

Der Digitale Zwilling – Kern der Fabrik der Zukunft

Der Begriff «Digitaler Zwilling» (engl. Digital Twin) ist in letzter Zeit in aller Munde und muss für vieles gehalten, das nur am Rande mit einem solchen zu tun hat. Ein 3D-CAD Modell als Digitalen Zwilling zu bezeichnen ist zum Beispiel schlichtweg falsch. Auch die Behauptungen, dass der Digitale Zwilling längst Stand der Technik ist und in den meisten Unternehmen eingesetzt wird, sind verwegen.

>> Prof. Markus C. Krack, Simona Burri B.Sc., Manuel Fischer B.Sc. Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut für Business Engineering

Aufgrund dieser Unschärfe ist es sinnvoll, die Begrifflichkeit des Digitalen Zwillings nach aktuellem wissenschaftlichem Stand zu erläutern, den Aufbau, die Einsatzmöglichkeiten und den Nutzen eines solchen aufzuzeigen. Im Einsatz von Digitalen Zwillingen liegt sehr viel Potenzial und nicht umsonst wird der Digitale Zwilling als Kern der Fabrik der Zukunft oder der Smart Factory bezeichnet.

Wie ist ein Digitaler Zwilling definiert?

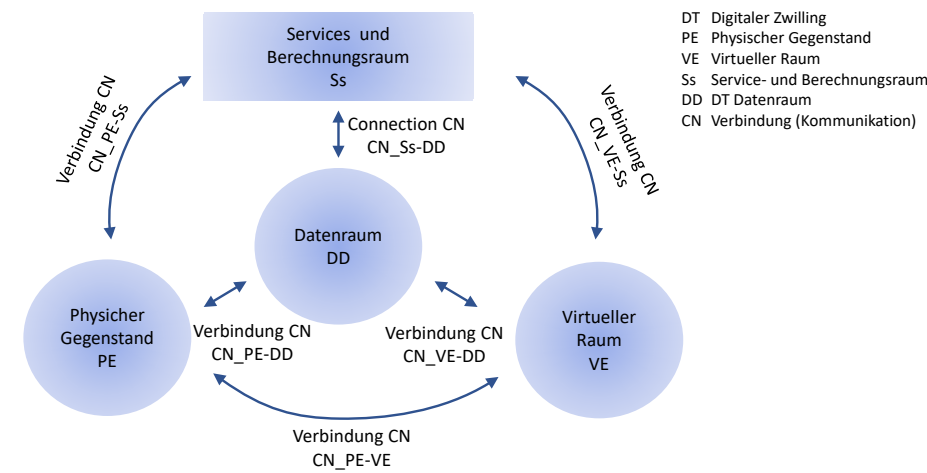
Wenn man in der Literatur nach einer Definition für den Begriff «Digitaler Zwilling» sucht, stellt man schnell fest, dass es keine einheitliche Definition gibt. Eine erste Definition des Digitalen Zwillings findet man im Jahr 2010 in einer Veröffentlichung der Technology Area 11 der NASA (Shafto M, et al., 2010). Die Definition von Seiten der NASA wurde jedoch mit einer speziellen Einsatzvorstellung verbunden.

Konkrete Aussagen finden sich in den Ausführungen «Digital Twin Driven Smart Factory» (Tao et al., 2019). Hier wird zwischen zwei verschiedenen Ausführungen im Aufbau von Digitalen Zwillingen unterschieden.

Traditionell wird der Digitale Zwilling in drei Dimensionen beschrieben. Dieser wurde 2003 das erste Mal unter Grieves im Rahmen einer Vorlesung zum Thema Product Lifecycle Management vorgestellt. Der dreidimensionale Digitale Zwilling besteht aus dem physischen Gegenstand, (physical entity), seiner virtuellen Repräsentanz (physical space) und der Verbindung der Beiden mittels Daten und Informationen.

Später wurde mit dem 5-dimensionalen Zwilling das klassische Modell des 3-D Zwillings von Grave um die Dimensionen Daten und Services erweitert. Ein Digitaler Zwilling besteht somit gemäss (Tao et al., 2019) aus:

Fünfdimensionaler Digitaler Zwilling nach Grieves



DT Digitaler Zwilling
PE Physischer Gegenstand
VE Virtueller Raum
Ss Service- und Berechnungsraum
DD DT Datenraum
CN Verbindung (Kommunikation)

- einem physischen Gegenstand
- Aufteilung in einen Geometrieraum und Simulationsraum
- Aufteilung in einen Service-Raum und Berechnungsraum
- einem Datenraum
- den Verbindungen für die Kommunikation

Man kann auf Grundlagen dieser Arbeiten einen Digitalen Zwilling wie folgt definieren.

Ein Digitaler Zwilling ist die virtuelle Repräsentanz eines physischen Gegenstands. Dabei sind Physischer Gegenstand und virtuelle Repräsentanz miteinander verbunden und exakt synchronisiert, sodass sie sich gegenseitig in Echtzeit beeinflussen können. Der physische Gegenstand lässt sich mit dem Digitalen Zwilling steuern. Gleichfalls kann im Digitalen Zwilling der Zustand des physischen Gegenstands erkannt werden.

Somit kann festgehalten werden, dass ein Digitaler Zwilling zwingend folgendes Kriterium erfüllen muss:

Der Digitale Zwilling stellt eine Kopplung zwischen realen Systemen und deren virtuellen Repräsentanz dar. Diese kommunizieren in Echtzeit miteinander.

Oftmals wird ein Digital Mock-Up DMU fälschlicherweise als Digitaler Zwilling bezeichnet. Dies kann aus der Ähnlichkeit der beiden Systeme herrühren. Ein Digital Mock-Up ist jedoch nur eine rechnergestützte Methode, bei der ein digitales Modell des realen Produkts bzw. Gegenstands wiedergegeben wird und gewisse Eigenschaften simuliert werden. Das Kriterium der Kopplung des realen und digitalen Gegenstands ist aber nicht gegeben, was ein Muss-Kriterium für den Digitalen Zwilling darstellt.

Geschichte des Digitalen Zwillings

Wie bereits eingangs erwähnt, ist das Konzept des Digitalen Zwillings erstmals 2010 in einer Technologie-Roadmap der NASA erwähnt worden. Es geht zurück auf das Apollo-Programm, bei dem mindestens zwei identische Raumfahrzeuge gebaut wurden, um die Bedingungen des Raumfahrzeugs während der Mission spiegeln zu können.

Ein auf der Erde verbleibendes Fahrzeug wurde als Zwilling bezeichnet. Der Zwilling wurde ausgiebig für das Training in der Flugvorbereitung genutzt. Während der Flugmission diente er dazu, Alternativen zum fliegenden Modell zu simulieren, wobei die verfügbaren Flugdaten genutzt wurden, um die Flugbedingungen so genau wie möglich zu spiegeln und so die Astronauten im Orbit in kritischen Situationen zu unterstützen.

Im Jahr 2017 wurde der Digitale Zwilling im Gartner Hype Cycle für aufstrebende Technologien zu den «Top Trends 2017» (Panetta, 2017) gezählt. Man ging damals davon aus, dass im Jahr 2021 40 % aller produzierenden Unternehmen den Digitalen Zwillingen einsetzen. Diese Annahme hat sich jedoch nicht bewährt. Vor allem im Bereich der kleinen und mittleren Unternehmen breitet sich die Technologie des Digitalen Zwillings, aufgrund von hohen Umsetzungskosten, relativ langsam aus.

Digitaler Zwilling ist nicht Digitaler Zwilling

Zum heutigen Stand unterscheidet man drei Arten von Digitalen Zwillingen:

- **Digitaler Produktzwilling** – er wird in der Produktentwicklung eingesetzt, um ein Produkt virtuell in Betrieb zu nehmen, bevor mit der Fertigung begonnen wird. Der Produktzwilling hilft 3D-/CAD-Modellen, Prüfmerkmale oder deren Produkteigenschaften zu verbessern.
- **Digitaler Produktionszwilling** – wird bei der Planung von Fabriken, Maschinen und Anlagen, Werkzeugen und Prüfprogrammen eingesetzt. Dieser Digitale Zwilling unterstützt, überwacht und optimiert die Produktionsprozesse.
- **Digitaler Performancezwilling** – er wird auch als das digitale Gedächtnis eines Produktes oder einer Produktion bezeichnet. Produktionskennzahlen und Daten, wie Durchlaufzeiten, Einhalten von Lieferzeiten, Qualitätsmerkmale etc. können in einem Performancezwilling abgebildet und verbessert werden.

Aufbau eines Digitalen Zwillings

Der formalisierte Aufbau eines Digitalen Zwillings ist erst in einem frühen Stadium. Im Entwurf der ISO/DIS 23247-2 «Automation systems and integration – Digital Twin framework for manufacturing» wird eine Referenz-Architektur vorgestellt.

Der Digitale Zwilling besteht hierin aus vier Einheiten:

- In der ersten Einheit «**Data Collection and Device Control**» werden Daten gesammelt und aufbereitet. Über diese Einheit werden auch die physischen Objekte mit dem Zwilling gekoppelt und synchronisiert.
- In der «**Core Entity**» werden die verschiedenen Prozesse zur Datenverarbeitung (Simulation) bereitgestellt.
- Die «**User Entity**» stellt die Verbindung zu anderen Systemen wie MES, ERP und anderen Zwillingen dar.
- Die vierte Einheit mit der Bezeichnung «**Cross-System Entity**» regelt, vereinfacht gesagt, den Datenverkehr zwischen den Einheiten.

Nutzen und Chancen beim Einsatz eines Digitalen Zwillings

Den Nutzen präsentierte 2016 Colin J. Parris mit einem Digitalen Zwilling einer Turbine von General Electric GE. Der Zwilling warnte dabei den Benutzer vor einer erhöhten Abnutzung und deren Auswirkung. Auf Nachfrage stellte er auf Basis der Erfahrungswerte von typengleichen Maschinen und Simulationen verschiedene Lösungsansätze vor, um diese Abnutzung zu vermindern. Durch die Ebenen Beobachtung, Analyse und Ausführung kann der Zwilling Probleme erkennen und lösen. Zusammen mit seinem Nutzer werden die nächsten Schritte geplant und durchgeführt.

Digitale Zwillinge können während allen Phasen des Product-Lifecycles von Nutzen sein. In der Entwicklung soll der digitale Zwilling die Zusammenarbeit zwischen Softwareentwicklern und Konstruierenden erleichtern, indem er hilft, die Wechselwirkungen im System zu verstehen. Zukünftig sollen die physischen Teile erst gefertigt werden, wenn die virtuelle Entwicklung abgeschlossen ist. Damit sollen zeitraubende Zwischenfälle bei der Instandsetzung des Produkts verhindert werden. Treten im Betrieb dann Störungen auf, kann einfacher auf die Daten zugegriffen werden, um Expertisen einzuholen.

Während des Betriebs der Anlage werden laufend Daten erhoben. Aufgrund dieser Daten und den Erfahrungswerten aus typengleichen Anlagen können Schäden vorhergesagt

werden. Dies erlaubt Wartungsarbeiten zu planen, bevor die Schäden auftreten. So können teure Ausfallzeiten verhindert werden.

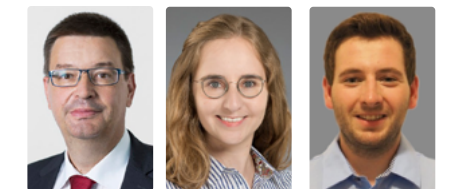
Neben den ökonomischen und technologischen Vorteilen bergen Digitale Zwillinge auch ökologische Vorteile. Ein signifikanter Teil der investierten Ressourcen wird für Teile verwendet, welche als Prototypen genutzt wurden oder als Ausschuss ausgemustert wurden und somit nicht eingesetzt werden können.

Digitale Zwillinge können verhindern, dass diese Teile produziert werden und somit die Ressourcen verschwendet würden. Diese Einsparungen können den Mehraufwand für die Informationsbeschaffung und die Datenauswertung mehr als kompensieren. Damit helfen sie, Ressourcen zielgerichteter und sparsamer zu verwenden.

Ausblick

Die Entwicklung des Digitalen Zwillings steht erst am Anfang einer vielversprechenden Entwicklung. Die bereits eingesetzten Zwillinge stehen stellvertretend als Prototypen für Anwendungen, die standardisiert werden müssen. Zielsetzung wären Baukastensysteme, mit welchen Unternehmen einfach und schnell Digitale Zwillinge für ihre Anwendungen erstellen und in Betrieb nehmen können. Dies benötigt noch einiges an Entwicklungsaufwand. Als Institut an der Hochschule für Technik der FHNW beteiligen wir uns aktiv an diesem Prozess und unterstützen Unternehmen bei der Umsetzung von Lösungen rund um den Digitalen Zwilling. <<

Das Autorenteam



Prof. Markus C. Krack ist am Institut für Business Engineering der Fachhochschule Nordwestschweiz in Brugg-Windisch für das Forschungsgebiet Smart Factory verantwortlich. Neben seiner Forschungstätigkeit leitet er im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen die Vertiefungsrichtung «Supply Chain und Production Management» und ist Studiengangleiter der Weiterbildung «CAS Smart Industry»

Simona Burri, B.Sc. und Manuel Fischer B.Sc. absolvieren ihr Masterstudium an der FHNW und arbeiten als wissenschaftliche Assistenten am Institut für Business Engineering mit dem Schwerpunkt Digitaler Zwilling.

www.fhnw.ch/technik/ibe