

# Simulationsplattform für Automatisierungslösungen

Christian Daniel, Stuttgart

In den letzten Jahren steigt der Bedarf an die Digitalisierung und den Einsatz von Simulationssystemen im Maschinen- und Anlagenbau rasant. Insbesondere die virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) wird verstärkt in Unternehmen etabliert, um die Realisierung von komplexen und flexiblen Produktionseinrichtungen abzusichern. Durch vorgezogene Tests an digitalen Modellen wird die Qualität der Steuerungssoftware verbessert sowie der Start der Produktion und der 100 % Produktionsausstoß beschleunigt. Bei führenden Automatisierungsherstellern und Betreibern gehört inzwischen nicht nur die VIBN zum festen Bestandteil des Engineering-Prozesses. Zunehmend werden Digitale Zwillinge eingesetzt, die neben der VIBN alle Phasen der Automatisierungslösung begleiten. Dieses bildet auch die Basis für neue Geschäftsprozesse und -modelle, die im Sinne der Initiative Industrie 4.0 die Innovationskraft Deutscher Unternehmen beschleunigen soll.

## Digitale Zwillings und VIBN

Ein Digitaler Zwilling (englisch „Digital Twin“) bezieht sich auf ein computergestütztes Modell eines materiellen oder immateriellen Objekts, welches für verschiedene Zwecke verwendet werden kann. Selektiv wird auch der Begriff „digitaler Avatar“ verwendet [1]. Gemäß dieser Definition erfordert der Digitale Zwilling das abzubildende reale Objekt, den Digitalen Zwilling im virtuellen Raum sowie Informationen, welche die beiden miteinander verbinden. Bezieht man den Digitalen Zwilling auf die Produktion als das Haupteinsatzgebiet, dann ist es unerheblich, ob das Gegenstück in der realen Welt bereits existiert oder zukünftig erst existieren wird [2]. Entscheidend in diesem Zusammenhang ist, dass mit dem Digitalen Zwilling der gesamte Lebenszyklus einer Produktionsanlage (Design, Erstellung, Betrieb und Wiederverwertung) abgebildet wird.

Bei der virtuellen Inbetriebnahme (VIBN) wird die Produktionsanlage durch ihr digitales Abbild als virtuelle Anlage beschrieben. Besteht dies Abbildung aus virtuellen Komponenten, die das gleiche Verhalten wie reale Komponenten hinsichtlich Schnittstellen, Parametrierung und Betriebsarten aufweisen sowie re-

produzierbare Tests in der geforderten Steuerungszeit inklusive Safety ermöglichen, dann sind die Ergebnisse in beide Richtungen zwischen der realen und der virtuellen Repräsentanz im Sinne eines Digitalen Zwillings übertragbar.

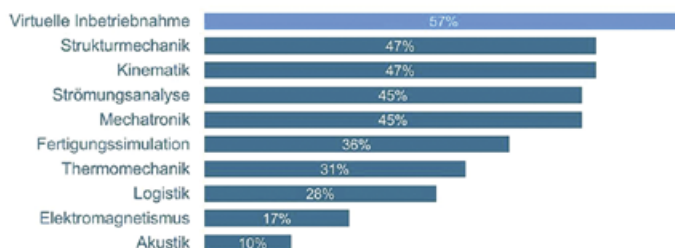
## Einsatz von Simulationssystemen im Anlagen- und Maschinenbau

In einer Umfrage des VDMA aus dem Jahre 2017 wurde ermittelt, dass vorwiegend die klassischen Simulationsdisziplinen, wie z. B. Simulation der Strukturmechanik, Strömungsanalyse und Fertigungssimulation, in den Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus zum Einsatz kommen. Die virtuelle Inbetriebnahme (VIBN) wurde zu diesem Zeitpunkt immerhin bei 34 Prozent der befragten Unternehmen eingesetzt [3].

Bei den befragten Mitgliedern des VDMA wurde die VIBN an erster Stelle als wichtigste Zukunftstechnologie mit großem Entwicklungspotenzial genannt (Bild 1). In den letzten Jahren wurde die Simulationstechnologie in diesem Bereich

### Entwicklungspotenzial Zukünftiger Bedarf an Simulationsaufgaben

Anteil der Unternehmen mit einem wachsenden bis stark wachsendem Bedarf an Simulationsaufgaben



Quelle: Simulation und Visualisierung im Maschinenbau; VDMA Trendbefragung 2017; N=58; Mehrfachnennungen möglich

Bild 1. Zukünftiger Bedarf an Simulationsaufgaben [3]

rasant weiterentwickelt, wobei zunehmend Simulationsplattformen gefragt sind, die über die VIBN hinausgehen und als Digitale Zwillinge einen Mehrwert in unterschiedlichen Phasen der Produktentstehung und Nutzung bieten (s. Bild 1).

### Simulationsverfahren in der virtuellen Inbetriebnahme

Bei der virtuellen Inbetriebnahme (VIBN) von Produktionseinrichtungen werden je nach Anforderung an die Aussagekraft der Testergebnisse unterschiedliche Simulationsmethoden eingesetzt.

Im Maschinen- und Anlagenbau wird bei der Hardware-in-the-Loop-Simulation (HILS) eine ohne mehrere Steuerungen (SPS, CNC, RC) über originale Feldbusse an das Verhaltensmodell einer Maschine bzw. Anlage angeschlossen. Neben der obligatorischen 3D-Visualisierung von Materialfluss, Kollisionserkennung und Abtragsimulation werden in diesem Zusammenhang auch echtzeitkritische Abläufe, Antriebsfunktionalität sowie die Gesamtperformance der Anlage inklusive Safety überprüft. Mit dieser Methode können Steuerungsprogramme unter Berücksichtigung der realen Steuerungshardware und der realen Feldbusse eingehend getestet werden, noch bevor die Maschine resp. Anlage gefertigt und montiert wird. Das wesentliche Ziel liegt bei der Verkürzung der Inbetriebnahmephase und der Möglichkeit, erweiterte Test hinsichtlich Grenzsituationen ohne Gefährdung des Bedieners oder der Maschine anhand der originalen Produktionsdaten durchzuführen (Bild 2).

Bei der Software-in-the-Loop-Simulation (SiLS) wird die Steuerungssoftware nicht inklusive der originalen Hardware, sondern als reine Software getestet, die in der Regel auf der Hardware des Simulationssystems ablauffähig ist. Diese Methode wird vorwiegend als Vorstufe zur HILS eingesetzt, um Steuerungsprogramme bereits in früher Phase des Engineerings auf wesentliche Aspekte ohne den Anspruch an die deterministische Echtzeit überprüfen zu können.

Wird die Steuerungsfunktionalität ersatzweise nicht im originalen Programmcode, sondern durch Ersatzmodelle abgebildet, dann spricht man bei der VIBN von der Model-in-the-Loop-Simulation (MiLS).

Ermöglicht die Architektur des Simulationssystems die Verwendung der Verhaltensmodelle der Anlagenkomponen-

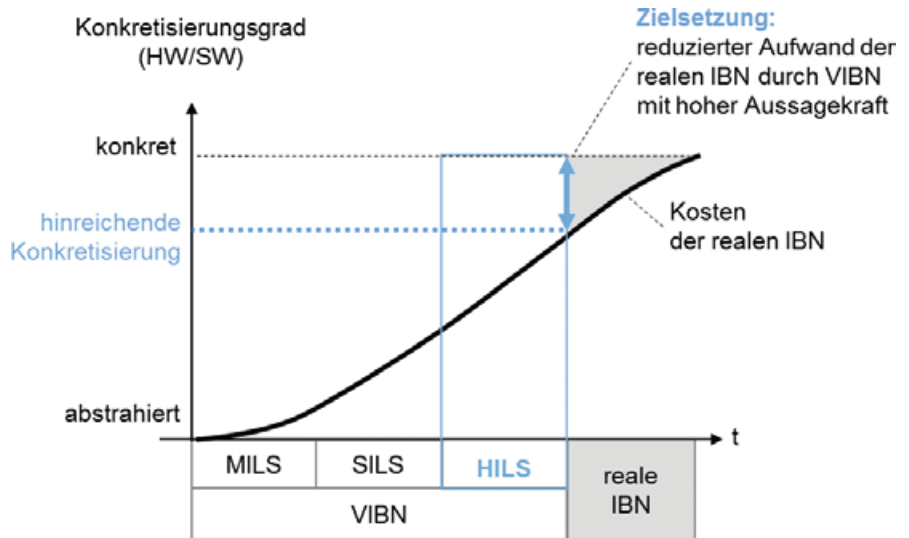


Bild 2. Kostenreduzierung durch VIBN

ten (virtuelle Komponenten) für alle Methoden der Simulationstechnik, dann ist ein nahtloser Übergang zwischen diesen Simulationsmethoden möglich.

### Simulationsplattform für Digitale Zwillinge und virtuelle Inbetriebnahme

Zu den wichtigsten Eigenschaften einer innovativen Simulationsplattform gehört die Möglichkeit, unterschiedlichen Simulationsverfahren (von Model- über Software- bis zu Hardware-in-the-Loop) anzuwenden, ohne dass die Verhaltensmodelle der Maschinen bzw. Anlagen für dieses Verfahren jedes Mal neu aufgebaut werden müssen. Voraussetzung hierfür ist eine modulare Architektur, welche die Schnittstellen zwischen den jeweiligen Bereichen eines Automatisierungssystems in völliger Analogie zum realen Automatisierungssystem abbildet. Zu den wichtigsten Schnittstellen gehört die Kommunikation zwischen den Anlagensteuerungen (SPS, CNC, RC, Motion) und den Feldbuskomponenten einer Anlage. Diese Schnittstelle ermöglicht den zeitdeterministischen Aus-

tausch von Signalen (Sensoren und Aktoren), Zugriff auf Antriebe und weitere intelligente Feldbuskomponenten. Virtuelle Komponenten, mit den gleichen Schnittstellen und Parametern sowie einem deterministischen Verhalten wie die realen Komponenten, bilden die Basis der bauteinorientierten Modellierung.

Innovative Simulationsplattformen ermöglichen nicht nur die Anbindung von Steuerungen unterschiedlicher Hersteller entweder über Feldbusse oder als virtuelle Steuerungen über TCP/IP oder OPC UA. Sie bieten auch Integrationschnittstellen für Produkte anderer Hersteller, um zum Beispiel hochspezialisierte Simulationen zu einer optimalen Gesamtlösung für das benötigte Simulationsszenario kombinieren zu können. In diesem Bereich haben sich das Functional Mock-up Interface (FMI) für die Integration von zeitunkritischen Simulationen sowie Software-Development-Kits (SDK) zur Erstellung von zeitdeterministischen Simulationen in Steuerungsechtzeit etabliert, die auch Hardware-in-the-Loop Simulationen ohne Einschränkungen ermöglichen.

#### Realer Zeitgewinn nachgewiesen

In Kundenprojekten hat die Firma ISG die Modellgenerierung auf Basis mechatronischer Baugruppen entwickelt. Eines davon ist eine Referenzanlage mittelgroßer Bauform für die Möbelproduktion mit 246 Baugruppen, 3242 E/A über mehrere Feldbusssysteme und zwei Steuerungssystemen. Der benötigte Aufwand für die Erstellung des Modells ist dank der oben beschriebenen Vorgehensweise von 90 Mann-Tagen auf 15 Minuten geschrumpft.

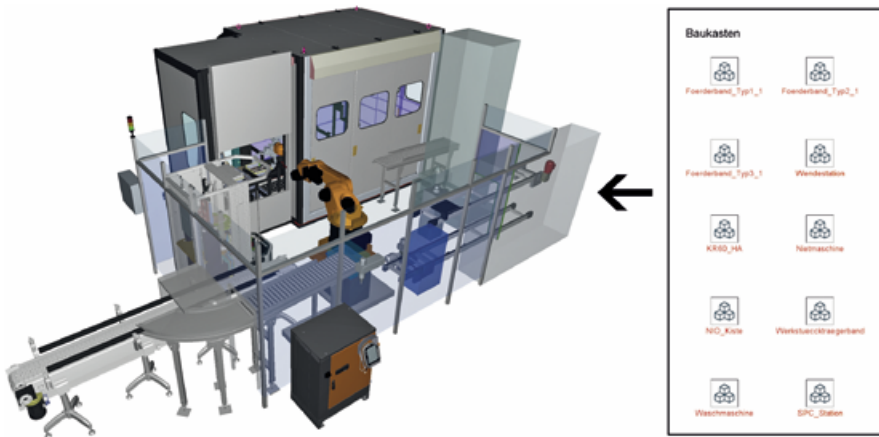


Bild 3. Modellierung einer Anlage aus virtuellen Baugruppen

Mit derartigen offenen Simulationsplattformen können Baukastensysteme genutzt werden, um Simulationen aus virtuellen Komponenten zu erstellen und eingehende Tests von Produktionsszenarien zu ermöglichen.

### Baukastensystem für die Konfiguration von Digitalen Zwillingen

Erfahrungsgemäß werden auch im Sonderanlagenbau 80 bis 90 Prozent einer Anlage aus Standardbaugruppen aufgebaut. Die Herausforderung für die Inbetriebnahme derartiger Anlagen resultiert vor allem aus der immer neuen, auf das Produktionsszenario zugeschnittenen Kombination dieser Baugruppen. Zu diesen Baugruppen gehören zum Beispiel kinematische Einheiten, Werkzeug- und Werkstück-Handling sowie Werkzeuge mit ihren spezifischen Merkmalen. Sind diese Baugruppen vollständig, d.h. mechanisch, elektrisch und softwaretechnisch vorhanden, lässt sich daraus die Gesamtanlage konfigurieren.

Ein Digitaler Zwilling dieser Anlage lässt sich bei modularen Simulationsplattformen in völliger Analogie zur realen Anlagen ebenfalls aus parametrierbaren virtuellen Baugruppen konfigurieren. Dieser Vorgang kann sogar durch eine Konfigurationsvorschrift – auch Stück- oder Baugruppenliste genannt – automatisiert werden, indem das Simulationsszenario aus virtuellen Komponenten einer Baukasten-Bibliothek für Digitale Zwillinge generiert wird. Zu den virtuellen Baugruppen gehören beispielsweise Robotersysteme, Antriebstechnik, Fördertechnik, Greifsysteme und Sensorik. Im Sinne einer offenen Simulationsplattform wachsen diese Bibliotheken mit jeder neuen Simulations-

anwendung, indem Komponentenhersteller diese mit neuen virtuellen Komponenten bzw. Baugruppen füllen (Bild 3).

Am Beispiel der Simulationsplattform ISG-virtuos lässt sich die firmeninterne und firmenübergreifende Erstellung und Nutzung von virtuellen Komponenten aus einem Baukasten-Bibliothek (hier: TwinStore) aufzeigen. Reale Komponenten bzw. Komponenten werden in ihre digitale Repräsentanz (virtuelle Komponente) überführt, indem entweder die plattformintegrierte Modellierungs- und Bausteinbibliothek für einen diskreten Modellaufbau oder das Software-Development-Kit (SDK C++) verwendet wird. Die Nutzung des

SDK ist insbesondere für Komponentenhersteller interessant, die auf diese Weise virtuelle Komponenten als Teil ihrer Wertschöpfung anbieten können (Bild 4).

Beim Aufbau von modularen Produktionssystemen wird es zunehmend wichtig, dass die verwendeten Baugruppen als mechatronische Einheiten konzipiert und entwickelt werden und somit alle Engineering-Disziplinen (Mechanik, Elektrik und Softwaretechnik) gleichwertig berücksichtigen. Virtuelle Baugruppen, die auch nach diesem Prinzip aufgebaut sind, erweitern den mechatronischen Baukasten – der Digitale Zwilling wird Bestandteil des Baukastens. Bei führenden Unternehmen, welche derartige Systeme etabliert haben, nutzen Konstrukteure, Elektroingenieure und Softwareentwickler den Baukasten, um mit der unterstützten Projektierungstools jedes individuelle Kundenprojekt umzusetzen. Anhand einer Konfigurierungsvorschrift (Stückliste einer Anlage) lässt sich dann der Digitale Zwilling sogar automatisch generieren – die virtuelle Anlage entsteht also durch die Auswahl und Parametrierung der genutzten Baugruppen.

### Digitale Wertschöpfung

Simulationsplattformen inklusive eines firmenübergreifenden Baukastens für

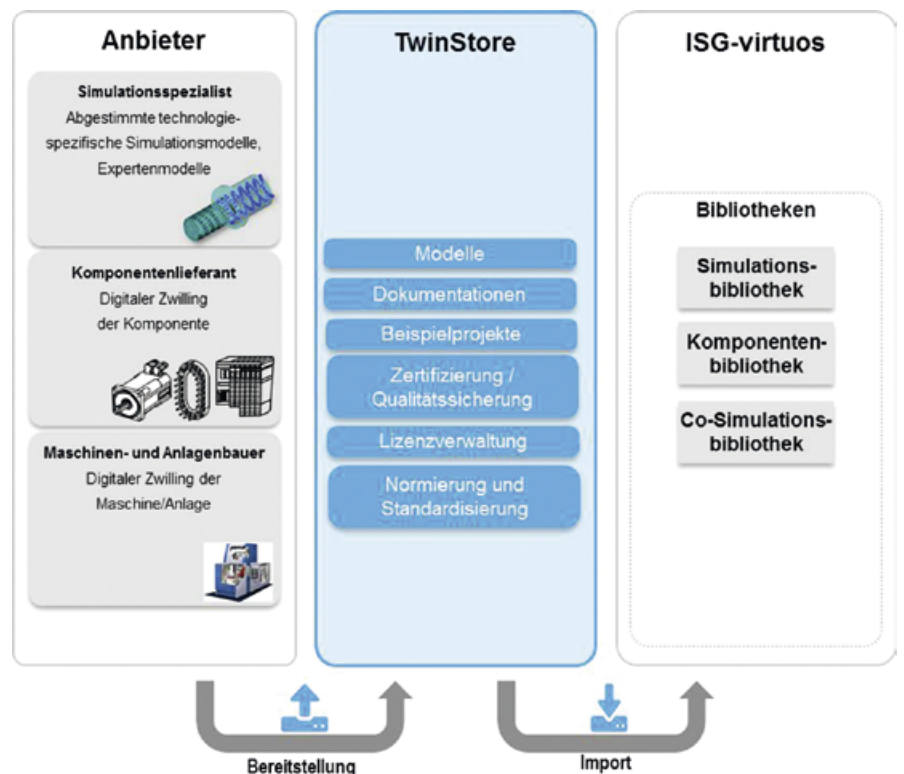


Bild 4. Onlinebibliothek für digitale Modelle

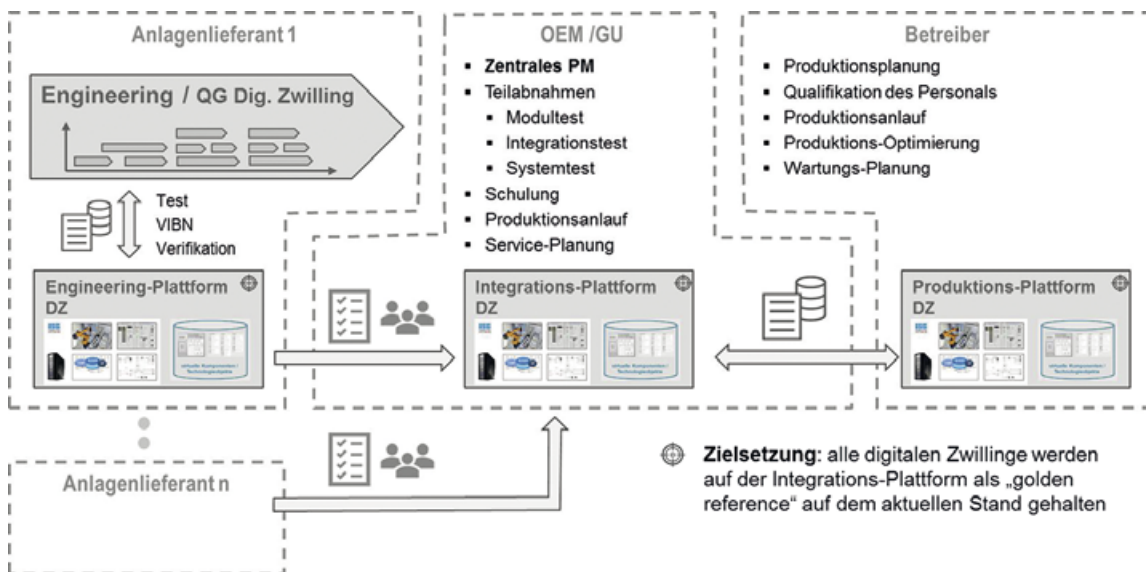


Bild 5. Digitale Wertschöpfungskette

virtuelle Komponenten ermöglichen die Etablierung eines digitalen Wertschöpfungsprozesses (Bild 5).

Der Mehrwert resultiert zunächst aus der effizienten Modellierung von Digitalen Zwillingen zum Beispiel für die VIBN durch die Verwendung von ausgereiften Komponenten inklusive konfigurierbarer Templates. Ferner wächst mit jeder neuen Anwendung der nutzbarer Funktionsumfang – Komponentenhersteller und Anwender werden bei derartigen Plattformen direkt einbezogen.

Das Managen von Projekten zwischen den am Projekt beteiligten Partnern mit ihren spezifischen Rollen wird professionalisiert, indem der Projektfortschritt durch Austausch von digitalen Modellen zwischen dem Engineering, dem Integrator und dem produzierenden Betrieb und Test der Produktionsszenarien abgesichert wird.

### ■ Nutzen des Digitalen Zwillings

Umfragen bei Anwendern der VIBN zeigen, dass die benötigte Zeit der realen Inbetriebnahme an der Anlage im Schnitt

um 80 Prozent reduziert werden kann. Eine Reduzierung von 90 Prozent gehört zu den besten Ergebnissen, die heute erreicht werden.

Noch größere Potenziale im Unternehmen können ausgeschöpft werden, wenn Digitale Zwillinge alle Wertschöpfungsprozesse begleiten. Neben der Kostenreduzierung und der Qualitätssteigerung macht sich vor allem die schnellere Umsetzung von Projekten im Sinne von „Time-to-Market“ bezahlt. Auf Basis von Digitalen Zwillingen werden auch neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle generiert, die den klassischen Wertschöpfungsprozesse ergänzen (Bild 6).

Neue Servicekonzepte werden auf dieser Basis unter anderem im Projekt iSrv „Intelligentes Servicesystem“ durch ein Konsortium von Unternehmen und Forschungseinrichtungen entwickelt.

Geplante Ergebnisse des Projekts iSrv sind wiederverwendbare und anlagenunabhängige Module, durch die KMU auch ohne mathematisches Fachwissen und mit geringem Aufwand pro-aktive Wartungskonzepte anbieten und nutzen können. Durch die Analyse und Rückführung

von Produktionsdaten sollen eine bis zu 300 Prozent schnellere Fehlerbehebung sowie die Senkung von ungeplanten Stillstandzeiten bis nahezu auf null erreicht werden können. Dieses Projekt wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert und durch PTKA, Projektträger Karlsruhe am Karlsruher Institut für Technologie, betreut [4]

### ■ Weitere Informationen

1. Definition »Digitaler Zwilling« | Gabler Wirtschaftslexikon. (gabler.de [Abgerufen am 17. Februar 2018]).
2. Wikipedia »Digitaler Zwilling«. Online unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Digitaler\\_Zwilling](https://de.wikipedia.org/wiki/Digitaler_Zwilling)
3. <https://www.vdma.org/v2viewer/-/v2article/render/18237460>
4. <https://www.isrv.info>

### ■ Der Autor dieses Beitrags

Dr. Christian Daniel, Business Manager Simulation Technology bei der ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH.

### ■ Kontakt

ISG Industrielle Steuerungstechnik GmbH  
 STEP, Gropiusplatz 10  
 70563 Stuttgart  
 Tel.: +49 711 22992-44  
 Fax: +49 711 22992-25  
 E-Mail: [hanna.kuhn@isg-stuttgart.de](mailto:hanna.kuhn@isg-stuttgart.de)  
<https://www.isg-stuttgart.de>

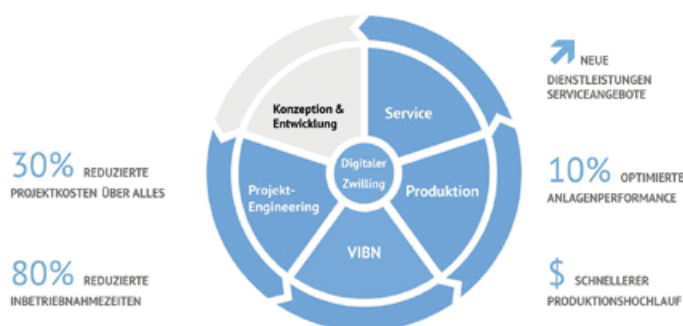


Bild 6. Argumente für den Einsatz Digitaler Zwillinge

### Bibliography

DOI 10.3139/104.112317  
 ZWF 115 (2020) Special; page 32–35  
 © Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG  
 ISSN 0947–0085