3. ProKI InfoPoint

Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI?

Darmstadt, 09.02.2023

PROKI DARMSTADT

Agenda des heutigen Termins

1. Begrüßung und Einleitung
2. Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI am Beispiel der vorausschauenden Instandhaltung
3. KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle
4. Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit durch sensorbasierte Überwachung von Komponenten
5. Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
6. Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk

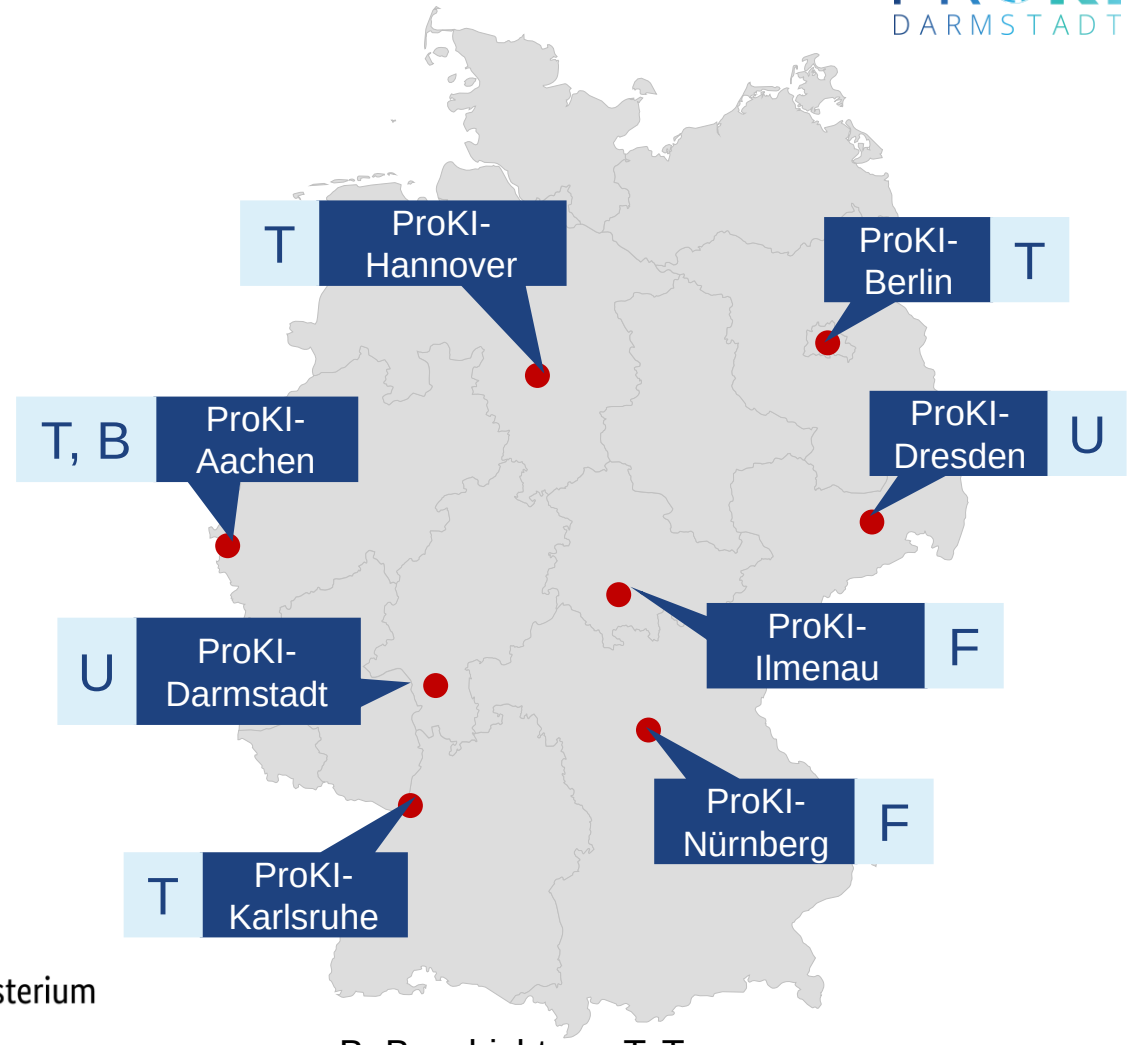
Agenda des heutigen Termins

1. Begrüßung und Einleitung
2. Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI am Beispiel der vorausschauenden Instandhaltung
3. KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle
4. Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit durch sensorbasierte Überwachung von Komponenten
5. Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
6. Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk

Das ProKI-Netzwerk – exzellenter Forschungstransfer in ganz Deutschland

PROKI DARMSTADT

→ ProKI ist ein bundesweites Demonstrations- und Transfernetzwerk für KI in der Produktion.
→ Die Zentren in Darmstadt und Dresden bieten den Transfer von KI in umformtechnische Prozesse durch **kostenfreie und praxisnahe** Lösungen.



B: Beschichten T: Trennen
F: Formen U: Umformen

Informieren

Qualifizieren

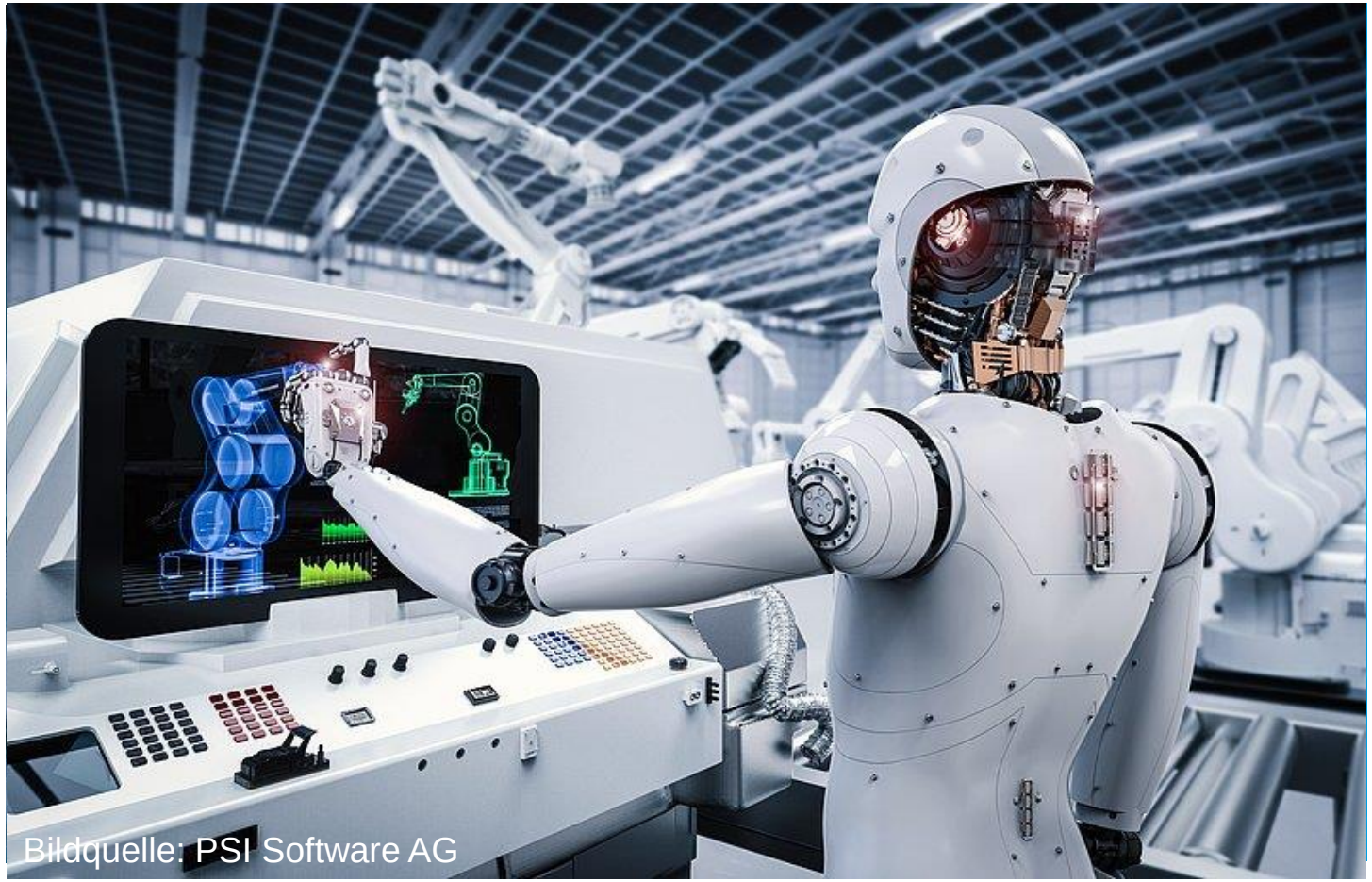
Umsetzen

Vernetzen

Bundesministerium für Bildung und Forschung

KI – wirklich geeignet zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit?

PROKI DARMSTADT


Bildquelle: PSI Software AG

„Zu abstrakt!“

„Nur was für Großunternehmen!“

„Damit verdient man kein Geld!“

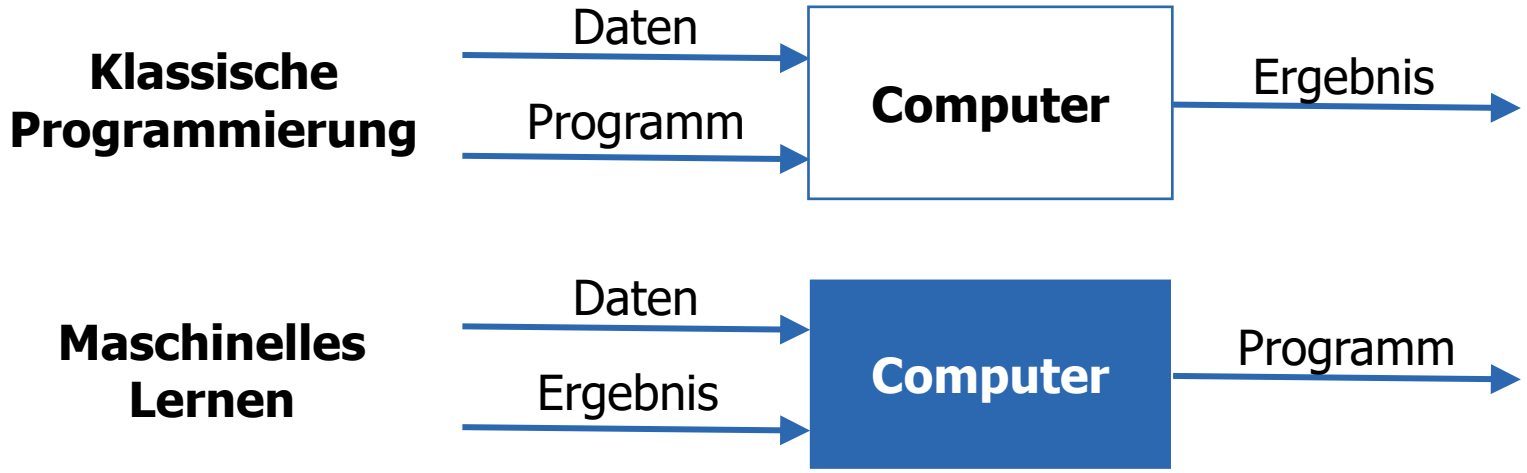
„Funktioniert bei uns nicht!“

Maschinelles Lernen ist ein Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz

PROKI DARMSTADT

Künstliche Intelligenz (KI)

Maschinelles Denken (z.B. basierend auf Logik)	Maschinelles Lernen (ML)	Tiefes Lernen	...



Welche Arten von ML gibt es?

PROKI DARMSTADT

Aufgabe ML		Produktion	
„unüberwacht“	Daten nach Ähnlichkeit klassifizieren	**Werkzeug**	**Zustand** Ist das Werkzeug/Bauteil verschlissen oder nicht?
„überwacht“	Muster erkennen, um einen Wert zu schätzen bzw. ein Ereignis vorherzusagen	**Maschine**	**Restlebensdauer** Wie lange wird das Werkzeug noch halten?
bestärkend	Lernen durch Rückmeldung über Erfolg bzw. Misserfolg	**Wertstrom**	**Entscheidung** Hat Bearbeitungsstrategie A oder B das bessere Ergebnis geliefert?

Wo in der Produktion kommt ML zum Einsatz?

Produkt

Werkzeug

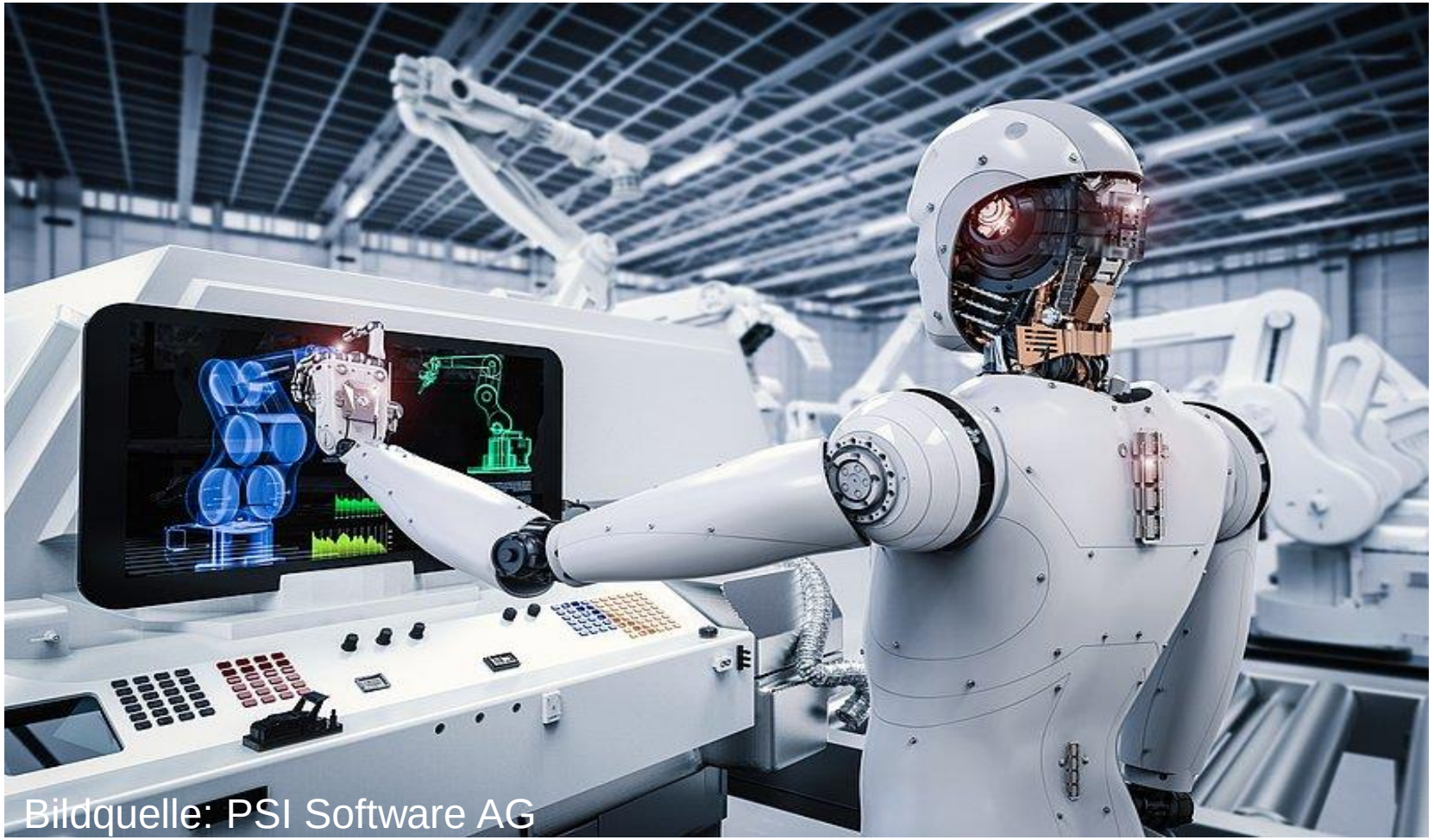
Maschine

Wertstrom

Instandhaltung	Qualität	Prozess	Energieeffizienz
Prädiktion der Restlebensdauer	Klassifikation von Teilen in gut oder schlecht	Bearbeitungsstrategie, Prozessregelung	Prädiktive Abstimmung von Energieangebot und Nachfrage

KI – wirklich geeignet zur Erhöhung der Maschinenverfügbarkeit?

PROKI DARMSTADT


Bildquelle: PSI Software AG

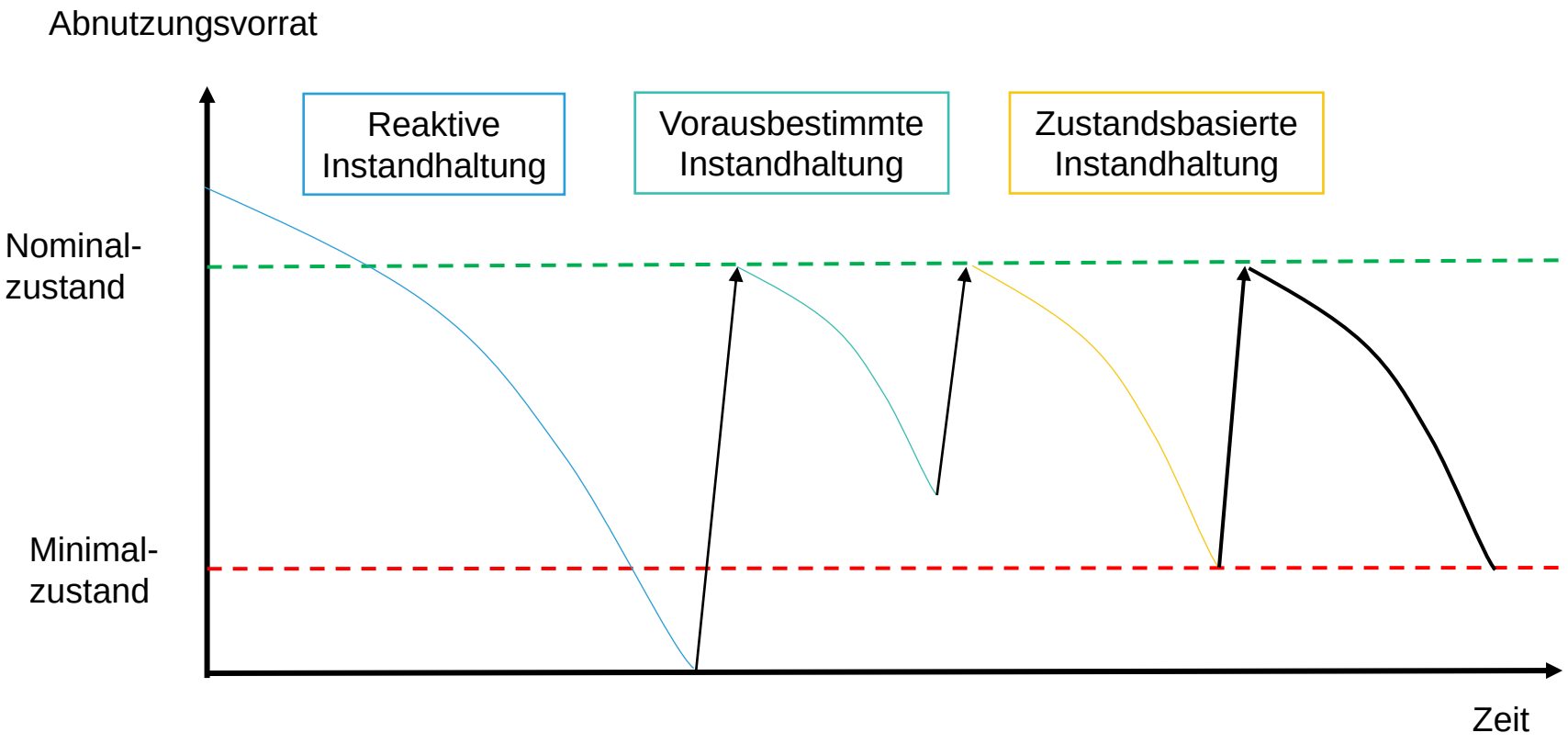
Ja,

wenn Sie es richtig machen!

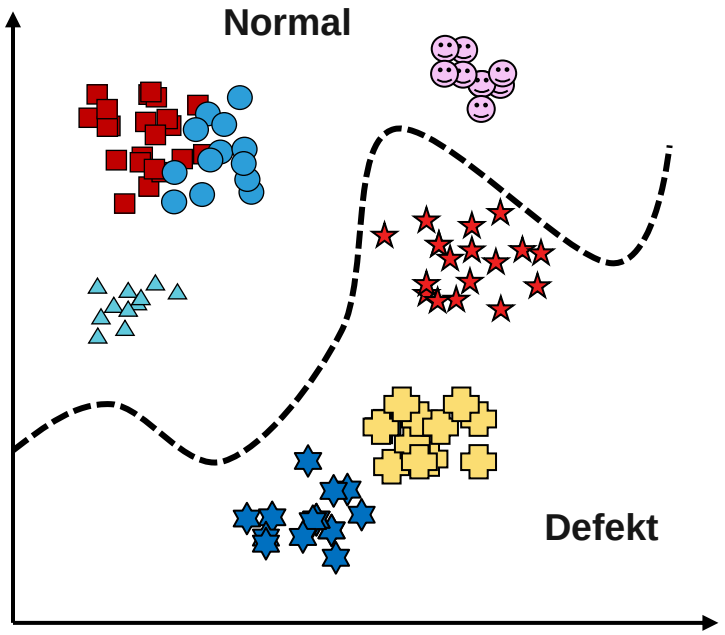
Agenda des heutigen Termins

1. Begrüßung und Einleitung
2. Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI am Beispiel der vorausschauenden Instandhaltung
3. KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle
4. Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit durch sensorbasierte Überwachung von Komponenten
5. Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
6. Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk

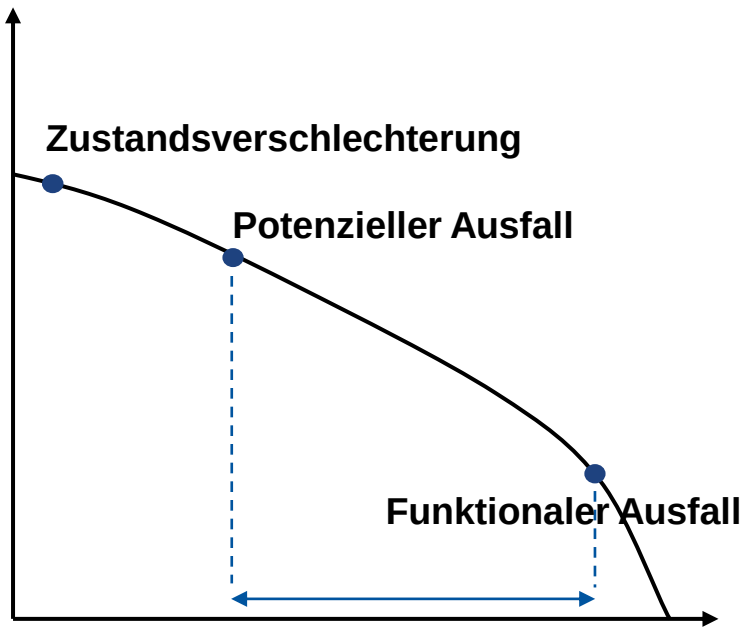
Maschinenverfügbarkeit steigern durch vorausschauende Instandhaltung: Einführung und Klassifizierung



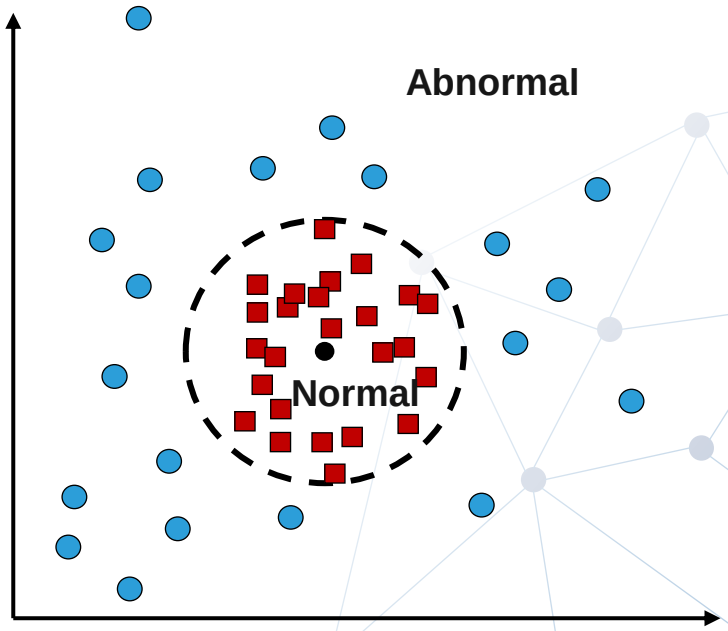
Maschinenverfügbarkeit steigern durch vorausschauende Instandhaltung: Fehlererkennung und Diagnose



Klassifikation



Regression



Anomaliedetektion

Maschinenverfügbarkeit steigern durch vorausschauende Instandhaltung: Herausforderungen in der Praxis

- **Mangel an annotierten Daten**
  - Daten aus der realen Welt sind oft nicht oder nur teilweise beschriftet. Insbesondere die Kennzeichnung von Signalen erfordert Expertenwissen
- **Seltenheit von Fehlern und Verschleiß**
  - Fehler sind selten und treten oft erst nach längerer Zeit auf. Dies führt zu einem Ungleichgewicht der Klassen und verringert die Aussagekraft der Daten
- **Nichtinterpretierbarkeit von ML-Modellen**
  - Das Produktionspersonal kann das Vertrauen in die Modelle verlieren, wenn es die Modellvorhersagen nicht nachvollziehen kann
- **Datenschutz**
  - Unternehmen zögern, Daten aus dem Betrieb weiterzugeben, da sie strategisches Wissen enthalten können

Agenda des heutigen Termins

1. Begrüßung und Einleitung
2. Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI am Beispiel der vorausschauenden Instandhaltung
3. KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle
4. Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit durch sensorbasierte Überwachung von Komponenten
5. Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
6. Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk

Statistisch kontrollierter Prozess – Was ist das?

Prozess

Produkt

Ein Prozess unterliegt zwei Arten von Variabilität

Zufällige/Unkontrollierbare Abweichungen:

- Inhärenter Bestandteil des Prozesses (Temperaturschwankungen, Messungenauigkeit etc.)
- Nicht vollständig identifizierbar

Systematische/Kontrollierbare Abweichungen:

- Nicht inhärenter Bestandteil des Prozesses (Werkzeugverschleiß, maschinelle Defekte, menschliches Versagen etc.)
- Identifizierbar und theoretisch eliminierbar

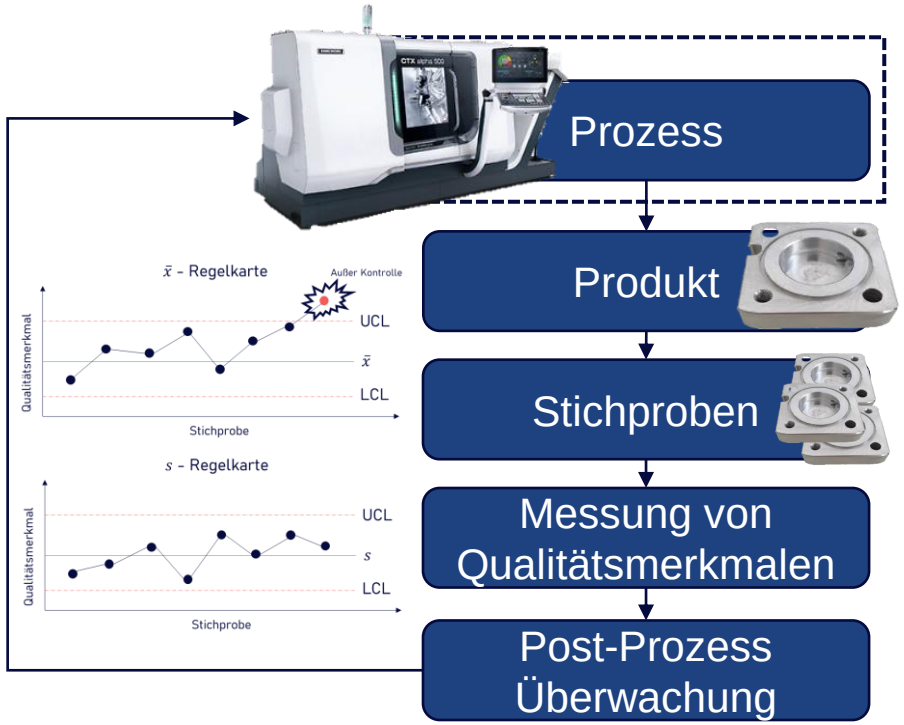
Statistisch kontrollierter Prozess:

- Ein Prozess ist statistisch kontrolliert, wenn er nur zufälligen/unkontrollierbaren Abweichungen unterliegt
- Jede Abweichung von diesem Zustand gilt als systematisch und muss eliminiert werden

PROKI DARMSTADT

Statistische Prozesskontrolle (SPC) - Überblick

Ziel: Detektion, Lokalisation, Elimination systematischer Abweichungen von kontrollierten Prozessen



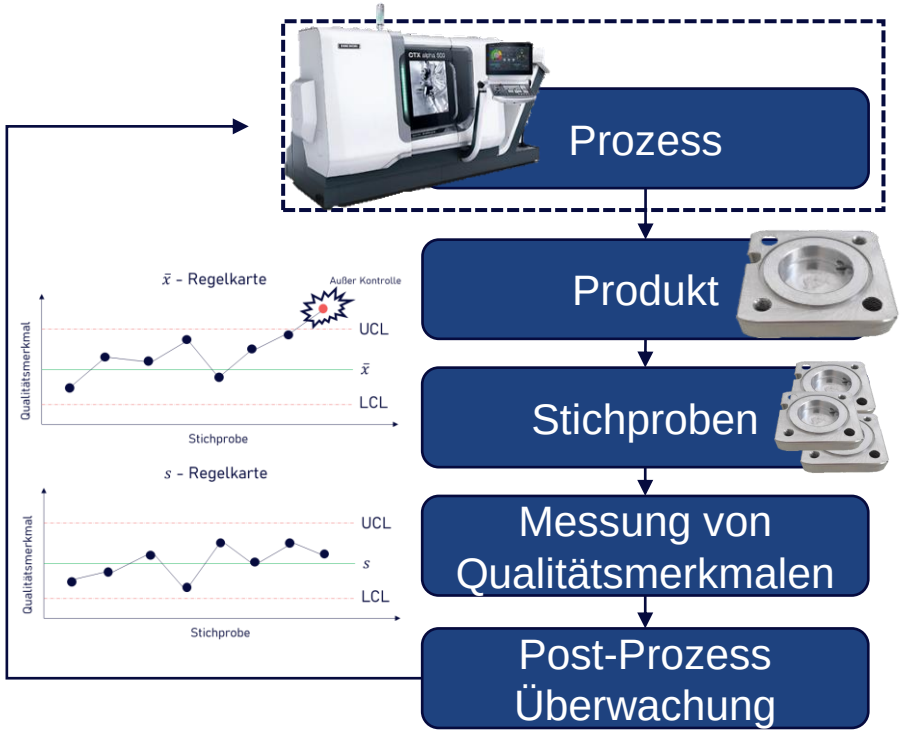
Phase I:
- Retrospektive Überprüfung, ob Prozess in statistischer Kontrolle ist
- Statistisch kontrollierten Zustand herstellen
- Bestimmung der statistischen Kenngrößen des Prozesses

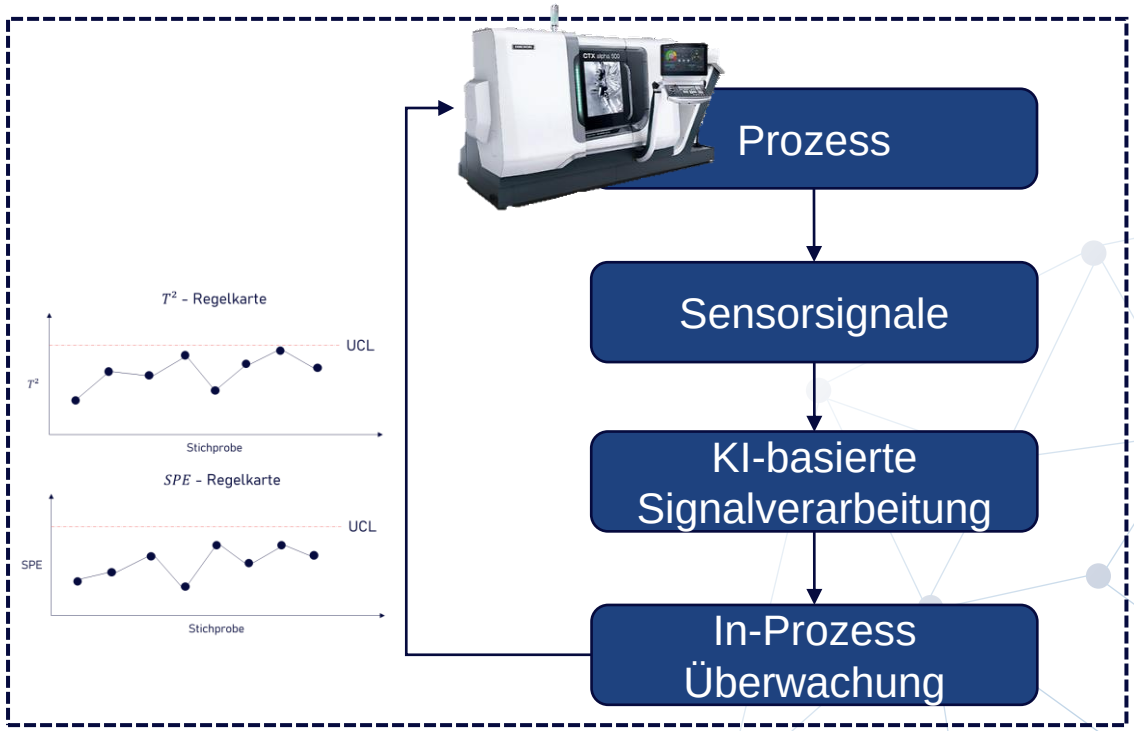
Phase II:
- Fortlaufende Überprüfung, ob der Prozess in Kontrolle ist, wenn neue Stichproben entnommen werden

Stand der Technik in der diskreten Fertigung seit der Entwicklung von Walter Shewart im Jahr 1924

KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle

Wachsende Menge an Prozessdaten führt zu Paradigmenwechsel in der diskreten Fertigung





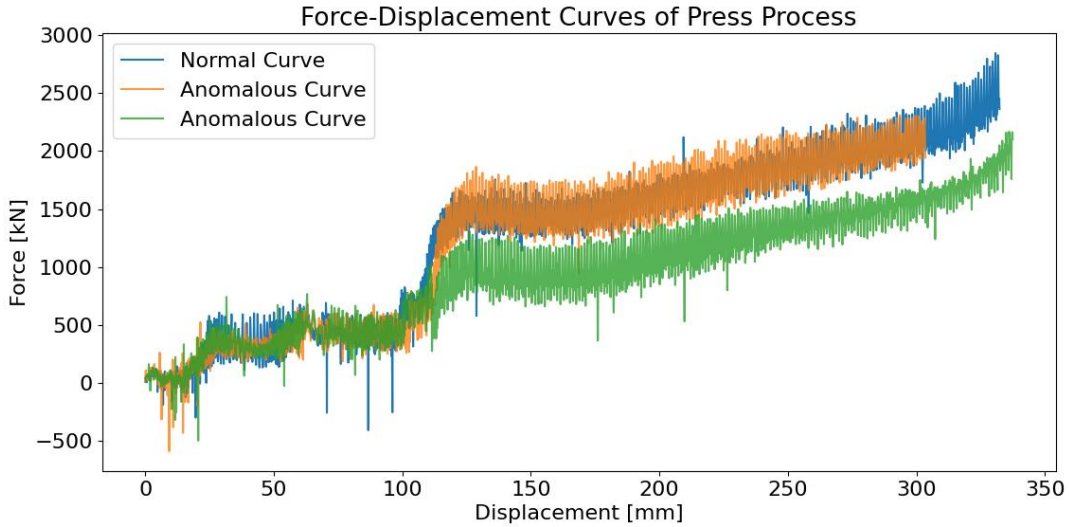
Univariate Post-Prozess SPC:
Überwachung von univariaten Qualitätsmerkmalen
→ Bewertung des Prozesszustandes anhand Qualitätsdaten

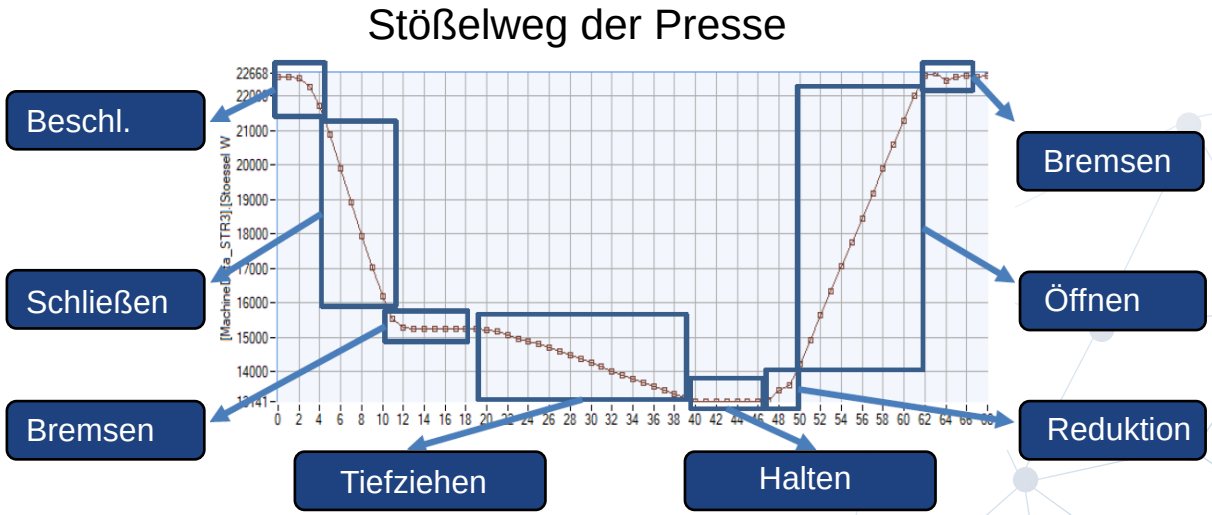
Multivariate KI-basierte In-Prozess SPC:
Überwachung von hochfrequenten multivariaten Prozessdaten (Vibration, Akustik, etc.)
→ Bewertung des Prozesszustandes anhand Prozessdaten

KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle

Use-Case: Tiefziehprozess von Kofferaumklappen für die Automobilindustrie

Ziel: Überwachung der Kraft-Weg Verlaufskurven für jedes gepresste Bauteil

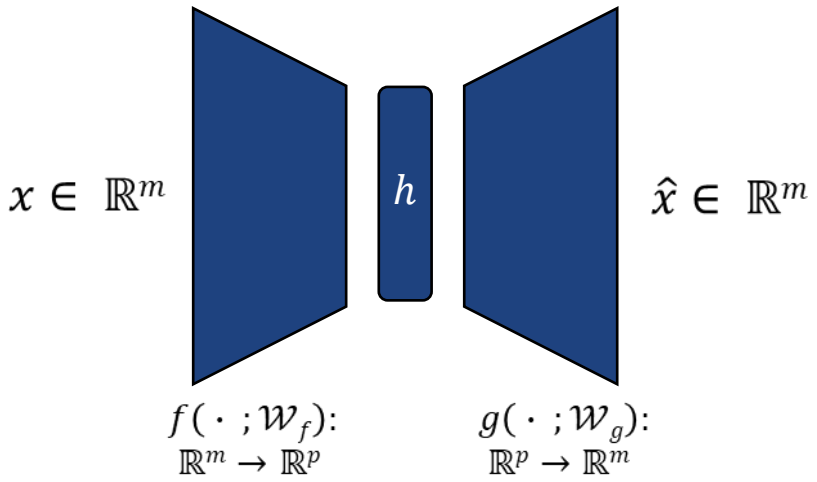




- Hochfrequente Sensordaten (Kraft und Weg)
- 3kHz Abtastrate
- 273 Kraft-Weg Verlaufskurven verfügbar (236 normal; 37 anomal)

Use-Case: Tiefziehprozess von Kofferaumklappen für die Automobilindustrie

Beobachtung: Forschung im Bereich der KI-basierten In-Prozess SPC fokussiert sich immer mehr auf Deep Learning (DL)



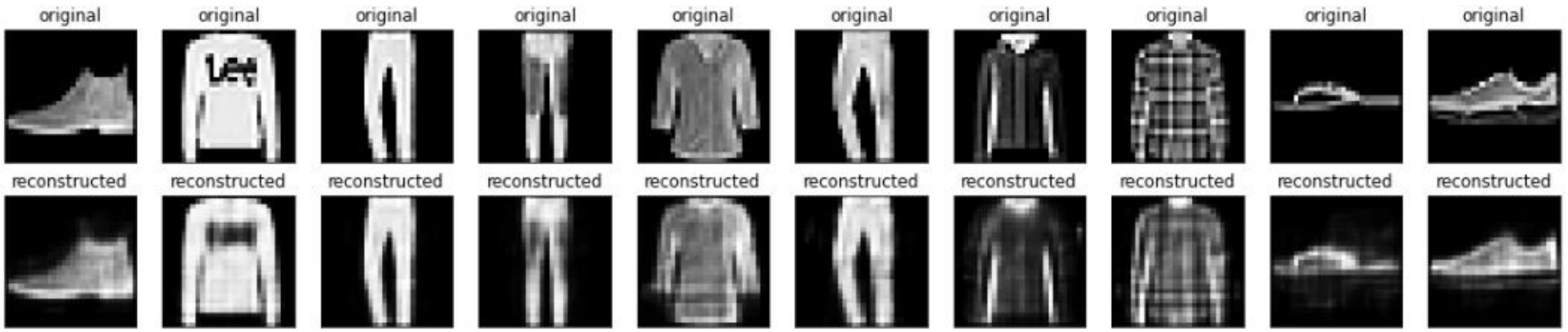
Forschungsarbeit adressiert den Einsatz von Autoencodern (AE):

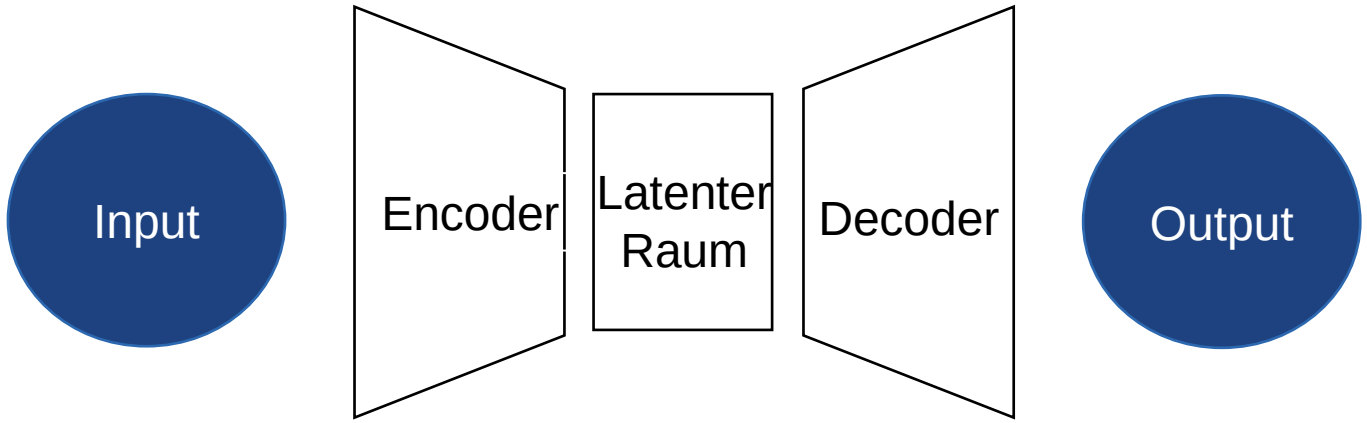
1. Intuitive und mächtige Modelle
2. Weit verbreitet im Bereich der Anomaliedetektion

1. Erweiterung des Forschungsfeldes zur Kombination von DL und KI-basierter SPC in der diskreten Fertigung
2. Untersuchung der Leistungsfähigkeit von AE auf Basis des Rekonstruktionsfehlers und des latenten Raumes für den Einsatz von KI-basierter SPC

Use-Case: Tiefziehprozess von Kofferaumklappen für die Automobilindustrie

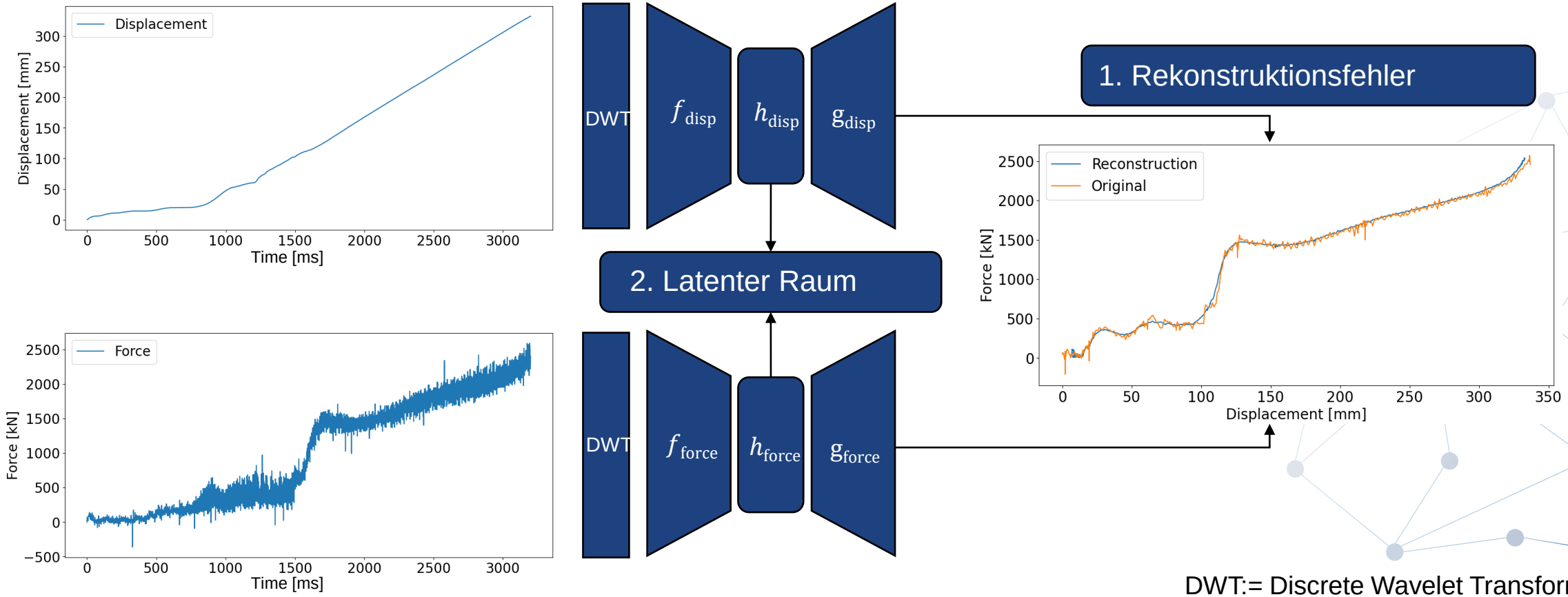
Ein AE ist ein neuronales Netz, dass darauf trainiert wird den Input bestmöglich zu rekonstruieren.





Use-Case: Tiefziehprozess von Kofferaumklappen für die Automobilindustrie

Zwei AE (Kraft und Weg) wurden in der vorgestellten Untersuchung zur Überwachung kombiniert.

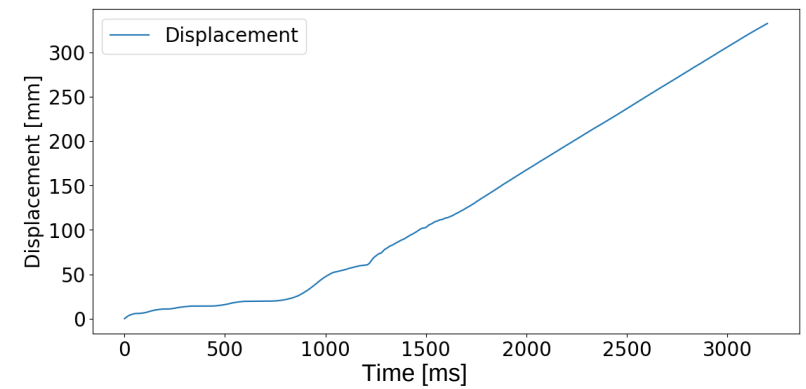


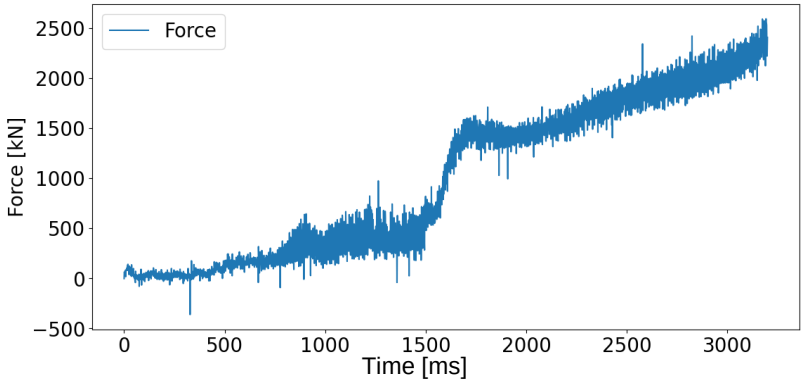
DWT:= Discrete Wavelet Transform

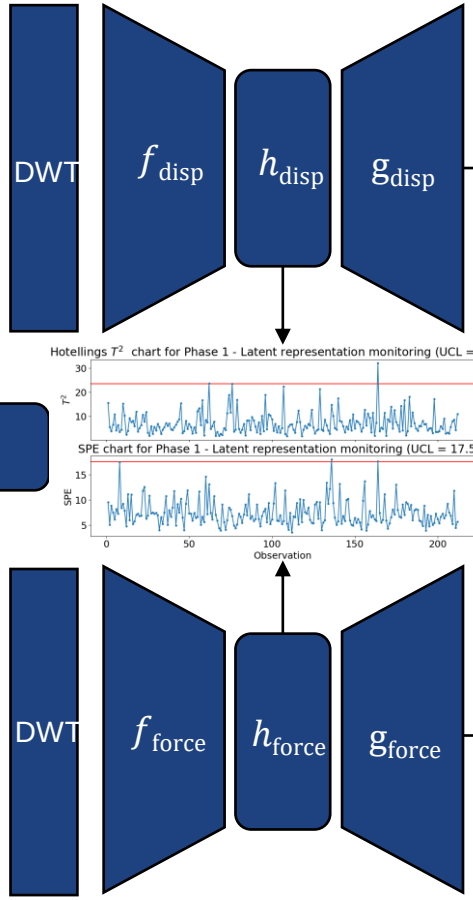
KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle

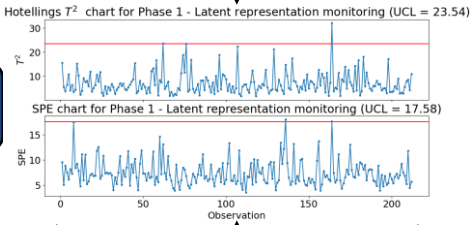
Use-Case: Tiefziehprozess von Kofferaumklappen für die Automobilindustrie

Zwei AE (Kraft und Weg) wurden in der vorgestellten Untersuchung zur Überwachung kombiniert.



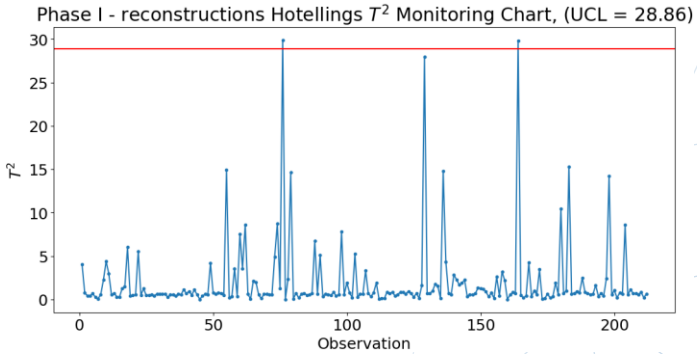






1. Rekonstruktionsfehler

2. Latenter Raum



DWT:= Discrete Wavelet Transform

PROKI DARMSTADT

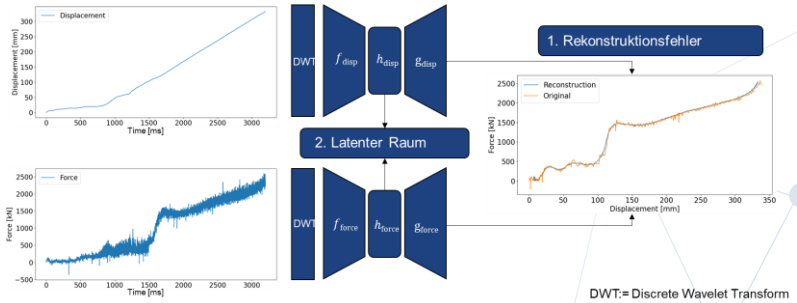
Use-Case: Tiefziehprozess von Kofferaumklappen für die Automobilindustrie

Datensatz Aufteilung

- Zufälliges Mischen 236 normal + 37 anormal
- **Train:** 212 normal
- **Validation:** 12 normal + 20 anormal
- **Test:** 12 normal + 17 anormal

AE Methoden

- Deep dense AE (RE + latent); (RE); (latent)
- Deep LSTM AE (RE + latent); (RE); (latent)



Evaluation

- Precision, Recall, F1-Score
- Evaluierung über 10 verschiedene random seeds

Verwendete Baselines

- PCA-basierte Überwachung mit statistischen Features (RMS, Kurtosis, etc.)
- Naive Mittelwert Kurve mit Hotelling's T^2

PROKI DARMSTADT

Use-Case: Tiefziehprozess von Kofferaumklappen für die Automobilindustrie

Approach	Precision	Recall	F1-score	[%]
PCA	93.0±0.022	92.9±0.025	92.9±0.015	-6.539
Deep dense AE (RE + latent)	97.8±0.029	100.0±0.000	98.9±0.015	-0.503
Deep dense AE (RE)	**98.9±0.023**	**100.0±0.000**	**99.4±0.012**	**0.000**
Deep dense AE (latent)	97.8±0.029	100.0±0.000	98.9±0.012	-0.503
Deep LSTM AE (RE + latent)	97.8±0.029	100.0±0.000	98.9±0.015	-0.503
Deep LSTM AE (RE)	98.3±0.027	99.4±0.019	98.9±0.015	-0.503
Deep LSTM AE (latent)	98.3±0.027	100.0±0.000	99.1±0.014	-0.301
Naive mean curve	**98.9±0.023**	**100.0±0.000**	**99.4±0.012**	**0.000**

- Konventionelle PCA zeigt die schlechteste Performanz
- Deep dense AE (RE) zeigt die beste Performanz
- Naive Mittelwertkurve zeigt identische Performanz
- LSTM AE kann nicht mit dense AE mithalten

Agenda des heutigen Termins

1. Begrüßung und Einleitung
2. Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI am Beispiel der vorausschauenden Instandhaltung
3. KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle
4. Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit durch sensorbasierte Überwachung von Komponenten
5. Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
6. Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk

Entwicklung einer sensorbasierten Instandhaltungslösung für Schutzabdeckungen

PROKI DARMSTADT

Geschäftsziel:
→ Anlagenverfügbarkeit erhöhen und Instandhaltungskosten reduzieren

Ausgangssituation:

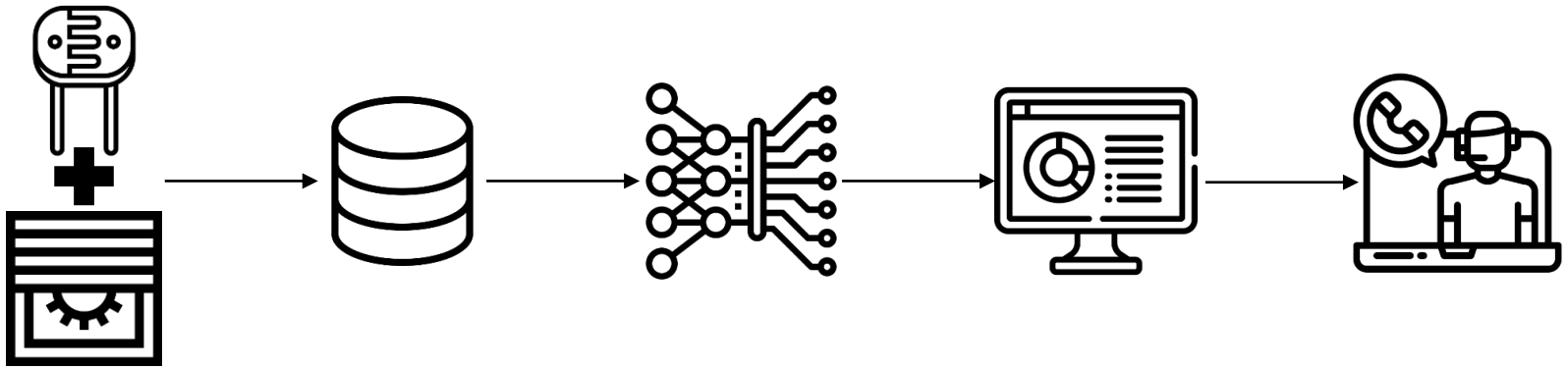
- Ungeplante Maschinenstillstände infolge defekter Schutzabdeckungen, Hohe Reparaturkosten durch Folgeschäden an der Maschine
- Gegenwärtig werden Maschinen und Anlagen meist reaktiv gewartet, d. h. nachdem ein Bauteil versagt

Unternehmensprofil

- ca. 100 Mitarbeiter an 5 Standorten
- Schutzabdeckung als Kernprodukt
- Konstruktion, Fertigung, Vertrieb
- Keine Vorerfahrung im Bereich Digitalisierung/Sensorik/Datenanalyse

Idee:
Zustandserkennung auf Basis von Sensordaten ermöglichen, physische Kontrollen vermeiden

Projekt-Ziel:
Überwachung des gegenwärtigen Verschleißzustands anhand von Daten ermöglichen



Entwicklung einer sensorbasierten Instandhaltungslösung für Schutzabdeckungen

PROKI DARMSTADT

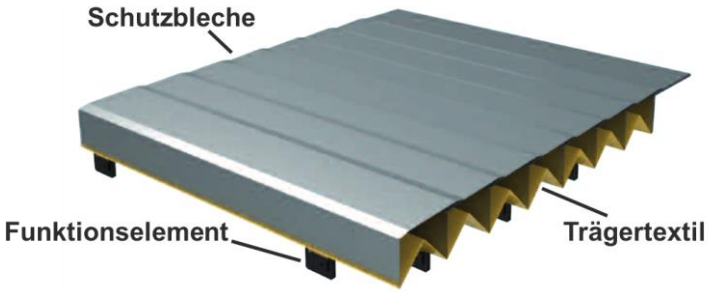
Technisches Verständnis und technische Realisierung

- ✓ Technisches Anforderungsprofil erstellen
- ✓ Verschleißarten und –zustände ermitteln und definieren

- ➢ Erarbeitung im Rahmen von Workshops unter Nutzung des Domänenwissens aus den Fachabteilungen und dem Service

- ✓ Entwicklung eines Sensorkonzeptes
- ✓ Entwicklung von Integrationskonzepten
- ✓ Auswahl geeigneter Hardware
- ✓ Konzepte zur Stromversorgung und Signalübertragung
- ✓ Funktionsmuster erstellen

- ➢ Konzeptionierung und Umsetzung der Datenaufnahme, -speicherung und –verarbeitung durch die Experten des Projektteams



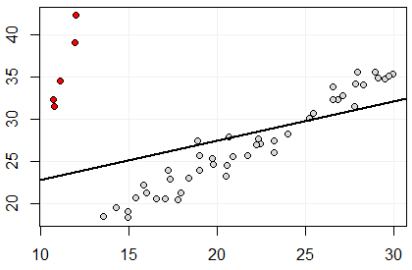
Von links nach rechts: 3-Achs-Beschleunigungssensor, Kraftaufnehmer, ToF-Abstandssensor

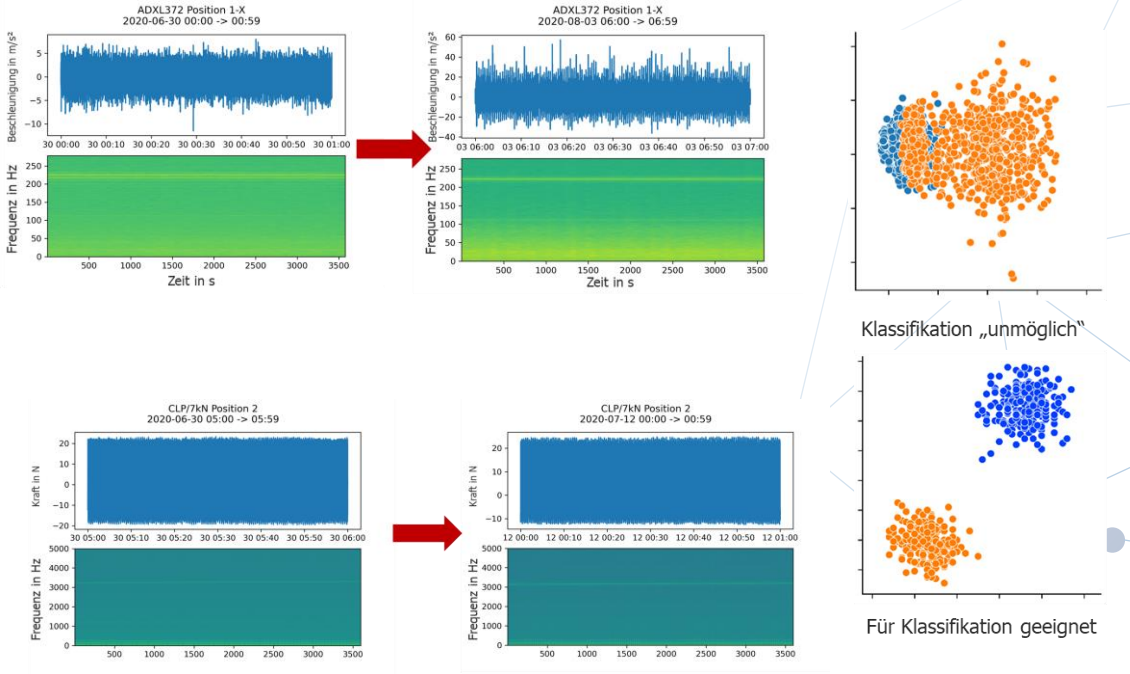
Entwicklung einer sensorbasierten Instandhaltungslösung für Schutzabdeckungen

PROKI DARMSTADT

Datenaufnahme, Datenverständnis und Datenvorbereitung

- ✓ Durchführung von Dauerlauftests zur Datenaufnahme
- ✓ Erzeugung belastbarer Daten durch statistische Versuchsplanung
- ✓ Datenqualität sicherstellen
- ✓ Eliminieren von Ausreißern, Fehlstellen und weiteren „Defekten“ in den gesammelten Datensätzen
- ✓ Aufteilen in Train- und Testdaten
- ✓ Extraktion von Features aus den Daten

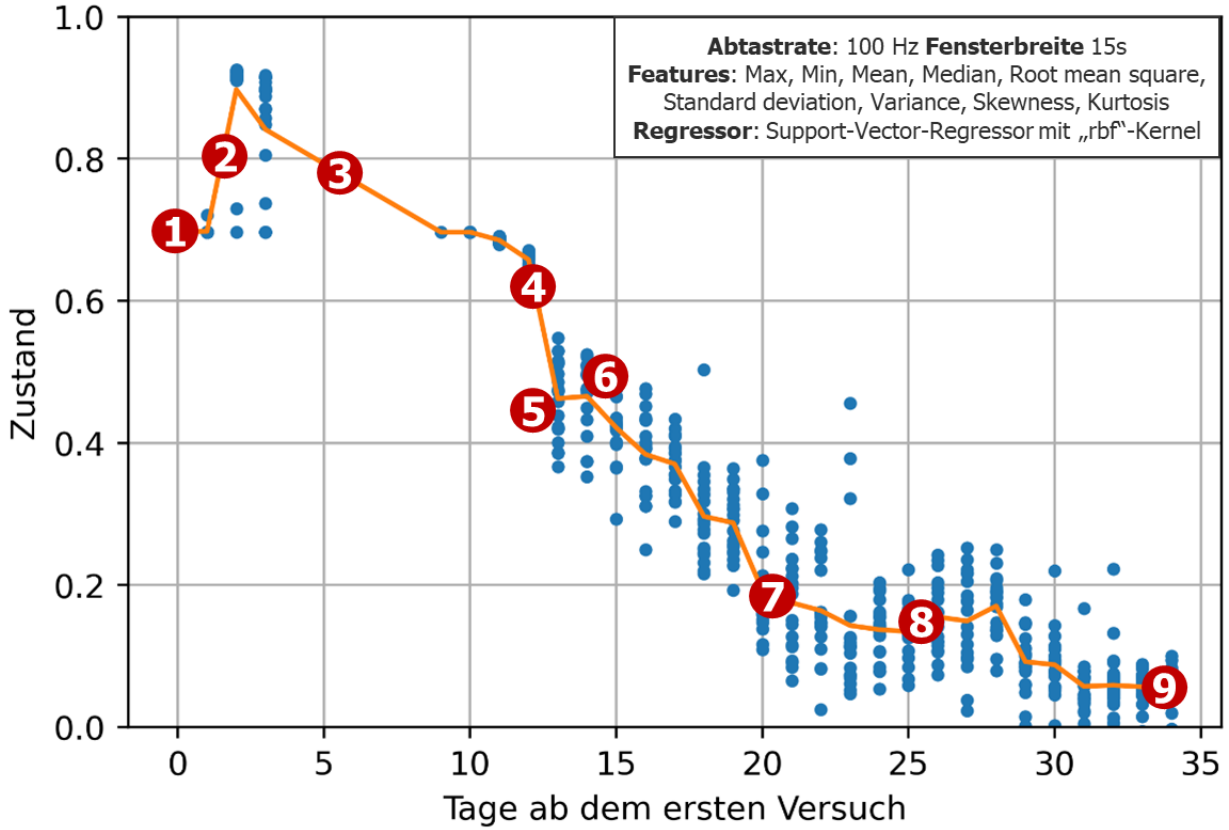




Entwicklung einer sensorbasierten Instandhaltungslösung für Schutzabdeckungen

PROKI DARMSTADT

Auswahl, Anpassung und Training des Datenmodells



Ereignisse

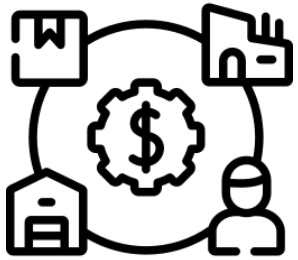
1. Start des Dauerlaufs
2. Reinigen und Schmieren der Führung
3. Interpolation aufgrund Abbruch der Aufzeichnung in diesem Zeitraum
4. Anbahnung des ersten Schadensereignis
5. Feststellung Schaden und Stopp des Dauerlaufversuchs
6. Ersetzen des Mittelblechs, Vermessen und Ausrichten des Prüfstands, Reinigung und Schmierung der Führungen
7. Meldung eines schlechten Laufverhaltens
8. Deckblech auf Führung hatte sich gelöst und wurde neu befestigt
9. Abbruch des Versuchs wegen zu starker Vibrationen

Entwicklung einer sensorbasierten Instandhaltungslösung für Schutzabdeckungen

PROKI DARMSTADT

Learnings aus der Durchführung des Projekts

- Einbindung in **tragbares Geschäftsmodell** ist elementare Voraussetzung für ökonomischen Erfolg
  - **Frühzeitiges Aufdecken** eines möglichen **Markpotentials** (Volumen) für die Lösung
  - **Ermittlung** der **Zahlungsbereitschaft** der Kunden durch Transparenz über Kundennutzen
  - **Skalierbarkeit** ermitteln durch Evaluations des **Aufwand für Adaption** der Lösung

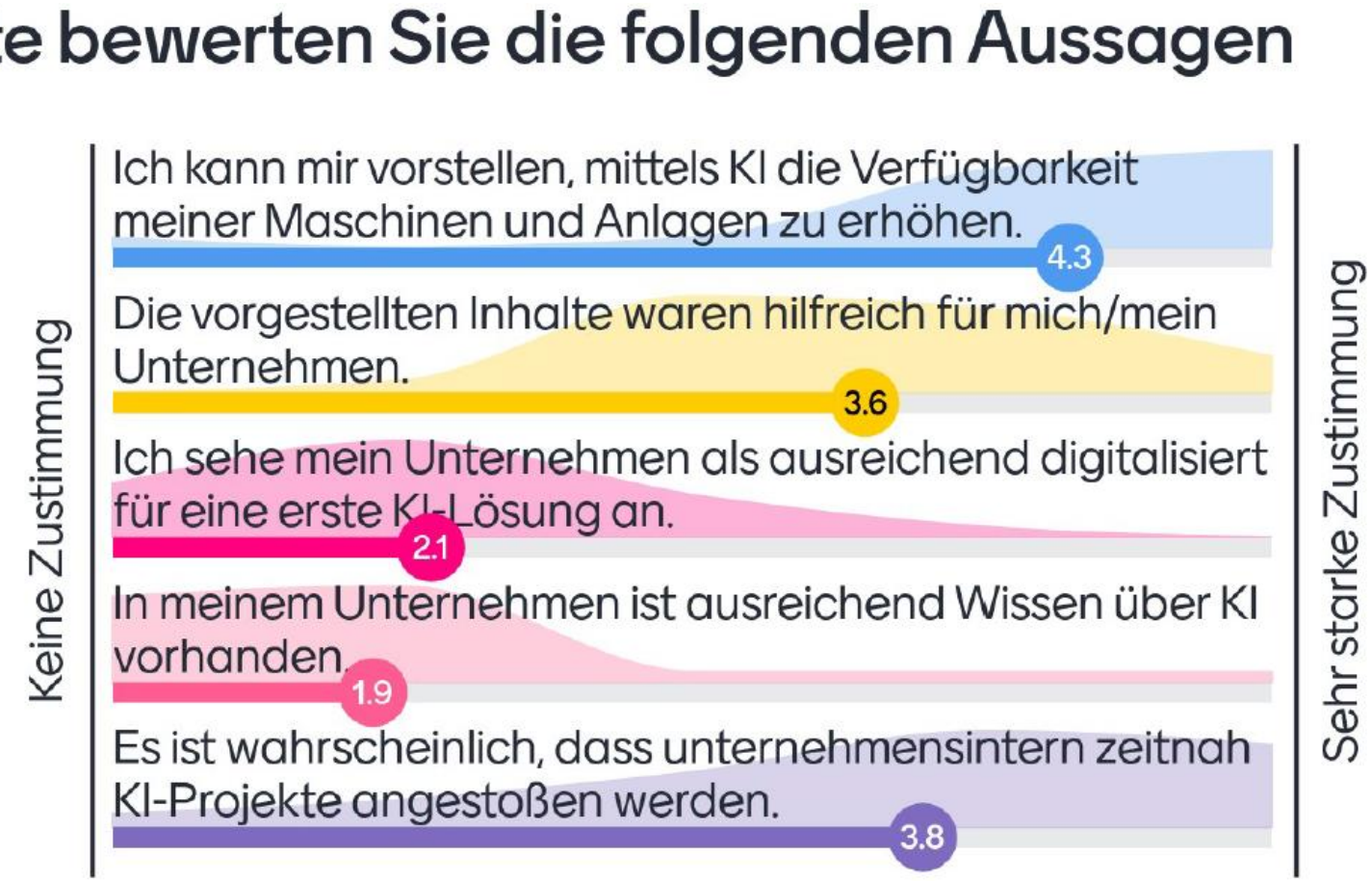


- Berücksichtigung **veränderter Wertschöpfungsstrukturen** für datenbasierte Lösungen
  - Vorhandensein aller **notwendigen Kompetenzen** zur Entwicklung und Umsetzung sicherstellen
  - **Aufbauen von strategischen Partnerschaften** für Verbreitung und Bereitstellung

Agenda des heutigen Termins

1. Begrüßung und Einleitung
2. Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI am Beispiel der vorausschauenden Instandhaltung
3. KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle
4. Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit durch sensorbasierte Überwachung von Komponenten
5. Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
6. Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk

Rückmeldung Mentimeter-Antworten



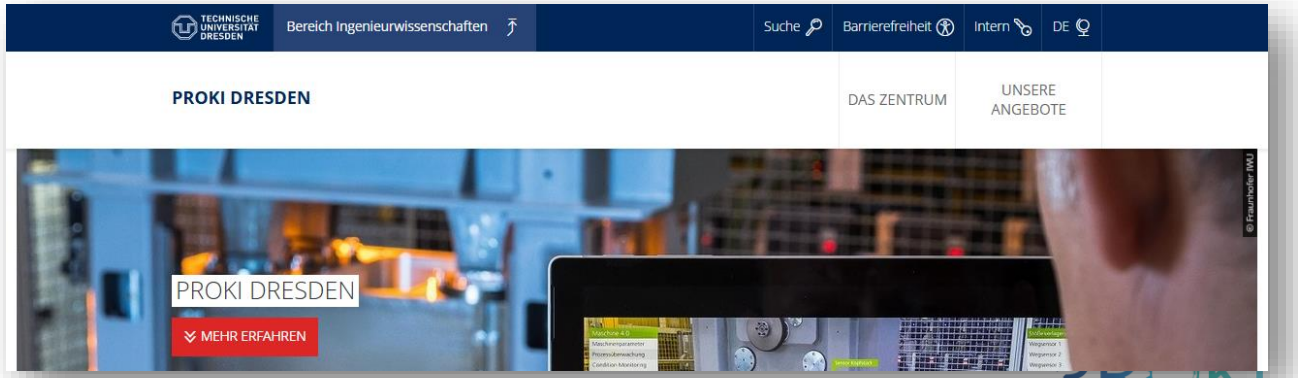
Agenda des heutigen Termins

1. Begrüßung und Einleitung
2. Maschinenverfügbarkeit erhöhen durch KI am Beispiel der vorausschauenden Instandhaltung
3. KI für die multivariate statistische In-Prozesskontrolle
4. Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit durch sensorbasierte Überwachung von Komponenten
5. Q&A: Fragen und Diskussion aus dem Auditorium
6. Abschluss und weiterführende Informationen zum ProKI-Netzwerk

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Weiterführende Informationen zu ProKI und unserem Angebot finden Sie auf unseren Homepages www.proki-darmstadt.de und https://tu-dresden.de/ing/proki

Nächster ProKI InfoPoint: 09.03.2023 – Retrofit: *Wie lässt sich Digitalisierung als Grundlage für Prozessoptimierung und Qualitätssicherung nutzen?*



PROKI DARMSTADT