# Präzise Zustandsprognosen mit verfahrenstechnischen Prozessdaten in einer standortkritischen Anlage

Eine ganzheitliche Smart-Maintenance-Strategie
am Beispiel einer technischen Abluftreinigungsanlage

AHORNER & INNOVATORS
THE ARCHITECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION

© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Inhalt

Zusammenfassung

Ausgangssituation

Aufgabe, Vorgehen, Datensituation

Umsetzung und Auswertung

Weiteres Vorgehen/nächste Schritte


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Inhalt

Zusammenfassung

Ausgangssituation

Aufgabe, Vorgehen, Datensituation

Umsetzung und Auswertung

Weiteres Vorgehen/nächste Schritte


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Zusammenfassung der Inhalte

- Es wurde für eine Technischen Abluftreinigungs-Anlage TAR eine Smart-Maintenance-Strategie erarbeitet
- Die Anlage ist produktionskritisch für alle Werke auf dem Standort  und muss 24/7 verfügbar sein
- Alle drei Teilsysteme wurden für den Proof-of-Concept berücksichtigt: Ventilatoren, Brennkammer und Adsorption
- In den Teilsystemen konnten unterschiedliche Big-Data-Methoden zur Modellierung eingesetzt werden
- Dazu wurde eine Korrelationsanalyse der Zustands- und Prozessdaten durchgeführt
- Prozess- und SAP-Daten eigneten sich hervorragend für die Modellierung
- Die diskret erfassten Zustandsdaten waren hingegen fast vollständig unbrauchbar
- Fazit: Kontinuierlich erfasste Prozessdaten sind diskret erfassten Condition-Monitoring-Daten vorzuziehen


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Inhalt

Zusammenfassung

Ausgangssituation

Aufgabe, Vorgehen, Datensituation

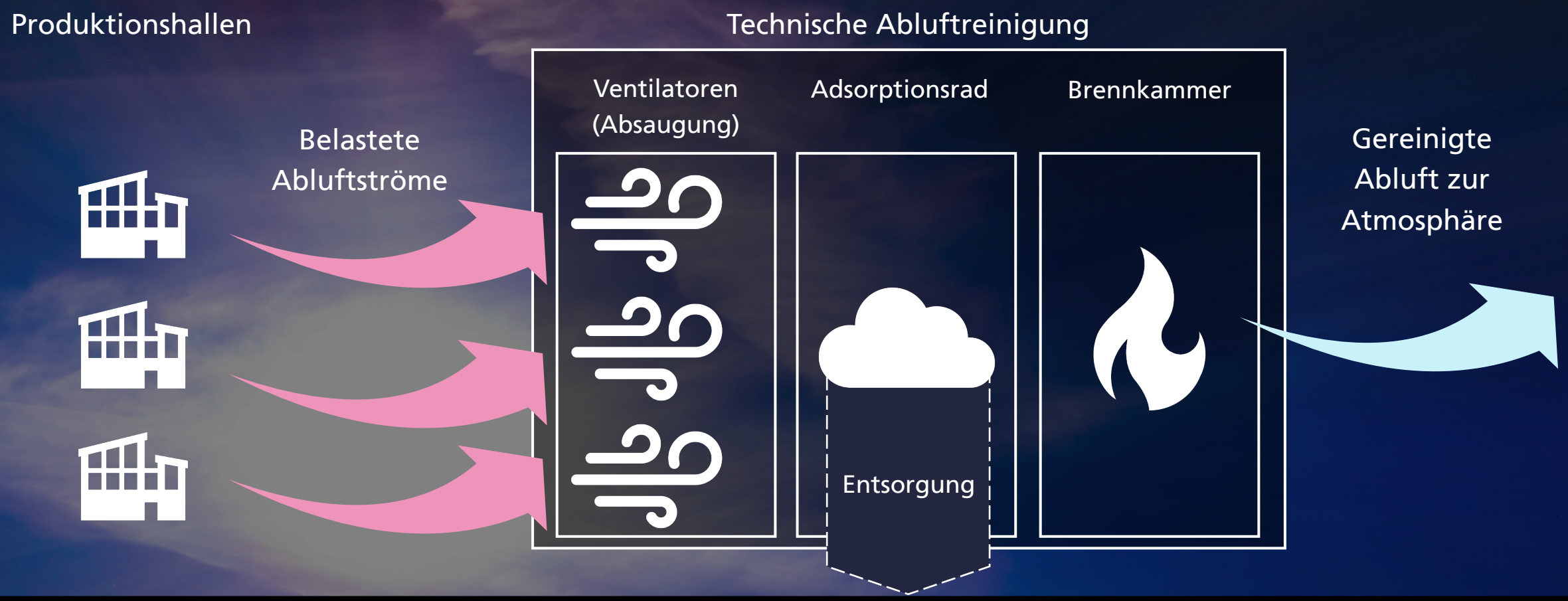
Umsetzung und Auswertung

Weiteres Vorgehen/nächste Schritte


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Die TAR ist für den gesamten Standort verfügbarkeitskritisch, da sie die belasteten Abluftströme der Produktionswerke sammeln und von Emissionen reinigen muss

## Prozessskizze der Technischen Abluftreinigungsanlage (TAR)





© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Inhalt

Zusammenfassung

Ausgangssituation

Aufgabe, Vorgehen, Datensituation

Umsetzung und Auswertung

Weiteres Vorgehen/nächste Schritte


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Das Smart Maintenance-Konzept umfasst alle drei Systeme der TAR-Anlage und hat zum Ziel, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit zu steigern

| | | | |
|---|---|---|---|
| Datenbasis | Schwingungsmessungen | Kontinuierliche Prozessmessungen | |
| Methode | Zustandsüberwachung | Betriebsoptimierung und Sensorvirtualisierung | |
| Systeme | Ventilatoren | Adsorptionsrad | Brennkammer |
| Ziele | • Steigerung Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der TAR-Anlage<br>• Modellierung des Anlagenverhaltens und Früherkennung von Auffälligkeiten<br>• Automatisches Monitoring und Prognose von Ausfällen | | |


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Ein agilen Vorgehen stellt sicher, dass in jeder Phase die Erkenntnisse des vorigen Schrittes optimal genutzt werden können

Haltepunkt | Haltepunkt | Haltepunkt | Haltepunkt

Offline-Phase | Online - Phase

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schritte | Erste Modellbildung | Anomalie-erkennung | Betriebs-optimierung | Implementierung und Test | Roll-out | |
| Resultate | Aussagekraft der Daten | Früherkennung und Prognose | Zuverlässigkeit | POC/Business Case | Umsetzung | |
| Dauern | 2 Wochen | 2 Wochen | 2 Wochen | 12 Wochen | Jeweils 12 Wochen | |

POC PROOF OF CONCEPT


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Aus Sensordaten erlernt der Computer das Verhalten des Systems

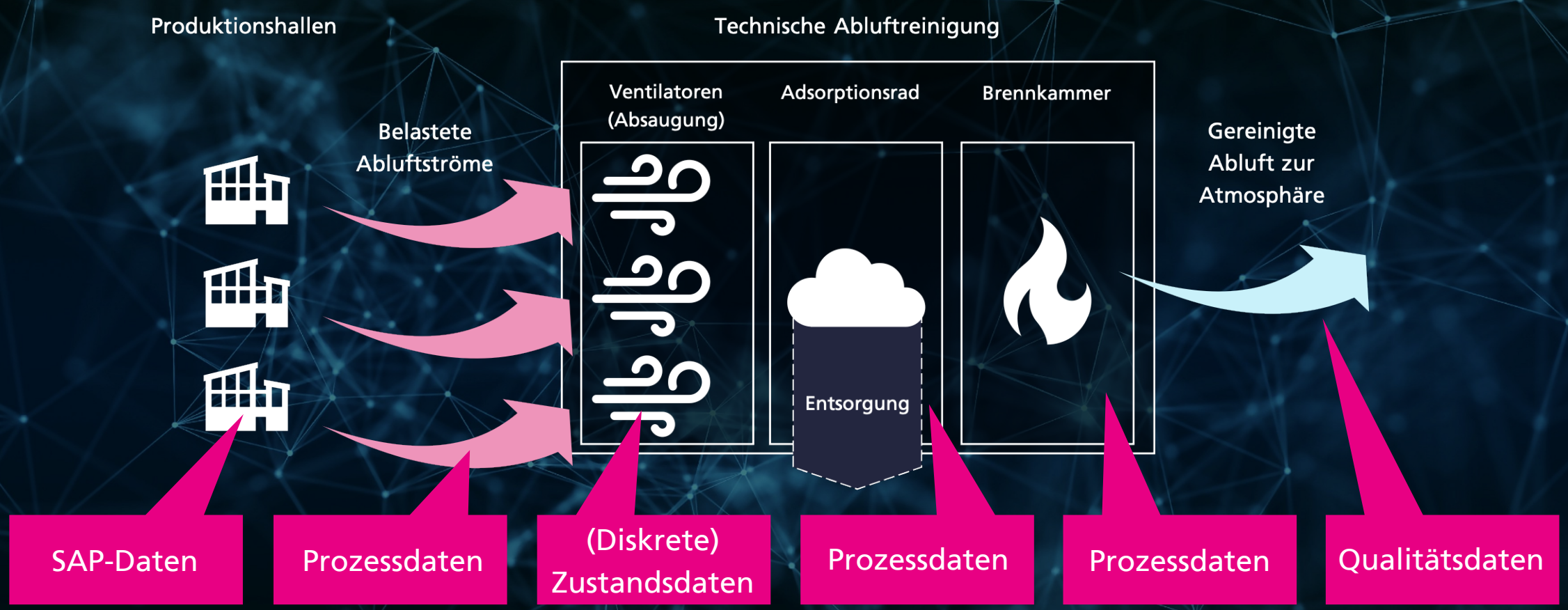
Die Sensoren der Systeme liefern Qualitäts-, Prozess- und Zustandsdaten

Durch Maschinelles Lernen wird ein Verhaltensmodell
für jedes System und jeden Sensor gebildet

Die Verhaltensmodelle ermöglichen es, den jeweiligen Sensor durch
alle anderen zu berechnen und in seinem Verhalten vorherzusagen


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Vorhandene Daten der TAR-Anlage





© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Inhalt

Zusammenfassung

Ausgangssituation

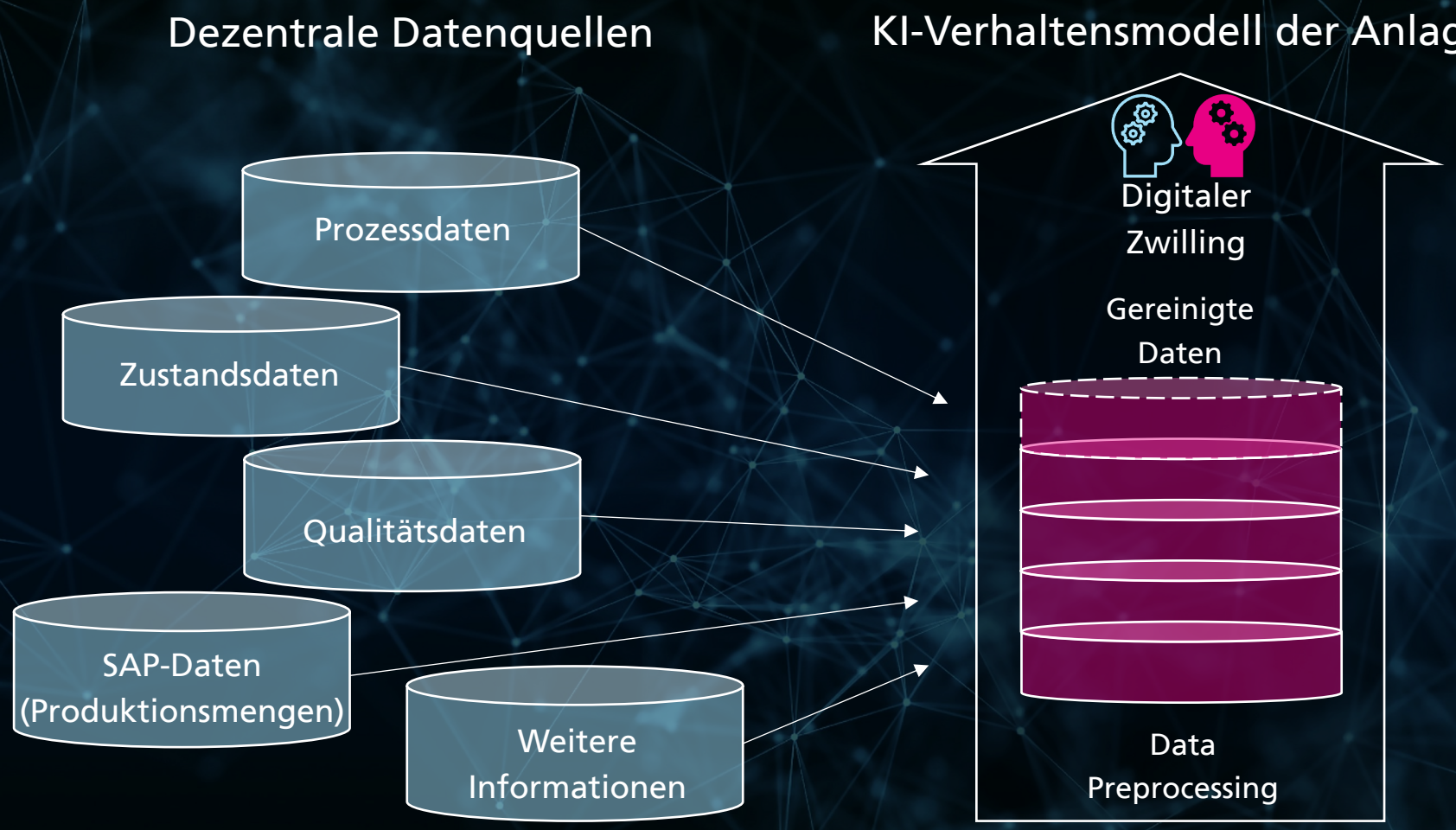
Aufgabe, Vorgehen, Datensituation

Umsetzung und Auswertung

Weiteres Vorgehen/nächste Schritte


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Die verteilten Daten wurden im Data Warehouse archiviert und dort weiterbehandelt




**Datenmodell:**
Maschinelles Lernen

- Random Forest
- Korrelationsanalyse
- Statisches Datenmodell

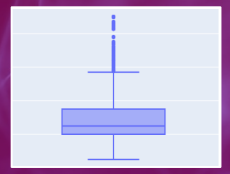
**Datenstruktur:**
Konsolidierung und Qualitätssicherung

- Synchronisierung
- Analyse
- Datenbehandlung

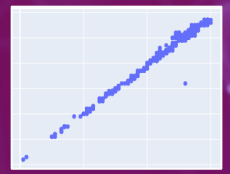

© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Zur Datenbehandlung werden verschiedene Methoden aus Mathematik, Statistik und Nachrichtentechnik eingesetzt

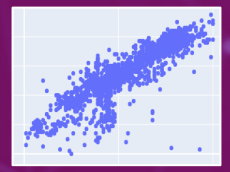
## Daten-Vorbehandlung



Varianzbestimmung

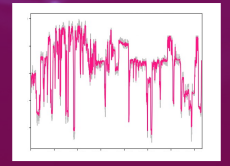


Fehlstellenreparatur



Ausreißererkennung

Korrelationsanalyse



Sensorvirtualisierung

## Reinigung

- Nicht plausible Daten
- Redundante Daten
- Unerwünschte Daten

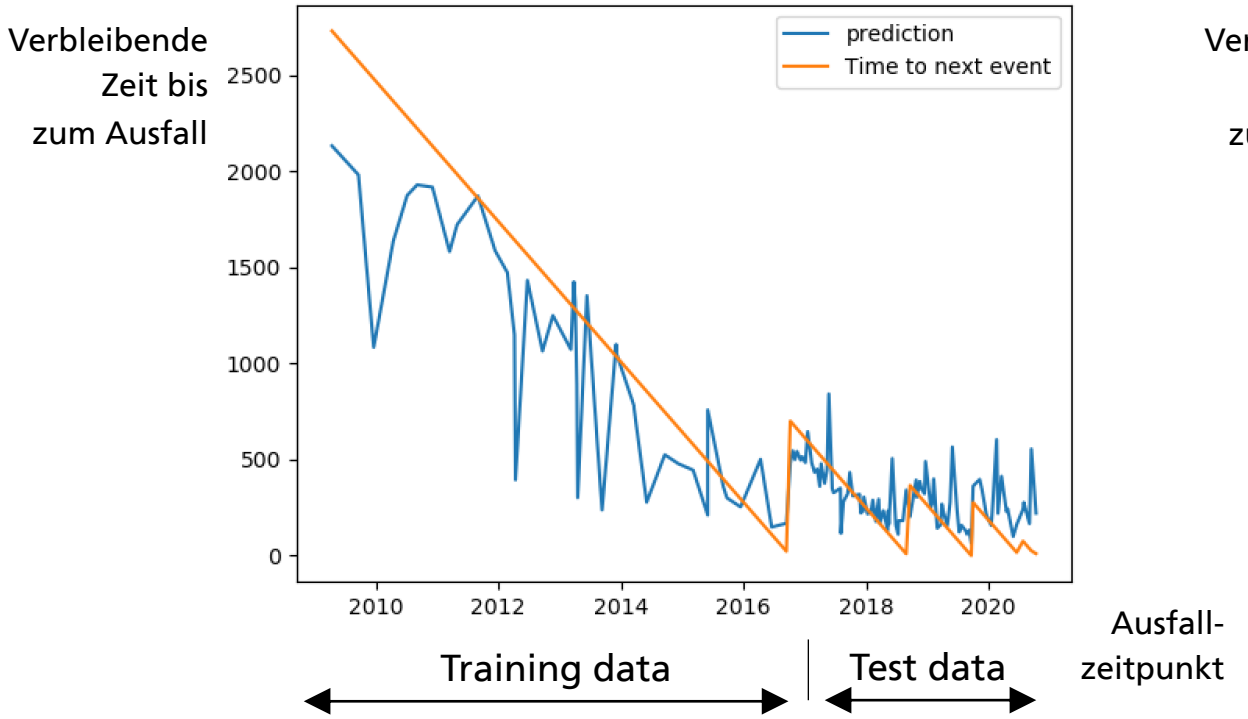
## Aussagen

- Vollständigkeit
- Toleranzen
- Korrelationen
- Ursachen
- Dynamiken
- Perioden

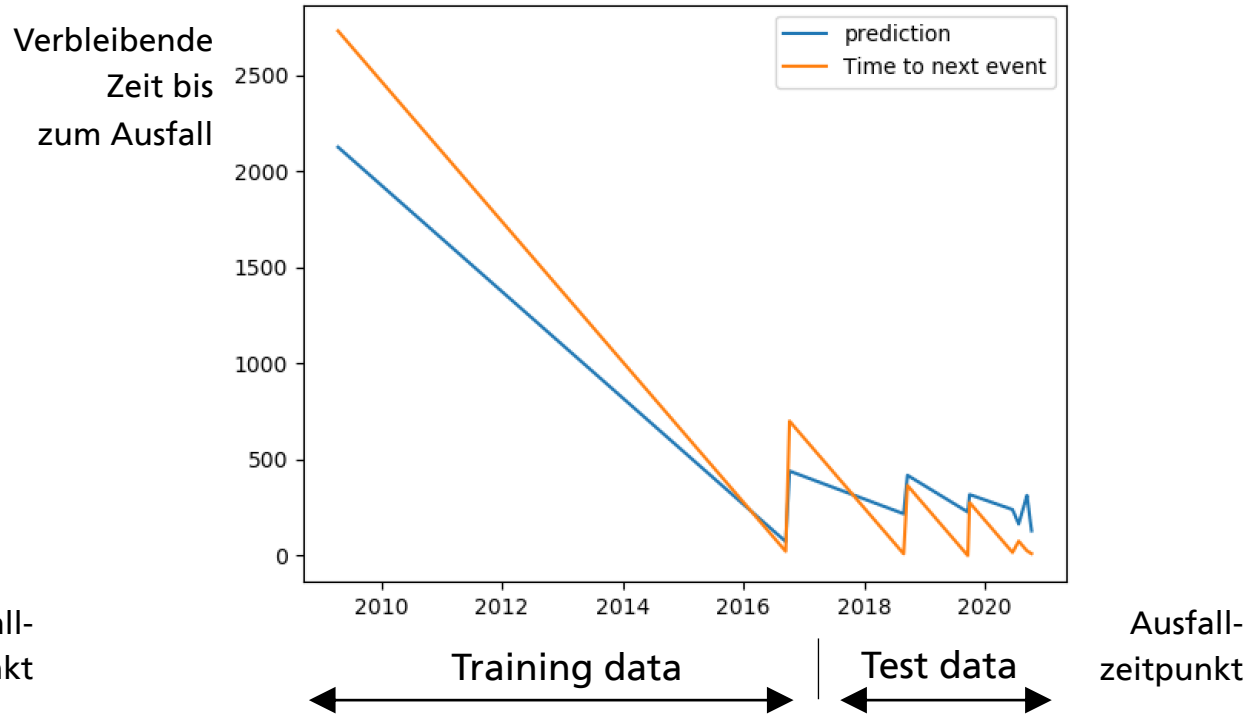

© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Die historischen Daten aus den unregelmäßigen und diskreten Schwingungsmessungen der Ventilatorenüberwachung ließen kein aussagekräftiges Training des KI-Modells zu

Vorhersagemodell
(Ausfallzeit versus Zeit bis zum Ausfall



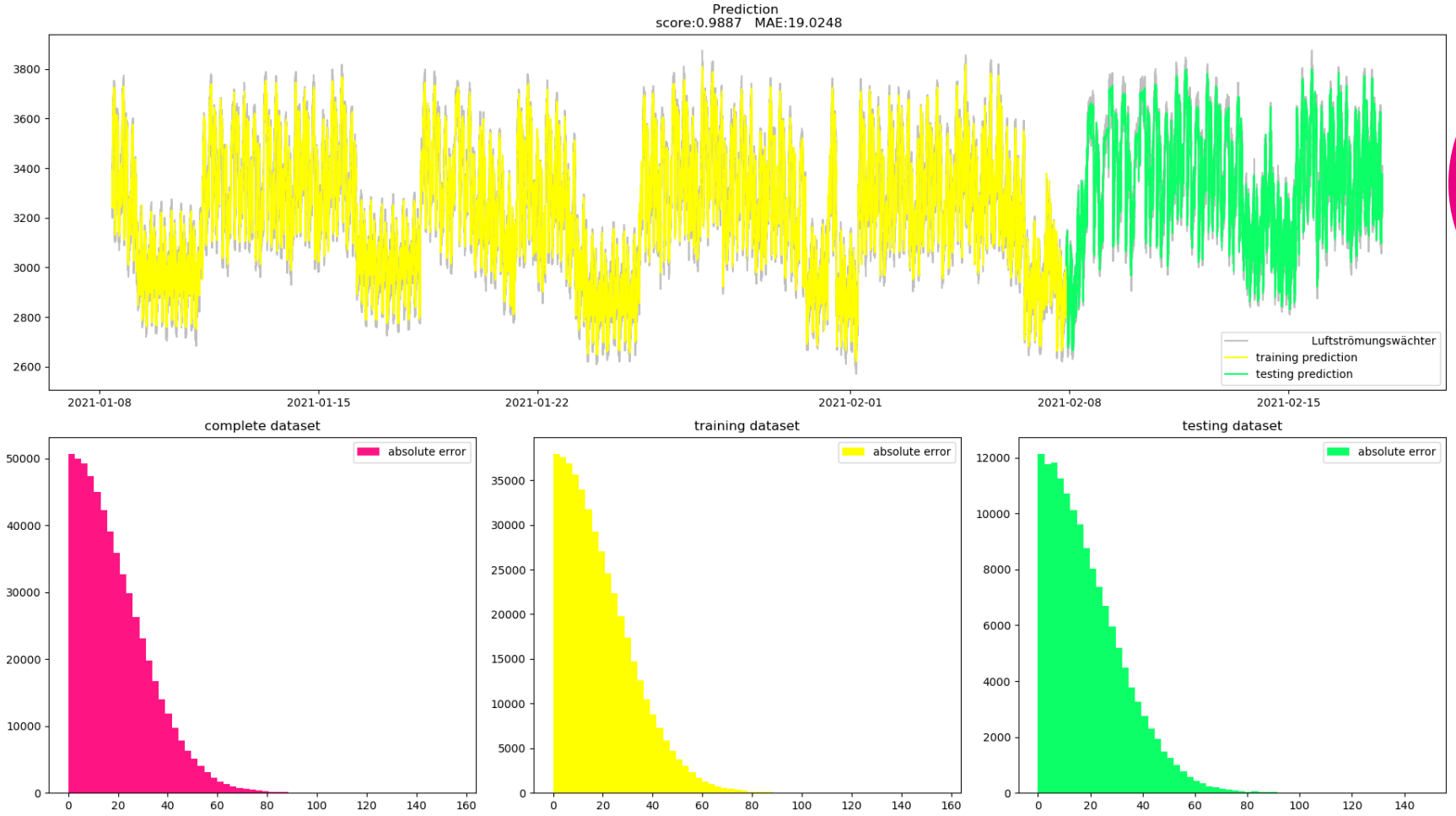

Vorhersagemodell
(Ausfallzeit versus Zeit bis zum Ausfall





© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

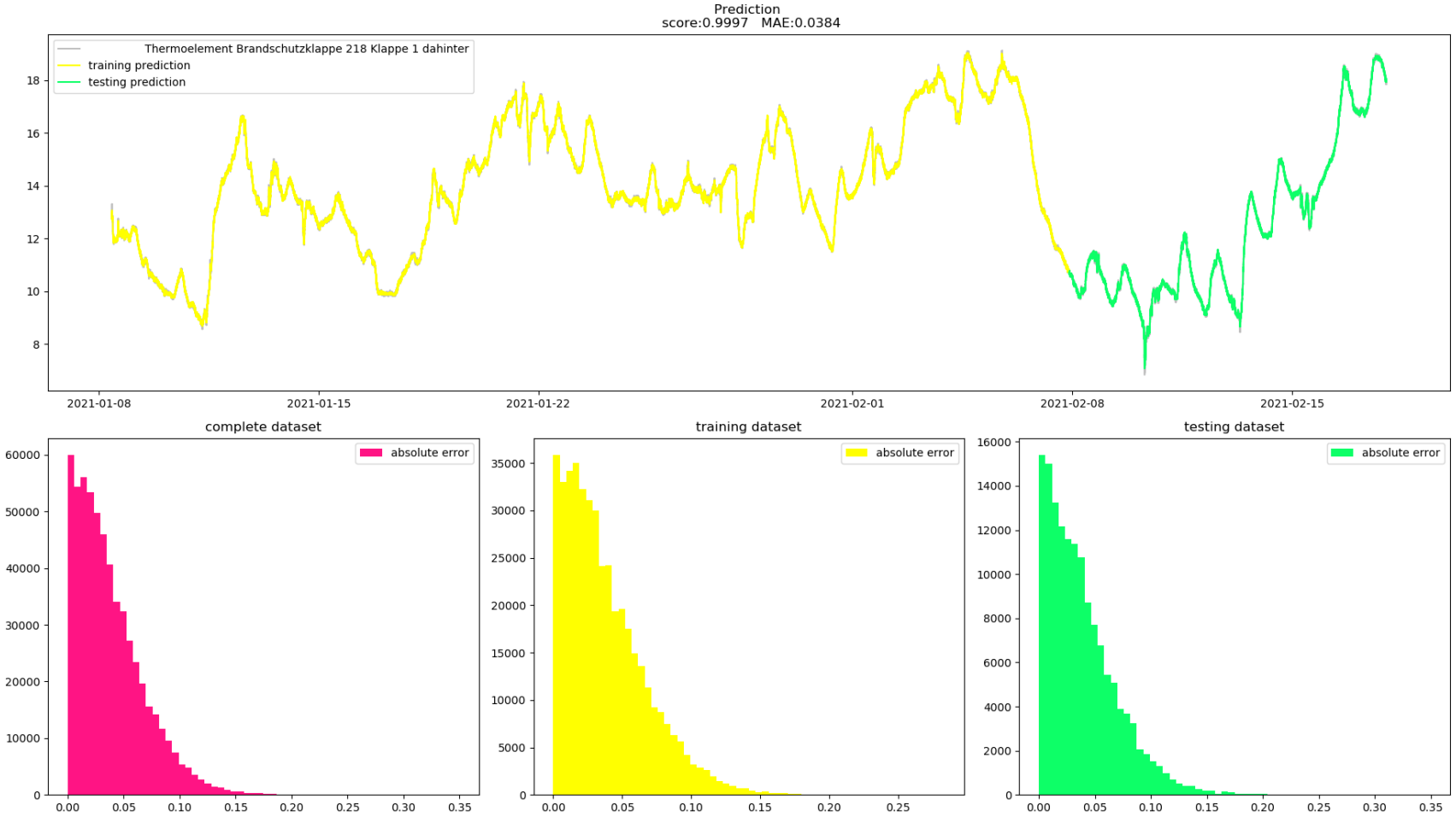
# Die Prozessdaten lieferten fast allen Fällen gute bis sehr gute Korrelationen und Verhaltensvorhersagen (Beispiel Strömungswächter mit 0,9887 Übereinstimmung)




Ca. 70 Sensoren modelliert


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

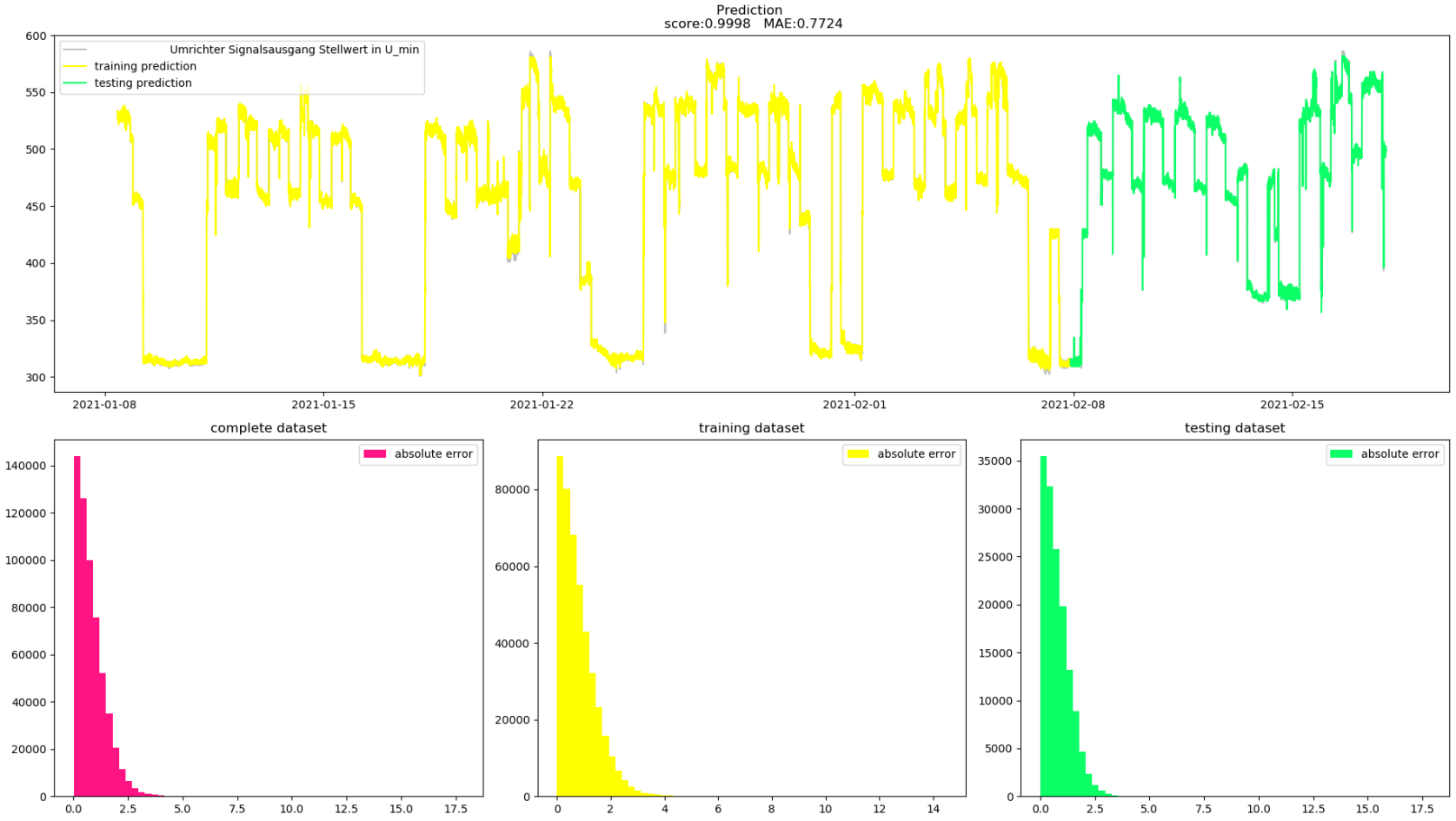
# Die Prozessdaten lieferten in fast allen Fällen gute bis sehr gute Korrelationen und Verhaltensvorhersagen (Beispiel Temperatursensor mit 0,9997 Übereinstimmung)




Ca. 70 Sensoren modelliert


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

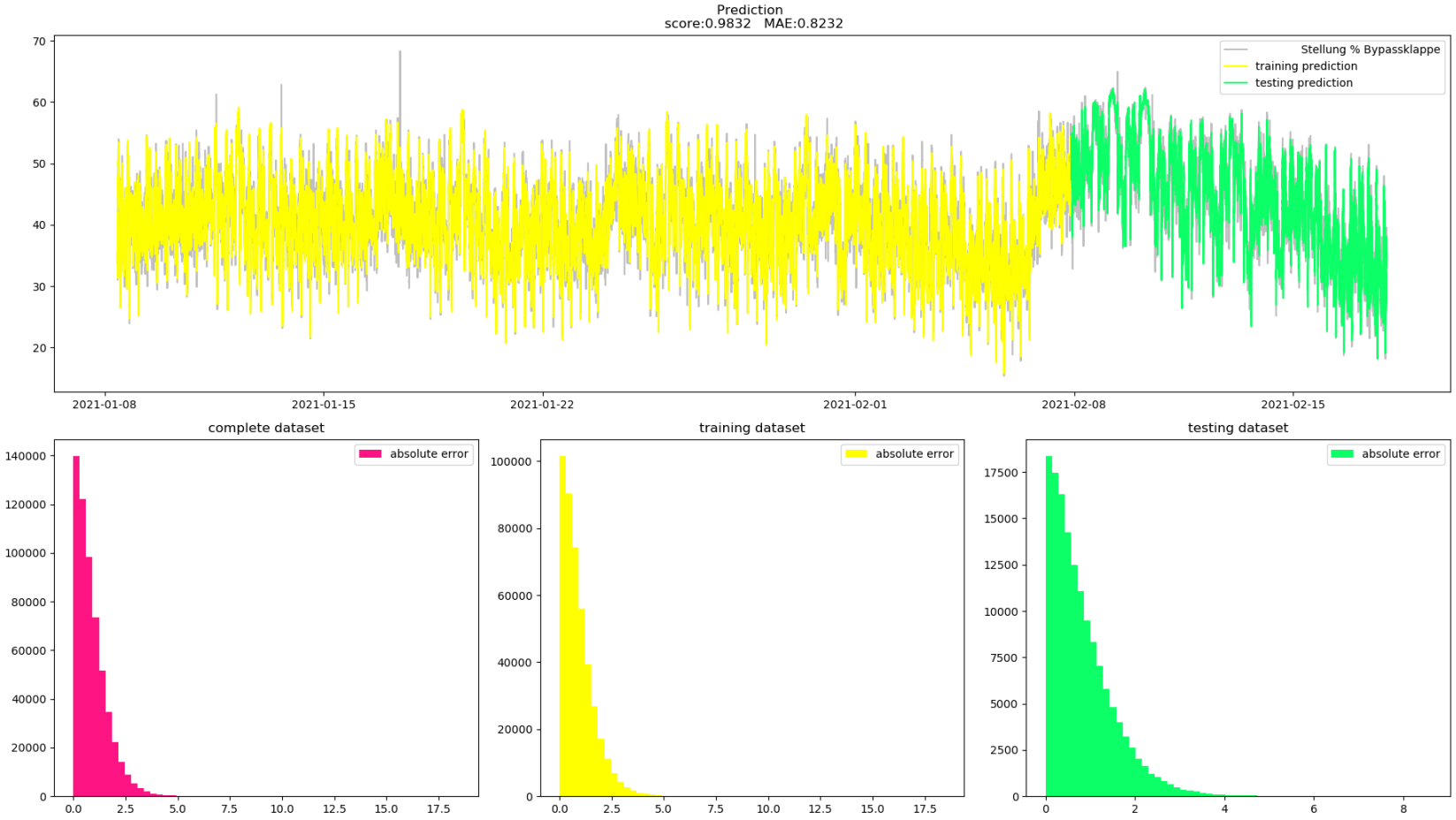
# Die Prozessdaten lieferten in fast allen Fällen gute bis sehr gute Korrelationen und Verhaltensvorhersagen (Beispiel Umrichter mit 0,9998 Übereinstimmung)




Ca. 70 Sensoren modelliert


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

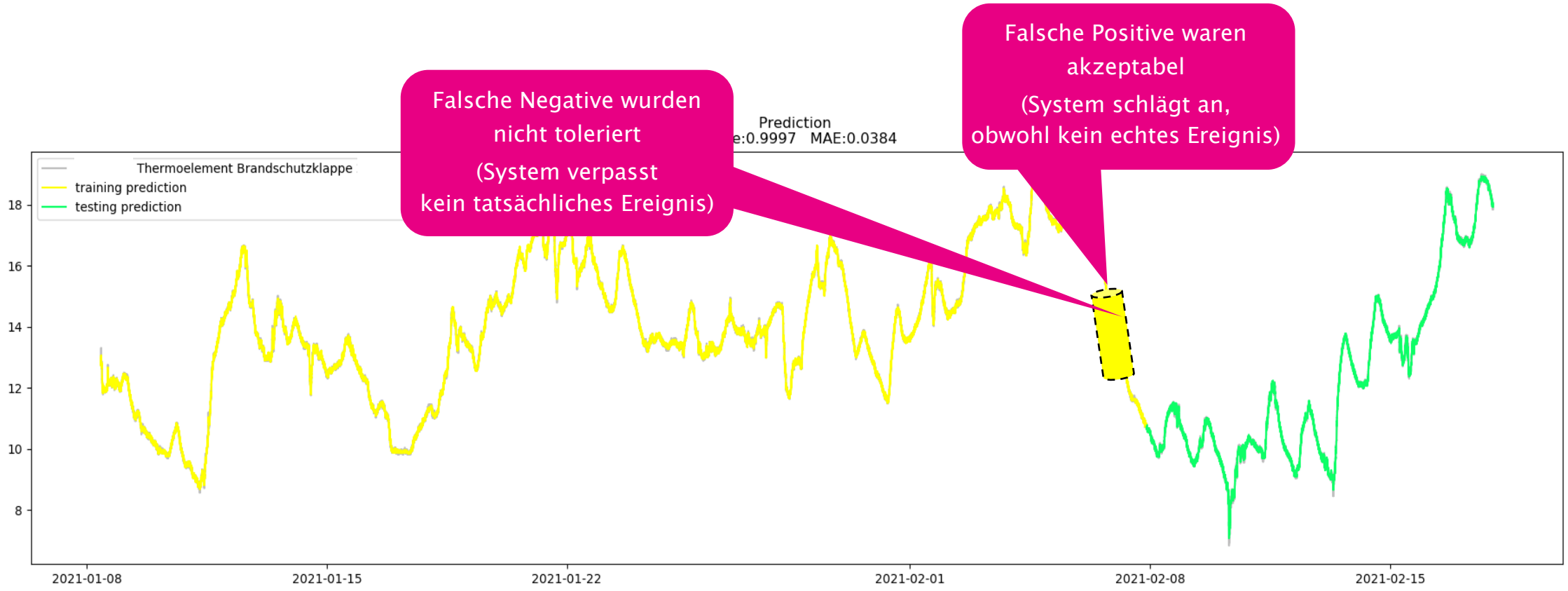
# Die Prozessdaten lieferten in fast allen Fällen gute bis sehr gute Korrelationen und Verhaltensvorhersagen (Beispiel Bypassklappe mit 0,9932 Übereinstimmung)




Ca. 70 Sensoren modelliert


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

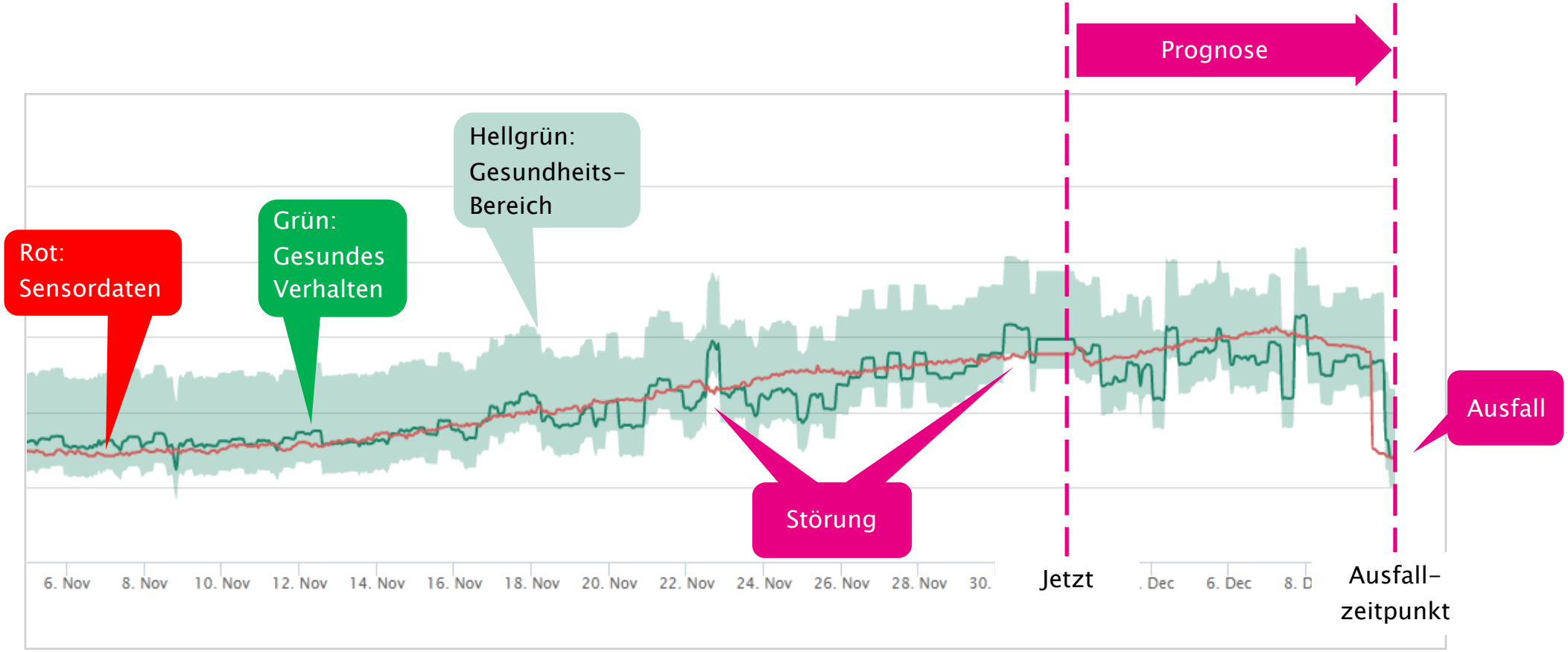
# Die Schwellenwerte für die dynamische Alarmierung lassen sich einstellen





© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Maschinelles Lernen modelliert den gesunden System-bereich und prognostiziert Störungen als zukünftige Abweichung davon





© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Inhalt

Zusammenfassung

Ausgangssituation

Aufgabe, Vorgehen, Datensituation

Umsetzung und Auswertung

Weiteres Vorgehen/nächste Schritte

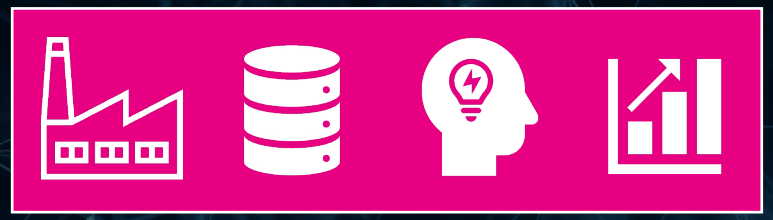

© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Im Roll-out werden die Digitalen Zwillinge über eine Cloudplattform allen Werken bereitgestellt

Azure Level

- Data stream/single source of truth
- Betriebssystem/AppStore
- Werksweite Bereitstellung der Apps
- Upload/Download der Daten (Kubernetes/Azure)

ADAM Level



- Aufgaben- und situationsbezogener Digitaler Zwilling
- Datenarchiv entweder in Cloud oder in der Anlage
- Replikation der KI-Algorithmen
- Datenübertragung via Gateway aus der Anlage
- Bereitstellung als Apps/Microservices

Plant Level

- Nutzung der vorhandenen Anlagensensorik
- Sensoren liefern die Daten via Gateway
- Datentransfer über Leitung oder Funk
- Daten können im Werk archiviert und vorbehandelt werden



© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Zusammenfassung der Inhalte

- Es wurde für eine Technischen Abluftreinigungs-Anlage TAR eine Smart-Maintenance-Strategie erarbeitet
- Die Anlage ist produktionskritisch für alle Werke auf dem Standort  und muss 24/7 verfügbar sein
- Alle drei Teilsysteme wurden für den Proof-of-Concept berücksichtigt: Ventilatoren, Brennkammer und Adsorption
- In den Teilsystemen konnten unterschiedliche Big-Data-Methoden zur Modellierung eingesetzt werden
- Dazu wurde eine Korrelationsanalyse der Zustands- und Prozessdaten durchgeführt
- Prozess- und SAP-Daten eigneten sich hervorragend für die Modellierung
- Die diskret erfassten Zustandsdaten waren hingegen fast vollständig unbrauchbar
- Fazit: Kontinuierlich erfasste Prozessdaten sind diskret erfassten Condition-Monitoring-Daten vorzuziehen


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved

# Making Smart Technology Accessible

www.ahornerinnovators.com


© 2023 Ahorner & Innovators GmbH | All rights reserved