

Digital twins: An analysis framework and open issues

Boyes and Watson

Bendt Rieper

09.01.2024

Seminar Supercomputer:
Forschung und Innovation

Arbeitsgruppe: Scientific Computing

Agenda

1. Einleitung
2. Hintergrund
3. Analyse Framework
4. Anwendung des Frameworks
5. Offene Fragen
6. Take Away

Einleitung

- Was ist ein Digital Twin?
 - Virtuelle Abbildung eines physischen Systems
 - Einblick in physisches System
- Ziel eines Digital Twins



Simulation



Probleme ermitteln



Optimierung

Einleitung

- Warum ein Framework?
 - Digital Twins durch mehr Datenverfügbarkeit
 - Charakterisierung von Digital Twins
 - Vergleich von Digital Twins
 - Klare Definition nötig

Hintergrund

- Geschichte und Entwicklung von Digital Twins
 - Raumfahrt
 - Mittlerweile weit verbreitet

Praktische Anwendung von Digital Twins



Mechanische
Projekte



Fertigung



Stadtplanung



Wetter und
Klima

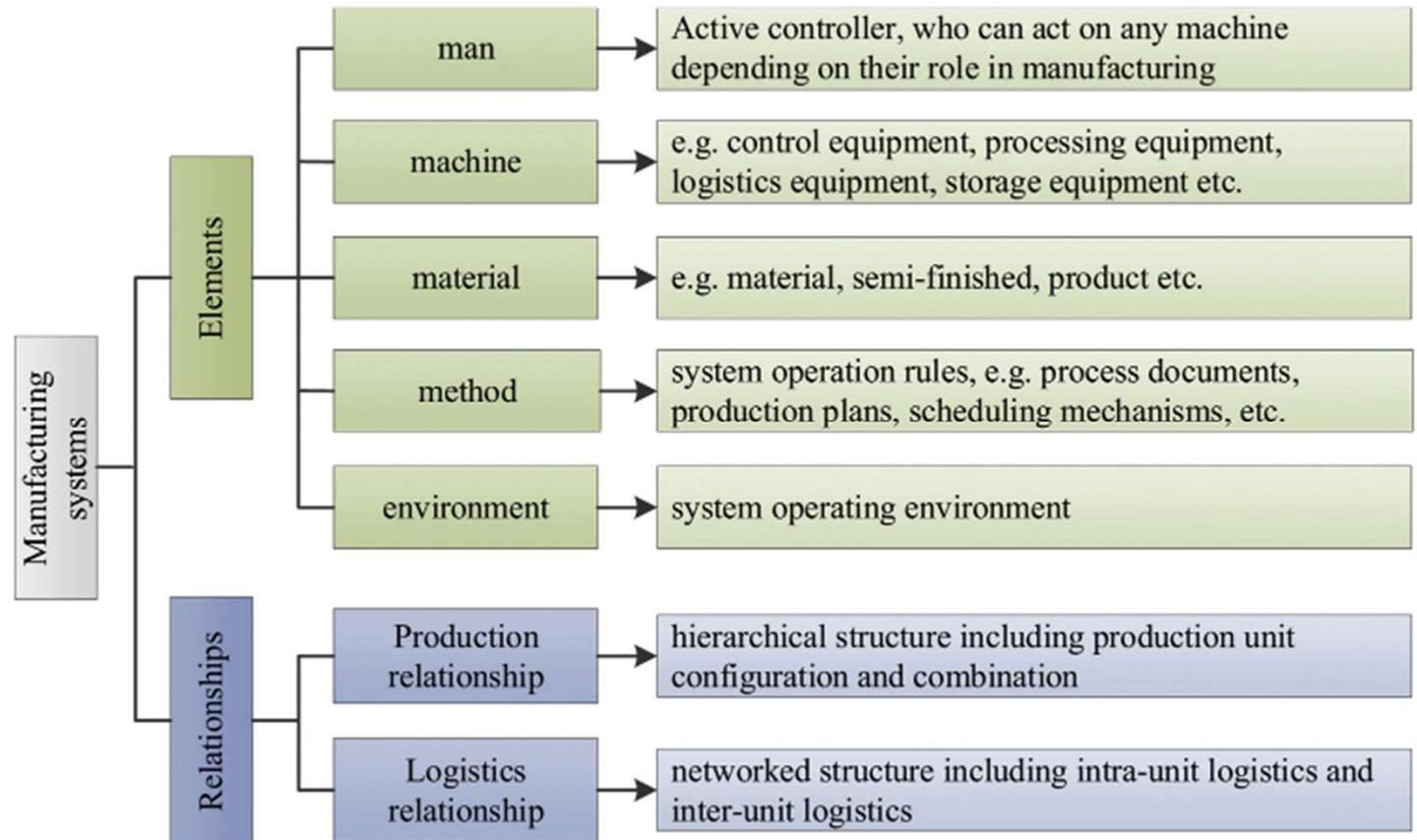
Abgrenzung zu CPS

- CPS: Cyber Physical System
 - Vernetztes Modell physischer Einheit und IT
 - CPS steuert, Digital Twin (nicht)

Ein Digital Twin ist eine vollumfängliche Nachbildung; ein CPS ist ein System, das aus physischen und virtuellen Komponenten besteht

Bisheriger Ansatz

- Layer Modelle
 - 3 bis 6 Layer
 - Je Layer eine Funktion



Digital Twins: An analysis framework and open issues, Bendt Rieper

Analyse Framework

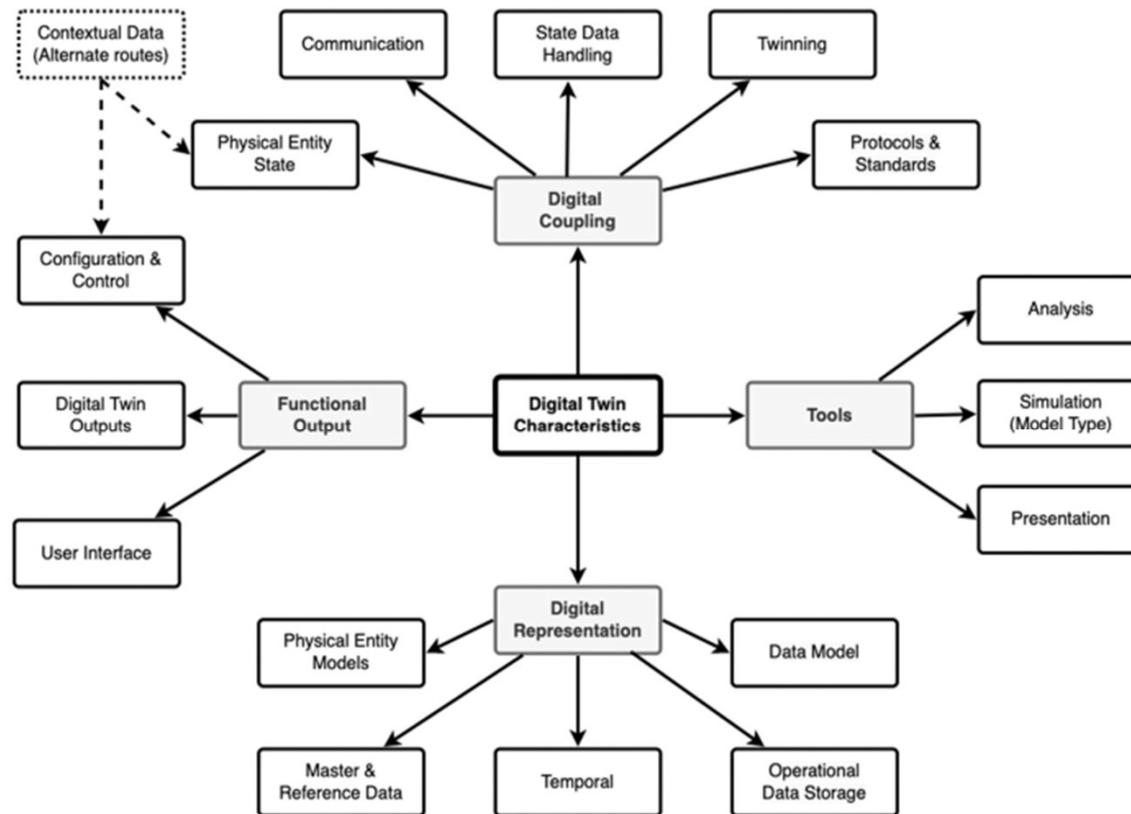


Fig. 2. - Functional composition of a Digital Twin.

Digital Twins: An analysis framework and open issues, Bendt Rieper

Transfer von operationalen Daten zum Digital Twin

- Zustand der physischen Entität
- Kommunikation
- Umgang mit Zustandsdaten
- Twinning
- Prokoll & Standards

Schnittstelle zum Digital Twin

- Output
- Konfiguration & Kontrolle
- Interface

Werkzeuge für Analyse und Simulation

- Analyse
- Simulation
- Präsentation

Darstellung von operationalen Daten

- Daten Modell
- Datenspeicherung
- Stamm und Referenzdaten
- Entitätsmodell
- Zeitlicher Verlauf

Anwendung des Frameworks

Charakterisieren von Digitalen Zwillingen

- Fundierte Entscheidungen Treffen
- Bessere Zusammenarbeit

Vergleichen von Digitalen Zwillingen

- Unterschiede in Leistung und Funktionalität
- Optimierung von Prozessen

Beispiel Charakterisierung

Table 3
- Example Characterisation of Digital Coupling.

Characteristics		Status				
Digital coupling	Physical Entity State	Sensors	Data from all sensors is accessible	Twinning	Integration Buffering	Not available Limit = 100 Mbytes (5 min of all data)
		Actuators	No access to actuators settings		Cleaning Initiation	No Automatic - Push from Physical Entity
		Control System	No access to control system data		Rate	Required - to be specified by user Actual - Complete data 0.5 - 1.5 Hz
		Identity	Identified using supplier's serial no	Protocols & Standards	Infrastructure Security	IPv4 Authentication -> Available Identification -> Device Serial Number Authorisation -> Not available Encryption -> Unencrypted
	Communication	Temporal Mode	Intermittent connectivity (Pull)		Data Discovery	SOAP mDNS
		Connectivity	Wireless - RF - 5 G			
		State Data Handling	Transformation		A-to-D conversion of acceleration data	
		Translation	All text & numeric data in ASCII			

- Datenmengen
- Simulation
- Datenverarbeitung in Echtzeit
- Speichern der Daten
- Tools:
 - Nvidia Omniverse
 - Azure Digital Twins

Offene Fragen

- Einbettung des Frameworks in verschiedene Anwendungsbereiche
- Informationsmanagement
- Digital Twin Lifecycle
- Safety und Security

Take Away

- **Definition:** „*Live Digital Coupling of the state of a physical asset or process to a virtual representation with a functional output*“
- **CPS vs Digital Twin:** CPS verbindet physische Welt digitaler Welt; ein Digital Twin ist eine vollumfängliche Repräsentation
- **Framework:** 4 Funktionale Gruppen mit insgesamt 16 Funktionalen Komponenten

Quellen

- [1]Baanders (2024): Was ist Azure Digital Twins? - Azure Digital Twins. Online verfügbar unter <https://learn.microsoft.com/de-de/azure/digital-twins/overview>, zuletzt aktualisiert am 06.01.2024, zuletzt geprüft am 06.01.2024.
- [2]Boyes, Hugh; Watson, Tim (2022): Digital twins: An analysis framework and open issues. In: *Computers in Industry* 143, S. 103763. DOI: 10.1016/j.compind.2022.103763.
- [3]Engineering.com (2023): High-Performance Computing for Industrial Digital Twins: On-premise or Cloud? Online verfügbar unter <https://www.engineering.com/story/high-performance-computing-for-industrial-digital-twins-on-premise-or-cloud>, zuletzt aktualisiert am 07.12.2023, zuletzt geprüft am 13.12.2023.
- [4]IBM (2023): Was ist ein digitaler Zwilling? | IBM. Online verfügbar unter <https://www.ibm.com/de-de/topics/what-is-a-digital-twin>, zuletzt aktualisiert am 13.12.2023, zuletzt geprüft am 13.12.2023.
- [5]Jiang, Haifan; Qin, Shengfeng; Fu, Jianlin; Zhang, Jian; Ding, Guofu (2021): How to model and implement connections between physical and virtual models for digital twin application. In: *Journal of Manufacturing Systems* 58, S. 36–51. DOI: 10.1016/j.jmsy.2020.05.012.
- [6]Litzel, Nico (2017): „Digitale Zwillinge“ dringen in den Alltag vor. In: *BigData-Insider*, 19.12.2017. Online verfügbar unter <https://www.bigdata-insider.de/digitale-zwillinge-dringen-in-den-alltag-vor-a-670104/>, zuletzt geprüft am 13.12.2023.
- [7]NVIDIA (2024): NVIDIA Omniverse für digitale Zwillinge. Online verfügbar unter <https://www.nvidia.com/de-de/omniverse/solutions/digital-twins/>, zuletzt aktualisiert am 02.01.2024, zuletzt geprüft am 06.01.2024.
- [8]Shaping Europe’s digital future (2023): Destination Earth. Online verfügbar unter <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/destination-earth#ecl-inpage-l1d9i86r>, zuletzt aktualisiert am 13.12.2023, zuletzt geprüft am 13.12.2023.