

# VDI ZRE Arbeitsmittel: ReSET 4.0

Stufe: Vorreiter\*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 - VORREITER*INNEN	4
2.1	Fähigkeit 1 - Digitale Geschäftsmodelle und Ökosysteme	5
2.1.1	Voraussetzungen	5
2.1.2	Beschreibung	5
3	MAßNAHMEN UND TECHNOLOGIEN	7
3.1	Kategorie - Technische Infrastruktur	8
3.1.1	Dynamisch kooperierende Systeme	8
3.2	Kategorie - Organisation und Prozesse	10
3.2.1	Digitale Geschäftsmodelle	10
3.2.2	Integration in der Wertschöpfungskette	14
3.3	Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung	16
3.3.1	Digitaler Zwilling	16
	LITERATURVERZEICHNIS	19

## 1 ANGENOMMENE AUSGANGSLAGE AUF DIESER ENTWICKLUNGSSTUFE

Ihr Unternehmen setzt Digitalisierungslösungen zielbringend ein und nutzt diese zur zukunftsorientierten Weiterentwicklung. Mitarbeitende und Führungskräfte haben digitale Trends und Chancen verinnerlicht und können diese auf das Unternehmen übertragen. Potenziale, die sich aus digitalen Lösungen ergeben, werden im Unternehmen proaktiv verfolgt. Die Digitalisierung und Industrie 4.0 bilden zentrale Elemente der Strategie und Weiterentwicklung des Unternehmens.

Auf dieser Stufe der Digitalisierungsentwicklung stellen dynamisch kooperierende Systeme die Grundlage Ihrer Produktion dar. Diese können maschinell abgeleitete Optimierungsmaßnahmen eigenständig umsetzen. Dazu ist es notwendig, dass relevante Datenquellen und Unternehmenssysteme durchgängig integriert und vorhandene Sensorik und Aktorik vollständig vernetzt sind. Digitale Zwillinge sind in diesem Zusammenhang wichtige Elemente, um die physischen Produkte, Systeme oder Prozesse digital abzubilden und dazugehörige Daten über den Lebenszyklus zu aggregieren. Die weitere Anbindung von KI-Modellen zur Auswertung der Daten und Ableitung von Handlungsoptionen ermöglicht dann das autonome Handeln des Gesamtsystems. So ergeben sich durch den Einsatz autonomer Systeme zahlreiche neue Chancen, die sich auf Basis des heutigen Wissens noch nicht umfänglich abschätzen lassen.

Der hohe Grad an Datentransparenz sowie die Durchgängigkeit der Daten aus dem Produktlebenszyklus ermöglichen es Ihrem Unternehmen, innovative, digitale Geschäftsmodelle zu entwickeln, bei denen die Leistung Ihres Produktes (z. B. Flugstunden) von dem eigentlichen physischen Produkt (z. B. Turbine) abstrahiert werden kann. Durch eine Integration von Wertschöpfungspartner\*innen aus vor- und nachgelagerten Produktlebenszyklusphasen kann Ihr Unternehmen darüber hinaus digitale Ökosysteme schaffen, in denen Ihre Produkte als Plattformen für externe Dienstleistungen dienen (vgl. Smartphones und Apps).

## 2 FÄHIGKEITEN - VORREITER\*INNEN



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

- Fähigkeit 1 - Digitale Geschäftsmodelle und Ökosysteme

## 2.1 Fähigkeit 1 - Digitale Geschäftsmodelle und Ökosysteme

### 2.1.1 Voraussetzungen

- Durchgängige Datenintegration
- Dynamisch kooperierende Systeme

### 2.1.2 Beschreibung

Durch die zunehmende Integration von Informations- und Kommunikationstechnik in moderne Produkte findet ein Wandel von konventionellen Produkten zu smarten Produkten statt. Diese zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass sie während der Nutzungsphase fortlaufend Daten sammeln, verarbeiten und kommunizieren. Basierend darauf können maßgeschneiderte Dienstleistungen, sogenannte Smart Services, angeboten und erbracht werden, die den Kund\*innen einen individuellen Mehrwert bieten (z. B. individuelle Wartungspläne).<sup>1</sup>

Durch die Nutzung der Daten können daher neue Geschäftsmodelle entwickelt werden, die die bisherige Leistung des Produktes erweitern (z. B. durch zusätzliche Services) oder sogar disruptiv ändern (z. B. durch Bereitstellung des eigenen Produktes als Service-Plattform für externe Dienstleistungen).<sup>2</sup> Eine derartige Weiterentwicklung des konventionellen Geschäftsmodells ermöglicht es Unternehmen, neue digitale Ökosysteme zu erschließen, in denen unterschiedlichste Akteure mit spezialisierten Kompetenzen flexibel miteinander kooperieren können. Dadurch können eine Vielzahl an Effizienzgewinnen erzielt werden, die nach aktuellem Stand noch nicht vollständig abschätzbar sind. So können durch die Integration von Kund\*innen Produkte bedarfsgerechter entwickelt und weiterentwickelt werden. Durch die Vernetzung mit Fertigungspartner\*innen können z. B. spezifische Produktionsbedarfe und verfügbare Produktionskapazitäten dynamisch vermittelt werden, so dass vorhandene Fertigungsanlagen

---

<sup>1</sup> Vgl. Pascal Lünemann, Wei Min Wang, Kai Lindow (2019).

<sup>2</sup> Vgl. Gerl, S. (2020).

optimal ausgelastet werden und Produktionszeiten verkürzt werden können. Über eine vernetzte Lieferkette können Ressourcen bedarfsgerecht (z. B. basierend auf Menge, Qualität, Zeitpunkt) beschafft und Logistikprozesse effizient geplant werden (z. B. Just-in-time, Just-in-Sequence).<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Vgl. Paul Wellener, Ben Dollar, Stephen Laaper, Heather Ashton, and David Beckoff (2020).

### 3 MAßNAHMEN UND TECHNOLOGIEN



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

- Kategorie - Technische Infrastruktur
  - Dynamisch kooperierende Systeme
- Kategorie - Organisation und Prozess
  - Digitale Geschäftsmodelle
  - Integration in der Wertschöpfungskette
- Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung
  - Digitaler Zwilling

## 3.1 Kategorie - Technische Infrastruktur



### 3.1.1 Dynamisch kooperierende Systeme

#### 3.1.1.1 Voraussetzungen

- Dezentrale Steuerung
- Digitale Objektgedächtnisse
- Durchgängige Datenintegration

#### 3.1.1.2 Beschreibung

Auf der höchsten Stufe der Digitalisierung und Automatisierung können Fertigungsanlagen theoretisch aus austauschbaren und erweiterbaren Systemen zusammengesetzt werden (z. B. Cyber-physischen Produktionssystemen). In einer derartigen Anlage würde die Automatisierungshierarchie zwischen der Feld-, Koordinations- und Steuerungsebene flach verlaufen bzw. die Grenzen würden teilweise verschwimmen. Die Maschinen würden nicht mehr nur zentral gesteuert werden, sondern sich (teil-)autonom untereinander koordinieren können. Nach dem Paradigma des Plug-and-Produce kapselt jede Funktionseinheit des Produktionssystems bestimmte Funktionalitäten, die dynamisch in den Produktionsablauf integriert oder wieder herausgelöst werden können, wenn sie nicht benötigt werden. Durch entsprechende Rekonfigurationen kann in dynamisch kooperierenden Systemen eine größere Anzahl unterschiedlicher Produkte und Produktvarianten hergestellt werden, sodass sich Ressourcen für den Neu- und Umbau von Fertigungslinien einsparen lassen. Gleichzeitig kön-

nen Stand-by-Verluste reduziert werden, indem nicht benötigte Produktionseinheiten automatisch abgeschaltet werden.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Vgl. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH (2017).

## 3.2 Kategorie - Organisation und Prozesse



### 3.2.1 Digitale Geschäftsmodelle

#### 3.2.1.1 Voraussetzungen

- Durchgängige Datenintegration
- Internet der Dinge
- Integration in der Wertschöpfungskette

#### 3.2.1.2 Beschreibung

Ein Geschäftsmodell beschreibt im Grunde „das Grundprinzip, nach dem eine Organisation Werte schafft, vermittelt und erfasst“<sup>5</sup>. Mit der fortschreitenden Digitalisierung eröffnen sich für immer mehr Unternehmen neue Möglichkeiten der Leistungserbringung und Kundeninteraktion. Insbesondere datengetriebene Dienste stellen hierbei verschiedenste Möglichkeiten in Aussicht, die Ressourceneffizienz und Wirtschaftlichkeit der Unternehmen zu steigern.<sup>6</sup>

Maschinen- und Anlagenhersteller\*innen können z. B. durch die Integration von Sensorik und Kommunikationstechnologien die Betriebsdaten Ihrer Produkte nutzbar machen und entsprechende datenbasierte Dienstleistungen

---

<sup>5</sup> Vgl. Osterwalder, A. und Pigneur, Y. (2011).

<sup>6</sup> Vgl. Mertens (2017).

gen anbieten, wie die Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) oder vorrausschauende Wartung (Predictive Maintenance). Dadurch kann die Lebensdauer von Maschinen verlängert werden und ungeplante Ausfälle und Fehler in der Produktion werden vermieden.<sup>7</sup>

Durch die Nutzung weiterer digitaler Technologien, wie z. B. digitaler Plattformen, kann eine noch stärkere Änderung der Leistungserbringung erfolgen. Eine Entkopplung des Nutzens vom physischen Produkt, wie z. B. die Trennung der Leistung "Mobilität" vom Besitz des physischen Produktes "Auto" beim Car-Sharing, ermöglicht nicht nur neue, nutzungsbasierte Erlösmodelle (z. B. Pay-per-x oder Leasing-Modelle), sondern führt potenziell auch zu einer intensiveren und längeren Nutzung der hergestellten Produkte. So werden durch die geteilte Nutzung z. B. insgesamt weniger Produkte gebraucht, um den gleichen Nutzen für Kund\*innen zu erzeugen. Außerdem lohnt es sich bei einem derartigen serviceorientierten Geschäftsmodell auch für Produkthersteller\*innen, das physische Produkt als Träger der Funktionalität durch Updates oder Upgrades länger in der Nutzung zu halten.<sup>8,9</sup>

Durch einen weiteren Ausbau der digitalen Dienstleistungen können Produkte, wie z. B. Fahrzeuge oder Maschinen, selbst zu Plattformen werden, auf denen weitere Mehrwertdienste angeboten werden können – auch von externen Anbieter\*innen. Diese wiederum können eine effizientere Nutzung des Produkts ermöglichen.<sup>10</sup> So bietet der Landmaschinenhersteller John Deere für seine Produkte neben der Zustandsüberwachung oder vorrausschauende Wartung auch Precision-Farming-Dienste (eigene und externe) über eine offene Softwareplattform an, die es z. B. ermöglichen die Steuerung von Bewässerungssystemen automatisch an Wettervorhersagen anzupassen oder Bodenproben auszuwerten. So können Landwirt\*innen

---

<sup>7</sup> Vgl. Rothmeier, J. (2021).

<sup>8</sup> Vgl. Mertens (2017).

<sup>9</sup> Vgl. Rothmeier, J. (2021).

<sup>10</sup> Vgl. Mertens (2017).

den Einsatz von Ressourcen wie Wasser und Dünger optimal anpassen, um ihre Erträge zu optimieren.<sup>11</sup>

Wie Sie Ihr Geschäftsmodell mittels digitaler Lösungen ressourceneffizienter gestalten können, hängt u. a. davon ab

- in welcher Branche Sie tätig sind (z. B. Bau, Chemie, Maschinenbau),
- welche Art von Produkten Sie herstellen (z. B. Konsumgut, Industriegut),
- wer ihre Kund\*innen sind (insbesondere B2B oder B2C)
- und auf welcher Wertschöpfungsstufe Sie sich befinden (z. B. Auftragsfertigung, Teilelieferant\*in oder Systemlieferant\*in).

Diese Faktoren bestimmen, wie Sie mit Ihren Kund\*innen interagieren können, wieviel Einfluss Sie auf die Gestaltung Ihrer Produkte haben und welche Möglichkeiten Sie erhalten, auf das Produkt während der Nutzungsphase einzuwirken.

Eine gängige Methode für die Analyse und Planung von Geschäftsmodellen ist das Business Model Canvas von Osterwalder und Pigneur<sup>12</sup> (siehe Abbildung 1). Dieses zeigt die wichtigsten Elemente eines Geschäftsmodells und ermöglicht eine systematische Betrachtung der Wertschöpfung des Unternehmens.

Zu beachten ist, dass eine Änderung des Geschäftsmodells stets eine strategische Unternehmensangelegenheit darstellt, die vom Management mit Sorgfalt geplant und bis zur Umsetzung konsequent begleitet werden muss.<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> Vgl. Jacques Bughin, Tanguy Catlin, Martin Hirt, and Paul Willmott (2018).

<sup>12</sup> Vgl. Osterwalder, A. und Pigneur, Y. (2011).

<sup>13</sup> Vgl. Rothmeier, J. (2021).

<b>Schlüsselpartner</b> <i>Welches Netzwerk aus wichtigen Lieferant*innen und anderen Partner*innen ist für die Realisierung des Geschäftsmodells nötig?</i>	<b>Schlüsselaktivitäten</b> <i>Welche Aktivitäten eines Unternehmens sind zum Einsatz der Schlüsselressourcen erforderlich, um das Wertangebot zu erbringen?</i>  <b>Schlüsselressourcen</b> <i>Welche Ressourcen in Form von Anlagevermögen oder immateriellem Vermögen sind zur Leistungserbringung eines Unternehmens erforderlich?</i>	<b>Nutzenversprechen/ Wertangebot</b> <i>Welche nutzenstiftenden Angebote in Form von Produkten, Dienstleistungen oder anderen Mischformen bietet ein Unternehmen seinen Kund*innen an?</i>	<b>Kundenbeziehungen</b> <i>Welche verschiedenen Formen von Kundenbeziehungen geht ein Unternehmen mit spezifischen Kundensegmenten ein?</i>  <b>Vertriebs-/Kundenkanäle</b> <i>Welche Vermarktungs- und Vertriebskanäle nutzt ein Unternehmen, um das eigene Wertangebot zu bewerben und zu vertreiben?</i>	<b>Kundensegmente</b> <i>Welche Kundensegmente oder Organisationen werden von einem Unternehmen angesprochen?</i>
<b>Kostenstruktur</b> <i>Welche variablen und fixen Kosten sind mit dem spezifischen Geschäftsmodell eines Unternehmens verbunden?</i>		<b>Einnahmequellen</b> <i>Welche Umsätze werden bei unterschiedlichen Kundengruppen erzielt?</i>		

**Abbildung 1: Business Model Canvas nach Osterwalder und Pigneur - eigene Darstellung**

Ausführliche Informationen zu Geschäftsmodellen und deren Ressourceneffizienzpotenziale finden Sie in der VDI ZRE Kurzanalyse Nr. 29<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Online abrufbar unter: [https://www.ressourcen-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/1\\_Themen/h\\_Publikationen/Kurzanalysen/Geschaeftsmodelle\\_Ressourceneffizienz\\_barrierefrei\\_komplett.pdf](https://www.ressourcen-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Kurzanalysen/Geschaeftsmodelle_Ressourceneffizienz_barrierefrei_komplett.pdf)

## 3.2.2 Integration in der Wertschöpfungskette

### 3.2.2.1 Voraussetzungen

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

### 3.2.2.2 Beschreibung

In der zunehmend vernetzten Wertschöpfung können Ressourceneffizienzmaßnahmen durch verbesserte inner- und überbetriebliche Zusammenarbeit größere Wirkungen entfalten. So kann eine optimierte Integration verschiedener Bereiche innerhalb des Unternehmens effizientere Stoffströme ermöglichen, indem z. B. Einkaufs- und Logistikprozesse auf Materialverbräuche in der Produktion abgestimmt werden.<sup>15</sup>

Durch eine Integration von Zuliefer\*innen kann externes Know-how mit genutzt werden, um z. B. die Produkt- und Prozessqualität zu verbessern. Zudem können wertschöpfungsstufenübergreifende Materialflussanalyse (z. B. nach VDI 2689) oder Stoffstromsimulationen (z. B. nach VDI 3633) durchgeführt werden, um überbetriebliche Optimierungspotenziale zu identifizieren. Eine Integration von Kund\*innen ermöglicht z. B. eine bessere Erfassung von Kundenanforderungen und somit eine bedarfsgerechtere Entwicklung und Fertigung von Produkten.<sup>16</sup>

Die unterschiedlichen IT-Systeme, die in den jeweiligen Wertschöpfungsstufen und -prozessen verwendet werden, spielen bei der Integration eine wichtige Rolle. In diesen werden die relevanten Daten (z. B. CAD-Modelle aus der Entwicklung oder Auftragsdaten aus dem Vertrieb) erzeugt, gespeichert und verarbeitet. Somit bilden diese IT-Systeme, ihre Verknüpfung und die Durchgängigkeit der Datenflüsse zwischen ihnen die informations-

---

<sup>15</sup> Vgl. Lange, U. und Surdyk, K. (2018).

<sup>16</sup> Vgl. Lange, U. und Surdyk, K. (2018).

technische Grundlage für eine wertschöpfungsstufenübergreifende Integration.<sup>17</sup>

Ausführlichere Informationen zu Ressourceneffizienzpotenzialen in der Wertschöpfungskette finden Sie in der VDI ZRE Kurzanalyse Nr. 23<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> Vgl. Lange, U. und Surdyk, K. (2018).

<sup>18</sup> Online abrufbar unter: [https://www.ressourcendeutschland.de/fileadmin/user\\_upload/1\\_Themen/h\\_Publikationen/Kurzanalysen/VDI\\_ZRE\\_Kurzanalyse\\_Nr.\\_23\\_Ressourceneffizienz\\_in\\_der\\_Wertschoepfungskette\\_bf.pdf](https://www.ressourcendeutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Kurzanalysen/VDI_ZRE_Kurzanalyse_Nr._23_Ressourceneffizienz_in_der_Wertschoepfungskette_bf.pdf)

### 3.3 Kategorie - Daten- und Informationsverarbeitung



#### 3.3.1 Digitaler Zwilling

##### 3.3.1.1 Voraussetzungen

- Cyber-physische Systeme
- Durchgängige Datenintegration
- Virtualisierung der IT-Infrastruktur (Cloud Computing)
- Virtuelle Produktentwicklung

##### 3.3.1.2 Beschreibung

Grundsätzlich existieren zahlreiche Ansätze zur Definition Digitaler Zwillinge. Eine Definition nach Stark und Damerau<sup>19</sup> sowie Samarajiwa und Salamon<sup>20</sup> beschreibt den Digitalen Zwilling anhand dreier grundlegender Komponenten:

- Digitaler Master
- Digitaler Schatten

---

<sup>19</sup> Vgl. Stark, R. und Damerau, T. (2014).

<sup>20</sup> Vgl. Samarajiwa, M. und Salamon, D. (2019).

- Digitaler Zwilling

Der Digitale Master enthält alle relevanten Modelle aus der Planungsphase des betrachteten physischen Systems. Diese können u. a. aus Autorensystemen, wie z. B. CAD-Systemen (CAD-Modell) oder dem PLM-System (Produktstrukturen) stammen.

Der digitale Schatten enthält Daten, die über den Lebensweg (z. B. Bestellung, Produktion, Nutzung, Service) des betrachteten physischen Systems gesammelt werden. Hierunter fallen u. a. Betriebs-, Zustands- oder Prozessdaten sowie Nutzungsdaten von Kund\*innen.

Die dritte und zentrale Komponente des Digitalen Zwillings stellt bei dieser Definition die 1:1-Repräsentanz des betrachteten physischen Systems dar. Der einzigartige Digitale Zwilling entsteht dadurch, dass die ersten beiden Komponenten miteinander verknüpft werden (Twinning), und entwickelt sich im Verlauf des Produktlebensweges weiter. Dieser Digitale Zwilling enthält somit alle relevanten Daten eines Produktes und bildet im Sinne einer "Single source of truth" einen zentralen Zugang für Datenanwendungen, wie Analysen oder Simulationen.<sup>21</sup>

Gleichzeitig kann der Digitale Zwilling einen Zugang zu digitalen Diensten (z. B. über die Verwaltungsschale, engl.: Asset Administration Shell, AAS) anbieten, über die direkt auf die Funktionen des physischen Systems Einfluss genommen werden kann. So können mittels Analyse- und Optimierungsalgorithmen Maßnahmen abgeleitet und teilweise direkt über den digitalen Zwilling eingesteuert werden.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Vgl. Theresa Riedelsheimer, Pascal Lünemann, Sebastian Wehking, Lisa Dorfhuber (2020).

<sup>22</sup> Vgl. Theresa Riedelsheimer, Pascal Lünemann, Sebastian Wehking, Lisa Dorfhuber (2020).

### 3.3.1.3 Gute-Praxis-Beispiel

#### Digitale Zwillinge als Grundbaustein für digitale Dienstleistungen<sup>23</sup>

Die Firma Wittenstein SE stellt kundenspezifische Systeme und Lösungen im Bereich der mechatronischen Antriebstechnik her. Im Zuge der Digitalisierung hat das Unternehmen nach und nach Digitale Zwillinge ihrer Produkte eingeführt, die nun zur Entwicklung und Bereitstellung digitaler Dienste genutzt werden können. So finden Kund\*innen im Wittenstein Service Portal maßgeschneiderte Informationen und Services zu nahezu allen Produkten des Unternehmens. Neben Produktdokumentationen, Tutorials, Zubehörinformationen, Nachfolgemodellen, Firmware-Dateien oder Kontaktdaten, können Kund\*innen auch über das Portal Ersatzteile bestellen oder Inspektionen anmelden. Bestimmte Produkte, die mit der sogenannten Cynapse-Funktionalität ausgestattet sind, bieten darüber hinaus noch digitale Dienste wie eine Anomaliedetektion an.

Um die Nutzung der digitalen Services für Kund\*innen möglichst einfach zu gestalten, setzte Wittenstein frühzeitig auf das Konzept der Verwaltungsschale (engl.: Asset Administration Shell, AAS). Über die AAS können Informationen und Dienste plattformneutral abgerufen werden, so dass der Integrationsaufwand für die Kund\*innen geringer ausfällt und keine potenziell abschreckenden Lock-in-Effekte entstehen.

Vorteile für Kund\*innen bestehen u. a. in reduzierten Ausfallzeiten, einer höheren Anlagenproduktivität und höheren Produktionsqualität. Außerdem erleichtert der zentralisierte Zugang die Informationsbeschaffung.

---

<sup>23</sup> Beispiel online abrufbar unter: [https://industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2021/09/02\\_21-08\\_IDTA\\_UseCases\\_Wittenstein\\_Service\\_Portal\\_de64.pdf](https://industrialdigitaltwin.org/wp-content/uploads/2021/09/02_21-08_IDTA_UseCases_Wittenstein_Service_Portal_de64.pdf), abgerufen am 07.03.2023

## LITERATURVERZEICHNIS

**Bughin, J.; Catlin, T.; Hirt, M.; Willmott, P. (2018):** Why digital strategies fail [online]. McKinsey & Company [abgerufen am: 27.02.2023].

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

**Lange, U.; Surdyk, K. (2018):** Ressourceneffizienz in der Wertschöpfungskette. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, Kurzanalyse, Nr. 23 [abgerufen am: 01.02.2023], verfügbar unter: [https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/1\\_Themen/h\\_Publikationen/Kurzanalysen/VDI\\_ZRE\\_Kurzanalyse\\_Nr.\\_23\\_Ressourceneffizienz\\_in\\_der\\_Wertschoepfungskette\\_bf.pdf](https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Kurzanalysen/VDI_ZRE_Kurzanalyse_Nr._23_Ressourceneffizienz_in_der_Wertschoepfungskette_bf.pdf)

**Lünnemann, P.; Wang, W. M.; Lindow, K. (2019):** Smart Industrial Products - Smarte Produkte und ihr Einfluss auf Geschäftsmodelle, Zusammenarbeit, Portfolios und Infrastrukturen. Fraunhofer IPK, Contact Software AG, VDI GPP, Berlin.

**Mertens, Hg. (2017):** Grundzüge der Wirtschaftsinformatik, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-3-662-53361-1.

**Osterwalder, A. und Pigneur, Y. (2011):** Business Model Generation - Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer, Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Main, ISBN 978-3-593-39474-9.

**Riedelsheimer, T.; Lünnemann, P.; Wehking, S.; Dorfhuber, L. (2020):** Digital Twin Readiness Assesment - Eine Studie zum Digitalen Zwilling in der fertigen Industrie. Fraunhofer IPK, msg, Berlin.

**Rothmeier, J. (2021):** Kurzanalyse Nr. 29: Neue Geschäftsmodelle und Ressourceneffizienz. VDI Zentrum Ressourceneffizienz GmbH, VDI ZRE Publikationen: Kurzanalyse. [abgerufen am: 07.03.2023], verfügbar unter: [https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user\\_upload/1\\_Themen/h\\_Publikationen/Kurzanalysen/Geschaeftsmodelle\\_Ressourceneffizienz\\_barrierefrei\\_komplett.pdf](https://www.ressource-deutschland.de/fileadmin/user_upload/1_Themen/h_Publikationen/Kurzanalysen/Geschaeftsmodelle_Ressourceneffizienz_barrierefrei_komplett.pdf)

**Samarajiwa, M. und Salamon, D. (2019):** Dossier Digitaler Zwilling - Auf den Anwendungsfall kommt es an, Digital business Cloud, 09.

**Stark, R. und Damerau, T. (2014):** Digital Twin. In: Arrazola Arriola, P.J., Hg. Modelling in Cutting, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, S. 1-8. ISBN 978-3-642-35950-7.

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

**Wellener, P.; Dollar, B.; Laaper, S.; Ashton, H.; Beckoff, D. (2020):** Accelerating smart manufacturing - The value of an ecosystem approach. Deloitte Consulting GmbH, Deloitte Insights.