

Digitale Zwillinge – Fitness-Tracker für Maschinen und Anlagen

Whitepaper

Michel Fett & Richard Breimann

17.06.2026

V1.0



F&B-Engineering GmbH

Schepp Allee 7

64295 Darmstadt

1 Einleitung

Digitale Zwillinge von Maschinen und Anlagen nehmen im deutschen Mittelstand eine zunehmend wichtige Rolle ein. Zur Frage, was ein digitaler Zwilling konkret ist, bestehen allerdings unterschiedliche Auffassungen.

Während einige Unternehmen bereits ihre CAD- oder Simulationsmodelle eines allgemeinen Produktes als Digitale Zwillinge bezeichnen [1], grenzen diverse ISO-Definitionen diesen Begriff stärker ein [2, 3]. Diese setzen voraus, dass ein Digitaler Zwilling immer an ein individuelles und physisch existierendes Produkt gekoppelt ist, welches bspw. auch eine individuelle Seriennummer hat. Dabei wird das relevante

Verhalten dieses Produktes in Berechnungs- und Simulationsmodellen hinterlegt. Mithilfe von Echtzeit-Daten wird im Betrieb dann das Verhalten des Produktes simuliert, wodurch Rückschlüsse und Vorhersagen getroffen werden können.

In der Praxis kann allerdings schon die Interpretation und Anwendung dieser Definitionen eine Herausforderung darstellen. Daher wird in diesem Papier eine Analogie herangezogen, um das Konzept des Digitalen Zwillings, wie es von der ISO [2, 3] aber etwa auch von der WiGeP [4] beschrieben wird, näher zu beleuchten. Hierzu werden Fitness-Tracker verwendet, welche nicht nur technologisch, sondern auch im Hinblick auf die Nutzenpotentiale diverse Parallelen zu Digitalen Zwillingen aufweisen.

2 Wie funktioniert ein Fitness-Tracker?

Moderne Fitness-Uhren und Armbänder, die den Herzschlag, die Körpertemperatur oder die Intensität von Bewegungen überwachen, sind allgegenwärtig. Damit können interessante Einblicke in die sportliche Aktivität oder Schlafqualität des Trägers gewonnen werden. Darüber hinaus können Hinweise auf medizinisch relevante Auffälligkeiten wie einen unregelmäßigen Herzschlag gewonnen werden.

Aus Hardware-Sicht handelt es sich bei diesen Fitness-Trackern um miniaturisierte Sensorknoten, ausgestattet mit elektrischer oder optischer Sensorik zur Messung der Herzfrequenz sowie Sensorik zur Temperatur- und Beschleunigungsmessung. Die Auswahl der Sensoren und deren Spezifikationen unterscheiden sich je nach Hersteller und ist auf den jeweiligen Einsatzzweck abgestimmt.

Die so gewonnenen Messdaten werden automatisiert durch Auswertemodelle und Algorithmen verarbeitet, um bspw. Einblicke in die Fitness des Trägers zu gewinnen. Diese Algorithmen können auf dem Fitness-Tracker selbst, einem gekoppelten Smartphone oder in einer Cloud laufen. Je nach Hersteller werden häufig zusätzliche Kennzahlen

erstellt, die für den Endnutzer leicht zu interpretieren sind, wie etwa ein „Sportlevel“ oder „Schlafscore“. Die Ergebnisse werden dem Nutzer dann in einer App oder einem Dashboard zugänglich gemacht.

3 Fitness-Tracker für Maschinen und Anlagen: Der Digitale Zwilling

Die Möglichkeit, den „Herzschlag“ seines Produktes zu überwachen, ist sowohl für Hersteller als auch für Betreiber von Maschinen und Anlagen interessant. Und hier kommt der Digitale Zwilling ins Spiel. Dieser lässt sich anhand ähnlicher Grundprinzipien wie ein Fitness-Tracker beschreiben.

Analog zu Fitness-Trackern stehen im Zentrum des Digitalen Zwillings Auswertemodelle und Algorithmen, die das relevante Verhalten und die Mechanismen der Maschine abbilden. Die Wahl und Ausgestaltung der Modelle ist dabei abhängig vom angestrebten Funktionsumfang des Digitalen Zwillings. Dabei kann es sich zum Beispiel um Verschleißmechanismen handeln, aber auch um Abläufe im Regelbetrieb. Mithilfe

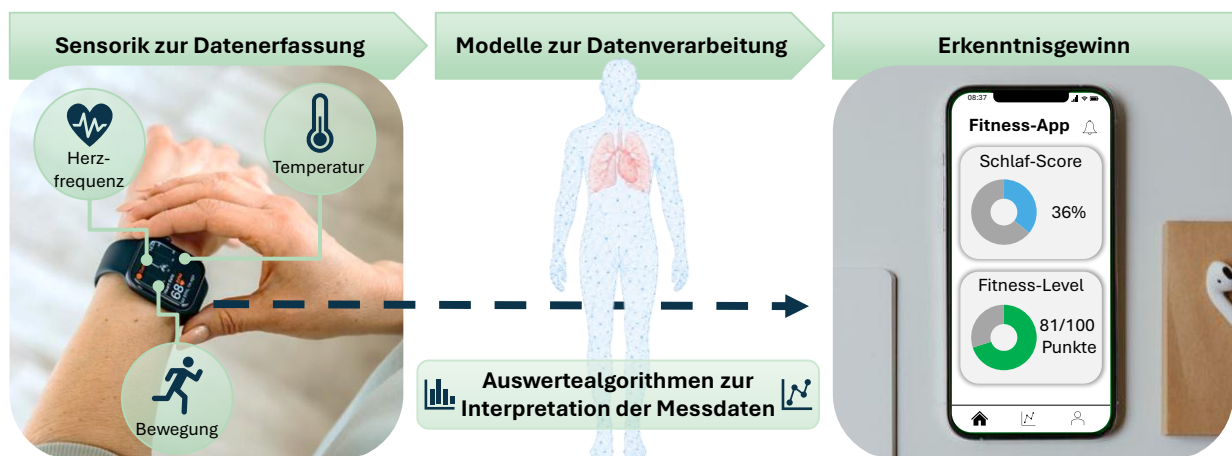


Abbildung 1 - Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Fitness-Trackers

von Simulationen können tiefere Einblicke gewonnen werden und Rückschlüsse gezogen und Vorhersagen getroffen werden. Dies ermöglicht es, die Nutzung der Maschine zu überwachen und bspw. Fehlbedienungen zu identifizieren. Prozessabläufe können datengestützt untersucht und optimiert werden, oder der Verschleißfortschritt überwacht und rechtzeitig Wartungsarbeiten eingeleitet werden. Wie auch bei Fitness-Trackern können diese Auswertemodelle und Algorithmen auf Rechenhardware in unmittelbarer Nähe der Maschine ausgeführt werden, oder in einer Cloud, bspw. des Maschinenherstellers oder -nutzers. Die Ergebnisse werden über ein Dashboard visualisiert, beispielsweise direkt in der Maschine, in einer Steuerzentrale oder in einer App. Zu diesem Zweck können die Simulationsergebnisse direkt genutzt werden oder alternativ auf leicht verständliche Kennwerte oder ein Ampelsystem zurückgegriffen werden.

Damit aus den Auswertemodelle und Algorithmen Live-Einblicke in die Maschine oder Anlage gewonnen werden können, werden Betriebsdaten benötigt. Diese Betriebsdaten können aus der Systemsteuerung der Maschine stammen und werden anschließend von den Algorithmen verarbeitet. In der Regel reichen diese Steuerungsdaten allerdings nicht aus,

um alle gewünschten Einblicke zu erhalten. Deshalb ist analog zu Fitness-Trackern häufig zusätzliche Sensorik erforderlich, um die notwendigen Betriebsdaten zu erfassen. Die Auswahl und Spezifikation dieser Sensorik hängt vom Zweck des Digitalen Zwillings, den zu versorgenden Auswertemodellen und Algorithmen sowie den technischen Randbedingungen der jeweiligen Maschine bzw. Anlage ab. Anders als bei Fitness-Trackern ist eine standardisierte One-size-fits-all-Lösung hier nur selten zielführend. Stattdessen ist eine sorgfältige Auswahl zu treffen, welche Sensoren an welchen Stellen in oder an der Maschine integriert werden sollten, um hohe Datenqualität und Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

4 Anwendungen und Nutzen Digitaler Zwillinge

Hersteller, Betreiber und Nutzer von Maschinen und Anlagen können gleichermaßen von Digitalen Zwillingen profitieren [5]. Ein besonders naheliegendes Anwendungsfeld ist die Zustandsüberwachung. Ähnlich wie ein Fitness-Tracker Vitaldaten eines Menschen erfasst, kann ein Digitaler Zwilling relevante Betriebsdaten einer Maschine auswerten

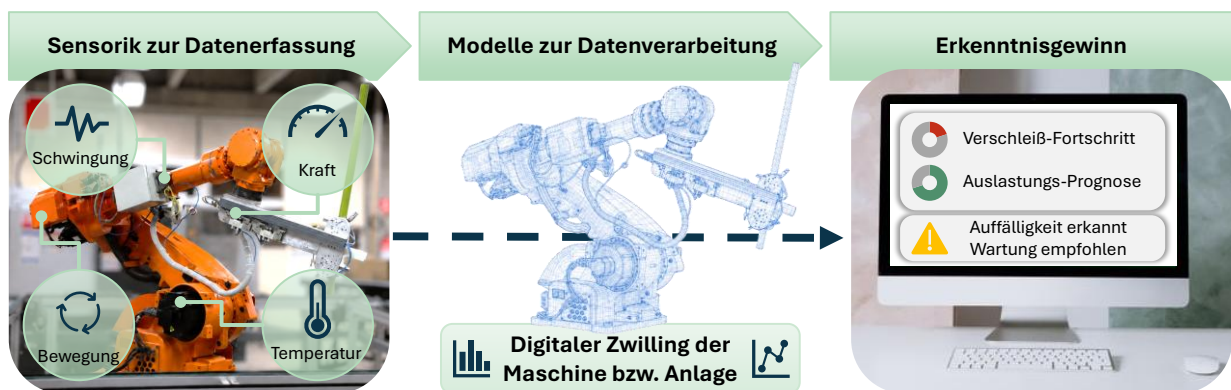


Abbildung 2 - Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Digitalen Zwillings

und daraus Rückschlüsse auf ihren aktuellen Zustand ableiten. Dazu zählen beispielsweise Temperaturen, Drücke, Schwingungen, Kräfte, Drehzahlen, Leistungsaufnahmen oder Prozessgrößen. Werden diese Daten mit geeigneten Modellen verknüpft, lässt sich erkennen, ob die Maschine im normalen Betriebsbereich arbeitet oder ob Abweichungen auf beginnende Schäden, ungünstige Betriebszustände oder Fehlbedienungen hindeuten.

Darauf aufbauend ergibt sich das Potential der prädiktiven Wartung. Während klassische Wartung häufig zeit- oder intervallbasiert erfolgt, ermöglicht ein Digitaler Zwilling eine zustandsbasierte Bewertung. Wartungsarbeiten können dadurch gezielter geplant werden: weder zu früh, wenn die Komponente noch zuverlässig funktioniert, noch zu spät, wenn ein ungeplanter Stillstand droht. Für Betreiber bedeutet dies höhere Anlagenverfügbarkeit, geringere Stillstandskosten und bessere Planbarkeit.

Auch für Maschinenhersteller bietet der Digitale Zwilling erhebliche Vorteile. Betriebsdaten aus dem Feld zeigen, wie Maschinen tatsächlich genutzt werden. Diese reale Nutzung weicht häufig von Annahmen aus Entwicklung, Auslegung oder Erprobung ab. Ein Digitaler Zwilling kann daher Erkenntnisse für die Weiterentwicklung zukünftiger Maschinengenerationen liefern. Gleichzeitig bildet er die Grundlage für neue digitale Services, etwa Zustandsberichte, Performance-Dashboards, automatisierte Wartungsempfehlungen oder nutzungsbasierte Serviceverträge.

Entscheidend ist jedoch, dass der Digitale Zwilling auf den konkreten technischen und wirtschaftlichen Anwendungsfall zugeschnitten wird [6]. Nicht jede Maschine benötigt umfassende Sensorik, Cloud-Anbindung oder komplexe

Simulationsmodelle. In manchen Fällen reichen wenige zusätzliche Messgrößen und robuste Auswertalgorithmen aus, um hohen Nutzen zu erzielen. Der Erfolg liegt daher nicht in der bloßen Digitalisierung der Maschine, sondern in der gezielten Auswahl der richtigen Daten und Auswertemodelle.

5 Fazit

Digitale Zwillinge bieten erhebliche Potentiale für den Maschinen- und Anlagenbau. Sie ermöglichen es, Maschinen nicht nur digital abzubilden, sondern ihren Zustand, ihr Verhalten und ihre Nutzung im Betrieb besser zu verstehen. In diesem Sinne funktionieren sie wie Fitness-Tracker für Maschinen und Anlagen: Sie erfassen relevante Daten, interpretieren diese mithilfe geeigneter Modelle und machen daraus verwertbare Informationen für Betreiber, Hersteller und Serviceorganisationen.

Der eigentliche Mehrwert entsteht jedoch nicht allein durch die Erfassung von Daten. Entscheidend ist, dass diese Daten im richtigen technischen Kontext interpretiert werden. Ein Digitaler Zwilling benötigt deshalb mehr als Sensorik, Datenbanken und Dashboards. Er erfordert ein tiefes Verständnis der Maschine, ihrer Betriebszustände, ihrer Belastungen, ihrer Schwachstellen und der relevanten physikalischen Zusammenhänge.

Gerade darin liegt die zentrale Herausforderung. Eine standardisierte One-size-fits-all-Lösung ist im Maschinen- und Anlagenbau nicht zielführend. Jede Maschine, jede Anlage und jeder Anwendungsfall bringt eigene technische Randbedingungen mit sich. Deshalb müssen zunächst die relevanten Fragestellungen definiert werden: Welche Zustände sollen erkannt werden? Welche Ausfälle sollen vermieden werden? Welche Prozesse sollen optimiert werden? Welche Daten sind dafür wirklich notwendig?

Werden diese Fragen sorgfältig beantwortet, können Digitale Zwillinge einen erheblichen Beitrag zu höherer Verfügbarkeit, besserer Wartungsplanung, effizienteren Prozessen und datenbasierter Produktentwicklung leisten. F&B-Engineering unterstützt Unternehmen genau an dieser Schnittstelle: mit technischem Systemverständnis, modellbasierter Entwicklung, Sensorik und Datenanalyse. So entstehen Digitale Zwillinge, die nicht nur Daten sammeln, sondern konkrete technische und wirtschaftliche Fragestellungen beantworten.

Literatur

- [1] A. Wooley, D. F. Silva, und J. Bitencourt, „When is a simulation a digital twin? A systematic literature review“, *Manufacturing Letters*, Bd. 35, S. 940–951, Aug. 2023, doi: 10.1016/j.mfglet.2023.08.014.
- [2] *ISO/IEC 30173:2023 – Digital Twin – Concepts and Terminology*, 2023.
- [3] *ISO/IEC 20924:2024 – Internet of Things (IoT) and Digital Twin – Vocabulary*, 2024.
- [4] R. Stark, R. Anderl, K.-D. Thoben, und S. Wartzack, „WiGeP-Positionspapier: ‚Digitaler Zwilling‘“, *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Bd. 115, Nr. s1, S. 47–50, Apr. 2020, doi: 10.3139/104.112311.
- [5] M. Fett, F. Wilking, S. Goetz, S. Wartzack, und E. Kirchner, „Practical insights into the perception of digital twins: An analysis of surveys“, *Forsch Ingenieurwes*, Bd. 89, Nr. 1, S. 99, Dez. 2025, doi: 10.1007/s10010-025-00879-y.
- [6] M. Fett, J. Trauer, S. Schweigert-Recksiek, R. Breimann, M. Krastel, und E. Kirchner, „Wertgetriebene, modellbasierte Entwicklung Digitaler Zwillinge unter Berücksichtigung ökonomischer und technischer Aspekte“, *Konstruktion*, Bd. 78, Nr. 01–02, S. 59–66, 2026, doi: 10.37544/0720-5953-2026-01-02-59.