



Saxony⁵

Co-Creation Lab
Fabrik der Zukunft

Inhaltsverzeichnis

- > Begrüßungsworte
- > Datenerfassung für KI-gestützte Zustandsüberwachung an Werkzeugmaschinen
- > Quantencomputing - Neues Computingparadigma als Enabler für die Fabrik der Zukunft
- > Modelle und Daten - Digitale Zwillinge zur Zustandsüberwachung und prädiktiven Wartung von Maschinen und Anlagen
- > Maschinelles Lernen zur Verbrauchsprognose im C-Teilemanagement
- > Veranstaltungen & Termine



Transfer-Newsletter "Mehrwerte aus Daten"

Liebe Saxony⁵ Transfer-Partnerinnen und -Partner,

in aktuellen Veröffentlichungen stößt man vermehrt auf die Äußerung: „Daten sind das Öl der Zukunft“. Bezog sich die ursprüngliche Aussage im Economist im Jahr 2017 vor allem auf die „datensammelnden“ Giganten wie Google und Facebook, so hat dieser Spruch durchaus auch seine Gültigkeit für die Unternehmen in der Fertigungsbranche. Sollte doch damit zum Ausdruck gebracht werden, dass, wer als erster die Informationen besitzt, als erster reagieren und sich somit einen Wettbewerbsvorteil sichern kann. Grundlage hierfür sind eine gezielte Datenerfassung sowie intelligente Verarbeitung u. a. mittels Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI). In produzierenden Unternehmen ist der Einsatz in allen Bereichen vom Marketing über die Entwicklung, die Fertigung, Beschaffung bis hin zur Qualitätssicherung denkbar.

Mit unserem zweiten Newsletter "**Mehrwerte aus Daten in der Produktion**" widmen wir uns diesem Themenfeld und stellen Ihnen Forschungsansätze aus dem Co-Creation Lab „**Fabrik der Zukunft**“ der fünf sächsischen Hochschulen für angewandte Wissenschaften vor. Dabei reicht der Bogen von der Überwachung des Maschinenzustands über die Verbesserung von Fertigungsabläufen bis hin zum Einsatz des Quantencomputings.

Viel Spaß beim Lesen

wünscht Ihnen

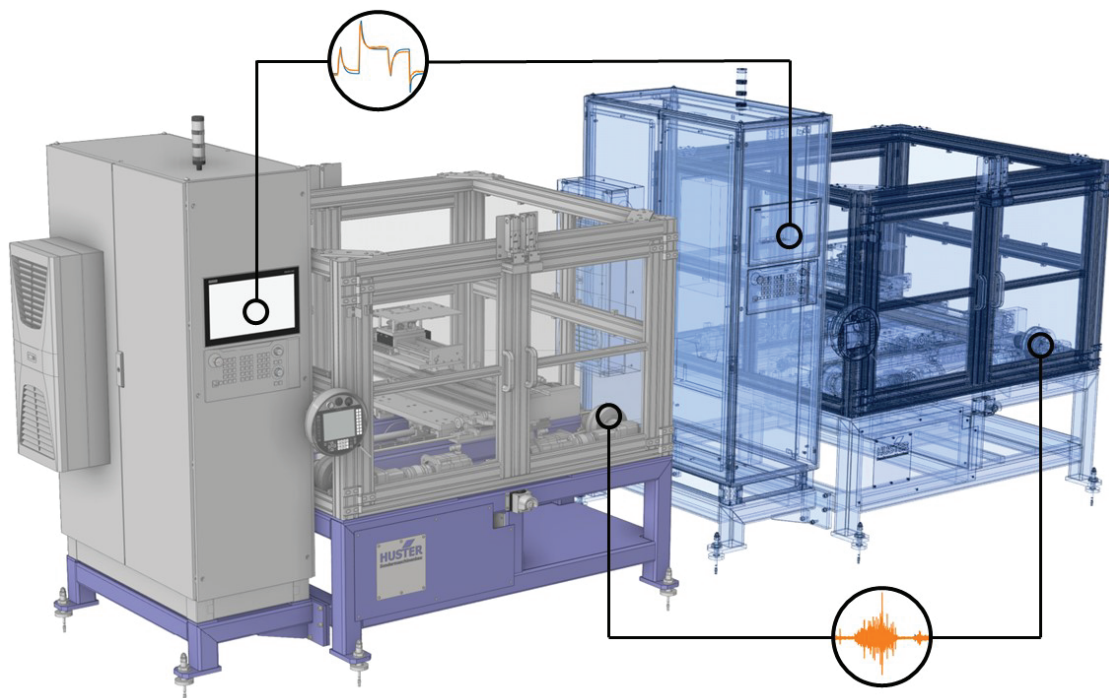
Prof. Dr.-Ing. Petra Linke
Leiterin des Co-Creation Lab „Fabrik der Zukunft“
an der Westsächsische Hochschule Zwickau
Institut für Maschinenentwicklung

Mehrwerte aus Daten in der Produktion im Forschungskontext



Westsächsische Hochschule Zwickau

Die Westsächsische Hochschule Zwickau (WHZ) betreibt im Steuerungs- und Regelungstechniklabor für Werkzeugmaschinen u. a. einen eigens für die Forschung und Lehre konzipierten mechatronischen Demonstrator, der es aufgrund der mechanischen Manipulierbarkeit und der informationstechnischen Integration ermöglicht, zahlreiche Untersuchungen von der Eigenschaftsanalyse bis hin zur Cloudanbindung durchzuführen.



Datenerfassung für KI-gestützte Zustandsüberwachung an Werkzeugmaschinen

Um plötzliche und unerwartete Produktionsausfälle durch Schäden an Werkzeugmaschinen zu verhindern, wird seit jeher durch Auswertung von Betriebsdaten versucht, diese Schäden frühzeitig vorherzusagen. Diese Zustandsüberwachung erfordert bisher ein hohes Maß an Expertenwissen, um Symptome dieser Fehler zu erkennen und den Einfluss von Umweltbedingungen und verschiedenen Betriebszuständen einzuschätzen.

Im Forschungsprojekt „KI-Labor für Effiziente Methoden des Condition-Monitoring“ wird daher erforscht, wie durch den Einsatz von maschinellem Lernen die Qualität von Zustandsüberwachung erhöht werden kann. Die künstliche Intelligenz bietet den Vorteil, riesige Datenmengen zu analysieren und darin Muster und Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Anhand von Trainingsdaten wird ein Modell erstellt, um anhand dieses Modells neue unbekannte Daten zu beurteilen. Bezogen auf die Zustandsüberwachung an Werkzeugmaschinen ist die Idee, Datenmodelle vom Betrieb der Maschine mit bekannten Zuständen zu erstellen, um dann bei neuen Daten eine Aussage treffen zu können, ob diese Daten einem bekannten Maschinenzustand entsprechen.

Die wichtigste Einschätzung ist dabei, ob die Daten einen fehlerfreien Betrieb der Maschine widerspiegeln oder nicht. Wenn ein Schadensfall erkannt wird, muss das defekte Bauteil in der Werkzeugmaschine bestimmt werden können, um eine gezielte Wartung zu ermöglichen.

Die Herausforderung bei der Nutzung maschinellen Lernens zur Zustandsüberwachung ist, dass jeder Maschinenzustand, welcher unterschieden werden soll, ein eigenes Datenmodell erfordert. Um Ausfälle zuverlässig zu erkennen, sind daher sowohl Daten eines fehlerfreien Betriebszustandes, aber auch mit typischen, zu erwartenden Schadensfällen erforderlich.

Das Erstellen dieser Datenbasis ist einer der wichtigsten Arbeitspunkte im Forschungsprojekt. Die Versuchsmaschine ist ein mechatronischer Demonstrator mit für eine Werkzeugmaschine typischen Vorschubantrieben. Beim Betrieb werden sowohl Daten aus der Maschinensteuerung als auch von zusätzlichen Beschleunigungsaufnehmern durch Edge-Computing hochfrequent erfasst und für die Verarbeitung durch die künstliche Intelligenz gespeichert. Die Versuchsmaschine bietet die Möglichkeit, gezielt Fehler einzubringen, um den Betrieb zu beeinflussen.

Da es in der Praxis undenkbar ist, zum Anlernen der KI im Vorfeld Daten von Fehlerfällen an der realen Maschine zu erzeugen, werden neben der Messung an der realen Anlage, systemdynamische Simulationen an einem virtuellen Maschinenmodell durchgeführt (siehe Abb. Parallele Datenerfassung an der realen Maschine und am virtuellen Zwilling). Der reale Messaufbau kann dort am virtuellen Zwilling der Maschine nachgestellt und Schadensfälle durch Beeinflussung von Simulationsparametern eingebracht werden. Das Nachbilden der Betriebsdaten im virtuellen Zwilling wurde durch die Kombination der mechanischen Eigenschaften der Versuchsmaschine in Form eines Zustandsraummodells und der Maschinensteuerung durch numerische Simulation der kaskadierten Regelkreise erreicht.

Dadurch konnte die Datenbasis für die Modelle zur Beurteilung von Betriebsdaten geschaffen werden, welche nun im Forschungsprojekt verwendet wird, um ein System zur Zustandsüberwachung von Werkzeugmaschinen zu entwickeln.

Das Forschungsprojekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Petra Linke / Melanie Weber, Dipl.-Ing. (FH) / Max Hahn, Dipl.-Ing. (FH)
Professur Maschinenautomatisierung/ Mechatronik
Fakultät Automobil- und Maschinenbau

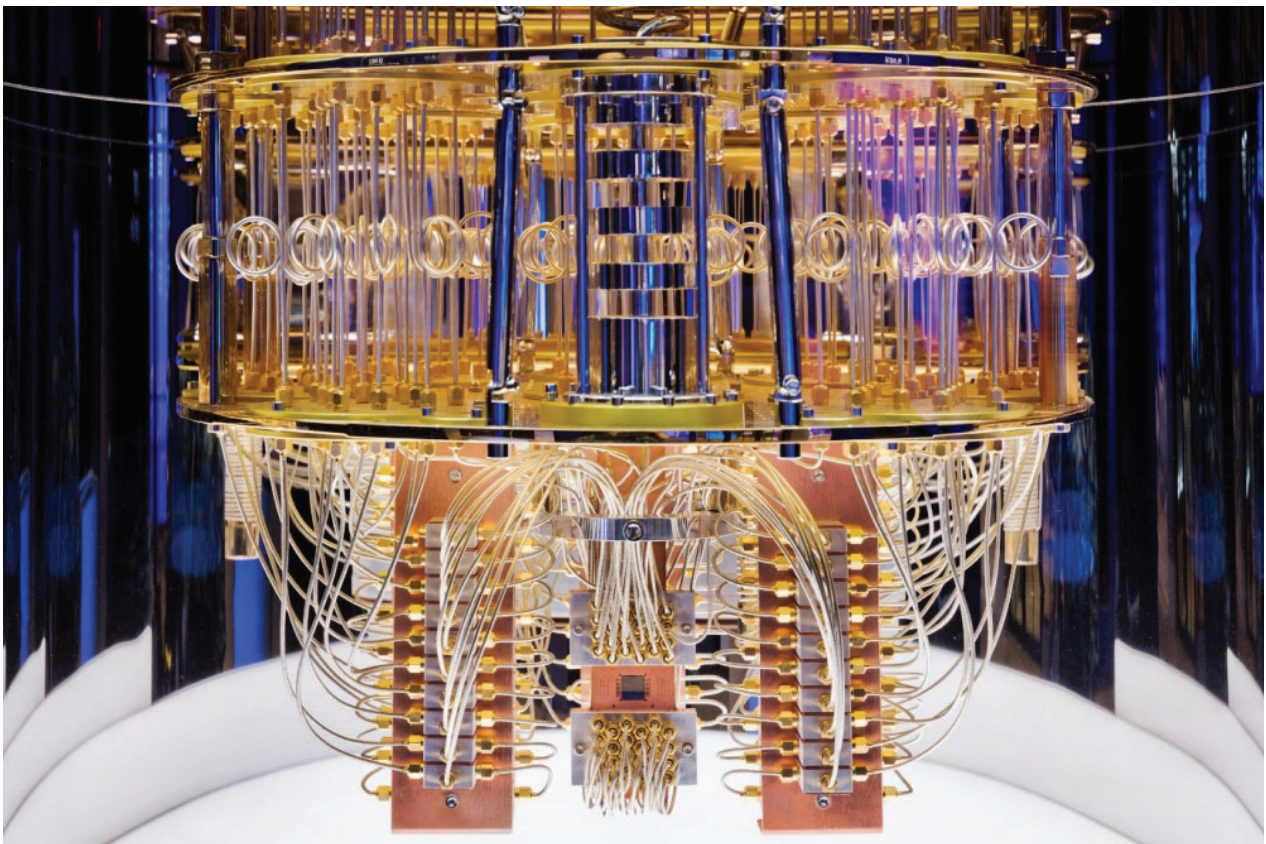
Tel. +49 (0)375 536-1733 / -1056 / -1722

E-Mail: petra.linke@fh-zwickau.de / melanie.weber@fh-zwickau.de / max.hahn.flk@fh-zwickau.de



Das Institut Gesundheit, Altern/Arbeit und Technik (GAT) der Hochschule Zittau/ Görlitz (HSZG) hat seine Forschungsagenda um

das Thema Quantencomputing erweitert, da hier direkte wirtschaftliche Erträge bei hochkomplexen Datenverarbeitungen in der Prozessautomatisierung zu erwarten sind, die vom wissenschaftlichen Transfer profitieren sollen. In Sachsen werden aktuell Aktivitäten im Bereich Quantencomputing im [QAPPS.Center for Applied Quantum Computing Saxony](#) zusammengeführt. Das QAPPS.Center hat es sich zum Ziel gesetzt, Quantencomputing für sächsische Unternehmen als Technologie verfügbar zu machen und in Anwendungen zu überführen.



Quantencomputing - Neues Computingparadigma als Enabler für die Fabrik der Zukunft

Autoren: Prof. Dr.-Ing. Jörg Lässig (HSZG), Maximilian Selch (FhG IWU), Daniel Müssig (HSZG)

Quantencomputing stellt eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts dar, indem es durch die Verwendung quantenphysikalischer Prinzipien ein stärkeres Berechnungsmodell, als eine klassische Bit-basierte Computerarchitektur liefert. Dabei ist der Leistungszuwachs stark problemabhängig und geht im Kern auf die Ausnutzung einer komplexeren Struktur der elementaren Informationseinheiten im Rechner zurück. An die Stelle des klassischen Bits tritt beim Quantencomputing das Quantenbit – kurz Qubit. Genau wie das Bit kann es die Zustände 0 oder 1 annehmen. Darüber hinaus sind aber auch beliebige Zustände, d.h. beide Zustände gleichzeitig und bei mehreren Qubits auch die Zwischenzustände aller klassisch möglichen Bitstrings realisierbar.

Diese Überlagerungen werden auch als Superpositionszustände bezeichnet und können für Parallelität in den Berechnungen sorgen. Darüber hinaus ist neben der Superposition die Verschränkung ein zweites wichtiges Prinzip der Quantenmechanik: Zwischen Qubits kann eine spezielle Kopplung hergestellt werden, sodass bei der Manipulation eines Qubits gleichzeitig die verschränkten Partner beeinflusst werden. Mit geeigneten algorithmischen Strategien können Lösungen bestimmter Problemstellungen so in Summe deutlich effizienter gefunden werden. Möglich werden dabei zum Teil exponentielle Vorteile gegenüber klassischen Rechnern, aber auch die Verarbeitung signifikant größerer Informationsmengen. Auch wenn der Stand der aktuellen Quantenhardware heute noch keinen direkten anwendungsrelevanten Einsatz erlaubt, lassen sich zumindest kleine Szenarien bereits auf realen Quantencomputern implementieren und in ihrer Funktionsweise untersuchen. Auf diese Weise können Einsatzgebiete etwa in der Produktion oder in der Energiewirtschaft demonstriert und gleichzeitig das Potential beim Verfügbarwerden leistungsfähiger und verbesserter Hardware eingeschätzt werden.

Der Einsatz von Quantencomputing verspricht für die Finite Elemente Methode als eines der wichtigsten Berechnungs- und Abbildungstools, wie etwa für das physikalische Verhalten während eines Fertigungsprozesses (bspw. in der Umformtechnik), das Potential deutlicher Laufzeitverbesserungen. Dazu wird das – in der Regel sehr große – Gleichungssystem, das als wesentlicher Schritt der FEM zu berechnen ist, mit einem Quantenverfahren für lineare Systeme gelöst. Das Verfahren löst dazu im Gegensatz von konventionellen numerischen Methoden, die Fourier-transformierte Version des Gleichungssystems. Die ermöglichten Laufzeitvorteile resultieren daraus, dass sich die Fourier-Transformation besonders effizient mit Quantencomputern bestimmen lässt. Jedoch wachsen die Möglichkeiten dieses Quantenverfahrens erst mit der beschriebenen Weiterentwicklung der Quantenhardware in den anwendungsrelevanten Bereich hinein. Dennoch lässt sich diese Methode bereits an einfach gewählten Fallbeispielen auf echten Quantencomputern untersuchen und so deren Funktionsweise etwa anhand der Bestimmung von Temperaturverteilungen demonstrieren.

Ein weiterer Anwendungsfall des Quantencomputings ist die Abschätzung der Einflüsse von Bahnabweichungen in modernen Werkzeugmaschinen, die sich mithilfe des probabilistischen Modells von Bayes'schen Netzen realisieren lässt. Diese Methode hat gleichzeitig den Vorteil, dass sie auch mit unsicheren oder unvollständigen Daten arbeiten kann und eine ganzheitliche Betrachtung der gesamten Prozesskette erlaubt. Die Eigenschaften der Superposition und Verschränkung von Qubits ermöglichen, dass die Parameter eines Bayes'schen Netzes, das die Prozesskette widerspiegelt, effizient mit einem Quantenalgorithmus kodiert werden können. Am Beispiel einer Fräsapplikation konnte ein solches Quanten-Bayes'sche Netz umgesetzt und zur Bestimmung der Stärken von verschiedenen Einflussfaktoren auf Bahnabweichungen genutzt werden.

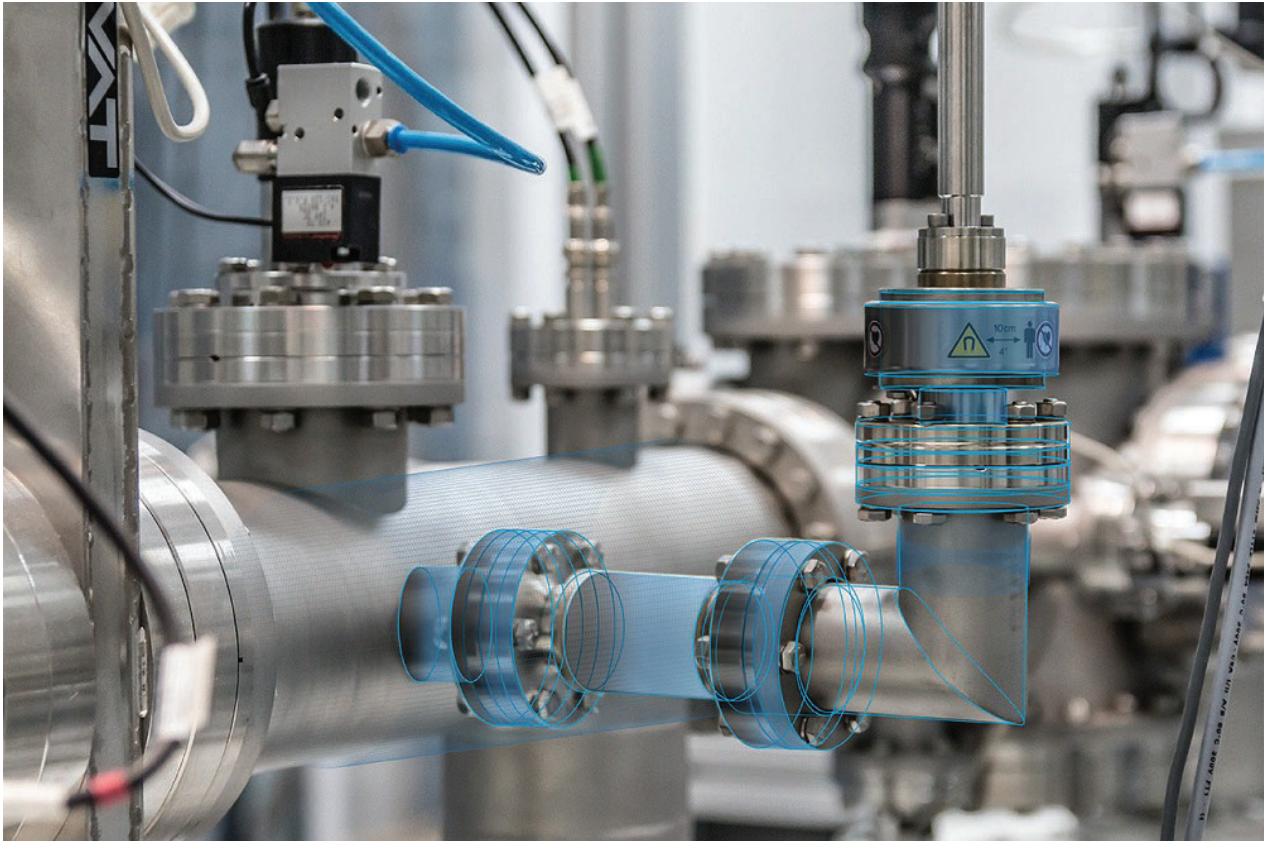
KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Jörg Lässig
Professor für die Entwicklung von Unternehmensanwendungen
Sprecher QAPPS.Center for Applied Quantum Computing Saxony

Tel. +49 (0)3581 3581 792-5354

E-Mail: j.laessig@hszg.de

Die Forschungsschwerpunkte der Professur Systemtheorie und Mechatronik der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kunst (HTWK) Leipzig sind modell- und simulationsgestützte Methoden der Automatisierungstechnik sowie die Anwendung von KI-Methoden. Die Anwendungen stammen vorwiegend aus den Bereichen sichere Mensch-Roboter-Interaktion, Bewegungsunterstützungssysteme und rotierende Maschinen. Hierfür werden entsprechende Laboreinrichtungen betrieben.



Modelle und Daten - Digitale Zwillinge zur Zustandsüberwachung und prädiktiven Wartung von Maschinen und Anlagen

Das Thema Zustandsüberwachung von Maschinen und Anlagen hat zum einen durch den Einsatz von KI-Methoden, insbesondere maschinellen Lernverfahren, und zum anderen durch den Einsatz von Digitalen Zwillingen neue Aufmerksamkeit erfahren. Mit Digitalen Zwillingen, also virtuellen Abbildern von Maschinen und Anlagen, die in der Betriebsphase neben Engineeringdaten und -modellen auch Betriebsdaten und damit aktualisierte Modelle des Betriebsverhaltens umfassen, kann darüber hinaus die reaktive oder vorbeugende Wartung durch eine prädiktive Wartungsstrategie abgelöst werden. Hierbei wird der Anlagenzustand mithilfe der Betriebsdaten und den Anlagenmodellen überwacht und für die Zukunft prädiziert. Damit lassen sich bspw. die Restnutzungsdauer bestimmen und der Zeitpunkt notwendiger Wartungsarbeiten planen.

In der Forschungsgruppe der Professur Systemtheorie und Mechatronik der Fakultät Ingenieurwissenschaften der HTWK Leipzig beschäftigen wir uns mit der Erstellung und Nutzung Digitaler Zwillinge (DZ) in der Betriebsphase von Anlagen. Schwerpunkte hierbei sind die Synchronisierung der Modelle des DZ mit der realen Anlage auf Basis der Sensordaten aus der Anlage sowie modell- und datengestützten Methoden der Zustandsüberwachung und -prädiktion. Eine wesentliche Anwendung ist die vorausschauende Wartung bei Turbinen- und Verdichteranlagen (rotierende Maschinen). Diese Methoden sind auch auf andere Anwendungsdomänen übertragbar.

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit einem Industriepartner wurde eine IT-Plattform entwickelt, die die Basis für einen Digitalen Zwilling einer kundenspezifischen Turbinen- und Verdichteranlage bietet. Dazu wird im ersten Schritt ein sog. „Smart Monitoring“ umgesetzt. Dies umfasst einerseits ein Verfahren zum automatisierten Anlernen des Digitalen Zwillings und andererseits eine Methodik zur Erkennung von Anlagenzuständen. Die Innovation besteht darin, auf Basis des Digitalen Zwillings, konkret des enthaltenen Anlagenmodells, über einen Abgleich zwischen messtechnisch erfassten Größen der Anlage und den simulierten Größen des Anlagenmodells, Informationen über den konkreten Anlagenzustand betriebsparallel zu erhalten. Weiterhin können so auch messtechnisch nicht erfasste Größen bestimmt werden (virtueller Sensor). Im zweiten Schritt wird unter dem Begriff „Smart Maintenance“ die Identifikation und Lokalisierung von Fehlern bei abweichendem Anlagenverhalten sowie die Möglichkeit einer prädiktiven Beschreibung des aktuellen und zukünftigen Fehlverhaltens umgesetzt. Der innovative Ansatz besteht hier darin, in das Anlagenmodell des Digitalen Zwillings komponentenspezifische Fehlermodelle zu integrieren und damit bei abweichendem Anlagenverhalten eine vordigitalisierte Ursachenforschung durchzuführen. Weiterhin werden durch geeignete Extrapolationsmethoden Vorhersagen bezüglich der Verhaltensänderung von Anlagenkomponenten und damit der Gesamtanlage ermöglicht, die zu einer zielgerichteten und ereignisgesteuerten Instandhaltung führen. Des Weiteren erfolgt unter dem Begriff „Smart Revamp“ die Entwicklung eines Werkzeugs zur Definition und Erfassung anlagenspezifischer Kenngrößen (KPIs). Diese umfassen vor allem technische, ökonomische sowie ökologische Kennzahlen. Anhand der Kennzahlen gilt es besonders ineffiziente und sicherheitskritische Betriebsweisen zu identifizieren, sodass gezielte Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Verbesserung dieser Betriebsweisen erörtert werden können.

Die entwickelten Methoden für Smart Monitoring, Smart Maintenance und Smart Revamp müssen in geeigneter Weise beim Kunden integriert werden. Dies stellt aufgrund heterogener IT-Infrastrukturen eine große Herausforderung dar.

Auf Grundlage unsere Expertise bieten wir:

- Beratung zu Methoden und Technologien
- Konzeptentwicklung für spezifische Problemstellungen
- Unterstützung bei der Umsetzung

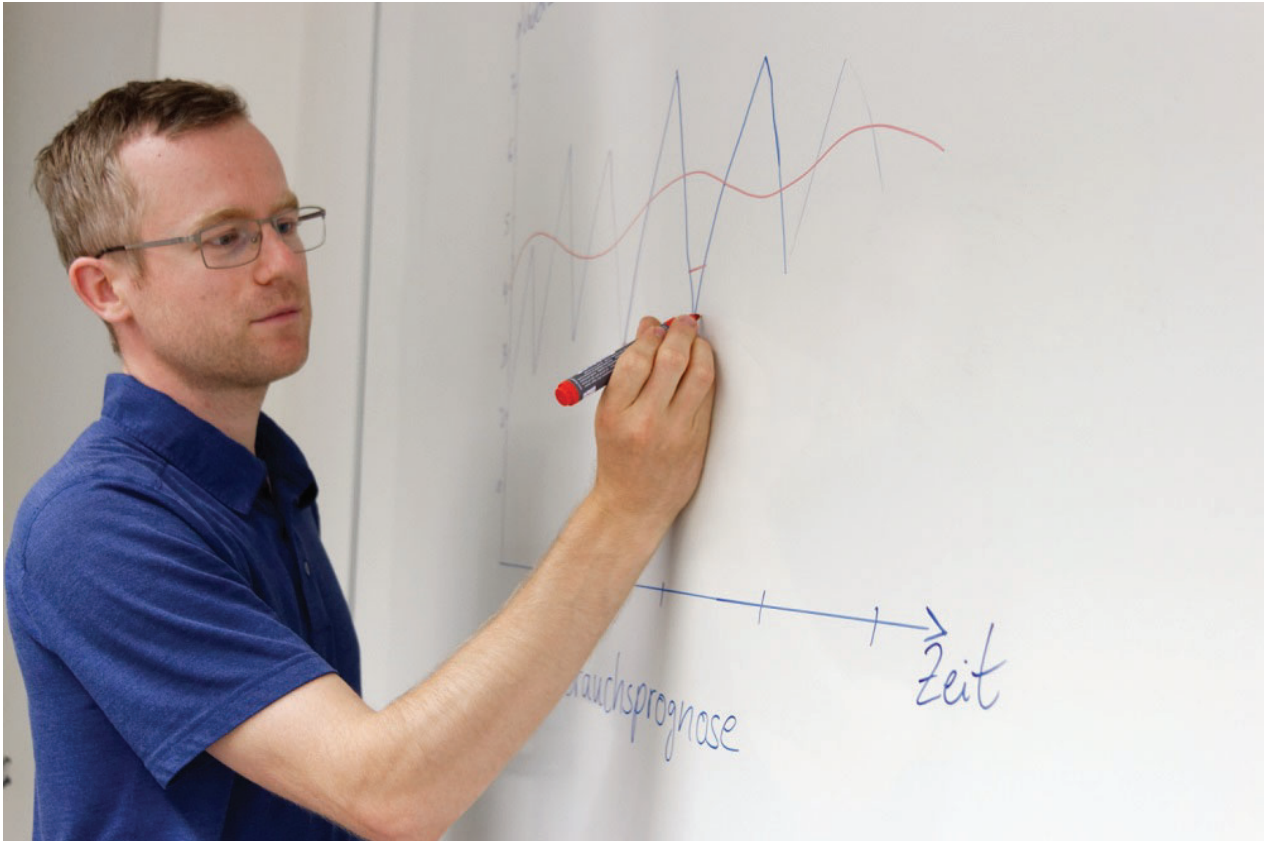
KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Jens Jäkel / Robert Thiel, M.Sc.
Professur Systemtheorie und Mechatronik
Fakultät Ingenieurwissenschaften

Tel. +49 (0)341 3076-1125 / -1164

E-Mail: jens.jaekel@htwk-leipzig.de / robert.thiel@htwk-leipzig.de

Einer der Forschungsschwerpunkte der Arbeitsgruppe Smart Production Systems der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden ist es, KI-Methoden, speziell des maschinellen Lernens, zur Optimierung von Prozessen und Abläufen im Produktionsalltag einzusetzen. Hierzu werden verschiedene Demonstratoren in der Industrie 4.0 Modellfabrik betrieben, um die Mehrwerte des Einsatzes maschineller Lernverfahren wie u.a. bei der Qualitätssicherung aufzuzeigen.



Maschinelles Lernen zur Verbrauchsprognose im C-Teilemanagement

Kleine und mittlere Produktionsunternehmen (KMU) setzen bei der Verbrauchsvorhersage von geringwertigen, aber mengenmäßig häufig genutzten Materialien (C-Teilen) bisher rein statistische Methoden ein. Bei einigen Unternehmen findet sogar überhaupt keine Verbrauchsprognose für diese Teile statt.

C-Teile finden, vermeintlich aufgrund ihrer geringen Materialkosten, bisher eine zu geringe strategische Beachtung im Vergleich zu anderen Produktionsmaterialien. Während eine fehlende Verbrauchsvorhersage zu Dysbalancen zwischen Verbräuchen und Lagerbeständen führt, ist bei der rein statistischen Methode zu beobachten, dass vorhergesagte Verbrauchskurven dem realen Verbrauch hinterherhinken. Sie reagieren auf Veränderungen des Verbrauchs nur mit zeitlicher Verzögerung, d.h. unflexibel.

Dabei bietet gerade das strategische C-Teile-Management ungenutzte Einsparpotenziale für produzierende Unternehmen. Während nur etwa 20 Prozent der anfallenden Beschaffungskosten im C-Teile-Management auf die eigentlichen Materialkosten entfallen, lassen sich etwa 80 Prozent auf die Prozesskosten zurückführen. Durch eine effizientere und effektivere Verbrauchsdatenvorhersage könnten hier enorme Potentiale gehoben werden.

An dieser Stelle setzt die Arbeitsgruppe Smart Production Systems der HTW Dresden an. Die Forschungsgruppe um Prof. Reichelt macht sich die Industrie 4.0 Schlüsseltechnologie der Künstlichen Intelligenz (KI), speziell des maschinellen Lernens zunutze, um die Effekte einer besseren und genaueren Vorhersage im Produktionsbereich zu erzielen.

Maschinelles Lernen, als Teilbereich von KI, wird eingesetzt, um aus historischen Daten zu lernen und selbständig Muster sowie Zusammenhänge zu identifizieren. Hierzu untersucht die Forschungsgruppe in Kooperation mit einem Industriepartner KI-basierte Methoden zur Verbrauchsprognose.

Ziel der Forschungsarbeit ist es, eine Vorhersage der Bedarfe für die nächsten 6 bis 8 Wochen zu treffen. Damit sollen Einsparpotenziale im C-Teilemanagement des Unternehmens ausgeschöpft werden.

Unter Verwendung künstlicher neuronaler Netze, die auf der Technologie des Long-Short-Term-Memory (LSTM), zu Deutsch langem Kurzzeitgedächtnis basieren, sind die Wissenschaftler:innen in der Lage, Langzeit-Abhängigkeiten aus den historischen Daten zu erkennen und Erfahrungen in künftige Vorhersagen einfließen zu lassen. Damit das LSTM die Daten verarbeiten kann, müssten diese zunächst vorverarbeitet werden, d.h. Einstellen auf das richtige Verbrauchsintervall, Löschen von nicht benötigten Daten und Auffüllen von Null-Daten sowie Glätten von Verbräuchen. Anders als bei der klassischen statistischen Analyse, lernt das neuronale Netz die charakteristischen Merkmale der Verbrauchsdaten auf Basis der historischen Daten (Training). Durch Extrapolation erfolgt eine Fortschreibung der Zeitreihe für die Verbrauchsdaten in die Zukunft.

Die Vorteile von maschinellem Lernen liegen darin, dass die vorhergesagte Kurve wesentlich synchroner zum realen Verbrauch verläuft und auf Veränderungen flexibler reagieren kann. Somit können entstehende Kosten im C-Teilemanagement besser geplant werden. Ein künftig webbasiertes Vorhersagetool entsteht im Rahmen der Forschungsarbeit, um anhand der aktuellen Verbrauchsdaten automatisiert ein fortwährendes Lernen des neuronalen Netzes zu ermöglichen und zielführend den Beschaffungsvorgang von ausgewählten C-Teilen zu automatisieren.

Die neusten Forschungsergebnisse sollen KMUs dazu befähigen, KI verstärkt als Schlüsseltechnologie für die eigene Produktion zu erkennen und den sich daraus ergebenden Mehrwert für die Unternehmen auszuschöpfen.

In unserer Modellfabrik „Fabrik der Zukunft“ können Sie sich über Verfahren zu KI, speziell dem maschinellen Lernen, informieren. In Showcases zeigen wir Ihnen u.a., wie KI in der Qualitätssicherung oder bei der Entwicklung von Assistenzsystemen zur Verbesserung von Arbeitsabläufen beitragen kann.

Besuchen Sie dazu die Forschungsgruppe Smart Production Systems (SPS) der HTW Dresden unter www.htw-dresden.de/industrie40 und vereinbaren Sie gleich einen Vor-Ort-Termin zur Führung. Alle Events und Führungstermine finden Sie im [Veranstaltungskalender](#) der Forschungsgruppe.

KONTAKT

Prof. Dr. rer. pol. Dirk Reichelt / Nicole Jäpel, M.A.
Professur für Informationsmanagement
Fakultät Informatik/Mathematik

Tel. +49 (0)351 462-2614 / -3046

E-Mail: dirk.reichelt@htw-dresden.de / nicole.jaepel@htw-dresden.de

Geplante Veranstaltungen

Alle Veranstaltungen des Co-Creation Lab "Fabrik der Zukunft" sowie aller anderen Labs des Verbundprojektes finden Sie im [Veranstaltungskalender von Saxony⁵](#).

Interesse geweckt?



Sie möchten von Ihren gewonnenen Daten aus der Produktion stärker profitieren?

Dann nehmen Sie Kontakt zum [Co-Creation Lab "Fabrik der Zukunft"](#) auf.

Saxony⁵– Wissen intelligent vernetzt.

Projektgeschäftsführerin
Susanne Stump, MBA
Tel: +49 (0)351 462-3921
E-Mail: susanne.stump@htw-dresden.de

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden



Impressum