITÄT

Neuartiges, flexibles Arbeitszeitmodell für die Instandhaltung

- Durchführung der Instandhaltung, wenn nicht produziert wird

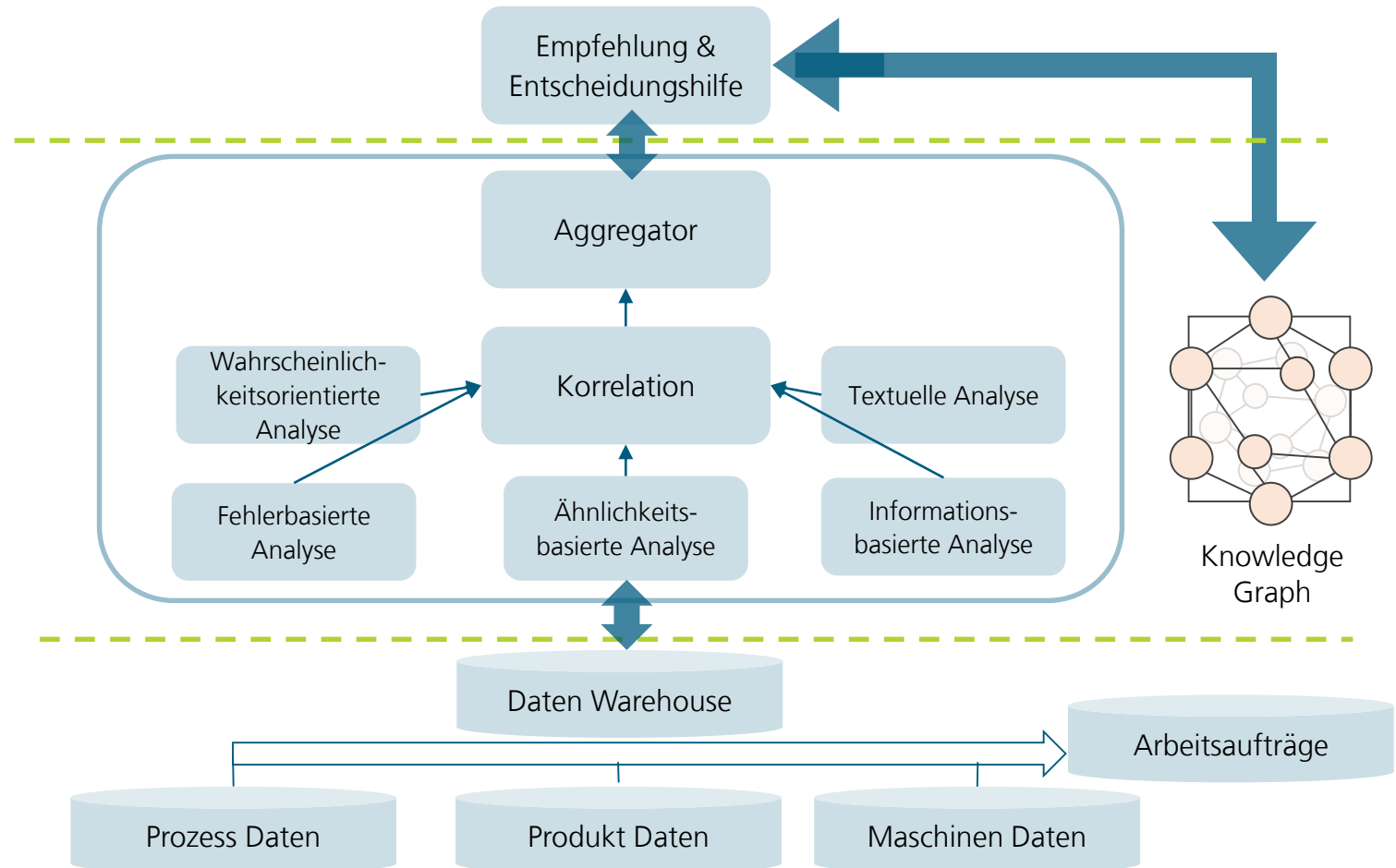
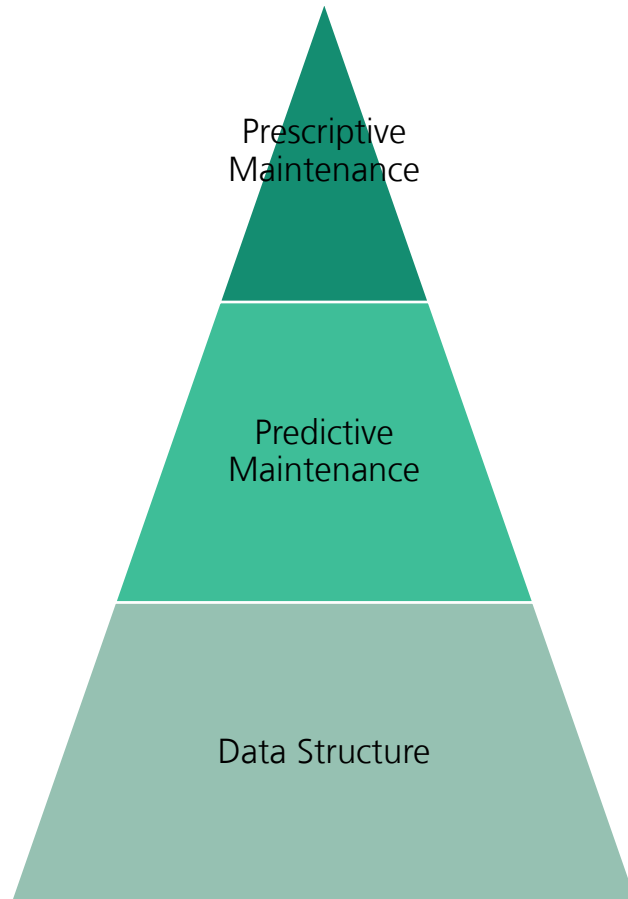


ZIEL

Eine Produktion mit möglichst wenigen instandhaltungsbedingten Ausfallzeiten

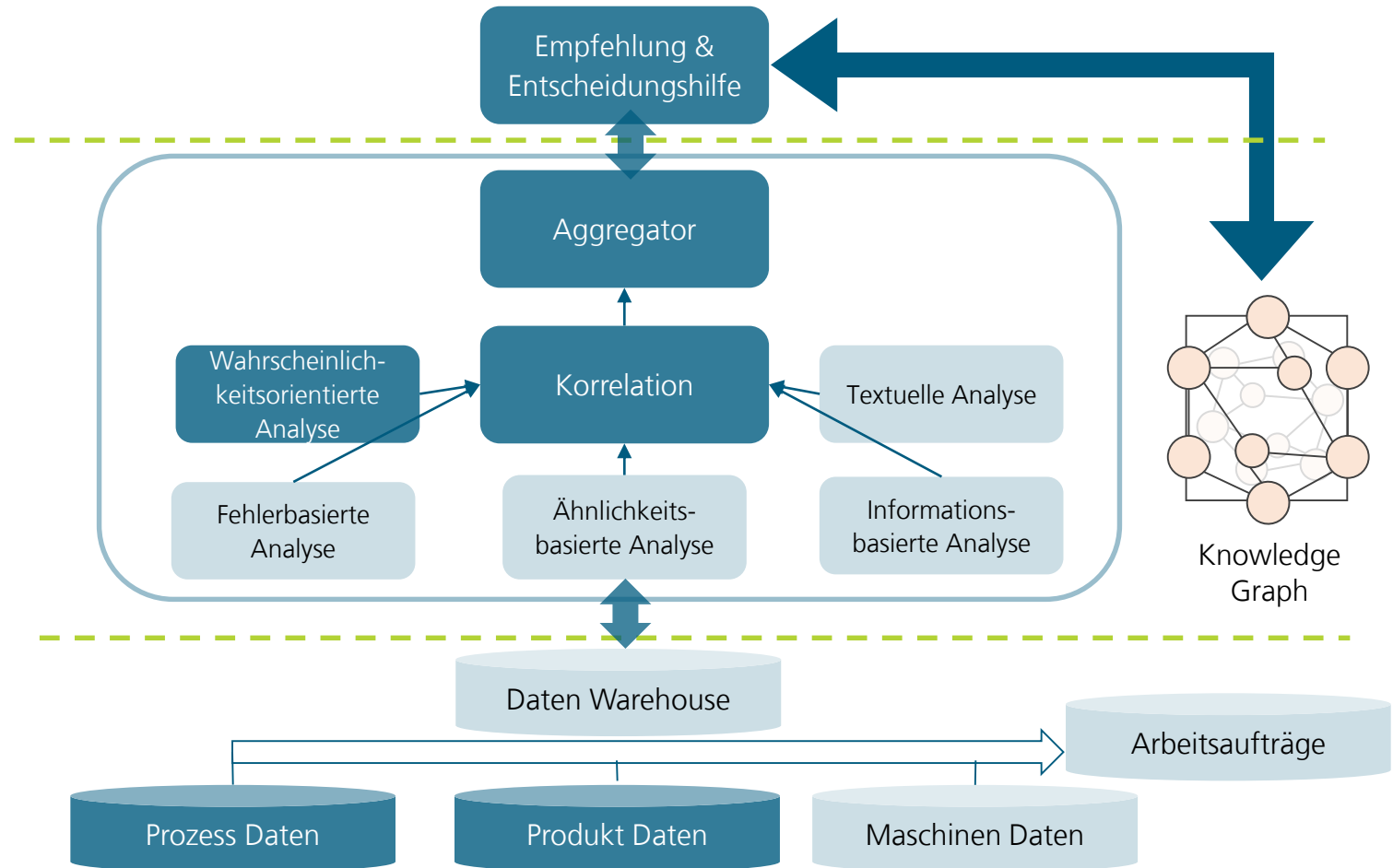
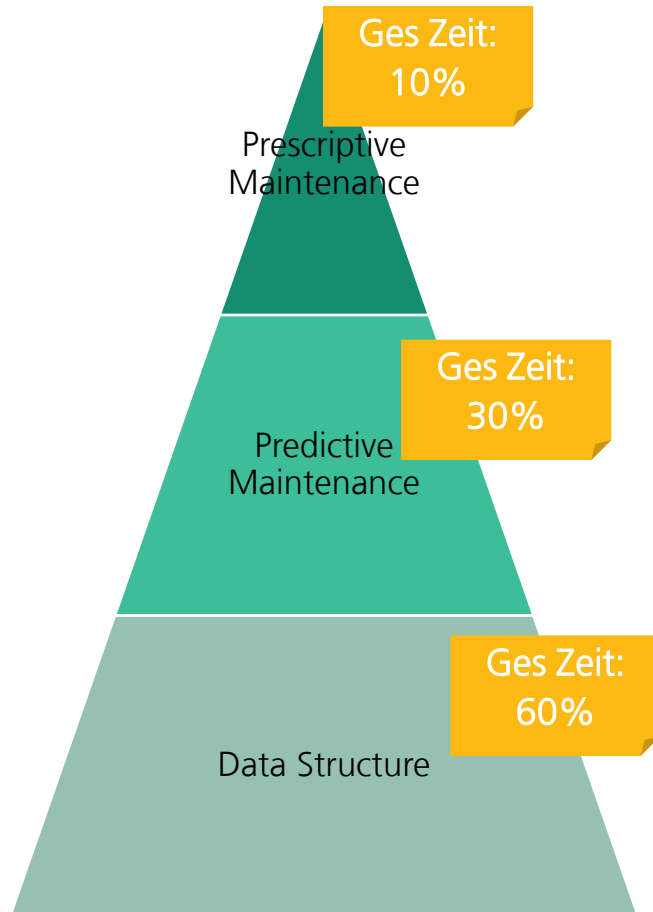
Präskriptive Instandhaltung

Das PRIMA Modell



Präskriptive Instandhaltung

Das PRIMA Modell



Der Use Case

Chromatographie-Maschine

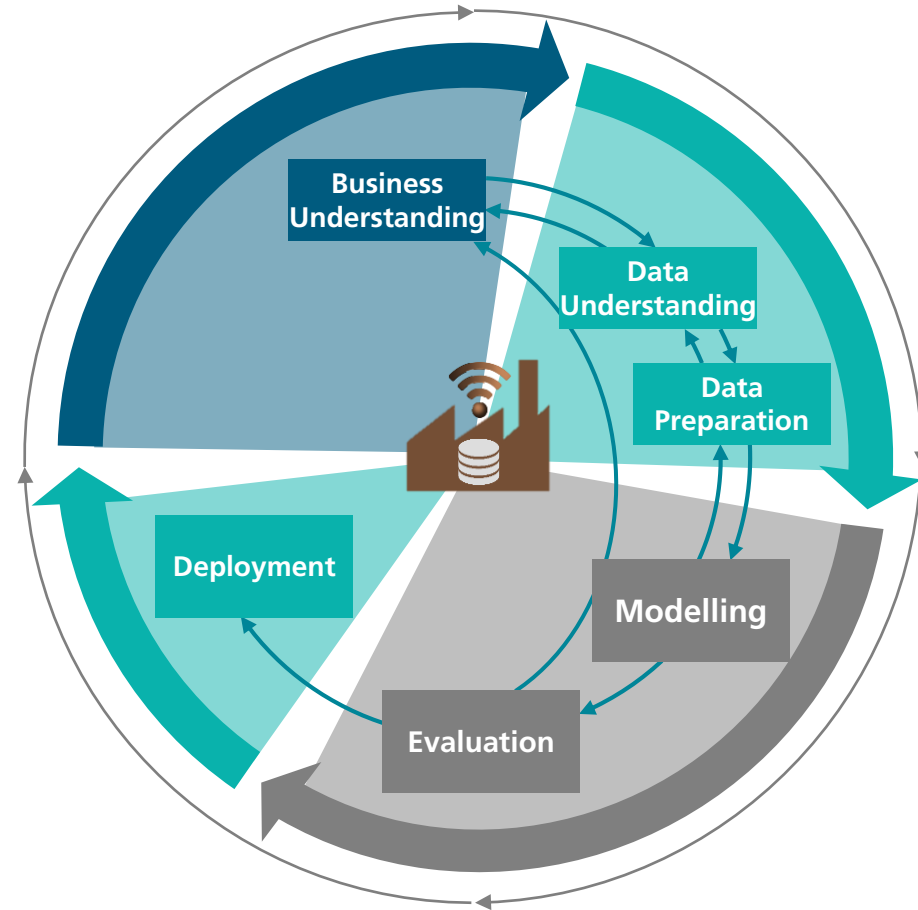
- Chromatographie-Maschine in der Pharmaproduktion
 - Reinigt flüssige Pharmazeutika
 - Empfängt, lagert und verarbeitet das Produkt in Tanks
- Prozess-Highlights
 - Temperaturregelung und Rühren in den Tanks
 - Kontinuierliche Überwachung (Wägezellen, Temperatur-/Füllstands-/Leitfähigkeitssonden)
 - Zugabe von Trägermaterialien zur Trennung
 - Produkt wird gefiltert und analysiert
- Wichtige Komponenten
 - Messgeräte
 - Rohre, Tanks, Rührer, Ventile



Beispielbild, Quelle HPLC| YMC America

Das Vorgehensmodell

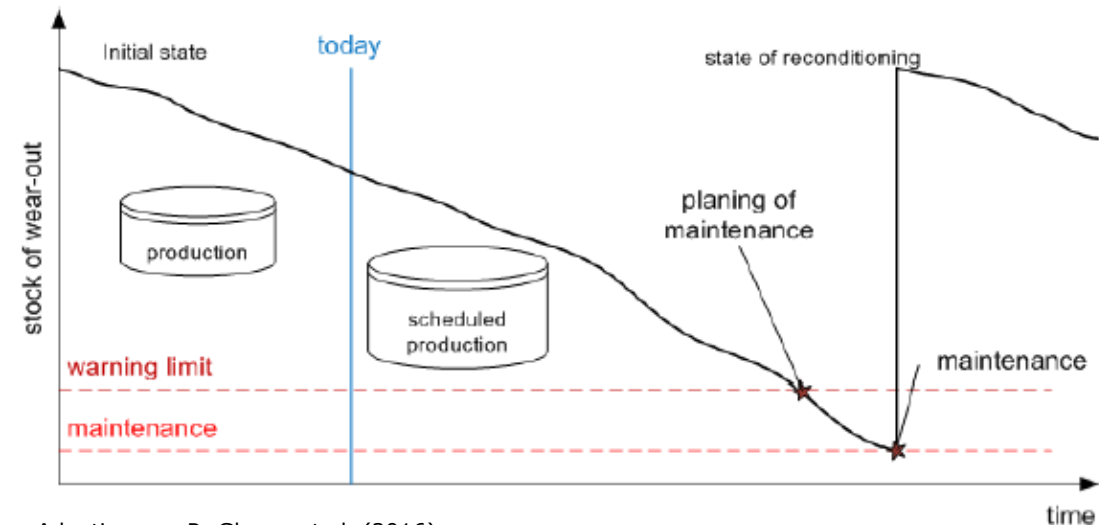
CIRSP-DM



Business Understanding

Ziele & Herausforderungen

- Ziel: Optimierung der Instandhaltungsstrategie durch bedarfsgesteuerte Instandhaltungsmaßnahmen
- Nötige Grundlagen:
 - Bekannte Zeit bis zum Ausfall
 - Bekannte Warngrenzen
 - Instandhaltungsplan
- Einsatzmöglichkeit von KI basiert auf:
 - Technischen Möglichkeiten
 - Messbarkeit des Zustandes
 - Daten:
 - Verfügbarkeit
 - Menge
 - Qualität

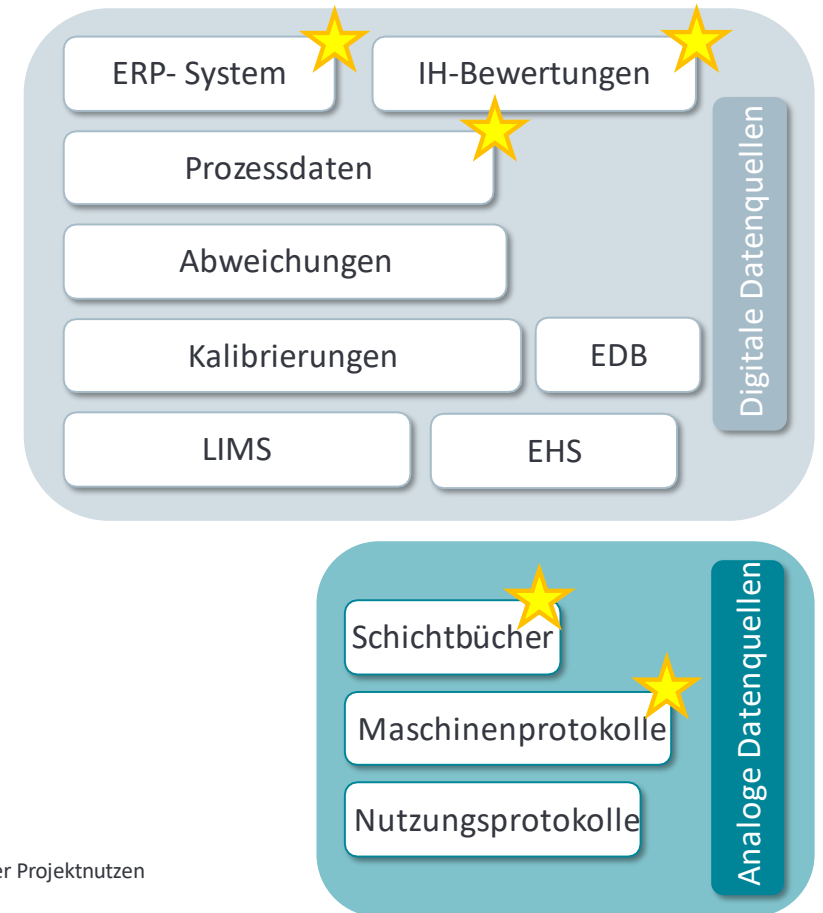


Adoption von R. Glawar et al. (2016)

Data Understanding

Daten Speicherung und Analysemöglichkeiten

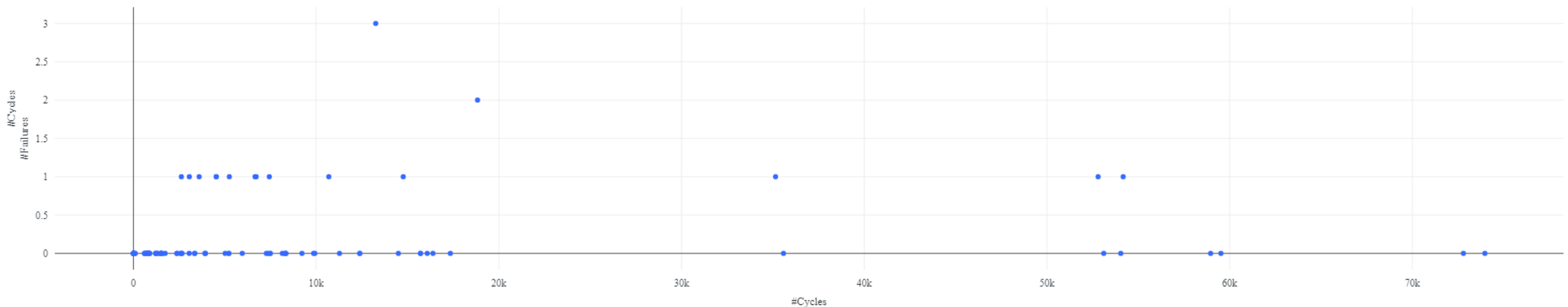
- Data Storage Layer:
 - Datalake mit Hive-Tabellen auf Amazon S3 (AWS)
 - Daten aus entfernten lokalen Systemen werden ohne ETL-Prozesse gespiegelt
- Datenanalyse Layer
 - Databricks ist für die Verarbeitung der Daten genutzt worden (auch für dieses Projekt) SCALA, SQL, Python (+ Notebooks) mit Spark
 - 2 verschiedene Cluster (Analytics & Dashboarding)
 - Aus EDB wurden keine Daten genutzt da deren Aufbereitung zu viel Aufwand gekostet hätte



Data Preparation

Verstehen was die Daten sagen

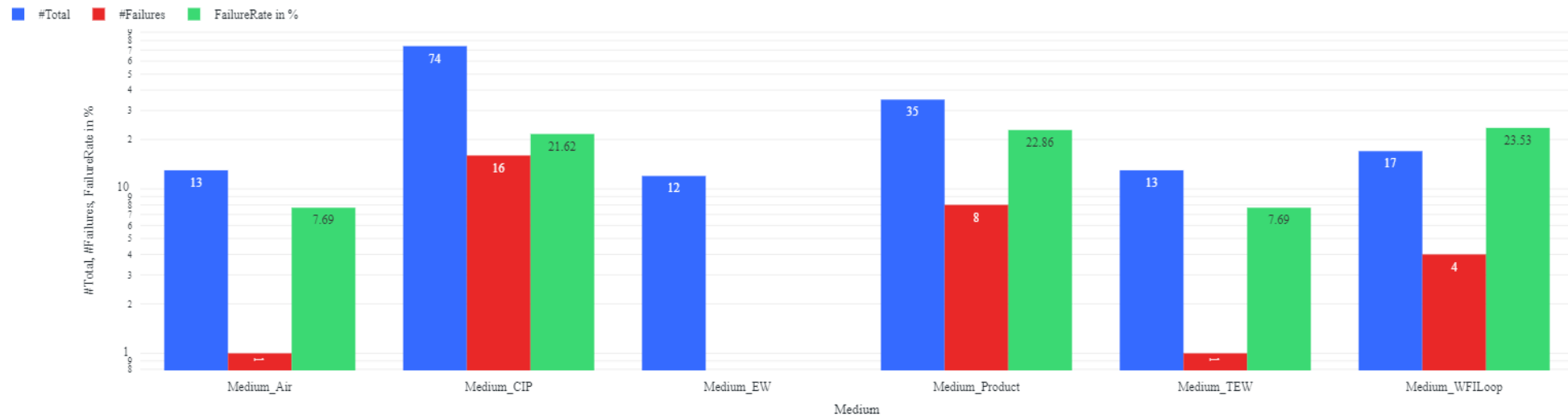
- Sehr unterschiedliche Auslastung der Ventile (4-70.000) Schaltspiele
- 19 Ausfälle haben Instandhaltungseinsätze erfordert
- Es gibt keine direkte Korrelation zwischen Schaltspielen und Anzahl an Ausfällen
- Es kann ein signifikanter Unterschied aber im Ventiltyp und den in Kontakt gekommenen Medien hergestellt werden



Data Preparation

Verstehen was die Daten sagen

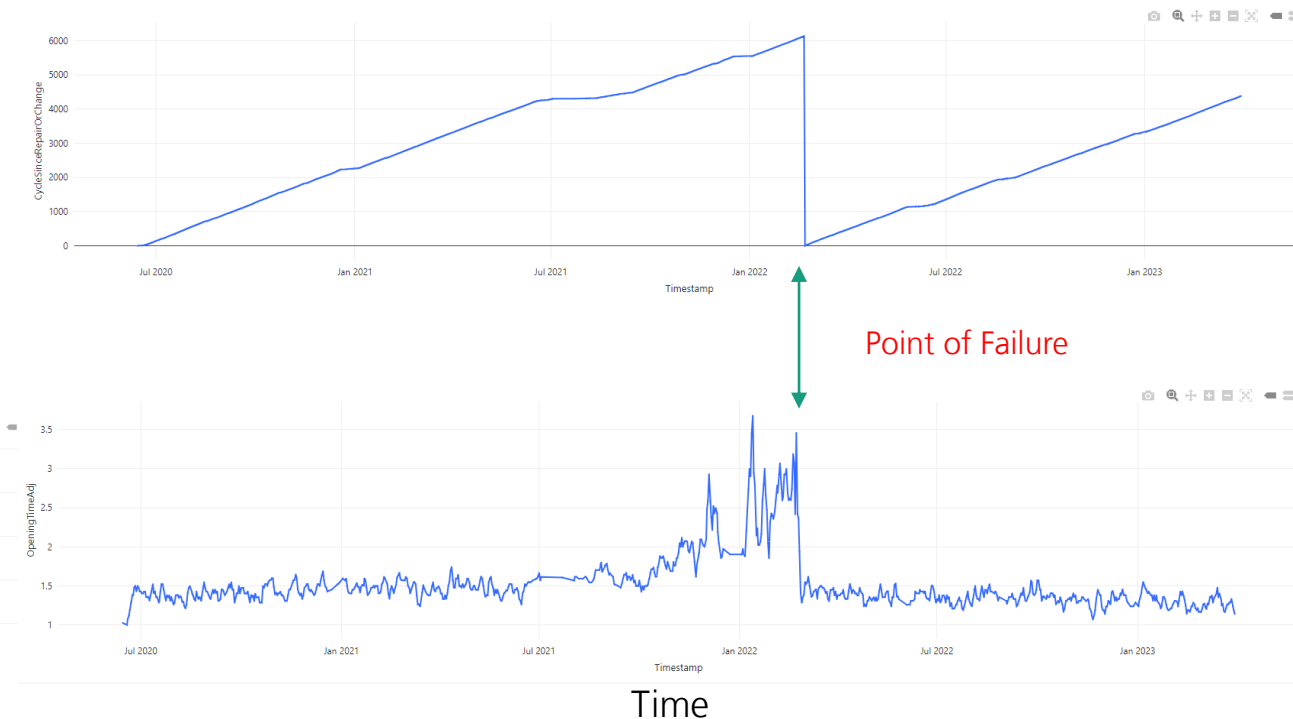
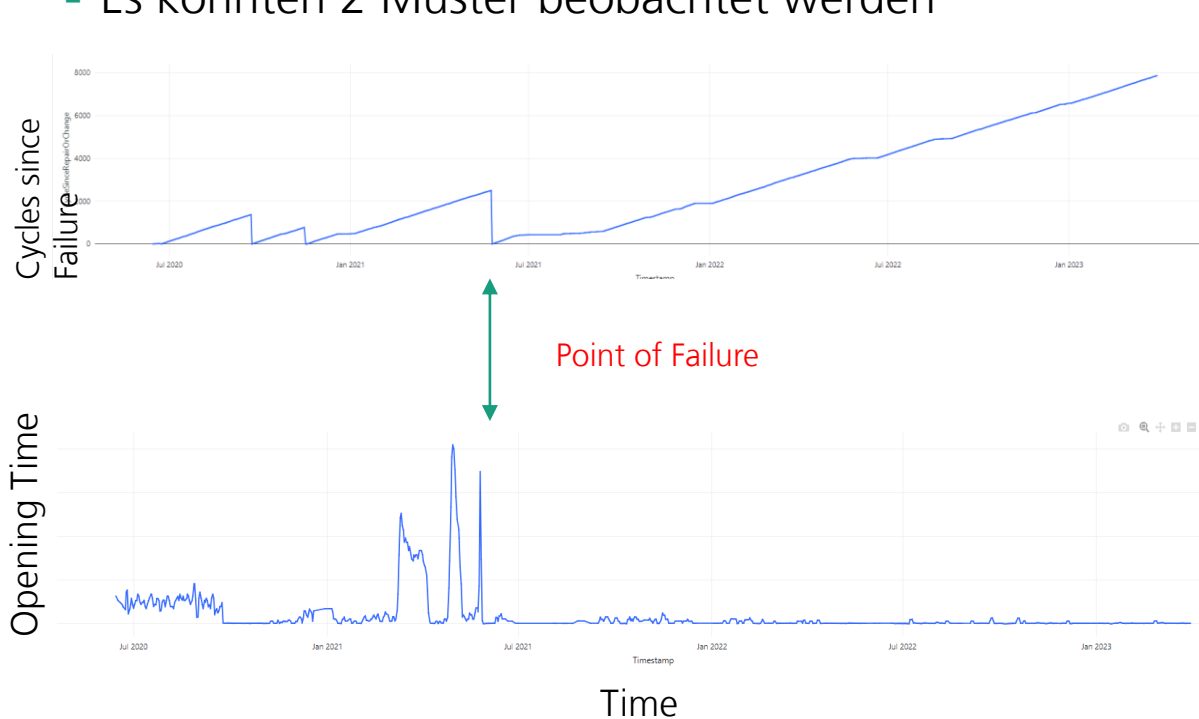
- Sehr unterschiedliche Auslastung der Ventile (4-70.000) Schaltspiele
- 19 Ausfälle haben Instandhaltungseinsätze erfordert
- Es gibt keine direkte Korrelation zwischen Schaltspielen und Anzahl an Ausfällen
- Es kann ein signifikanter Unterschied aber im Ventiltyp und den in Kontakt gekommenen Medien hergestellt werden



Data Preparation

Verstehen was die Daten sagen

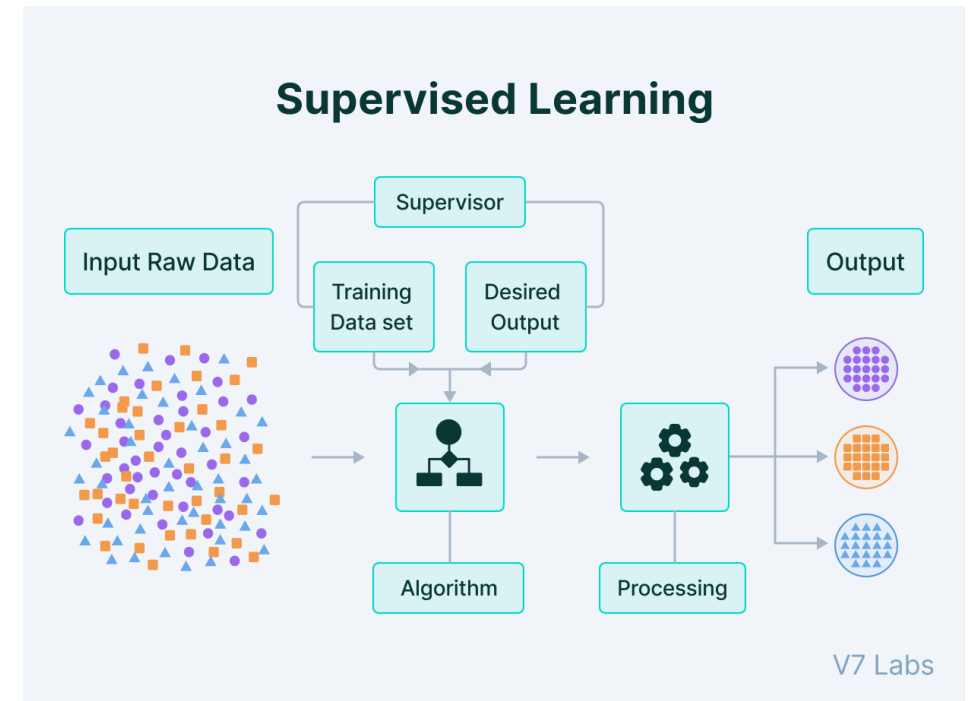
- Die Untersuchung hat gezeigt, dass Ausfälle von Ventilmotoren mit den Öffnungszeiten zusammenhängen
- Bei 8/10 Ausfällen von Ventiltriebwerken nahmen die Öffnungszeiten in den Monaten vor dem Auftreten zu.
- Es konnten 2 Muster beobachtet werden



Modeling

Der Ansatz

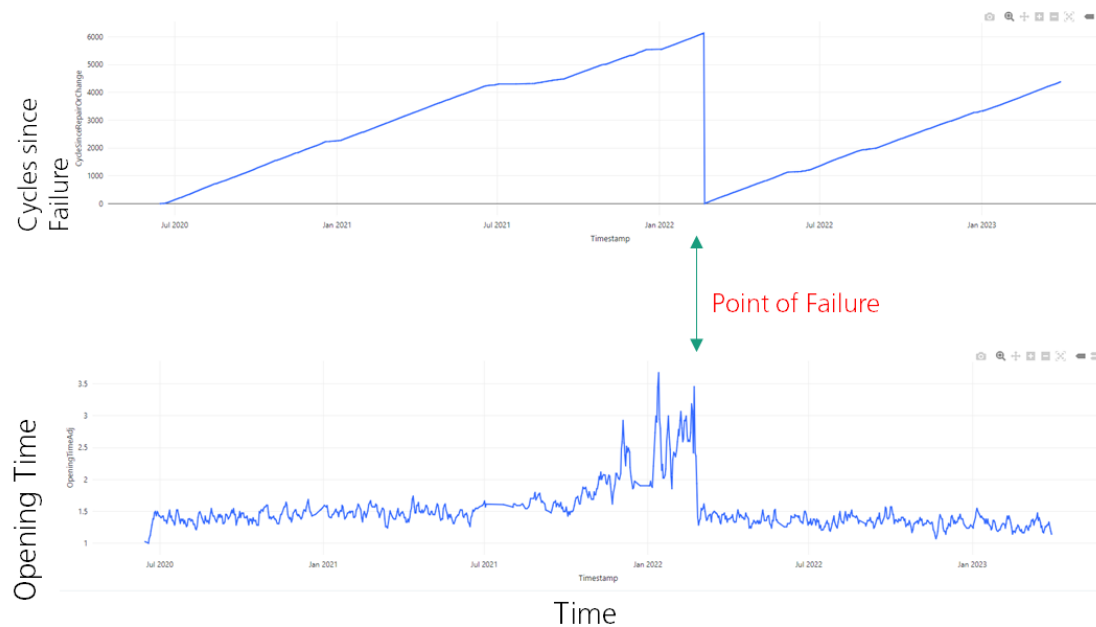
- Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die folgenden Modelle für das Projekt am besten geeignet sind:
 - Survival-Analyse
 - Zeitreihenanalyse
 - Rekurrente Neuronale Netze / LSTM
 - Bayessche Neuronale Netze
- Grund:
 - Menge der Daten
 - Qualität der Daten
 - Ergebnisse der Datenanalyse
- Gewählter Ansatz:
 - Überlebensanalyse mit Kaplan-Maier-Schätzer
 - Fehlererkennungsmodell mit absoluten Abweichungen vom Mittelwert



Modeling

Die Ergebnisse

- Untersuchungen ergaben eine Zunahme der Öffnungszeiten vor dem Ausfall des Ventilmotors
- Das Modell erkennt diesen Anstieg und sendet eine Warnung
- Abwägung zwischen vermiedenen Fehlern und zusätzlichem Instandhaltungseinsatz

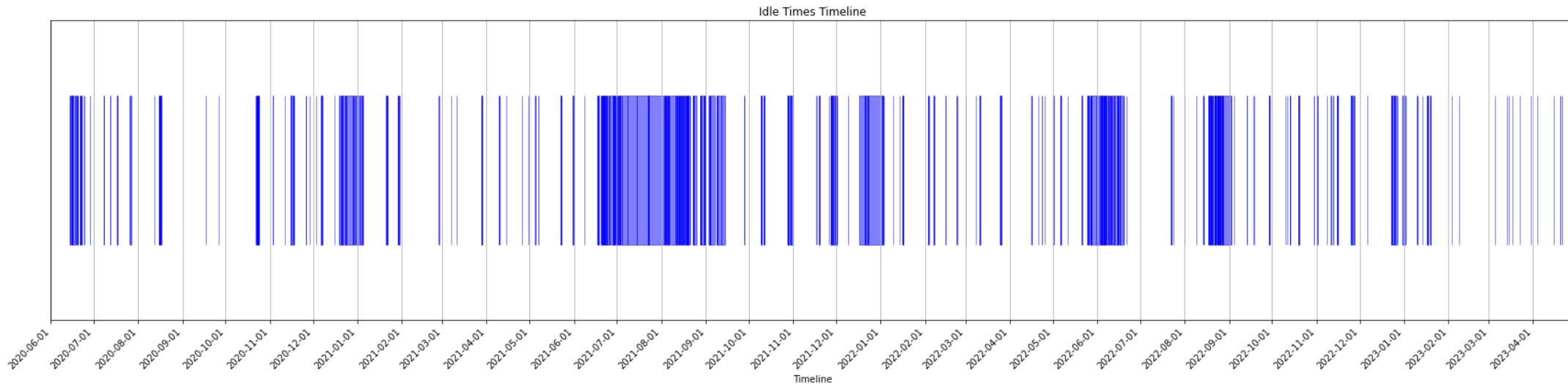


Verhinderte Fehler	Nicht verhinderte Fehler	Extra IH Einsätze
7	3	3
8	2	5
10	0	12

Evaluation

Die verbesserte Instandhaltungsplanung

- Simulation auf der Grundlage von
 - Vorhersagemodelle
 - Identifizierte Leerlaufzeiten
 - Identifizierte Restriktionen
- Gesamtleerlaufzeiten innerhalb von 3 Jahren: 4500h (187d 12h) | 1500h/Jahr
- Nutzbare Zeiten innerhalb von 3 Jahren: 2895h (120d, 15h) | 965h/Jahr
 - Innerhalb der Betriebsstunden und größer als 20 Minuten

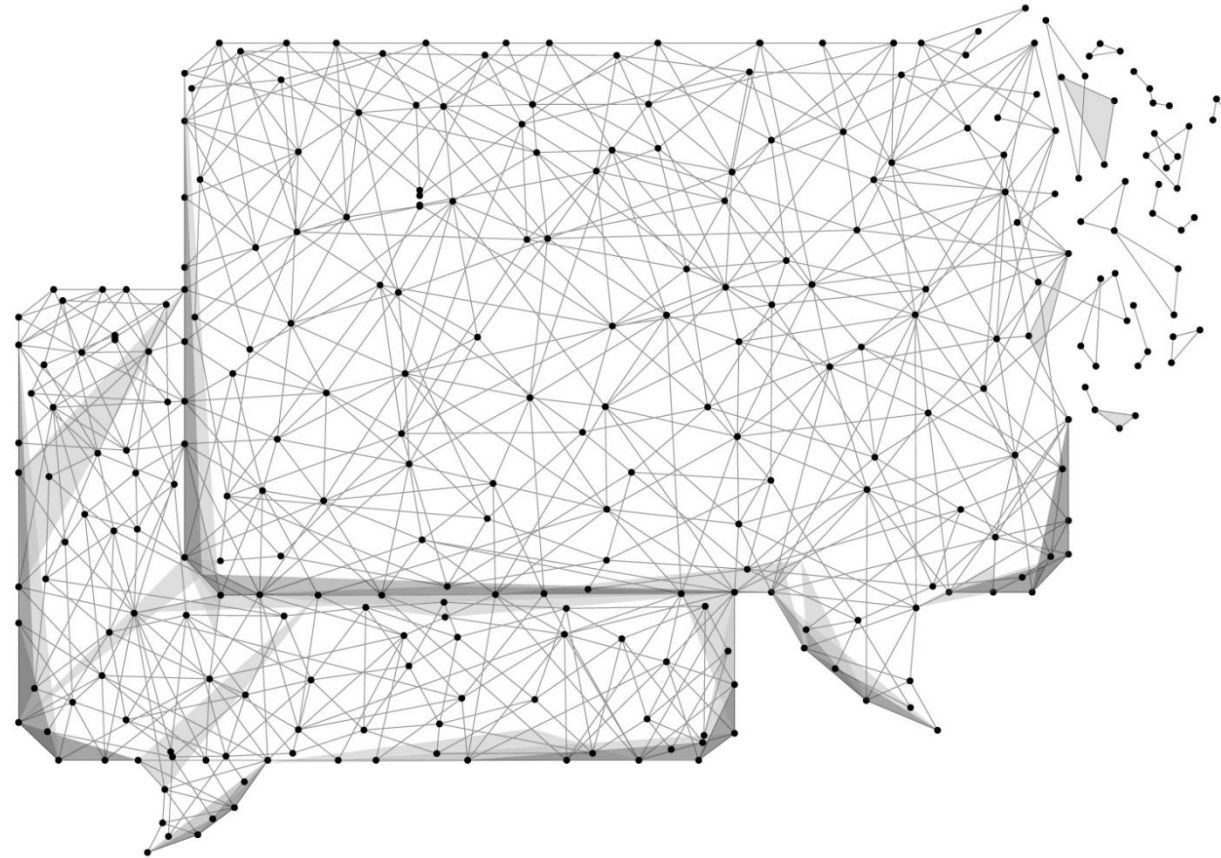


Diskussion

Limitationen & nächste Schritte

- Limitationen
 - Aufwand der Datenaufbereitung
 - Die Übertragbarkeit des Modells auf andere Maschinenkomponenten
- Nächste Schritte in der Praxis
 - Umsetzung der gewonnenen Ergebnisse in einem Frühwarnsystem für Ventile
 - Überprüfung der Potentiale für weitere prädiktive Instandhaltung Use Cases
- Nächste Schritte in der Forschung
 - Einsatz von Transfer Learning
 - Verknüpfung eines opportunistischen Ansatzes mit einer dynamischen Instandhaltungsplanung

Fragen?



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



 **Fraunhofer**
AUSTRIA

 TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Dipl.-Ing. Linus Kohl

Gruppenleiter

Produktionsoptimierung und Instandhaltungsmanagement

+43 (676) 888 61 673

linus.kohl@fraunhofer.at | linus.kohl@tuwien.ac.at

**Fraunhofer Austria Research
GmbH**

Theresianumgasse 7 | 1040

Wien

Tel: +43 1 504 69 06

office@fraunhofer.at

www.fraunhofer.at

Follow us on