

6

AI: Science  
over Fiction

## Mit KI können produzierende Unternehmen die Anlagen- produktivität steigern

Faktenpapier

Aus der Serie: AI: Science over Fiction

[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)

**bitkom**

## Herausgeber

Bitkom  
Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e. V.  
Albrechtstraße 10 | 10117 Berlin  
T 030 27576-0  
bitkom@bitkom.org  
www.bitkom.org

## Verantwortliches Bitkom-Gremium

AK Artificial Intelligence

## Projektleitung

Dr. Nabil Alsabah | Bitkom e. V.

## Autoren

Dipl.-Ing. Jörn Steinbeck | ifp Software GmbH

## Lektorat

Anna Suhodolova | Bitkom e. V.

## Satz & Layout

Katrin Krause | Bitkom e. V.

## Titelbild

© Julien L. Balmer | stocksy.com

## Copyright

Bitkom 2020

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugsweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

## 1 Die industrielle Produktion ist das Rückgrat des deutschen Wohlstands

Als Tony Blair noch Premierminister von Großbritannien war, fragte er Kanzlerin Angela Merkel, welches Geheimnis dem wirtschaftlichen Erfolg von Deutschland zu Grunde liegt. »Mr. Blair, wir produzieren noch Sachen« war die Antwort.

Und in der Tat: Unter den Wirtschaftsnationen hat Deutschland mit knapp 28 % einen der höchsten Industrieanteile am Bruttosozialprodukt.<sup>1</sup> 7,4 Millionen Erwerbstätige, und damit 17 %, arbeiten in der Industrie<sup>2</sup> – 99 % der Arbeitgeber sind mittelständisch geprägt.<sup>3</sup>

In der Industrie arbeiten (noch lange) Mensch und Maschine Hand in Hand. Durch den demografischen Wandel verliert Deutschland selbst mit Zuwanderung pro Jahr ca. 0,5 % des Erwerbspersonenpotenzials.<sup>4</sup> Deutschland hat jetzt schon einen hohen Automatisierungsgrad.<sup>5</sup> Um das Wohlstandsniveau und die Wettbewerbsfähigkeit zu halten, werden sich deutsche Industriebetriebe immer mehr auf Maschinen und Anlagen verlassen müssen.

## 2 Die suboptimale Nutzung von Maschinen verursacht enorme Produktivitätsverluste

Maschinen und Anlagen sind nicht einfach zu betreiben. Sie gehen kaputt, produzieren langsamer als geplant oder es entsteht Ausschuss. Um die Produktivitätsverluste messbar zu machen, wurde das Konzept der **Overall Equipment Effectiveness** (OEE, dt. Gesamtanlageneffektivität, GAE) entwickelt. Dabei werden Verfügbarkeitsverluste in Form von technischen Defekten oder organisatorischen Problemen, Leistungsverluste in Form der Nichteinhaltung der Vorgabegeschwindigkeit oder Qualitätsverluste in Form von Ausschuss oder Nacharbeit definiert, wobei jeweils 100 %, also keine Verluste in den Kategorien, als Ideal gilt.<sup>6</sup>

Analysen zeigen, dass abhängig von der jeweiligen Industrie, die realen OEE-Werte eher im Bereich von 50 bis 80 % liegen, was auf deutliche Produktivitätssteigerungspotenziale schließen lässt.<sup>7</sup>

*»Um die Produktivitätsverluste messbar zu machen, wurde das Konzept der Gesamtanlageneffektivität entwickelt. Dabei treten Verfügbarkeitsverluste in Form von Defekten oder organisatorischen Problemen auf.«*

1 Weltbank; World Bank Open Data

2 Statistisches Bundesamt: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Industrie-Verarbeitendes-Gewerbe/_inhalt.html)

3 Bundesverband der mittelständischen Wirtschaft; Mittelständische Unternehmen definiert mit weniger als 500 Mitarbeiter und maximal 50m € Jahresumsatz

4 Bertelsmann Stiftung, Zuwanderung fair gestalten, 2019

5 z.B. hat Deutschland den weltweit zweithöchsten Anteil an Industrierobotern, siehe: <https://de.statista.com/infografik/13676/roboterdichte-in-der-fertigungsindustrie/>

6 Focke, Steinbeck; Steigerung der Anlagenproduktivität durch OEE-Management; Springer 2018

7 <https://www.bakertilly.de/aktuelles/presse/detailansicht/studie-deutsche-industrie-mit-viel-leerlauf/>



Abbildung 1: Definition und Beispiel der OEE

Neben die Methoden der schlanken Produktion<sup>8</sup> gesellt sich durch die verfügbaren Industrie 4.0 Technologien eine ergänzende und unterstützende Möglichkeit, diese Produktivitätspotenziale zu heben: Künstliche Intelligenz.

Künstliche Intelligenz bietet für die industriellen Anlagenproduktivität vielfältige Einsatzpotenziale. Beispielsweise können Roboter Objekte erkennen, gezielt greifen und so eine Anlage bestücken, mit Hilfe von Bildverarbeitung kann die Qualität von produzierten Produkten erkannt werden oder KI-Algorithmen können auf Basis von Kundenbedarfen und verfügbaren Maschinenkapazitäten eine optimale Maschinenbelegung finden. Auch können mit der vorausschauenden Wartung (Englisch: Predictive Maintenance) zukünftige Anlagenstörungen (= Verfügbarkeitsverluste) vorhergesagt werden. All diese Maßnahmen führen im Ergebnis zu einer Steigerung der Anlagenproduktivität. Und auch die Kennzahl selbst kann einer Analyse unterzogen werden.

Dabei stehen für die Analyse der OEE drei Datenelemente im Fokus. Im Stückzahlvektor werden als Zeitreihe die produzierten Einheiten über die Zeit erfasst. Weicht die Stückzahlerwartung von den tatsächlich produzierten Einheiten ab, wird die Ursache davon für die Datenanalyse benötigt. Quelle dieser Daten kann sowohl die Steuerung (SPS) der Anlage als auch eine menschliche Eingabe des Anlagenbedieners sein. Das dritte Datenelement ist optional und beinhaltet Prozessdaten wie z.B. Schwingungen von Anlagenteilen, Geräusche oder Drucke.

Das Startup oee.ai hat ein Produkt entwickelt, welches die obigen Datenelemente ohne Eingriff in die Anlagensteuerung erfasst. Die auf den Daten aufbauenden Analysen und Visualisierungen mit Hilfe von Statistik und Künstlicher Intelligenz erlauben es dem Anlagenbetreiber, ohne Datenwissenschaftler (eng.: data scientists) Anomalien in den Daten zu identifizieren und die daraus gewonnenen Informationen zur Steigerung der Anlagenproduktivität zu nutzen. Basis ist eine schlanke Form eines sogenannten **Manufacturing Execution Systems**<sup>9</sup> (MES), welches in der Cloud betrieben wird. Zur Implementierung dieses nano-MES ist kein IT-Projekt oder KI-Know-how im Unternehmen nötig.

»In der Produktion werden KI-gestützte Roboter beim Transport, in der Montage von Einzelteilen oder beim Verschrauben von Komponenten eingesetzt. KI kann auch dazu beitragen, die Anlagenproduktivität zu erhöhen.«

<sup>8</sup> Schlanke Produktion, auch Lean Production, bezeichnet ein in der Industrie weit verbreitetes Set aus Methoden und Werkzeugen, um eine Fertigung effizient zu organisieren.

<sup>9</sup> Ein MES verwaltet viele für die Produktion nötigen Daten (z.B. zu produzierende Stückzahl eines Fertigungsauftrags) und nimmt Daten vom Maschinenbediener (z.B. Störgründe) oder der Anlage (z.B. produzierte Stückzahl) auf.

### 3 Künstliche Intelligenz weist auf Optimierungspotenziale der Anlagenproduktivität hin

Grundsätzlich gibt es drei Möglichkeiten, Daten von Fertigungsanlagen zum Zwecke einer Produktivitätssteigerung auszuwerten. Regelbasiert, statistisch oder mit Methoden des Maschinellen Lernens (ML). Im Übergangsbereich zwischen Statistik und ML gibt es Fragestellungen, die sich mit beiden Techniken lösen lassen, die Zuordnung also nicht trennscharf ist.



Abbildung 2: Einsatzbereiche von Advanced Analytics

Im Weiteren werden ausschließlich Anwendungsfälle beschrieben, deren Abbildung mit Methoden des maschinellen Lernens besonders geeignet sind.

Im betrieblichen Alltag entfällt häufig ein nicht unwesentlicher Zeitanteil der Anlagenbetriebszeit auf Umbauvorgänge, die als Rüstzeiten bezeichnet werden. Die schlanke Produktion hat der Reduzierung der Rüstzeit mit dem Akronym SMED (Single Minute Exchange of Dies) eine eigene Methode gewidmet. Ziel dabei ist es, die Anlage bei einem Produktwechsel nur möglichst kurz stillstehen zu lassen.<sup>10</sup>

Eine praktikable Definition der Rüstzeit ist die Zeit zwischen der Produktion des letzten Teils des vorigen Loses bis zum ersten Teil des Folgeloses. Dabei werden jedoch Auslauf- und Anlaufverluste außer Acht gelassen, die u.U. einen deutlichen Produktivitätsverlust beinhalten können.

Künstliche Intelligenz ist in der Lage, einen stabilen Anlagenlauf zu erkennen. Mit dieser Fähigkeit kann der Rüstvorgang als Zeit zwischen der Produktion des letzten Teils des vorigen Loses im stabilen Anlagenlauf bis zum ersten Teil des Folgeloses im stabilen Anlagenlauf definiert werden.

*»Im betrieblichen Alltag entfällt häufig ein nicht unwesentlicher Zeitanteil der Anlagenbetriebszeit auf Umbauvorgänge. Die schlanke Produktion verfolgt das Ziel, die Rüstzeit zu reduzieren. Dabei soll die Anlage bei einem Produktwechsel möglichst kurz stillstehen.«*

<sup>10</sup> Teeuwen, Grunbach; SMED - Die Erfolgsmethode für schnelles Rüsten und Umstellen; Deutscher Managementverlag 2019

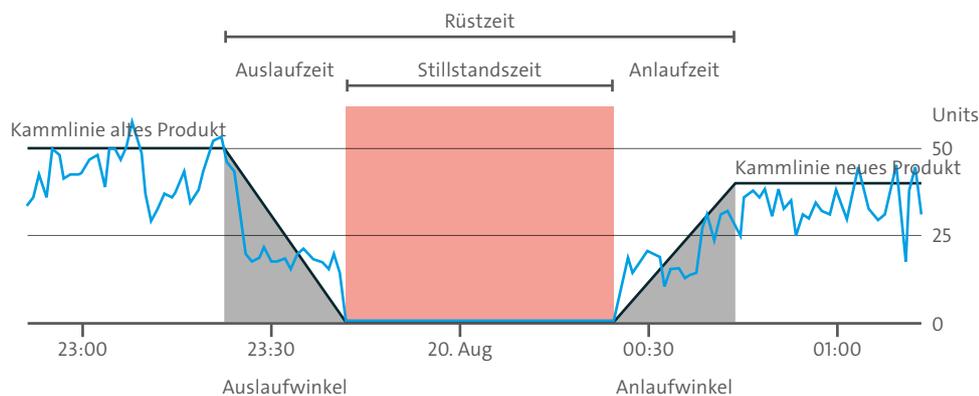


Abbildung 3: Definition der Rüstzeit mit KI

Genutzt wird in diesem Fall ein **Long Short Term Memory (LSTM-) Algorithmus**<sup>11</sup>, der zur Klasse der rekurrenten neuronalen Netze gehört. Besonderheit dieser Algorithmengruppe ist die Fähigkeit, ein Kurzzeitgedächtnis nutzen zu können, was für diesen Anwendungsfall nötig ist.

Vorbereitet werden muss der Algorithmus durch einen Menschen (= Human in the Loop), der über einen längeren Zeitraum manuell die instabilen von den stabilen Anteilen in der Zeitreihe trennt. Mit diesen Trainingsdaten kann der Algorithmus angelehrt werden und sein Wissen im weiteren Verlauf auf neue Zeitreihen anwenden.

Mit dem trainierten Algorithmus existiert jetzt u.a. die Möglichkeit, eine objektive Messung der Umbauqualität vorzunehmen. Eine kurze Stillstandszeit gefolgt von einer langen Anlaufkurve bis zum Erreichen der Kammlinie wird dann beispielsweise in der Gesamtbetrachtung der Anlagenproduktivität als schlechter Umbauvorgang klassifiziert.

Im produktiven Betrieb benötigt ein solches System eine regelmäßige Überwachung der Treffsicherheit des Algorithmus. Ändert sich das Anlagenverhalten z.B. durch neu hinzukommende Produkte, kann dies u.U. ein Nachtrainieren des Algorithmus nötig machen.

Eine weitere häufig anzutreffende Einsatzmöglichkeit von ML-Algorithmen besteht darin, im Rückblick eines Zeitraumes besondere Intensitäten oder Abwesenheiten von Verfügbarkeits-, Leistungs- oder Qualitätsverlusten zu identifizieren. Ein Mensch würde formulieren »Zwischen 7:00 und 9:00 Uhr gab es mehr Kurzstillstände ›als üblich« oder »der Rüstvorgang heute um 13:00 Uhr hat ›ungewöhnlich lange‹ gedauert«. Dieses »unüblich« oder »ungewöhnlich«, was der Mensch durch langfristige Erfahrung oder eine grafische Aufbereitung der Daten einschätzt, kann ein ML-Algorithmus automatisiert und in Echtzeit erledigen. Darüber hinaus ist der Algorithmus in der Lage, sich an geänderte Datenverläufe anzupassen. Ändert sich also das Anlagenverhalten, ändert sich über die Zeit auch die Einschätzung des Algorithmus, was »ungewöhnlich« oder »unüblich« ist.

11 <http://www.bioinf.jku.at/publications/older/2604.pdf>

Weitere Einsatzmöglichkeiten von Künstlicher Intelligenz zur Steigerung der Anlagenproduktivität liegen beispielsweise darin, eine Prognose abzugeben, wann die Qualitätsabteilung eine Freigabe für den Fertigungsauftrag erteilen wird oder an welcher Stelle im Zeitverlauf regelmäßig wiederkehrende Verluste identifiziert werden können.

Stets dabei zu beachten ist, dass die Künstliche Intelligenz nur einen Hinweis auf ein für den Algorithmus als ungewöhnlich empfundenes Anlagenverhalten gibt. Ob dieser Hinweis auf eine Anomalie dann tatsächlich in Produktivitätssteigerung umgesetzt werden kann, muss erstens durch das Domänenwissen des Fertigungsingenieurs validiert und in einem weiteren Schritt durch die Mitarbeiter physisch umgesetzt werden. An diesen Stellen sind dann menschliche Fähigkeiten und Intelligenz nötig.

*»KI klassifiziert das Anlagenverhalten als gewöhnlich bzw. ungewöhnlich. Sie gibt also dem Fertigungsingenieur Hinweise. Die Entscheidung, wie damit umzugehen ist, bleibt dem Fachpersonal vorbehalten.«*

## 4 Die Zukunft der Produktivitätssteigerung liegt in der KI-basierten Datenanalyse

Moderne Fertigungsanlagen sind von den Herstellern über Dekaden technisch optimiert worden. Die Möglichkeiten, innerhalb einer Fertigungstechnologie zur Produktivitätssteigerung durch schnellere Zyklen, höhere Vorschübe, höhere Drucke, etc., sind nur noch marginal vorhanden. Es ist also weniger der technische Fertigungsprozess als der Betriebsprozess, der optimiert werden muss. An dieser Stelle gesellen sich Mensch und Maschine zueinander. Einer intelligenten Auswertung der Daten des Betriebsprozesses und einer schnellen und präzisen Kommunikation von Potenzialen und möglichen Maßnahmen an den Menschen gehört die Zukunft.

In einer retrospektiven Betrachtung der Daten sorgt ein Anomaliecockpit für Transparenz für den Fertigungsingenieur. Für den Algorithmus ungewöhnliche Verläufe der Zeitreihe werden identifiziert und dem Mitarbeiter zur weiteren Prüfung präsentiert.

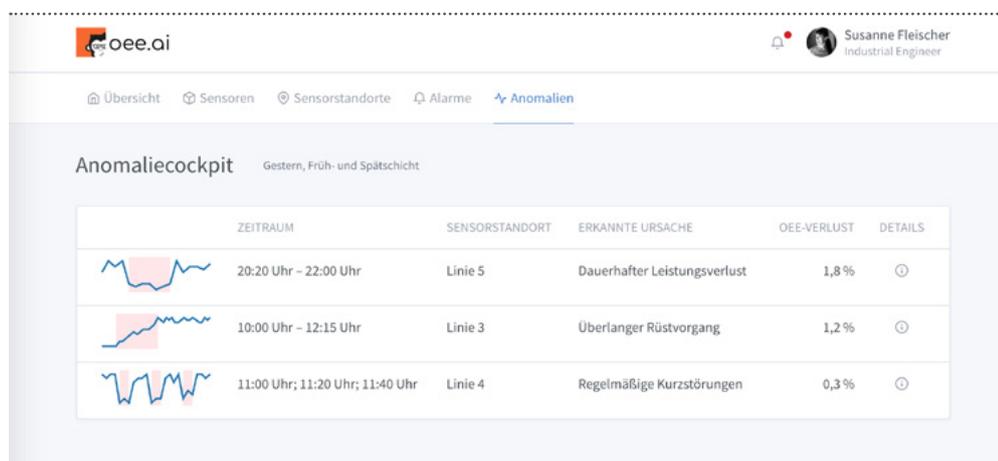


Abbildung 4: Anomaliecockpit für den Fertigungsingenieur

Dabei handelt es sich um eine sogenannte AutoML-Lösung. ML-Algorithmen arbeiten im Hintergrund, ohne dass der Nutzer ML-Experte ist. Ändern sich die Produktionsbedingungen über die Zeit, werden z.B. zusätzliche/andere Produkte auf den Anlagen gefertigt, müssen die Algorithmen ggf. nachjustiert werden. Diese Aufgabe übernehmen dann wieder ML-Experten.

Darüber hinaus ist die Analyse von Live-Daten ein heute weitgehend ungenutztes Potenzial zur Produktivitätssteigerung. Üblicherweise werden in einer Betriebsbesprechung rückwirkend im Rahmen eines **Shopfloor-Management-Prozesses** der Output und die Probleme des vergangenen Zeitraums besprochen. Maßnahmen daraus können nur für die Zukunft abgeleitet werden. Das Produktionsvolumen ist jedoch für die vergangene Zeiteinheit verloren.

Hier greift eine online Datenanalyse zur Maßnahmeneinleitung während der Störung.



Abbildung 5: Online Anomalieerkennung und Kommunikation auf dem Shopfloor

Ziel ist es, den richtigen Mitarbeiter, noch während die Anomalie auftritt, auf diese hinzuweisen. Neben der online Analyse der Anlagendaten benötigt es einen sofort verfügbaren Kommunikationskanal und eine klar strukturierte Benutzeroberfläche mit der Anomalie und im besten Fall einer Handlungsempfehlung für den Mitarbeiter.

Ein auf präzisen und in Echtzeit verfügbaren Daten basierender Management- und Verbesserungsprozess der Anlagenproduktivität ist ein weitgehend ungenutztes Potenzial in vielen fertigen Unternehmen. Mit Hilfe der beschriebenen Technologien der Künstlichen Intelligenz entsteht ein datengetriebener Management- und Verbesserungsprozess im Sinne der schlanken Produktion, der bislang unbekannte Verbesserungspotenziale identifiziert, neue Möglichkeiten für die Steigerung der Anlagenproduktivität bietet und so die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen steigert.

Bitkom vertritt mehr als 2.700 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 1.900 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.



**Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10  
10117 Berlin  
T 030 27576-0  
F 030 27576-400  
bitkom@bitkom.org  
[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)

**bitkom**