

Digitaler Zwilling

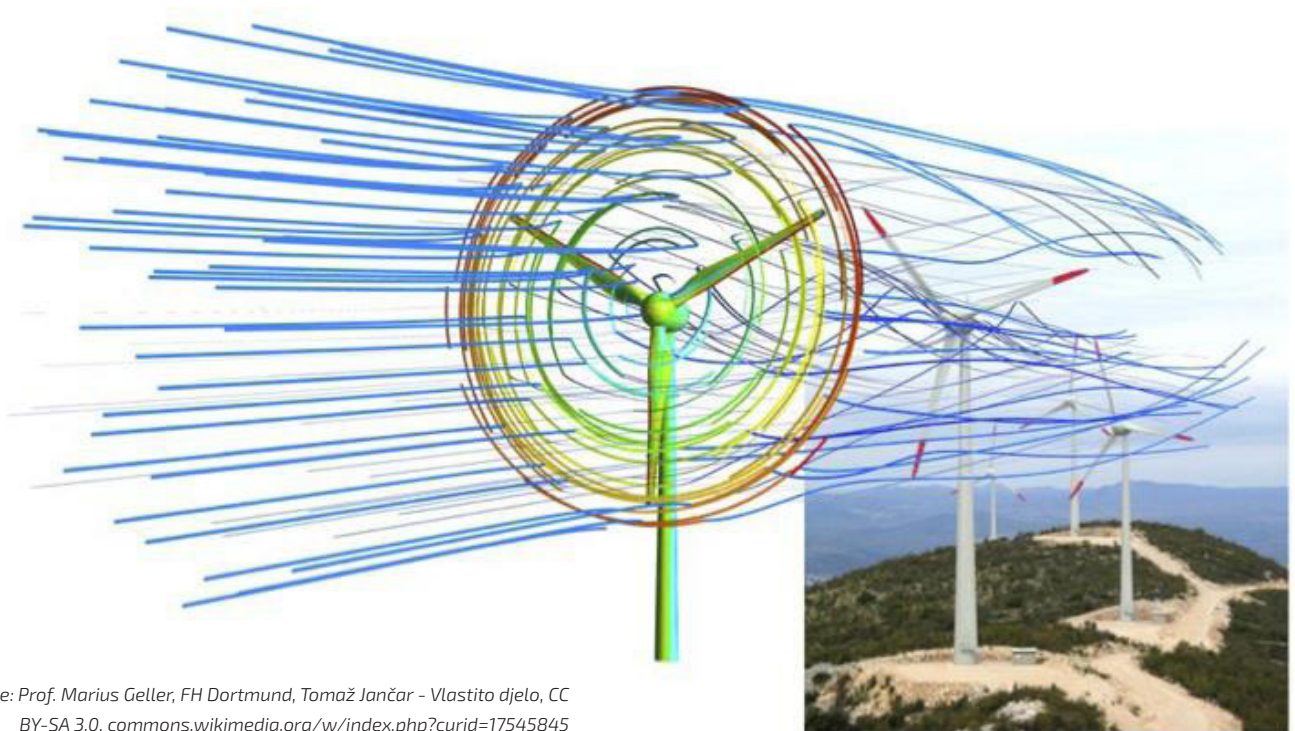
CHRISTOF GEBHARDT, CADFEM GMBH;
DR.-ING. HELMUT MEITNER, DRÄXLMAIER GROUP

Der digitale Zwilling ist ein digitales Abbild eines individuellen Produkts, das sein physisches Pendant sein Leben lang begleitet. Sobald ein Produkt entsteht, produziert und montiert wird und in Betrieb geht, durchlebt es eine eigene Historie, in der seine Eigenschaften individuell beeinflusst werden. Alle Informationen und Daten, die aus der Produktentwicklung vorliegen, veralten ab dem Moment der Inbetriebnahme und können den tatsächlichen Produktzustand nicht mehr vollständig widerspiegeln.

In langlebigen Produkten wie Investitionsgütern, Maschinen und Anlagen besteht die Anforderung, eine hohe Verfügbarkeit sicherzustellen, Wartungsmaßnahmen mit entsprechenden Stillstandzeiten zu minimieren und gleichzeitig eine zuverlässige Funktion zu gewährleisten. Um diesen Spagat zu meistern, ist eine genaue Kenntnis des tatsächlichen individuellen Anlagenzustands unabdingbar. Deshalb erfassen Sensoren am physischen Produkt relevante Daten der Umgebungs- und Einsatzbedingungen, die eine solide Grundlage für eine Zustandsbewertung darstellen. Diese Daten können zwar grundlegende Informationen liefern, jedoch nicht alle für die Bewertung wichtigen Eigenschaften erfassen.

Hier bietet der digitale Zwilling erweiterte Informationen durch virtuelle Sensoren, d. h. durch Berechnungsergebnisse einer kontinuierlich aktualisierten Simulation. Denn die in der Realität auftretenden Lasten werden gleichzeitig in der Simulation berücksichtigt, indem die realen Sensordaten als Randbedingungen in das Simulationsmodell eingespeist werden. Die daraufhin ermittelten Berechnungsergebnisse können auch an schwer zugänglichen Stellen abgegriffen werden und liefern als **virtuelle Sensoren** Informationen, die über die realen Sensordaten deutlich hinausgehen.

So können Temperaturen in filigranen Strukturen (z. B. im Wickelkopf eines Generators), mechanische Spannungen in Kontaktzonen (etwa in einem Wälzlager) oder Strömungsverhältnisse in schmalen Querschnitten (wie im Luftspalt einer elektrischen Maschine) ermittelt und für eine detaillierte Zustandsbewertung herangezogen werden. Der digitale Zwilling ist also u.a. ein Simulationsmodell, das mit den zurzeit vorhandenen Randbedingungen beim Betrieb eines Produkts oder einer Anlage gespeist wird und das Aussagen liefert, wie der aktuelle Zustand aller relevanten Produkteigenschaften aussieht. Eine solche erweiterte Kenntnis des realen Produktzustands ist

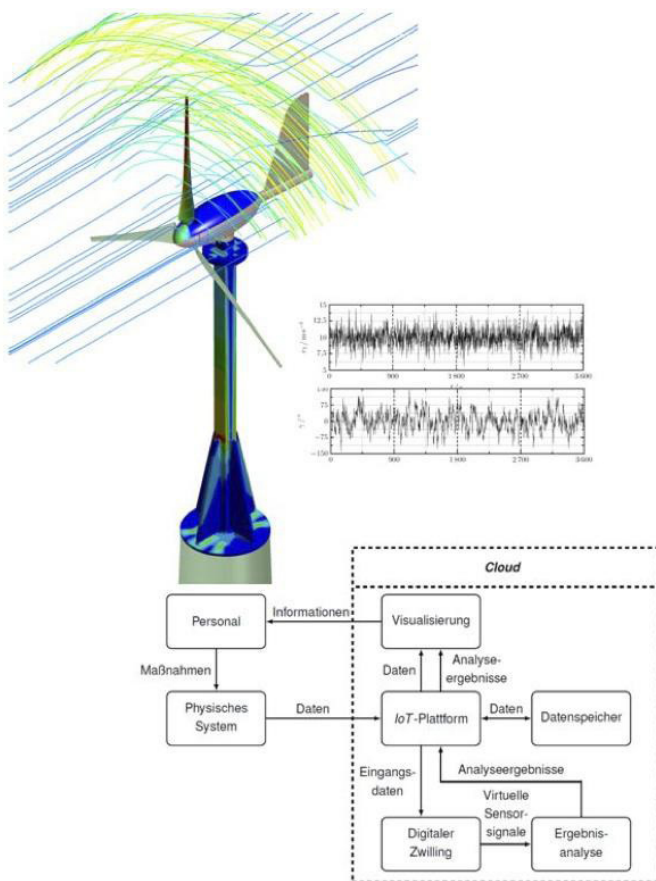


Quelle: Prof. Marius Geller, FH Dortmund, Tomaž Jančar - Vlastito djelo, CC BY-SA 3.0, commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17545845

entscheidend für eine zustandsorientierte Wartung. Diese setzt akkurate Ergebnisse voraus, um belastbare Aussagen zu erzielen, ermöglicht dadurch jedoch auch eine deutliche Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit im Servicegeschäft.

Um die geforderte Ergebnisqualität zu sichern, sind stark abstrahierte OD- oder 1D-Simulationsmodelle zu ungenau, dagegen sind aufwändige 3D-Simulationen per FEM und CFD (Strömungs-simulation) nicht in der Lage, den kontinuierlichen Strom an Sensordaten schnell genug zu verarbeiten. Daher bieten sich Verhaltensmodelle (Reduced Order Model, ROM) an, die aus 2D- oder 3D-Feldanalysen abgeleitet werden und sowohl die erforderliche Genauigkeit als auch die notwendige Geschwindigkeit gewährleisten. Die Interaktion der einzelnen Produktkomponenten wie Antriebe, Mechanik, Regelung und Elektronik wird durch die Kombination der einzelnen Verhaltensmodelle realisiert und in einem integrierten digitalen Produktmodell als digitaler Zwilling zusammengefasst.

Ein Beispielprojekt ist der digitale Zwilling einer Windkraftanlage, mit dem in Abhängigkeit der tatsächlichen Windrichtung und Stärke die Lebensdauer von Schweißnähten an verschiedenen Stellen im Turm ermittelt wird.



Quelle: Florian Hollaus / Management Center Innsbruck / CADFEM

Das Einspeisen von Sensordaten des physischen Produkts in den digitalen Zwilling kann über eine **IoT-Plattform** erfolgen. Sie stellt einerseits die Verbindung zum physischen Produkt her und bereitet die Sensordaten für den digitalen Zwilling auf. Andererseits nimmt sie die Ergebnisse des digitalen Zwillings in Empfang und stellt diese dem Servicemitarbeiter zur Auswertung bereit. Auf diese Weise können sowohl einzelne Produkte bewertet werden als auch komplette Gruppen von Produkten und Anlagen, z. B. je nach Region, Einsatzbedingung oder nach Verschleißzustand.



Zusammenhang zwischen digitalen Zwillings und Big Data

Quelle: CADFEM / ITficient

Big-Data-Analysen, Mustererkennung und maschinelles Lernen ermöglichen darüber hinaus, Mechanismen für Verschleiß und Ausfall zu erkennen und Wartungsmaßnahmen zu koordinieren. Durch das systematische Sammeln und Auswerten von Produkteigenschaften während der Einsatzphase können die optimalen, an den tatsächlichen Einsatz angepassten Betriebsparameter identifiziert werden und es lässt sich das Nutzungsverhalten von Produkten und Anlagen besser erfassen. Zusätzlich bilden die gesammelten Daten eine solide Grundlage, um das Produktangebot – dem jeweiligen Einsatzfall entsprechend – zu optimieren. Die Einführung eines digitalen Zwillings ist somit ein wichtiger Schritt beim Wechsel von einem besitzorientierten zu einem service-orientierten Geschäftsmodell.



Konzept des digitalen Zwillings im Sinne eines „Digital Thread of Innovation“

Quelle: The Digital Twin/Hemmelgarn, Siemens PLM Europe, Berlin, 2017

Eine andere Leseart des digitalen Zwillings sieht die Unterteilung in Product Digital Twin, Production Digital Twin und Performance Digital Twin vor.

Der **Product Digital Twin** stellt die vollständige Entstehungsgeschichte des ausgelieferten Produkts dar: CAD-Modelle, dynamische Simulationsmodelle, Stücklisten, Komponentenspezifikationen, technischen und funktionalen Anforderungen, Kosten- und Preisinformationen, Beschaffungsinformationen, Qualifizierungs- und Prüfspezifikationen etc.

Der **Production Digital Twin** enthält alle Daten zu Produktionsstätten und den benötigten Produktionsprozessen (Design for Manufacturing, Design for Testability, Design for Assembly, in Bezug auf die benötigte bzw. vorhandene technische Werksausrüstung, Daten für die Fabrikplanung, Anlagen und Maschinen, Werkzeuge, Produktions- und Prüfprogramme etc.)

Der **Performance Digital Twin** enthält alle Daten, die beim Einsatz des Produkts entstehen. Hierzu gehören Leistungsdaten und Betriebszustände. Je nach Nachweispflicht (Traceability) werden u. a. folgende Daten aufgezeichnet:

- Herstell- bzw. Produktionsdaten
- eingesetzte Materialchargen
- Maschinen- und Prozessdaten
- Performancedaten der Produktionsstätte
- Lieferzeiten
- Qualitätsdaten etc.

Diese Daten können u. a. genutzt werden, zum Erkennen von Mustern, Trends in den Prozess- oder Qualitätsdaten zur konsequenten Fehlervermeidung, für Predictive-Maintenance-Szenarien oder das Nutzen dieser Daten zur Ableitung von Erkenntnissen für die optimierte Entwicklung von Nachfolgeprodukten.