

# VDI ZRE Arbeitsmittel: ReSET 4.0

Stufe: Expert\*innen



Weitere Informationen zum Arbeitsmittel finden Sie unter:

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

# INHALTSVERZEICHNIS

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | ANGENOMMENE AUSGANGSLAGE AUF DIESER ENTWICKLUNGSSTUFE | 3  |
| 2     | FÄHIGKEITEN - EXPERT*INNEN                            | 4  |
| 2.1   | Fähigkeit 1 - Datengetriebene Smarte Produktion       | 5  |
| 2.1.1 | Voraussetzungen                                       | 5  |
| 2.1.2 | Beschreibung  | 5  |
| 2.1.3 | Gute-Praxis-Beispiele                                 | 6  |
| 3     | MAßNAHMEN UND TECHNOLOGIEN                            | 8  |
| 3.1   | Kategorie - Technische Infrastruktur                  | 9  |
| 3.1.1 | Cyber-physische Systeme (CPS)                         | 9  |
| 3.2   | Kategorie - Organisation und Prozesse                 | 12 |
| 3.2.1 | Dezentrale Steuerung                                  | 12 |
| 3.3   | Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung       | 14 |
| 3.3.1 | Durchgängige Datenintegration                         | 14 |
| 3.3.2 | Künstliche Intelligenz                                | 16 |
| 3.3.3 | Internet der Dinge (Internet of Things, IoT)          | 18 |
|       | LITERATURVERZEICHNIS                                  | 20 |

## 1 ANGENOMMENE AUSGANGSLAGE AUF DIESER ENTWICKLUNGSSTUFE

Ihr Unternehmen setzt in mehreren Bereichen unterschiedliche Digitalisierungslösungen ein. Mitarbeitende und Führungskräfte haben digitale Trends erfasst und diese auf das Unternehmen übertragen. Die Digitalisierung ist Bestandteil der Unternehmensführung und ein Schwerpunkt bei der Weiterentwicklung des Unternehmens. Mitunter können anhand betriebswirtschaftlicher Kennzahlen erste Effekte benannt werden.

Ihr Unternehmen hat nun eine hinreichende Grundlage an Daten, Softwaresystemen und digitalen Kompetenzen aufgebaut, so dass manuelle Datenanalysen und Eingriffe in den Produktionsablauf minimiert werden können. Mittels einer durchgängigen Datenintegration können relevante Produktdaten bedarfsgerecht abgerufen werden, um eine dezentrale Steuerung der Produktion zu ermöglichen.

Während der Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) bisher im Rahmen einzelner Anwendungen und Systeme (z. B. Predictive Maintenance) erfolgte, wird KI nun ein zentrales Instrument, um digitale Lösungen miteinander zu verknüpfen, Daten- und Informationsflüsse automatisiert zu verarbeiten und die Produktionsprozesse ganzheitlich zu optimieren. Mit Hilfe von maschinellem Lernen können Muster und Gesetzmäßigkeiten in den Prozessen erkannt werden. Algorithmen lernen von kontinuierlich erfassten Daten und treffen auf deren Basis Vorhersagen über zukünftige Ereignisse. Das künstliche System kann so auch auf unbekannte Daten reagieren und eigenständig Optimierungsmaßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz ableiten. Diese werden den Mitarbeiter\*innen zur Umsetzung vorgeschlagen.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017).

## 2 FÄHIGKEITEN - EXPERT\*INNEN



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

- Fähigkeit 1 - Datengetriebene Smarte Produktion

---

## 2.1 Fähigkeit 1 - Datengetriebene Smarte Produktion

### 2.1.1 Voraussetzungen

- Cyber-physische Systeme
- Durchgängige Datenintegration
- Dezentrale Steuerung
- Internet der Dinge
- Künstliche Intelligenz

### 2.1.2 Beschreibung

Durch einen stufenweisen Ausbau ihrer Produktions- und IT-Infrastruktur ist ihr Unternehmen nun in der Lage, die Produktion dezentral und datengetrieben zu organisieren. Dabei kommunizieren zentrale Unternehmenssysteme (z. B. ERP, PLM, MES) mit intelligenten, vernetzten Fertigungsanlagen über das Internet der Dinge (IoT) und tauschen kontinuierlich Daten aus, z. B. zu Fertigungsaufträgen, Materiallogistik, Maschinenauslastung und Prozessqualität. Die Daten werden über Data Warehouses oder Data Lakes unternehmensweit bereitgestellt und von KI-basierten Analysesystemen in Echtzeit ausgewertet. Bei Bedarf (z. B. Abweichungen, Störungen etc.) können diese Systeme teilweise autonom eingreifen oder Benachrichtigungen an menschliche Verantwortliche senden. So kann schnell und flexibel in Fertigungsprozesse eingegriffen werden, um Ressourcen effizienter einzusetzen. Indem z. B. Probleme in der Prozessqualität frühzeitig erkannt und behoben werden, können Ausschüsse vermieden werden. Fertigungsanlagen können bei fehlenden Materialien heruntergefahren werden, um Leerlaufzeiten zu vermeiden und Energie zu sparen. Fertigungs- und Intralogistikprozesse können möglichst an die Verfügbarkeit regenerativer Energiequellen (z. B. Photovoltaik) angepasst werden, um fossile Energiequellen zu vermeiden.

### 2.1.3 Gute-Praxis-Beispiele

#### iFactory - BMWs Strategie für ein einheitliches, digitales Produktionssystem<sup>2</sup>

Die BMW iFactory ist die Strategie der BMW Group, um bis zum Jahr 2023 zwei Millionen Elektrofahrzeuge in Umlauf zu bringen. Die Umsetzung der iFactory erfolgt durch die weltweit interne Vernetzung aller relevanten Produkt-, Entwicklungs- und Planungsprozesse, welche die Basis für den Fertigungsprozess sowie die Lieferkette und Bestandsmanagement werden sollen. Die ortsunabhängige Zusammenarbeit, die vorrausschauende Wartung und genutzte künstliche Intelligenz bilden damit den Schlüssel des Vorhabens. Weitere Vorteile in der Produktion bilden die hohe Reaktions- und Anpassungsgeschwindigkeit, welche schnell und sicher auf kurzfristige Änderungen vom Kunden ermöglicht oder auf spontane Versorgungsengpässe reagiert.

Die iFactory produziert nach dem Prinzip der Kreislaufwirtschaft und nutzt Produktionsmaterial damit immer wieder neu. Damit werden beispielsweise die Metallverschnitte und -späne an anderen Enden wiederverwendet oder Abwärme in Kühlungen für das Heizen von Räumen genutzt. Ziel der BMW Group ist es, alle in der Produktion anfallenden CO<sub>2</sub> Emissionen bis zum Jahr 2030 um 80 Prozent zu reduzieren. Dies soll unter anderem mit der Nutzung regenerativer Energiequellen ermöglicht werden.

#### Smarte Datenverknüpfung für die Smarte Fabrik der Zukunft<sup>3</sup>

Mit Hilfe der eigenen Nexeed IIOT (Industrial Internet of Things) Software treibt Bosch die Vernetzung der eigenen Werke voran, um den Weg für die Smart Factory der Zukunft zu ebnen.

So wurde das Werk in Blaichbach ganzheitlich mit dem eigenen Nexeed System vernetzt. In Fertigung, Logistik und Energiemanagement wurden insgesamt 60.000 Sensoren verbaut, welche in Echtzeit ausgelesen werden.

---

<sup>2</sup> Beispiel online abrufbar unter: <https://www.automobil-industrie.vogel.de/produktion-bei-bmw-die-digitalen-welten-finden-zusammen-a-c181a371cae957618a0a3f257f41155a/>

<sup>3</sup> Beispiel online abrufbar unter: <https://www.bosch.com/de/stories/nexeed-smart-factory/>

Die Überwachung der Sensoren ist für die Mitarbeitenden sowohl zentral vom PC als auch mobil vom Tablet aus möglich. Durch diese Digitalisierung hat Bosch in Blaichbach die Zahl der Unterbrechungen in ihrer ESP-Fertigung um 25% senken können.

Im Werk Homburg wurden das Energiemanagement und die Logistik mittels Nexeed digitalisiert. Durch die zentrale Verwertung unterschiedlichster Messdaten konnten unter anderem Leckagen im Druckluftsystem präzise geortet und beseitigt werden. Allein die Optimierung des Druckluftnetzes mittels des Energiemanagementsystems, spart dem Werk 800.000€ jährlich an Energiekosten und amortisiert sich in unter zwei Jahren. Auch in anderen Bereichen konnte das Bosch Werk Homburg die Effizienz steigern, so dass der Energiebedarf pro verkaufte Komponente um 40% gefallen ist. Durch die Digitalisierung der Logistik ist es nun möglich den Materialfluss vom Lager bis zum Einsatzort vollständig und in Echtzeit nachzuvollziehen. Existierende Transportsysteme können in das System integriert werden und auch eine zentrale Steuerung der Logistik basierend auf der jeweils aktuellen Lage ist möglich. Dank der Digitalisierung der Logistik benötigt die Informationsbeschaffung bezüglich des Materialflusses nur noch halb so lange wie zuvor und die Milkrun-Transporte mit Nachschub für die Fertigung sind bis 35% effizienter.

An anderen Standorten mit vergleichbaren Maßnahmen wurden die Lagerbestände um 30% gesenkt, oder die Produktivität um 25% gesteigert.

### 3 MAßNAHMEN UND TECHNOLOGIEN



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

- Kategorie - Technische Infrastruktur
  - Cyber-physische Systeme (CPS)
- Kategorie - Organisation und Prozess
  - Dezentrale Steuerung
- Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung
  - Durchgängige Datenintegration
  - Künstliche Intelligenz
  - Internet der Dinge (Internet of Things, IoT)

## 3.1 Kategorie - Technische Infrastruktur



### 3.1.1 Cyber-physische Systeme (CPS)

#### 3.1.1.1 Voraussetzungen

- Internet der Dinge
- Durchgängige Datenintegration
- Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud-Computing)

#### 3.1.1.2 Beschreibung

Cyber-Physical Systeme (CPS) sind Systeme mit eingebetteter Software, die über das Internet miteinander vernetzt sind<sup>4</sup>. Sie bilden daher die Schnittstelle zwischen physischer und digitaler Welt. Mittels entsprechender Sensoren können die CPS unmittelbar Daten aus der physischen Welt erfassen und in Echtzeit analysieren. Anschließend können sie entweder über entsprechende Aktorik direkt in den Produktionsprozess eingreifen oder die Daten über das Internet an weitere IT-Systeme (z. B. Business Intelligence oder Data Analytics Systeme) kommunizieren. Innerhalb dieser Anwendungen können die Daten wiederum ausgewertet, visualisiert und für verschiedene Anwendungsfälle genutzt werden, wie z. B. vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance). So ermöglichen CPS

---

<sup>4</sup> Vgl. acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2014).

die Steuerung hochflexibler Produktionsprozesse und begünstigen den Wandel von Geschäftsprozessen und -strategien.

Neben neuerer intelligenter Anlagentechnik, die mittels eingebetteter Systeme Datenverarbeitungs- und Kommunikationskapazitäten bereits integriert hat, können ältere Maschinen und teilweise auch Produktionsstätten mittels Retrofit-Maßnahmen<sup>5</sup> mit Informations- und Kommunikationstechnologien (z. B. smarte Sensoren) ausgestattet werden, um verschiedene Arten von Daten (z. B. Energieverbrauch, Vibrationen) zu sammeln, zu speichern und zu verarbeiten.<sup>6,7,8,9</sup>

### 3.1.1.3 Gute-Praxis-Beispiele

Ältere Maschinen mittels Retrofit für Industrie 4.0 bereitmachen<sup>10</sup>

Nicht immer müssen Unternehmen hohe Investitionen in neue Maschinen und Anlagen tätigen, um die eigene Produktion fit für Industrie 4.0 Anwendungen zu machen. Anbieter von Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen sowie Forschungsinstitute haben den Bedarf bereits erkannt und Nachrüstlösungen mit unterschiedlichen Integrations- und Vernetzungsniveaus entwickelt.

Der Smart-Bridge Adapter von Pepperl+Fuchs wird zwischen Sensor und Maschinensteuerung geschaltet und kann so rückwirkungsfrei die Sensordaten abgreifen. Dies ermöglicht das Nutzen der Daten älterer Sensoren zur Vernetzung von Maschinen. Dabei dient Bluetooth als Kommunikati-

---

<sup>5</sup> Weitere Informationen zu Ressourceneffizienzpotenzialen durch Retrofit-Maßnahmen finden Sie in unserer Publikation: *Ökologische und ökonomische Bewertung des Ressourcenaufwands – Industrie 4.0-Retrofit-Maßnahmen an Werkzeugmaschinen*, online abrufbar unter: [https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/1\\_Themen/h\\_Publikationen/20220802\\_VDI-ZRE\\_Retrofit-Studie\\_final\\_Gesamtdokument\\_WEB\\_bf.pdf](https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/20220802_VDI-ZRE_Retrofit-Studie_final_Gesamtdokument_WEB_bf.pdf)

<sup>6</sup> Vgl. Cordula Czwiek und Stefan Kugler (2021)

<sup>7</sup> Vgl. Eva Geisberger und Manfred Broy (2012).

<sup>8</sup> Vgl. Gerl, S. (2020).

<sup>9</sup> Vgl. Zettl, E.; Kühnl, M.; Castellani, F.; Greßmann, A.; Aigner, J.; Gyenge, P.; Hermann, C.; Abraham, T.; Rogall, C. und Arafat, R. (2022).

<sup>10</sup> Beispiel online abrufbar unter: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/mit-retrofit-zu-industrie-40-a-663312/>

onsschnittstelle. Der Adapter benötigt keinen eigenen Stromanschluss und kann per eigener App ausgelesen wie eingestellt werden.

Der „Process Automation Controller“ (PAC) von ZNT-Richter ist eine Möglichkeit für bestehende Maschinen eine gemeinsame Schnittstelle zu schaffen. Dabei dient diese nicht nur zur Datensammlung, sondern kann auch zur Steuerung automatisierter Prozesse in Maschinen oder der Logistik genutzt werden.

Das IoT-Gateway von Bosh Rexroth ermöglicht die zentrale und digitalisierte Überwachung von heterogenen, bei welchen dies eigentlich nicht vorgesehen war (auch Drittsteuerungen von Beckhoff, Siemens und Rockwell). Dazu werden Signale von Sensoren und den jeweiligen Maschinensteuerungen gesammelt und gebündelt an eine zentrale Datenbank zur Analyse weitergeleitet. Das IoT-Gateway kann sowohl mit übergeordneten IT-Systemen als auch mit Cloud-Services kommunizieren und ist per Webapp anpassbar. Bei Bosch ist auch ein passendes Sensorkpaket für verschiedene Prozessdaten erhältlich.

Das Fraunhofer-IOSB hat gemeinsam mit Codewerk den Plug-and-Work Cube entwickelt, welcher eigentlich nicht kompatiblen Maschinen Kommunikation via OPC UA<sup>11</sup> ermöglicht. Da sich OPC UA zum Standard-Kommunikationsprotokoll für digitalisierte Fabriken entwickelt, ist dies eine wichtige Möglichkeit.

Contact Software und das Fraunhofer-IPK haben eine ältere Maschine umgebaut und mit Sensorik, sowie Software versehen, welche ihr ermöglicht, nun als Prüfstand genutzt zu werden. Mittels beidem wird ein digitaler Zwilling, sowohl vom Zustand des Prüfstandes als auch der jeweils zu prüfenden Stücke erschaffen.

---

<sup>11</sup> Open Platform Communication Unified Architecture ist ein Standard für den Datenaustausch als plattformunabhängige, service-orientierte Architektur

## 3.2 Kategorie - Organisation und Prozesse



### 3.2.1 Dezentrale Steuerung

#### 3.2.1.1 Voraussetzungen

- Einsatz digitaler Objektgedächtnisse
- Cyber-physische Systeme
- Internet der Dinge (Internet of Things, IoT)

#### 3.2.1.2 Beschreibung

In einer dezentral gesteuerten Fertigung bzw. Wertschöpfung stellen intelligente Werkstücke eine wichtige Grundlage dar. Diese sind mit digitalen Objektgedächtnissen ausgestattet, in denen ihre Eigenschaften sowie Informationen zu deren Fertigung und Zielbestimmung gespeichert sind. Eine weitere wichtige Grundlage bilden innovative, intelligente Produktionssysteme (z. B. Cyber-physikalische Systeme, CPS), die ebenfalls vernetzt und dezentral organisiert sind. Dabei kann jede Komponente des Produktionssystems (Sensor, Aktor, Steuerungseinheit) mit anderen Komponenten im verbundenen Netzwerk (unternehmensintern und -extern) ohne zentrale Steuerung kommunizieren (z. B. über das Internet).

Im Fertigungsverlauf können die intelligenten Produktionssysteme das zu fertigende Produkt u. a. über optische Erkennungsmethoden (z. B. Bilderkennung) oder digitale Identifier (z. B. QR-Codes, RFID-Tags) identifizieren und auf die zugehörigen Daten und Informationen zurückgreifen. So kann

das zu fertigende Produkt den Fertigungsablauf mit Hilfe der gespeicherten Daten und Informationen individuell steuern.

Bei Einsatz der dezentralen Steuerung reduzieren sich die Abhängigkeiten der einzelnen Produktionsschritte. Unternehmen, die einen dezentralen Ansatz wählen, können daher ihre Produktionsparameter flexibler hinsichtlich der Ressourceneffizienz optimieren, indem sie z. B. Produktionswege möglichst kurz gestalten, die Maschinenauslastung erhöhen oder Anlagenteile bei Stillstand automatisch abschalten. Weiterhin können dank der vernetzten Produktionssysteme Störungen vermieden, Fehler frühzeitig erkannt und Potenziale zur Optimierung der Effizienz von Produktion und Produkt identifiziert werden.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017).

### 3.3 Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung



#### 3.3.1 Durchgängige Datenintegration

##### 3.3.1.1 Voraussetzungen

- Aufbau von IT-Infrastrukturen
- Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud-Computing)
- Datenanalyse (Data Analytics)

##### 3.3.1.2 Beschreibung

Die durchgängige Datenintegration bildet die Grundlage für den einheitlichen Zugriff auf unterschiedliche Datenstrukturen aus heterogenen Datenquellen sowohl in Bestands- als auch in Neuanlagen. Durch die Kombination und Auswertung dieser Daten wird es möglich, Zusammenhänge und Muster im Produktionsprozess und sogar im Wertschöpfungsprozess zu ermitteln. So können Abweichungen zwischen Planung und Fertigung erkannt und deren Ursachen untersucht werden, um Maßnahmen zu treffen, die Fehlproduktionen reduzieren können. Eine erweiterte Analyse mit Daten aus vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen ermöglicht u. a. die Reduktion unnötiger Materialkäufe. Auch Überproduktionen und die Weiterverarbeitung von defekten Produkten können durch unternehmensübergreifende Datenintegration und -analyse vermieden werden. Mittels

durchgängiger Datenintegration lassen sich somit Rohstoffe, Energieressourcen, Ökosystemleistungen (Abfall, CO<sub>2</sub>) und Fläche einsparen.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017).

### 3.3.2 Künstliche Intelligenz

#### 3.3.2.1 Voraussetzungen

- Datenanalysen (Data Analytics)
- Durchgängige Datenintegration
- Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud-Computing)

#### 3.3.2.2 Beschreibung

In der Literatur finden sich zahlreiche Definitionen zu KI und bis heute gibt es keine einheitliche Begriffserläuterung. Dies liegt daran, dass KI ein multidisziplinäres Forschungsfeld beschreibt, welches eine Vielzahl von Methoden und Technologien zusammenfasst. Im Allgemeinen wird zwischen „schwacher“ und „starker“ KI unterschieden. Im Rahmen praktischer Anwendungen ist in der Regel die schwache KI gemeint, die dem Menschen überlegen sein kann. Dies gilt jedoch meist nur in den Bereichen, für die sie explizit programmiert und trainiert wurde. Die entwickelten Systeme fokussieren die Lösung konkreter Anwendungsprobleme auf Basis bekannter Methoden aus der Mathematik und Informatik und sind zur Selbstoptimierung fähig. Aus technologischer bzw. methodischer Perspektive sind die Algorithmen und Modelle „schwacher“ KI dem Bereich des Maschinellen Lernens (ML) zuzuordnen.<sup>14</sup>

#### 3.3.2.3 Gute-Praxis-Beispiele

##### Entscheidungsunterstützung mit KI und Datenanalysen<sup>15</sup>

Seit 2017 hat die ABB Automation Products GmbH ihr Produktportfolio an Digitalisierungslösungen unter der Plattform ABB Ability vereinigt. Zu diesen Lösungen zählt unter anderem auch Genix, das als System für die Prozessindustrie geschaffen wurde und dazu dient Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammenzubringen, welche bislang nicht verbunden wa-

---

<sup>14</sup> Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017).

<sup>15</sup> Beispiel online abrufbar unter: <https://www.process.vogel.de/mit-ki-und-datenanalyse-bessere-entscheidungen-treffen-a-980085/>

ren. Die gesammelten Daten werden mittels Künstlicher Intelligenz in greifbare und nützliche Informationen umgewandelt, die zur Steuerung und Optimierung des Unternehmens dienen. Das System ist modular aufgebaut und kann so nach Bedarf immer wieder erweitert werden. Genix verbindet Warenwirtschaftssysteme, Produktionsleitsysteme und Designdaten und ist so in der Lage die Produktion ganzheitlich zu optimieren. Ergänzend zu der Ende-zu-Ende IoT Plattform besteht das System noch aus Softwareapplikationen zur Datenauswertung und Service Leistungen von ABB.

Ergänzend dazu bietet ABB Ability einen Energy and Asset Manager als „Software-as-a-service“ Lösung zum Anlagen- und Energiemanagement an, mit dem Ziel Betriebs- und Energiekosten zu senken. Mit der Software können sowohl Daten der Anlage angezeigt als auch Anlagen gesteuert werden, was in Kombination eine Optimierung in Echtzeit ermöglicht. Der Energy and Asset Manager richtet sich in erster Linie an kleine und mittlere Unternehmen, wobei Einsparungen der Energiekosten bis 30% und der Betriebskosten bis 40% möglich sind.

### 3.3.3 Internet der Dinge (Internet of Things, IoT)

#### 3.3.3.1 Voraussetzungen

- Durchgängige Datenintegration
- Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud-Computing)

#### 3.3.3.2 Beschreibung

Der Kerngedanke des Internets der Dinge besteht darin, die Kommunikation zwischen der physischen und digitalen Welt zu ermöglichen. So können sich Cyber-physische Systeme darüber vernetzen und Daten zu physikalischen Entitäten (z. B. Geräten, Gebäuden etc.) und Vorgängen (z. B. Fertigungsprozessen) an IT-Systeme kommunizieren. Dort können diese anschließend ausgewertet, visualisiert und für verschiedene Anwendungsfälle genutzt werden, beispielsweise zur Reduktion der Ausfallzeiten von Maschinen durch vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance).<sup>16,17</sup>

Das Internet der Dinge ist an sich keine konkrete neue Technologie, sondern beschreibt eher einen Wandel in der Nutzung des Internets. Während zuvor überwiegend Menschen das Internet aktiv genutzt haben, um zu kommunizieren und Informationen auszutauschen, sind nun zunehmend intelligente Maschinen (z. B. Cyber-physische Systeme) und Produkte mit dem Internet verbunden. Diese kommunizieren und tauschen ebenfalls Informationen aus, ohne dass ein menschlicher Eingriff erfolgen muss. Somit macht nicht die Änderung des Internets die Entwicklung des Internets der Dinge aus, sondern vielmehr eine „Wesensänderung der ‚Dinge‘“, die das Internet nutzen.<sup>18</sup>

In der industriellen Praxis ermöglicht das Internet der Dinge insbesondere, dass intelligente Maschinen und Produkte kontinuierlich Daten erfassen und kommunizieren, die anschließend analysiert werden können. So kön-

---

<sup>16</sup> Vgl. Cordula Czwiek und Stefan Kugler (2021).

<sup>17</sup> Vgl. Eva Geisberger und Manfred Broy (2012).

<sup>18</sup> Vgl. Michael E. Porter und James E. Heppelmann (2014).

nen Prozesse überwacht und optimiert werden. Damit können einerseits produkt- und prozessbezogene Einsparpotenziale identifiziert werden. Andererseits kann so auch die Auslastung von Maschinen und Anlagen optimiert werden.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Vgl. Cordula Czwick und Stefan Kugler (2021).

## LITERATURVERZEICHNIS

**acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2014):** CPS Week 2014: Cyber-Physical Systems sind die Infrastruktur der Digitalisierung [online]. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 07.05.2018 [abgerufen am: 27.10.2022], verfügbar unter: <https://www.acatech.de/allgemein/cps-week-2014-cyber-physical-systems-sind-die-infrastruktur-der-digitalisierung/>

**Czwick, C.; Kugler, S. (2021):** Produzieren mit dem Internet of Things - Wegweise für kleine und mittlere Unternehmen. Hessen Trade & Invest GmbH, Wiesbaden.

**Geisberger, E.; Broy, M. (2012):** agendaCPS - Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München, acatech STUDIE.

**Gerl, S., Hg. (2020):** Innovative Geschäftsmodelle Smart Services - Ein Vorgehensmodell zur systematischen Entwicklung, Wiesbaden, Springer Gabler, ISBN 978-3-658-29567-7.

**Porter, M. E.; Heppelmann, J. E. (2014):** Wie Smarte Produkte den Wettbewerb verändern. In: Harvard Business Manager, (12), S. 34-61.

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

**Zettl, E.; Kühnl, M.; Castellani, F.; Greßmann, A.; Aigner, J.; Gyenge, P.; Hermann, C.; Abraham, T.; Rogall, C. und Arafat, R. (2022):** Ökologische und ökonomische Bewertung des Ressourcenaufwands - Industrie 4.0-Retrofit-Maßnahmen an Werkzeugmaschinen. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, Berlin, verfügbar unter: [https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/1\\_Themen/h\\_Publikationen/20220802\\_VDI-ZRE\\_Retrofit-Studie\\_final\\_Gesamtdokument\\_WEB\\_bf.pdf](https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/20220802_VDI-ZRE_Retrofit-Studie_final_Gesamtdokument_WEB_bf.pdf)