

VDI ZRE Arbeitsmittel: ReSET 4.0

Stufe: Fortgeschrittene



Weitere Informationen zum Arbeitsmittel finden Sie unter:

<https://www.ressource-deutschland.de/reset-40/>

INHALTSVERZEICHNIS

1	ANGENOMMENE AUSGANGSLAGE AUF DIESER ENTWICKLUNGSSTUFE	3
2	FÄHIGKEITEN - FORTGESCHRITTENE	4
2.1	Fähigkeit 1 - Optimierung der Produktion durch vorausschauendes Handeln	5
2.1.1	Voraussetzungen	5
2.1.2	Beschreibung	5
2.1.3	Praktische Anwendungsmöglichkeiten	6
2.1.4	Gute-Praxis-Beispiele	7
2.2	Fähigkeit 2 - Optimierung der Produktgestaltung und Produktion durch digitale Werkzeuge	11
2.2.1	Voraussetzungen	11
2.2.2	Beschreibung	11
2.2.3	Gute-Praxis-Beispiele	12
3	MAßNAHMEN UND TECHNOLOGIEN	14
3.1	Kategorie - Technische Infrastruktur	15
3.1.1	Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud-Computing)	15
3.1.2	Einsatz digitaler Objektgedächtnisse	18
3.2	Kategorie - Organisation und Prozess	21
3.2.1	Virtuelle Produktentwicklung	21
3.3	Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung	23
3.3.1	Datenanalyse (Data Analytics)	23
	LITERATURVERZEICHNIS	28

1 ANGENOMMENE AUSGANGSLAGE AUF DIESER ENTWICKLUNGSSTUFE

Ihr Unternehmen setzt bereits in einigen Bereichen erste Digitalisierungslösungen ein. Die Führungskräfte haben nähere Potenzialfelder identifiziert und entsprechende Schwerpunkte gesetzt. Erste Effekte können anhand betriebswirtschaftlicher Kennzahlen angegeben und bewertet werden.

Ihre IT-Infrastruktur sollte auf der Stufe so weit fortgeschritten sein, dass einzelne Infrastrukturelemente virtualisiert werden können. Das bedeutet insbesondere, dass Daten und Software bzw. ihre Funktionalitäten nicht mehr auf lokalen Festplatten gespeichert werden, sondern für den schnelleren Zugriff über das Internet (z. B. Cloud) oder lokale Netzwerke (z. B. interne Netzlaufwerke oder Edge-Cloud) bereitgestellt werden. Um jederzeit einen direkten, objektbezogenen Zugriff auf relevante Daten zu ermöglichen, können digitale Objektgedächtnisse eingesetzt werden, die die Daten direkt mit physischen Objekten, wie z. B. Produkten oder Maschinen, verknüpfen.

Durch eine kontinuierliche Zustandsüberwachung hat Ihr Unternehmen eine solide Basis an Ressourcendaten aufgebaut und anhand derer ein gutes Verständnis für die Struktur der Ressourcenverbräuche geschaffen. Im nächsten Schritt können nun die Ressourcendaten mit Betriebsdaten, also Maschinen- oder Prozessdaten, verknüpft werden. Durch eingehende Analysen der verknüpften Daten (z. B. durch Data Mining oder Big Data Analysen) können Sie neue Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen Ressourceneinsatz und Produktionsprozess erlangen. Damit lassen sich prozess- und unternehmensübergreifend Trends, Muster oder Abweichungen erkennen. Diese Erkenntnisse erlauben nicht nur die Ableitung weiterer reaktiver Maßnahmen zur Ressourceneffizienzsteigerung, sondern auch die Einführung von Systemen, die vorausschauendes Handeln ermöglichen, wie z. B. die vorausschauende Wartung (Predictive Maintenance).¹

¹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

2 FÄHIGKEITEN - FORTGESCHRITTENE



Folgende Fähigkeiten können Sie auf dieser Entwicklungsstufe bereits anwenden oder durch den Einsatz von Maßnahmen und Technologien erlangen:

- Fähigkeit 1 - Optimierung der Produktion durch vorausschauendes Handeln
- Fähigkeit 2 - Optimierung der Produktgestaltung und Produktion durch digitale Werkzeuge

2.1 Fähigkeit 1 - Optimierung der Produktion durch vorausschauendes Handeln

2.1.1 Voraussetzungen

- Prozessoptimierung mittels Zustandsüberwachung

2.1.2 Beschreibung

Auf den vorherigen Entwicklungsstufen wurden die gesammelten Produktions- und Betriebsdaten überwiegend für retrospektive Datenanalysen genutzt. So konnten z. B. durch einen Soll-Ist-Vergleich von Ressourcenverbräuchen für einen bestimmten Zeitraum Abweichungen festgestellt werden, die auf Störungen hindeuten. Durch eingehendere Datenanalysen (z. B. Data Mining) konnten anschließend deren Ursachen untersucht werden, um z. B. Zusammenhänge zwischen Produktionsparametern und Produktionsergebnissen aufzudecken. Die Maßnahmen, die sich daraus ableiten ließen, waren daher in der Regel reaktiv ausgerichtet, d. h., sie haben Fehler behoben, die bereits aufgetreten waren. Wurde z. B. festgestellt, dass der erhöhte Stromverbrauch bei gleichbleibender Produktion auf eine erhöhte Erzeugung von Druckluft zurückzuführen war, deutete dies auf mögliche Leckagen im Drucksystem hin, die anschließend gezielt gesucht und behoben werden konnten.

Auf dieser Entwicklungsstufe sollte Ihr Unternehmen in der Lage sein, die ersten Schritte hinsichtlich vorausschauender Maßnahmen zu tätigen. Vorausschauende Systeme analysieren und interpretieren kontinuierlich Daten, z. B. aus der Zustandsüberwachung (Condition Monitoring), um daraus Muster und Zusammenhänge zu lernen und zukünftige Ereignisse, wie Störungen und Fehler, vorauszusagen. Den Kern solcher Systeme bilden in der Regel Machine-Learning-Algorithmen oder künstliche Intelligenzen.²

² Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

2.1.3 Praktische Anwendungsmöglichkeiten

2.1.3.1 Systeme zur vorausschauenden Wartung (Predictive Maintenance)

Systeme zur vorausschauenden Wartung bzw. Instandhaltung können unerwünschte Betriebszustände von Maschinen vorausbestimmen. Dazu werden insbesondere Daten aus der Zustandsüberwachung analysiert und die Ergebnisse interpretiert, um Erkenntnisse für eine bedarfsorientierte Planung von Wartungs- und Servicearbeiten zu extrahieren. Folglich versetzt der Einsatz von Predictive Maintenance Ihr Unternehmen in die Lage, Betriebs- und Standzeiten zu planen und zu optimieren, indem Wartungen und Reparaturen bedarfsgerecht eingeplant und Standzeiten optimal ausgenutzt werden. Durch die optimierte Planung der Wartungen und Reparaturen kann auch der Bezug von Ersatzteilen entsprechend bedarfsgerecht erfolgen, wodurch deren Lagerung und lagerungsbedingte Verluste (z. B. durch lagerungsbedingte Qualitätseinbußen) vermieden werden. Mittels vorbeugender Instandhaltungsmaßnahmen kann die Lebensdauer von Maschinen und Anlagen erhöht werden, indem Reparaturen rechtzeitig durchgeführt und Störungen sowie Maschinenausfälle vermieden werden.

Systeme zur vorausschauenden Wartung sind auch für die Überwachung und frühzeitige Identifikation von erhöhtem Ressourcenverbrauch (z. B. Leckage finden) geeignet. Die Erkennung von Abweichungen und die Behebung untypischer Fehler führen zur Reduzierung von Fehlproduktion und Ausschuss. Dadurch lassen sich Rohstoffe, Energieressourcen und Ökosystemleistungen (Abfall) einsparen.³

2.1.3.2 Systeme zur vorausschauenden Fehlervorhersage (Predictive Quality)

Ein weiteres Beispiel für vorausschauende Systeme ist die Fehlervorhersage. Hierbei werden Produktionsprozesse mit aktuellen Produktions- und Zustandsdaten im Vorfeld oder prozessbegleitend simuliert, um die wahrscheinliche Ausprägung wichtiger Qualitätsmerkmale, teilweise in Echtzeit,

³ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

vorherzusagen. So kann bei Bedarf noch in den Produktionsprozess eingegriffen werden, um Fehlproduktionen und Ausschüsse zu reduzieren oder zu vermeiden. Auch Schäden an Maschinen und Anlagen können verhindert werden. Damit können Systeme zu vorausschauenden Fehlervorhersagen zur Einsparung von Rohstoffen, Energieressourcen und Ökosystemleistungen (Abfall) beitragen.⁴

2.1.4 Gute-Praxis-Beispiele

Signifikante Erhöhung der Wartungsgüte mittels Autoencoder⁵

Seit der Gründung 1999 entwickelt sich LUIS zu einem führenden Hersteller für Kamera-Monitor- und Fahrassistenz-Systeme in Europa. Um sich verstärkt im Bereich intelligenter Systeme zu engagieren, beteiligt sich LUIS an der 2020 gegründeten LUVIS AI GmbH. Dritter beteiligter Partner ist die Stadtreinigung Hamburg AöR.

Die Stadtreinigung Hamburg versteht sich selbst als innovatives Unternehmen und ist stets auf der Suche nach neuen Ideen, um ihre Ziele umzusetzen. Bestes Beispiel hierfür ist das folgend vorgestellte Kooperationsprojekt, in welchem die Turbine eines Kehrfahrzeugs über einen auf dem Gehäuse verbauten Beschleunigungssensor überwacht wird. Herausforderungen des Kunden Durch den täglichen Einsatz der Großkehrmaschinen im Zweischichtbetrieb werden die Turbinen durch Fremdkörper und die Witterung stark verunreinigt und beschädigt. Aus diesem Grund war es das Ziel, ein Monitoring-System einzuführen, welches kontinuierlich den Turbinenzustand erfasst und frühzeitige Warnsignale erzeugt. Diese sollten wiederum optisch sowie akustisch dargestellt werden. Auf diese Weise sollen frühzeitig Unwuchten erkannt werden, sodass sie – je nach Verursachung – schnell und kostengünstig behoben werden können. Dies kann beispielsweise durch eine frühzeitige Reinigung erfolgen, die unter anderem durch eine innere Spülvorrichtung durchgeführt wird. Die Belastung der Turbinenlagerung soll dadurch auf ein Minimum reduziert werden. Lösung durch den Einsatz von KI Das Konzept sah den Transfer einer bereits existierenden

⁴ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2021).

⁵ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2021).

tierenden Autoencoder- basierten Technik vor, die sich bei der Auswertung von akustischen Getriebe- oder Kugellager-Signalen bereits bewährt hatte. Die Daten werden lokal vorverarbeitet und per 4G-Verbindung an einen Server übertragen. Dabei werden die Dimensionen der Eingangsinformationen reduziert, um nur die wichtigsten oder den Durchschnitt der Informationen weiterzuleiten. Sobald der Autoencoder Abweichungen aus dem erwarteten Signal erkennt, erfolgt eine KI-basierte Klassifizierung anhand bekannter Störungen. Über einen dritten Schritt können kundenspezifisch einfach angelernte Signaturen weiteren Fehlern zugeordnet werden, ohne dass ein komplett neues Training der Klassifizierung oder der Autoencoder stattfinden muss. In Bezug auf die Hardware kommt ein 32-Bit-Microcontroller zum Einsatz, der mittels eines integrierten rauscharmen und breitbandigen AD-Wandlers im Zusammenspiel mit MEMS (engl. microelectromechanical system) Beschleunigungsaufnehmern eine ausgezeichnete Digitalisierung und Signalvorverarbeitung ermöglicht. Softwareseitig werden offene Lösungen im Bereich der Datenbanken und Machine-to-Machine-Techniken verwendet. Dabei ist das oberste Ziel, die aktuellen IT-Sicherheitsstandards zu berücksichtigen. Durch optimierte Software-Algorithmen wird eine hohe Performance auf moderater Hardware gewährleistet.

Das explizite Klassifizieren von Fehlern erfordert naturgemäß das Vorliegen bekannter Fehlerzustände während des operativen Betriebs. Dies impliziert eine der Kernentwicklung nachgelagerte Projektzeit, um die vom System erkannten Fehler einzelnen technischen Defekten eindeutig zuzuordnen. Die Hard- und Softwareentwicklung wurde in diesem Fall problemlos im vorgegebenen zeitlichen Rahmen abgeschlossen. Die Eignung der eingesetzten sensiblen und sehr kosteneffizienten MEMS-basierten Beschleunigungsaufnehmer kann bislang bestätigt werden.

Die Überwachung mechanischer Komponenten, die einem gewissen Verschleiß oder möglicher Fehlbenutzung unterliegen, wird zukünftig noch stärker durch die auftretenden operativen Kosten getrieben. Der Einsatz KI-basierter Monitoring-Lösungen verhindert den unvorhergesehenen Ausfall von Komponenten und ermöglicht deren Nutzung über eine deutlich längere Betriebszeit gegenüber einer intervallbasierten Wartungsstrategie. LUIS sieht somit eine hohe Optimierbarkeit in den zeit- und kostenintensiven

Wartungsprozessen. Mittels KI und der Anwendung kontinuierlicher Monitoring-Prozesse, wird die Wartungsgüte signifikant erhöht. Eine vorbeugende Wartung durch unnötigen Komponententausch mit dem einhergehenden Maschinenstillstand wird auf ein Minimum reduziert. KI-Techniken qualifizieren sich insbesondere für den Einsatz an Systemen, deren komplettes Frequenzverhalten dem Nutzer nicht bekannt ist. Das Erkennen von Wartungsproblemen muss somit keine Experteneinschätzung mehr sein.

Predictive Quality in der Produktion von HDPE Rohrsystemen⁶

In der Produktion von HDPE-Rohrsystemen stellt die Vernetzungsdichte des Materials einen zentralen Qualitätsparameter dar. Um die Vernetzungsdichte des Materials bestimmen zu können, ist jedoch eine Probeentnahme erforderlich. Da die Laboranalyse im Schnitt 24 bis 48 Stunden dauert, kann diese nur einmal täglich durchgeführt werden. Das bedeutet, dass die in dieser Zeit produzierten Rohre nicht an Kund*innen ausgeliefert werden können, bis ein positives Laborergebnis vorliegt. Im Falle einer fehlerhaften Vernetzungsdichte werden die Rohre nicht ausgeliefert. Das kann eine Produktion von bis zu 4.000 m Ausschuss bedeuten. Durchschnittlich führt dieser Rohrproduktionsprozess zu einer Ausschussrate von 10 % bis 20 %, die auf eine zu große Verzögerung zwischen Produktion und Qualitätskontrolle sowie eine fehlende Echtzeit-Analyse zurückzuführen ist.

Eine genaue Vorhersage der Laboranalyse kann ein sofortiges Eingreifen in den Fertigungsprozess ermöglichen und die Produktion von weiterem Ausschuss vermeiden. Dafür ist zunächst das Training eines neuronalen Netzes notwendig: Gesammelte Produktions- (Dosierungen, Temperaturen, Druckwerte, Drehmomente etc.) und Labordaten (Vernetzungsdichte des Materials) bilden die Datenbasis dafür. Diese werden in eine Datenbank eingespeist und als Trainingsset für das neuronale Netz verwendet.

Durch die Implementierung des trainierten neuronalen Netzes in den Produktionsprozess kann die Vernetzungsdichte nach aktuellem Stand minüt-

⁶ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2021).

lich mit einer Genauigkeit von 98,5 % vorhergesagt werden. Die Zeitverzögerung zwischen Produktion und Qualitätskontrolle wird somit minimiert und das Personal kann bei Abweichungen der Vernetzungsdichte sofort in den Produktionsprozess eingreifen, ohne dass weiterer Ausschuss produziert wird. Endergebnis, insbesondere relevant im Hinblick auf die Ressourceneffizienz, ist eine deutliche Reduzierung der Ausschussrate.

2.2 Fähigkeit 2 - Optimierung der Produktgestaltung und Produktion durch digitale Werkzeuge

2.2.1 Voraussetzungen

- Virtuelle Produktenentwicklung

2.2.2 Beschreibung

Neben der Optimierung bestehender Produktionsprozesse eröffnen digitale Werkzeuge eine breite Palette an Möglichkeiten, die Gestaltung von Produkten zu optimieren und neue Produktionstechnologien zu erschließen.

Mittels digitaler Entwicklungswerkzeuge können Produkte im virtuellen Raum konstruiert (CAD, Computer Aided Design) sowie deren Eigenschaften simuliert und optimiert (CAE, Computer Aided Engineering) werden, ohne dass physische Prototypen hergestellt werden müssen. Die digitalen Produktmodelle können in einem weiteren Schritt dazu eingesetzt werden, Fertigungsprozesse zu planen und zu simulieren (CAM, Computer Aided Manufacturing) und Fertigungsdaten für die Fertigungsanlagen zu generieren (z. B. Werkzeugwege für CNC-Maschinen). Mit Hilfe digitaler Fabrikplanungssysteme können z. B. schon im Voraus Fertigungsabläufe und Linienlayouts in Verbindung mit dem Produkt abgestimmt und optimiert werden⁷.

So können neue Produktkonzepte entwickelt und neue Fertigungstechnologien erschlossen werden, die eine weitere Steigerung der Ressourceneffizienz ermöglichen. Durch den konsequenten Ausbau ihrer digitalen Entwicklungsfähigkeiten können Sie über die Integration weiterer Wertschöpfungspartner*innen neue digitale Geschäftsmodelle entwickeln.

⁷ Vgl. VDI 4499 Blatt 1:2008-02.

2.2.3 Gute-Praxis-Beispiele

Virtuelle Produktsimulation (Sensitec GmbH)⁸

Im Unternehmen Sensitec GmbH werden u. a. magnetoresistive Sensoren für Weg-, Winkel-, Feld- und Strommessungen produziert. In der Phase der Produktentwicklung werden benötigte Produktmuster zunächst virtuell entwickelt und simuliert, bevor sie erstmals gefertigt werden. Die virtuelle Simulation des Musters wird mit den Kund*innen abgesprochen, um bereits vor der ersten Fertigung des Musters mögliche Änderungen in das digitale Modell zu integrieren. Dafür reicht die Fertigung eines Produktmusters oft aus. Vor Einführung der Anwendung war die Fertigung der Muster notwendig, um den Kund*innen das Produktmuster zu präsentieren. Bei möglichen Änderungswünschen wurde das Muster an die Änderungen angepasst, gefertigt und den Kund*innen erneut vorgestellt. Dadurch mussten oftmals mehrere Prototypen gefertigt werden.

Optimierung der Lagerhaltung und Produktionsplanung mittels Forecast-Algorithmen⁹

Die Julius Zorn GmbH (Juzo) entwickelt und fertigt Produkte für die Kompressionstherapie und Orthopädie auf dem neuesten Stand der Forschung und Technik. Die individuellen Anforderungen und Wünsche der Kunden werden mithilfe von Technologien, wie beispielsweise computergesteuerten Strickmaschinen und digital gesteuerten Näh- und Farbmaschinen, umgesetzt.

Eine Herausforderung ist die Erstellung verwertbarer Forecast-Zahlen, die eine praktische Anwendung für die betriebliche Ressourcenplanung finden und so maßgeblich zur Senkung der Kapitalbindung oder zu Kosteneinsparungen beitragen. Durch eine Potenzialanalyse hat sich ergeben, dass ein sehr großes Einsparpotenzial bei der Lagerhaltung und Produktionsplanung existiert, da diese Bereiche bisher ohne Zeitreihenanalyse geplant wurden. Über eine mit einem Forecast-Algorithmus gepaarte professionelle Zeitreihenanalyse, eine Planung des betrieblichen Ressourceneinsatzes

⁸ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

⁹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2021).

(Mensch, Maschine, Material) im Bereich der Lagerhaltung und eine Produktionsplanung sollen die in der Vergangenheit existierenden Unterschiede zwischen Soll- und Ist-Zahlen minimiert und damit die Aussagekraft zukünftiger Planungen optimiert werden.

Durch eine Algorithmus-basierte Zeitreihenanalyse vergangener Verkaufszahlen kann ein monatlich rollierender Forecast mit hoher Genauigkeit erstellt werden. Dabei werden Open-Source-Lösungen genutzt, um die Herausforderung zu lösen. Zum Einsatz kommen die Programmiersprache R und die etablierte Bibliothek FPP2/FPP3 (Forecasting: Principles and Practice), welche professionelle Zeitreihenanalysen und Forecast-Modelle beinhaltet.

Durch die Verwendung der Daten aus dem Forecast ist die Material- und Produktionsplanung sehr präzise möglich. Bei der Planung der notwendigen betrieblichen Ressourcen kann schnell auf Trends und saisonale Veränderungen reagiert werden, da diese in den Forecast-Modellen sichtbar gemacht und so in der Planung berücksichtigt werden können. Die Verwendung der Programmiersprache R und des Pakets FPP3 sowie der Einsatz eines Algorithmus ermöglichen die automatisierte Erstellung des Forecasts, der durch mehrere graphische Analysemöglichkeiten der Zeitreihen und Forecast-Modelle ergänzt wird. Diese helfen zusätzlich bei der Ressourcenplanung und führten dazu, dass u.a. die Lagerbestände um 12% gesenkt werden konnten.

3 MAßNAHMEN UND TECHNOLOGIEN



Auf dieser Entwicklungsstufe können Sie folgende Maßnahmen und Technologien sinnvoll durchführen bzw. einsetzen:

- Kategorie - Technische Infrastruktur
 - Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud-Computing)
 - Einsatz digitaler Objektgedächtnisse
- Kategorie - Organisation und Prozess
 - Virtuelle Produktentwicklung
- Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung
 - Datenanalyse (Data Analytics)

3.1 Kategorie - Technische Infrastruktur



3.1.1 Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud-Computing)

3.1.1.1 Voraussetzungen

- Aufbau von IT-Infrastrukturen

3.1.1.2 Beschreibung

Mit zunehmendem Digitalisierungsgrad nimmt sowohl die Anzahl der IT-Systeme als auch die Komplexität ihrer Zusammenhänge zu. Gleichzeitig müssen Sie sicherstellen, dass Ihre IT-Infrastruktur weiterhin skalierbar und leistungsfähig bleibt, um mit Ihren Unternehmensanforderungen mithalten zu können. Die Verlagerung von komplexen Anwendungen oder Daten aus Produktion und Fertigung in Cloud-basierte Lösungen kann hierbei Abhilfe schaffen. Sie senken den unternehmensinternen Administrationsaufwand und ermöglichen einen einfacheren Datenaustausch. Auf Daten und Anwendungen, die in einer Cloud liegen, kann von überall und zeitunabhängig von unterschiedlichen Endgeräten aus zugegriffen werden. Eine hohe Verfügbarkeit von Daten aus unterschiedlichsten Quellen ist eine wichtige Grundlage für die weitergehende Verwertung von Daten, wie z. B. Wissensextraktion durch Data Mining. Zugleich ergeben sich daraus Möglichkeiten, Energie und Rohstoffe einzusparen. Die Verlagerung der Rechenleistung und Datenspeicherung von betriebsinternen Servern auf externe Rechenzentren kann zu Energieeinsparungen führen, da größere Rechenzentren in der Regel effizienter betrieben werden können. So können einerseits der Betrieb von kleineren Server-Zentren und die anschlie-

bende Infrastruktur aus Kühlsystemen und Speicherlösungen eingespart werden. Andererseits kann auch die eigentliche Fertigung der Hardware eingespart werden, die unterschiedlichste Rohstoffe und kritischen Materialien benötigt.¹⁰

Aufgrund der weitreichenden und langfristigen Auswirkungen auf die informationstechnischen Strukturen im Unternehmen sollte der Einsatz von Cloud-basierten Lösungen stets strategisch geplant werden. Neben den möglichen Einsparungen und Effizienzgewinnen sollte mit bedacht werden, dass mit der Verlagerung der IT-Infrastruktur auch ein möglicher Verlust an IT-Kompetenzen und Know-how einhergehen kann. Die Übertragung von Prozessen und Daten in eine etwaige Cloud-Lösung ist mit entsprechenden Aufwänden verbunden und kann in vielen Fällen nicht ohne Weiteres rückgängig gemacht werden. Aspekte wie die IT-Sicherheit spielen zudem eine zunehmend wichtige Rolle bei der Nutzung von Cloud-Lösungen, da Sie in der Regel Ihre Unternehmensdaten und -prozesse einer externen Partei anvertrauen müssen.

3.1.1.3 Gute-Praxis-Beispiele

„Cloud-basierte Fertigung“ (Sanner GmbH)¹¹

Das Unternehmen Sanner GmbH bezieht das Manufacturing Execution System (MES) sowie das SAP-System als Webservice über das Internet. Aufgrund der hohen Anforderungen bezüglich der Verfügbarkeit an die IT-Systeme wurde eine Auslagerung dieser Services gegenüber einer Investition in die eigene IT-Abteilung vorgezogen. Der Speicherort der betriebsinternen Daten wurde vom betriebseigenen Datenserver in ein Rechenzentrum ausgelagert. Dieses wird durch einen externen IT-Dienstleister betrieben. Die Datenspeicherung des unternehmensinternen MES- und SAP-Systems erfolgt in diesem Zusammenhang ebenfalls durch den externen Dienstleister. Alle Standorte sind per VPN dorthin verbunden. Vor Eingliederung der Praxisanwendung wurden jegliche Betriebsdaten bzw. Softwareprogramme auf betriebsinternen Datenservern gespeichert bzw. aus-

¹⁰ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

¹¹ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

geführt. Als Folge der Maßnahme wird weniger Spezialwissen am Standort benötigt und es steht ein Service rund um die Uhr zur Verfügung. Ausfallzeiten konnten minimiert werden. Außerdem konnte die hauseigene Serverinfrastruktur verkleinert und der Energieverbrauch reduziert werden, denn Rechenzentren können im Allgemeinen effizienter betrieben werden als dezentrale Serveranlagen.

3.1.2 Einsatz digitaler Objektgedächtnisse

3.1.2.1 Voraussetzungen

- Aufbau von Infrastrukturen
- Einsatz von Ortungs- und Lokalisierungssystemen
- Einsatz von Sensoren und Aktoren

3.1.2.2 Beschreibung

Ein sogenanntes digitales Objektgedächtnis kann als ein Ansatz betrachtet werden, um relevante Daten von physischen Objekten der Produktion, wie Produkte, Maschinen und Feldgeräte, direkt am Objekt selbst zu speichern. Ähnlich wie ein analoger „Laufzettel“, der z. B. mit einem Werkstück durch die Montage „läuft“, sammelt ein digitales Objektgedächtnis die relevanten Daten in einer digitalen Umgebung. Umgesetzt werden kann ein solches digitales Objektgedächtnis auf verschiedenen Wegen. Zum einen kann es mittels tragbarer digitaler Datenträger erfolgen, wie z. B. USB-Sticks, die am Objekt verbleiben. Zum anderen können über eine verteilte Anwendung, z. B. bestehend aus einer Server-Anwendung zur Speicherung und Verarbeitung von Daten mit dazugehöriger Client-App, Daten objektnah über mobile Endgeräte abgerufen werden. Weiterhin ist es möglich, über entsprechende Codierung am Objekt selbst, z. B. QR- oder Barcodes, relevante Objektdaten an den jeweiligen Verarbeitungsstationen im Produktionsprozess abzurufen. Hierbei können z. B. ERP-Systeme als Datenserver dienen. Ein digitales Objektgedächtnis bietet daher eine Möglichkeit zur direkten Zuordnung relevanter Produktionsdaten zum Ressourcenverbrauch des jeweiligen Bauteils in der Produktion. Durch eine kontinuierliche Überwachung lassen sich zudem Abweichungen von Vorgaben des Regelbetriebs erkennen.¹²

¹² Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

3.1.2.3 Gute-Praxis-Beispiele

Industrie 4.0 leicht gemacht - Material und Energie sparen durch Apps¹³

Zwei Beispiele zeigen, wie sich Apps auf Smartphones und Tablets leicht in einen bestehenden Betriebsprozess integrieren lassen und erheblich zum Einsparen von Material und Energie beitragen.

So auch bei der Kemptener Eisengießerei Adam Hönig AG im Allgäu. Bei der Herstellung von Formen sind viele händische Arbeiten zu verrichten, die Auswirkungen auf die Qualität des Gusses haben. Um hier die bestmögliche Ausführung der einzelnen Arbeitsschritte zu gewährleisten, dienen Bar-codes, die von Tablets eingescannt und an eine App übermittelt werden, der Nachverfolgung der einzelnen Prozesse. Das Ziel ist es, nur exakt die Menge an Metall einzuschmelzen, die für den Guss tatsächlich benötigt wird und ein optimales Verhältnis von Formsand und Schmelze zu erreichen. Insgesamt belaufen sich die Einsparungen bei 9000 Tonnen Gussteilen pro Jahr auf 85 Tonnen CO₂-äq, 243.600 kWh Strom und umgerechnet etwa 46.000€. Diese Produktionsinnovation wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert und von der Hochschule Kempten wissenschaftlich begleitet.

Bei Cooper Standard Automotive im schwäbischen Schelklingen setzt man bei der Einsparung von Energie ebenfalls auf eine App. Das Unternehmen produziert am Standort in der schwäbischen Alb Bremsleitungen für die Automobilindustrie. Dabei kommt Druckluft zum Einsatz, mit der über eine ein Kilometer lange Leitung rund 150 Maschinen versorgt werden. Um sogenannte Leckagen, durch die die Druckluft einweichen kann, aufzuspüren, verwendet das Unternehmen ein spezielles Ultraschallmikrofon. Wird eine Leckage entdeckt, markieren die Techniker die Stelle mit einem QR-Code und scannen ihn mit einem Tablet ein. Informationen über die genaue Position, die Menge der entweichenden Druckluft und die für die Reparatur benötigten Materialien werden über die App der Mader GmbH & Co. KG zentral gespeichert. Aufgrund der App wissen die Techniker nicht

¹³ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017a).

nur, wo genau im Unternehmen, wie viele Leckagen, mit welchem Kostenaufwand beseitigt werden müssen, sondern auch wieviel Energiekosten durch die Reparatur eingespart werden können. Das Unternehmen beziffert die Einsparungen bei einem Kilometer Hauptdruckluftleitung und 150 angeschlossenen Maschinen jährlich auf 123 Tonnen CO₂-äq, 231.000 kWh Strom und 35.000 €.

Data on a Stick¹⁴

Die Sensitec GmbH hat durch Anbringung von USB-Sticks an den Werkstückträger diesen zum Informationsträger ausgebaut. Dadurch wurde die papierlose Produktion ermöglicht. Des Weiteren müssen jetzt zur Fehleranalyse nicht mehr die Daten vom Papier digitalisiert werden.

¹⁴ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

3.2 Kategorie - Organisation und Prozess



3.2.1 Virtuelle Produktentwicklung

3.2.1.1 Voraussetzungen

- Aufbau von IT-Infrastrukturen

3.2.1.2 Beschreibung

Die Phase der Produktentwicklung ist früh im Produktlebensweg angesiedelt und bietet viele Ansatzpunkte zur Steigerung der Ressourceneffizienz über den gesamten Produktlebensweg.¹⁵ Die virtuelle Produktentwicklung ermöglicht u. a. in Kombination mit virtuellen Simulationswerkzeugen (z. B. FEM), dass Produkte, Prozesse sowie Anlagen im virtuellen Raum getestet werden können. Auf diesem Wege können Produkte iterativ optimiert und Prozesse virtuell erprobt werden, ohne dass physische Prototypen hergestellt bzw. aufgebaut werden müssen. Die Prototypen, die z. B. für haptische Produkttests dennoch benötigt werden, können oft mittels additiver Verfahren, wie z. B. 3D-Druck, erzeugt werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Fertigungsprozessen (z. B. Fräsen) benötigen additive Fertigungsverfahren bei der Prototypenfertigung wesentlich weniger Ressourcen. Zum einen werden dabei absolut gesehen weniger Rohstoffe gebraucht, da in der Regel nur so viel Material eingesetzt wird, wie für die gewünschte Struktur nötig ist (zuzüglich eventueller Stützstrukturen). Zum

¹⁵ Vgl. VDI 4800 Blatt 1:2016-02.

anderen fallen auch die oft aufwändige Entwicklung und Herstellung von Werkzeugen für die Herstellung der Prototypen sowie deren Wartung weg. Eine durchgängige digitale CAD-Prozesskette spart zudem weitere Ressourcen durch die Vermeidung von Medienbrüchen ein. Inhalte müssen nicht mehr manuell eingepflegt oder mittels Werkzeugs konvertiert werden. Insgesamt ergeben sich Einsparungen an Rohstoffen, Energiere Ressourcen und Ökosystemleistungen (Abfall).¹⁶

3.2.1.3 Gute-Praxis-Beispiele

Web-Video Magazin: Wetropa Foam Creator¹⁷

¹⁶ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

¹⁷ Online abrufbar unter: <https://youtu.be/QXY80IEk6ag>

3.3 Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung



3.3.1 Datenanalyse (Data Analytics)

3.3.1.1 Voraussetzungen

- Prozessoptimierung mittels Zustandsüberwachung
- Aufbau von IT-Infrastrukturen
- Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud Computing)

3.3.1.2 Beschreibung

Damit Ihr Unternehmen aus den bisher gesammelten Daten relevante Erkenntnisse für die Steigerung der Ressourceneffizienz ziehen kann, müssen diese aufbereitet und zielgerichtet ausgewertet werden. Die Datenanalyse (Data Analytics) beschreibt im Allgemeinen den Prozess der computergestützten Exploration, Transformation und Analyse von Daten, um daraus Besonderheiten, wie z. B. Trends und Muster, abzuleiten. Dabei kommen u. a. Methoden aus den Bereichen Statistik, Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Mustererkennung und Operations-Research zum Einsatz. Basierend auf den erkannten Mustern können wiederum Erkenntnisse zur Unterstützung von unternehmerischen Entscheidungen gewonnen werden.¹⁸ So können z. B. verdeckte Zusammenhänge zwischen Pro-

¹⁸ Vgl. Runkler, T. A. (2020).

dukteeigenschaften (z. B. Materialauswahl), Produktionsparametern (z. B. Vorschubgeschwindigkeit, Temperatur) und Ressourcenverbräuchen (z. B. Energieverbrauch, Werkzeugabnutzung) aufgedeckt werden, die eine effizientere Gestaltung des Produktionsprozesses erlauben.

Je nachdem, welches Ziel Sie mit der Datenanalyse verfolgen, müssen Sie zunächst passende Datensätze identifizieren bzw. auswählen und verfügbar machen. Um Daten zentral verfügbar zu machen, eignen sich z. B. Data Warehouses oder Data Lakes. Für die eigentliche Auswertung der Daten kommen verschiedene Methoden und Ansätze in Frage. Übergeordnet sind häufig die Ansätze Big Data und Data Mining anzutreffen. Beide Ansätze sind für die Verarbeitung und Analyse großer Datenmengen und heterogener Datensätze geeignet, unterscheiden sich jedoch im Detailgrad der Analyseergebnisse. Big-Data-Anwendungen sind auf die Verarbeitung großer Datenmenge ausgerichtet und dienen vor allem dazu, übergeordnete Zusammenhänge zwischen allen aufkommenden Datensätzen zu analysieren und darzustellen. Daher eignen sich Big-Data-Anwendungen eher dazu, übergeordnete Übersichten aus Daten zu extrahieren, wie z. B. Dashboards über den gesamten Produktionsablauf.^{19,20}

Data Mining kann zwar auch mit größeren Datenmengen umgehen, ist aber stärker auf die tiefgehende Erkennung von Mustern und Zusammenhängen zwischen einzelnen Datensätzen oder innerhalb einzelner Datensätze ausgelegt. Data Mining ist daher dafür geeignet, Daten auf sehr spezifische Fragestellungen hin zu analysieren und Erkenntnisse zur Entscheidungsunterstützung zu generieren.²¹

3.3.1.3 Praktische Anwendungsmöglichkeiten

Data Warehouse und Data Lake

Data Warehouses sind Datenbanksysteme, die dazu dienen, heterogene Daten aus unterschiedlichen Quellen in ein einheitliches Datenmodell zu

¹⁹ Vgl. Priya Pedamkar .

²⁰ Vgl. geeksforgeeks.org .

²¹ Vgl. Bissantz, N. und Hagedorn, J. (2009).

überführen und somit einen einheitlichen Zugriff auf diese Daten zu ermöglichen²². Die Daten, die in Data Warehouses gespeichert werden, sind überwiegend strukturiert (z. B. aus Datenbanken). Es können aber auch unstrukturierte Daten (z. B. Web-Videos) integriert werden. In jüngerer Vergangenheit kam das Konzept des Data Lakes zusätzlich auf, welches grundsätzlich dem des Data Warehouses ähnelt. Eine Spezialität des Data Lakes im Vergleich zum klassischen Data Warehouse liegt darin, dass erstere die Verarbeitungsgeschwindigkeit von Daten fokussiert und darauf ausgerichtet ist, große Menge an Daten schnell verfügbar zu machen. Dagegen ist die Aufbereitung der Daten, wie z. B. die Überführung in ein einheitliches Datenmodell, beim Data-Lake-Ansatz eher nachrangig. Daten werden teilweise in ihrer ursprünglichen Struktur eingespeichert, so dass sie später „unverfälscht“ weiterverarbeitet werden können²³. Daher sind Data Lakes tendenziell besser dafür geeignet, um Anwendungen mit Daten zu versorgen, die eigene, spezialisierte Vorverarbeitungsprozesse haben und mit zeitkritischen Daten arbeiten, wie z. B. KI-gestützte Echtzeitanalysen.

Big Data

Die Transformation hin zur Industrie 4.0 geht mit einem enormen Zuwachs an Daten einher. Dabei nimmt nicht nur die bloße Menge der Daten zu, sondern auch deren Quellen, Strukturen und Typen. Um diese immer größere Menge an heterogenen Daten sinnvoll verwalten und nutzen zu können, hat sich der Big-Data-Ansatz zum Umgang mit Massendaten entwickelt. Unter diesem Begriff wird „die wirtschaftlich sinnvolle Sammlung und Anwendung entscheidungsrelevanter Erkenntnisse aus qualitativ vielfältigen und unterschiedlich strukturierten Informationen“ verstanden²⁴. Im Bereich der Produktion, wo steigende Qualitätsanforderungen, eine erhöhte Komplexität und ein hoher Kostendruck konkurrieren, spielen die Erfassung und Auswertung von Daten eine immer größere Rolle. Im Fokus steht hier die Auswertung von Daten zu Produkten, Prozessen, Qua-

²² Vgl. Oracle Coporation .

²³ Vgl. Oracle Coporation .

²⁴ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

litätsmerkmalen und Beschäftigten sowie deren Umfeld, mit dem Ziel einer Prozess- und Qualitätsverbesserung. Der Einsatz von Big Data und Advanced-Analytics-Methoden kann hierbei zu einer signifikanten Erhöhung des Produktionsvolumens führen und gleichzeitig Stillstandzeiten reduzieren. Dadurch können wiederum die Stand-by-Verluste minimiert und Energie eingespart werden.²⁵

3.3.1.4 Gute-Praxis-Beispiele

Entscheidungsunterstützung durch Big Data Analytics²⁶

Das Deloitte Analytics Institute nutzt die Potenziale von Big Data und Advanced, um für Kund*innen die wichtigsten unternehmerischen Entscheidungen zu priorisieren und alle notwendigen Informationen und Modelle mit Hilfe geeigneter Datenquellen zu erstellen. Durch die Kombination von Statistik und Informatik ermöglichen Big Data Analytics Unternehmen, riesige Mengen relevanter Daten zu verarbeiten, zu verstehen und zu visualisieren. So können Zusammenhänge in den Daten gefunden werden, aus denen sich Rückschlüsse auf unterschiedliche Handlungsoptionen ziehen lassen.

Die Analyse von Datenkorrelationen ermöglicht es Geschäftsentscheidungen faktenbasierter zu treffen. Um eine ggf. umfangreichen Informationsbasis nutzbar zu machen, bedarf es unter anderem einer intelligenten Auswahl und Kombination von Informationen aus den jeweiligen Unternehmensbereichen, der Branche sowie eventuellen Einzelfallinformationen. Daraufhin vergleicht die künstliche Intelligenz vorhandene Informationen aus Datenbanken mit neuen Informationen, erkennt Abweichungen und prognostiziert zukünftige Muster und wertet diese aus.

Die wichtigsten Voraussetzungen für die erfolgreiche Umsetzung der Datenanalyse in Unternehmen sind das allgemeine Organisationsverständnis und die Ausrichtung der gesamten Unternehmenskultur. Da die Datenana-

²⁵ Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b).

²⁶ Beispiel von der Deloitte Consulting GmbH online abrufbar unter:
<https://www2.deloitte.com/de/de/pages/trends/data-analytics.html>

lyse vom Einkaufs- und Wertschöpfungsprozess über die Lieferkette bis hin zum Absatzmarkt die gesamte Organisationslandschaft des Unternehmens betrifft, erweist es sich als sinnvoll, gemeinsam mit der Unternehmensleitung zu arbeiten. Während der Implementierung ist es wichtig, dass Datenanalysten mit Fachanwendern in verschiedenen Abteilungen zusammenarbeiten. Diese sollten darin geschult werden, komplexe Datenanalysen ergebnisorientiert zu interpretieren. Für die meisten Organisationen erweisen entscheidungsunterstützende Maßnahmen wie datengetriebene Echtzeitanalysen, proaktive Berücksichtigung von Alternativen und automatisierte Prozesse als entscheidender Wettbewerbsvorteil.

LITERATURVERZEICHNIS

Bissantz, N. und Hagedorn, J. (2009): Data Mining (Datenmustererkennung). In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK, 51 (1), S. 139–144. ISSN 0937-6429. doi:10.1007/s11576-008-0108-z

geeksforgeeks.org (o. D.): Difference Between Big Data and Data Mining [online]. geeksforgeeks.org [abgerufen am: 15.09.2022], verfügbar unter: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-big-data-and-data-mining/>

Oracle Coporation (o. D.): Difference between Data Lake and Data Warehouse [online]. Oracle Coporation [abgerufen am: 26.10.2022], verfügbar unter: https://www.oracle.com/de/a/ocom/docs/database/difference-between-data-lake-data-warehouse.pdf?source=ad:pas:go:dg:a_emea:71700000085028517-58700007208458016-p64645506224:RC_WWMK220512P00034C0002:&gclid=EAIaIQobChMI18ibsv-V-gIVluJ3Ch0aBg9iEAAYASAAEgLBt_D_BwE&gclsrc=aw.ds

Priya Pedamkar (o. D.): Big Data vs Data Mining [online]. www.educa.com [abgerufen am: 15.09.2022], verfügbar unter: <https://www.educba.com/big-data-vs-data-mining/>

Runkler, T. A. (2020): Data Analytics, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, ISBN 978-3-658-29778-7.

VDI 4499 Blatt 1:2008-02: Verein Deutscher Ingenieure e.V., Digitale Fabrik, Beuth Verlag GmbH, Berlin.

VDI 4800 Blatt 1:2016-02: Verein Deutscher Ingenieure e.V., Ressourceneffizienz - Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien, Beuth Verlag GmbH, Berlin.

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017a): Industrie 4.0 leicht gemacht - Material und Energie sparen durch Apps. YouTube [abgerufen am: 22.05.2019], verfügbar unter: <https://www.ressource-deutschland.tv/themen/allgemeines/industrie-4-0-leicht-gemacht-material-und-energie-sparen-durch-apps/>

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017b): Ressourceneffizienz durch Industrie 4.0 - Potenziale für KMU des verarbeitenden Gewerbes. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, Berlin.

VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2021): Potenziale der schwachen künstlichen Intelligenz für die betriebliche Ressourceneffizienz, Berlin [abgerufen am: 12.10.2021], verfügbar unter: https://www.ressourcendeutschland.de/fileadmin/user_upload/downloads/studien/VDI-ZRE_Studie_KI-betriebliche-Ressourceneffizienz_Web_bf.pdf