

Status quo Industrie 4.0 – Steht der nächste Paradigmenwechsel bereits vor der Tür?

Einblicke in den aktuellen Stand der Forschung & der Arbeit von CeMOS zur
Befähigung Digitaler Zwillinge proaktiv miteinander zu kollaborieren

Agenda

- Vorstellung
- Einleitung
- Was ist Industrie 4.0
- Was ist Industrie 5.0
- Quo vadis Industrie X.0
- Proaktive Digitale Zwillinge

Vorstellung

- 2015 – 2018:
B. Eng. DHBW Mannheim – EIT Automation
- 2019:
Planungs- und Inbetriebnahme Ingenieur Kraftwerke / Großanlagen
- 2020 – 2021:
M. Sc. TU Kaiserslautern – EIT Energiesysteme & Energiemanagement
- 2021 – heute:
Wissenschaftlicher Mitarbeiter HS Mannheim bei CeMOS,
Fachgruppe Digitale Transformation unter Prof. Dr. Julian Reichwald



Joel Lehmann

j.lehmann@hs-mannheim.de

Gebäude P – Raum 007

Hochschule Mannheim

Einleitung

Erste Trends deuten einen **industriellen Paradigmenwechsel** voraus.

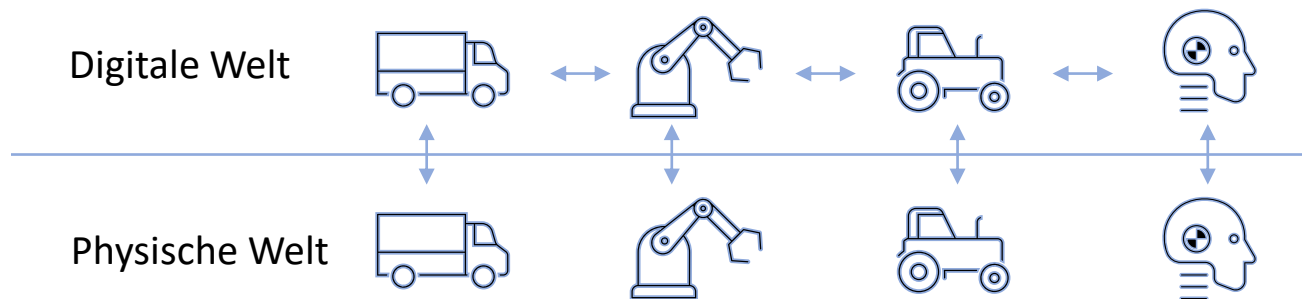


Industrie 4.0 – Technologie-getrieben zur Steigerung von **Effizienz und Flexibilität**
Industrie 5.0 – Fokussierung auf **Nachhaltigkeit, Anpassungsfähigkeit und Menschen**

Source: [LON20], [EU21a], [PLA40]

Was ist Industrie 4.0?

- *Industrie 4.0 bezeichnet die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie.* – Definition Plattform Industrie 4.0
- Durchbrechen der konventionellen Automatisierungspyramide
- **Vertikale Integration & Horizontale Integration** entlang des gesamten **Produktlebenszyklus**
- Aber wie? – **Digitale Repräsentationen & Interoperabilität**



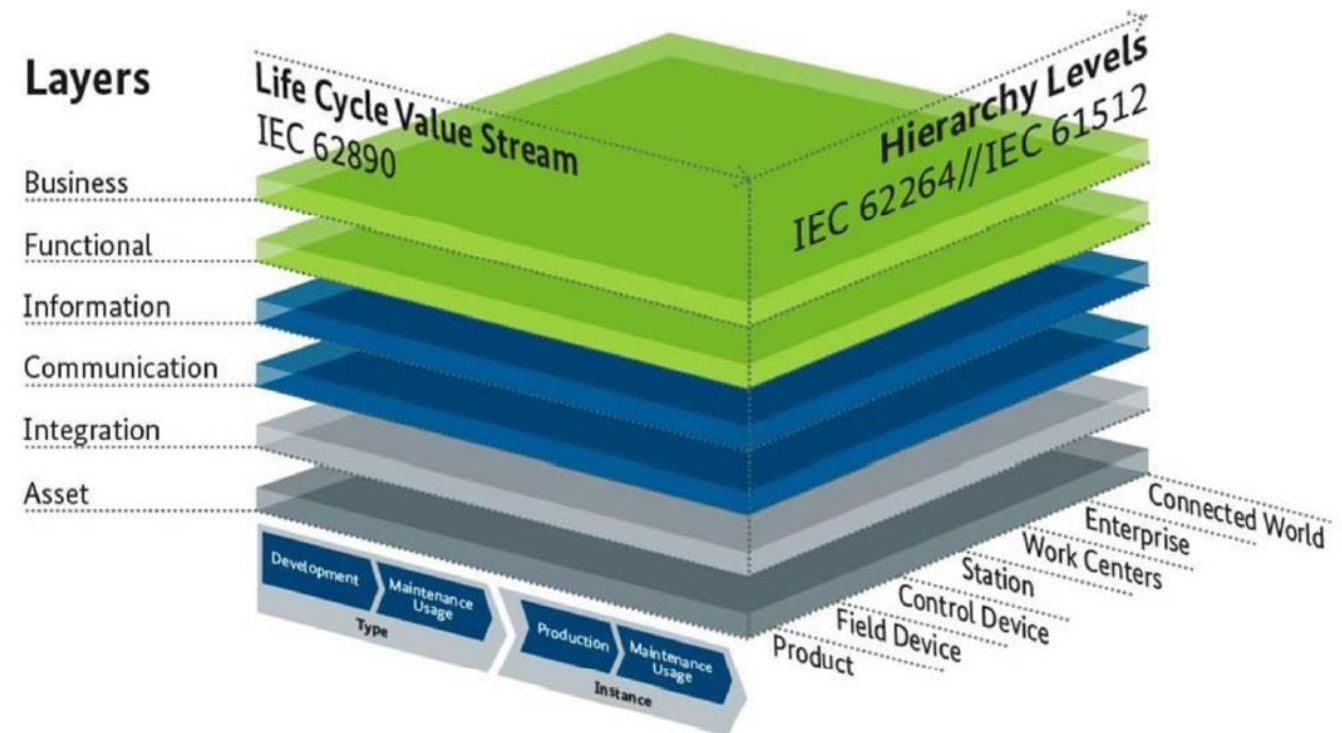
Source: [PLA40], [DAS22], [PLA18], [BAU22]



Was ist Industrie 4.0? – RAMI 4.0

- **Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0** als dreidimensionale Zusammenführung der wichtigsten Industrie 4.0 Aspekte
 - Horizontale Integration
 - Vertikale Integration
 - PLM Support
- Aus ehemaliger Hierarchie wird **Netzwerk** aller an der **Wertschöpfungsparteien** über den **Lebenszyklus** eines Produktes
- **Asset Administration Shell** zur Implementierung von RAMI 4.0 als **Digitaler Zwilling** für Industrie 4.0

Was könnten neue industrielle Paradigmen sein?



Source: [PLA18], [BAU22]

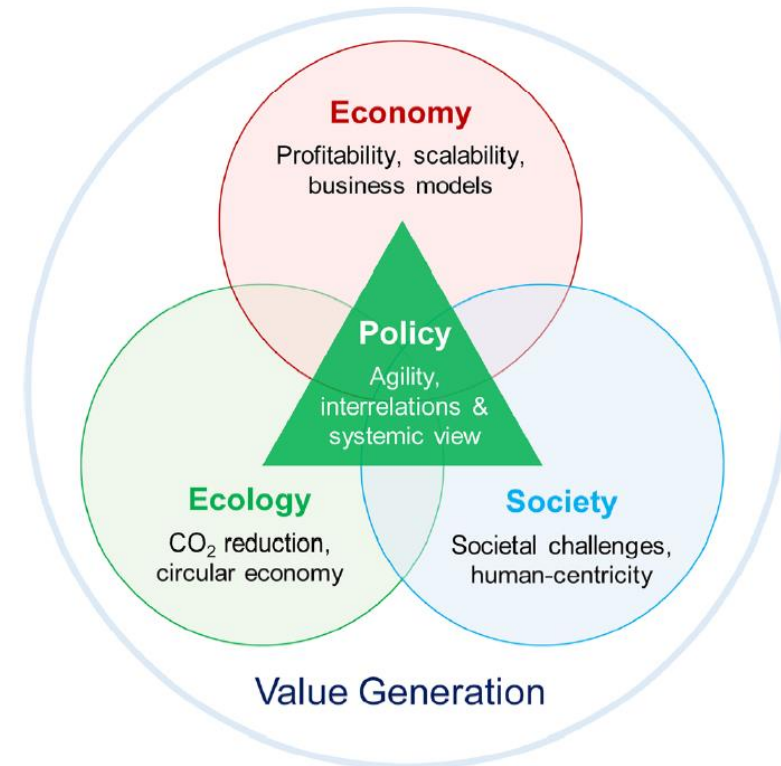
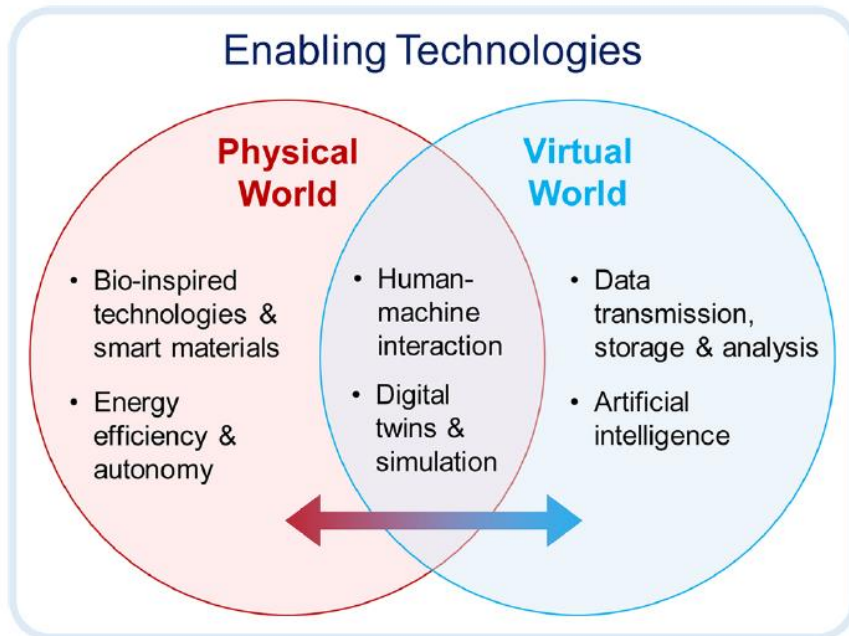
Was ist Industrie 5.0?

- **R & D Trends** deuten erste Bemühungen auf eine **industrielle Neuausrichtung** voraus
- **Fragilität globalisierter Produktion & Lieferketten** bringt neue Probleme (COVID19)
- Umdenken zur **zukunftsicheren, zuverlässigen, nachhaltigen, menschenorientierten** Industrie
- Industrie und Gesellschaft muss näher zusammenrücken um **Anpassungsfähigkeit** und **Nachhaltigkeit** zu gewährleisten
- Menschen zentrierte Produktion zur Ermöglichung **hochspezifizierter Produkte** in **minimalen Chargengrößen**



Source: [LON20], [XU21], [EU21a], [DAS22]

Was ist Industrie 5.0?

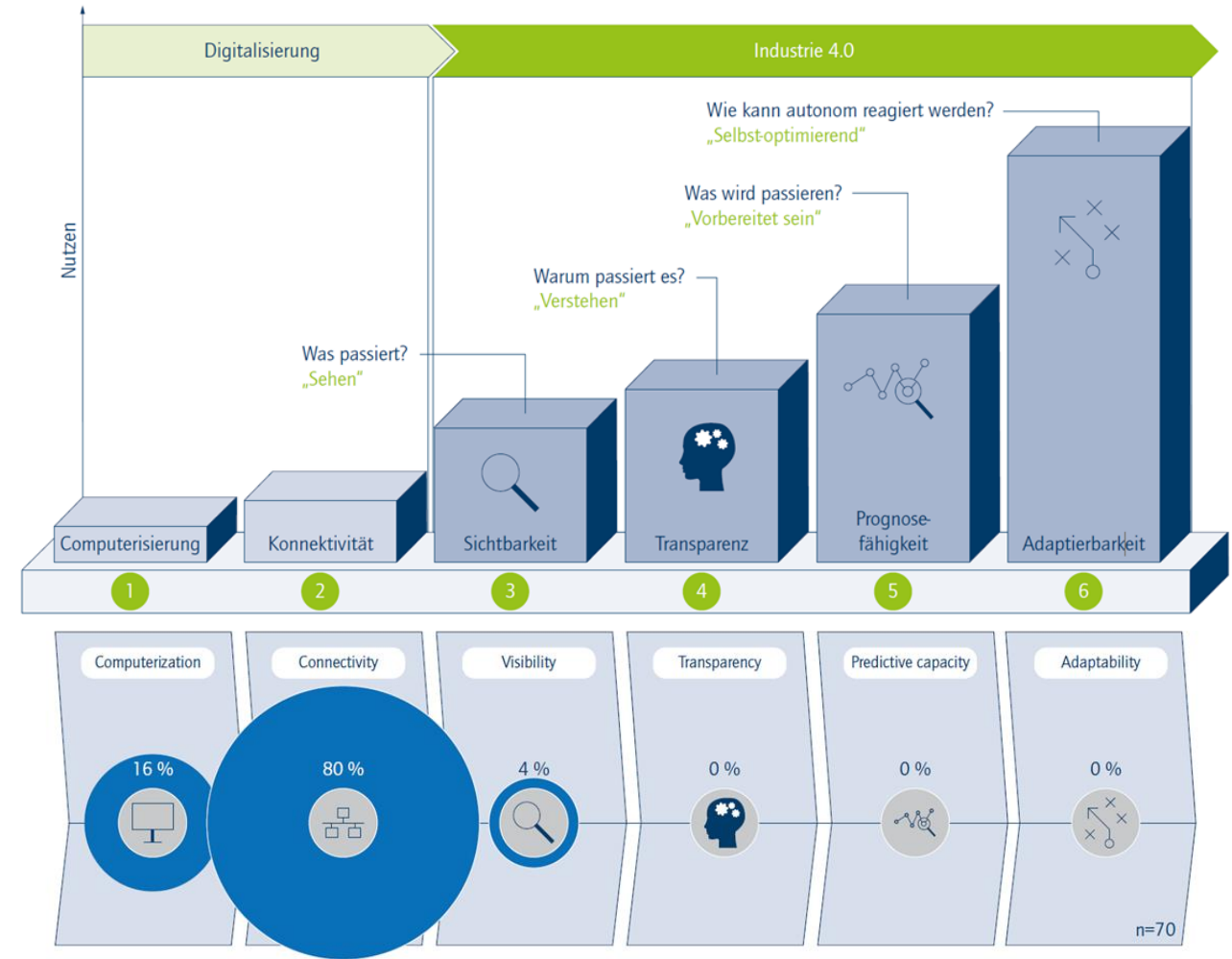


Sind wir nun bereit für die Transition zu neuen industriellen Paradigmen, oder nicht?

Source: [XU21]

Quo vadis Industrie X.0?

- **Eindeutiges JEIN!**
- Die 2020 erhobene Studie der **ACATECH COOPERATION** ermittelte durch einen **Reifegrad Index** den Fortschritt innerhalb Industrie 4.0
- **70 Industrieunternehmen** wurden befragt und drastische Lücken aufgezeigt
- **96% hängen in der Digitalisierung fest**
- **4% sind am Anfang von Industrie 4.0**
- **Was ist nun mit Industrie 5.0?**



Source: [SCH20a], [SCH20b]

Quo vadis Industrie X.0?

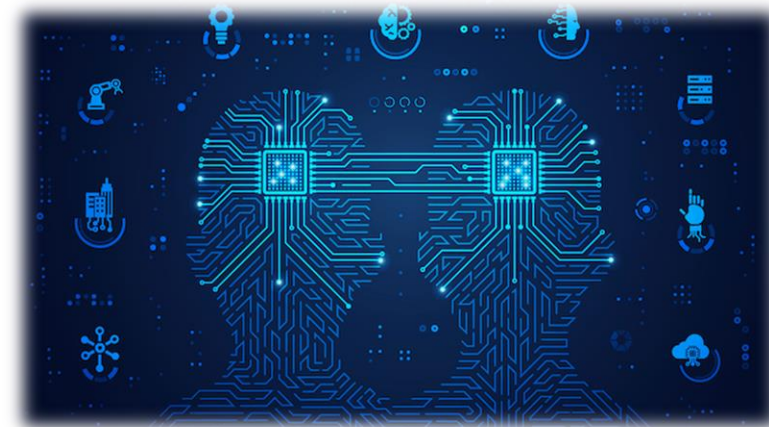
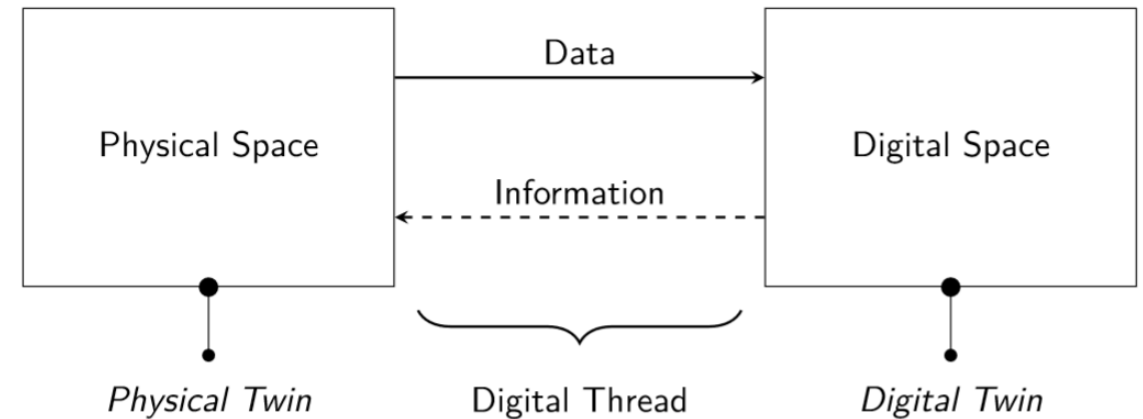
- Industrie 5.0 ist **keine Fortsetzung oder Ersatz** von Industrie 4.0!
- Industrie 5.0 eher als **Komplementär** und **Erweiterung** zu Industrie 4.0
- ABER: **Wandel** der Zeiten und **Anforderungen an Industrie und Gesellschaft**, um **zukunftsorientiert** und **nachhaltig gesellschaftliche** und **umweltliche** Aspekte nicht zu kurz kommen zu lassen
- Die Technologien aus Industrie 4.0 werden größtenteils auch für Industrie 5.0 benötigt, jedoch auf die Kernaspekte für Umwelt und Gesellschaft neu ausgerichtet
- **Techno-Soziale Revolution** welche sich von technologiegetriebener Industrie hin zu einer wertegetriebenen entwickelt

- **Digitale Zwillinge** sind mitunter **Schlüsseltechnologie** für beide revolutionären Ansätze

Source: [EU21a], [XU21], [SCH20b], [PLA40], [KAG22]

Proaktive Digitale Zwillinge

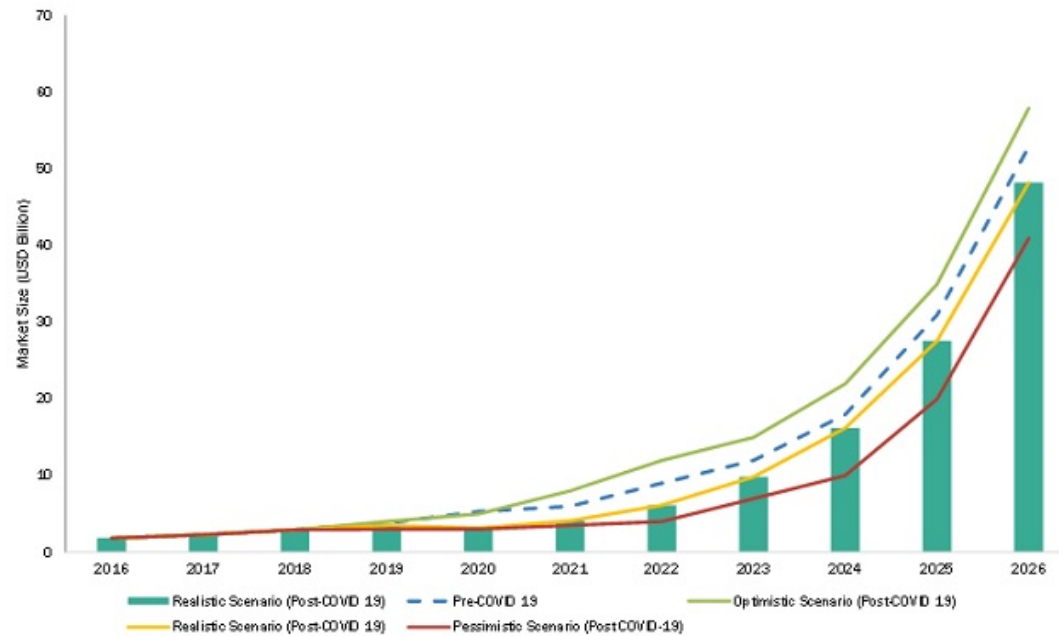
- Use-case getrieben
- Hochtreue vs. stark abstrahierte Repräsentationen
- Einfache **Erweiterbarkeit smarter Funktionalitäten**: Optimierung, Verbesserung, Monitoring, Predictive Maintenance etc.
- Überbrückung zwischen physischem und digitalem Raum
- Realisierung der **OT/IT Konvergenz**
- Aktuell fast ausschließlich passive Repräsentationen: **DTs müssen aktiv und intelligent werden** mittels autonomer Verhandlungen und Ausführung eigener Entscheidungen



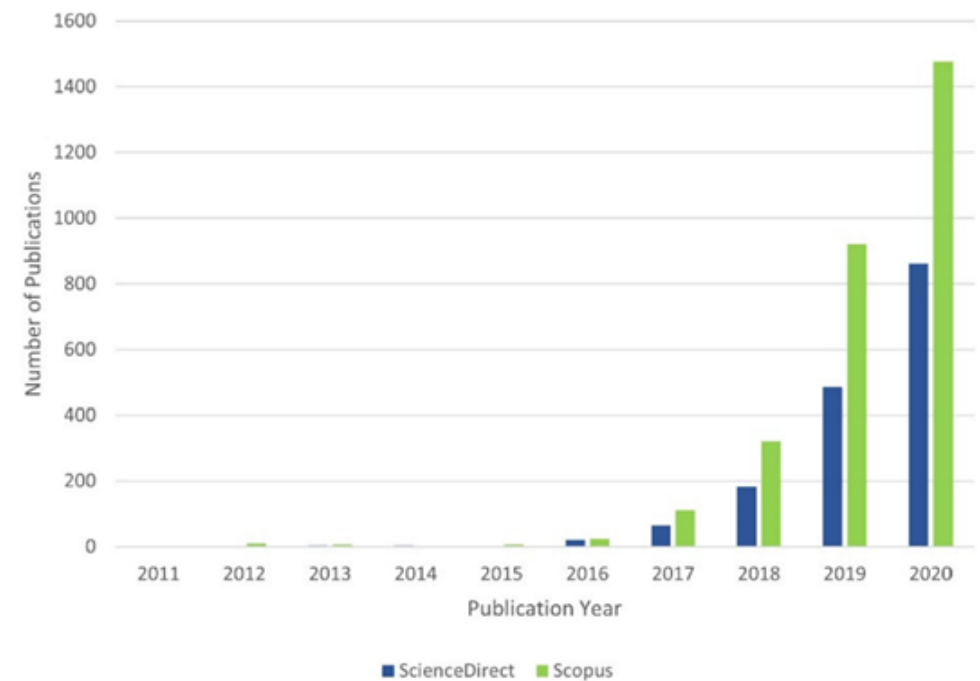
Source: [GRI22], [LEH22a]

Proaktive Digitale Zwillinge

Marktwachstum



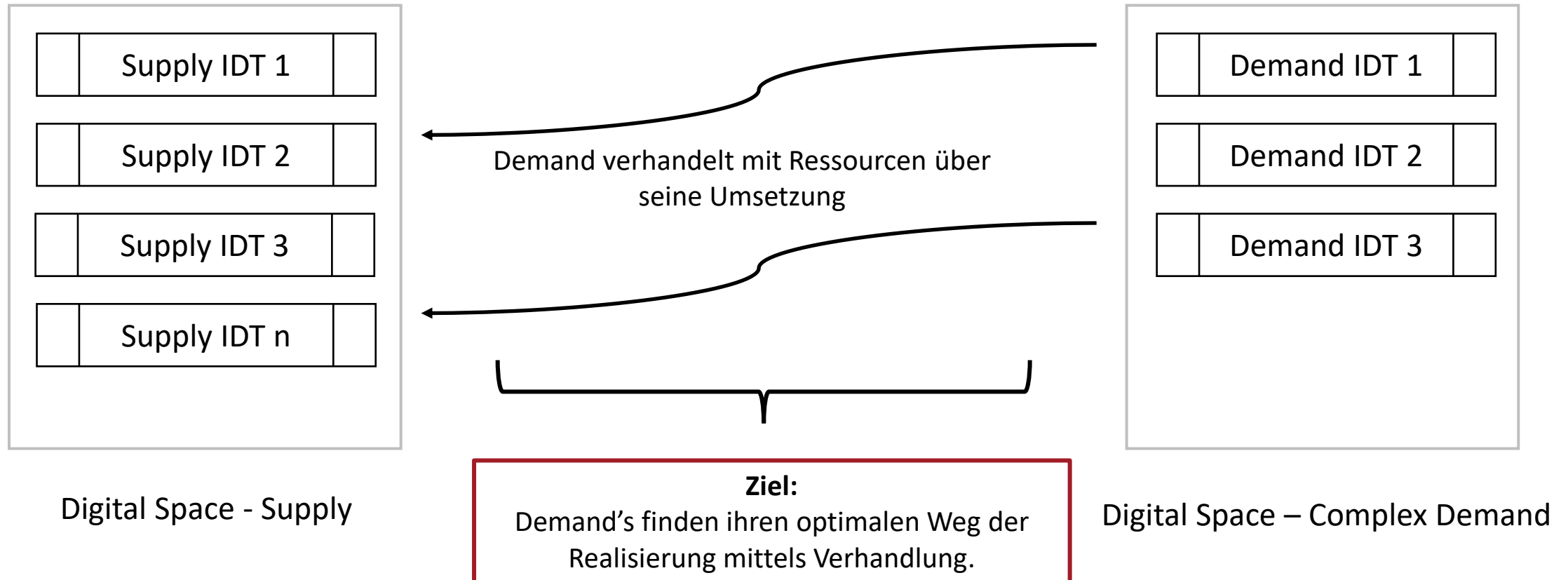
Publikationswachstum



Source: Investor Presentation, Expert Interview, Industry Journal, Magazine, and MarketsandMarkets Analysis

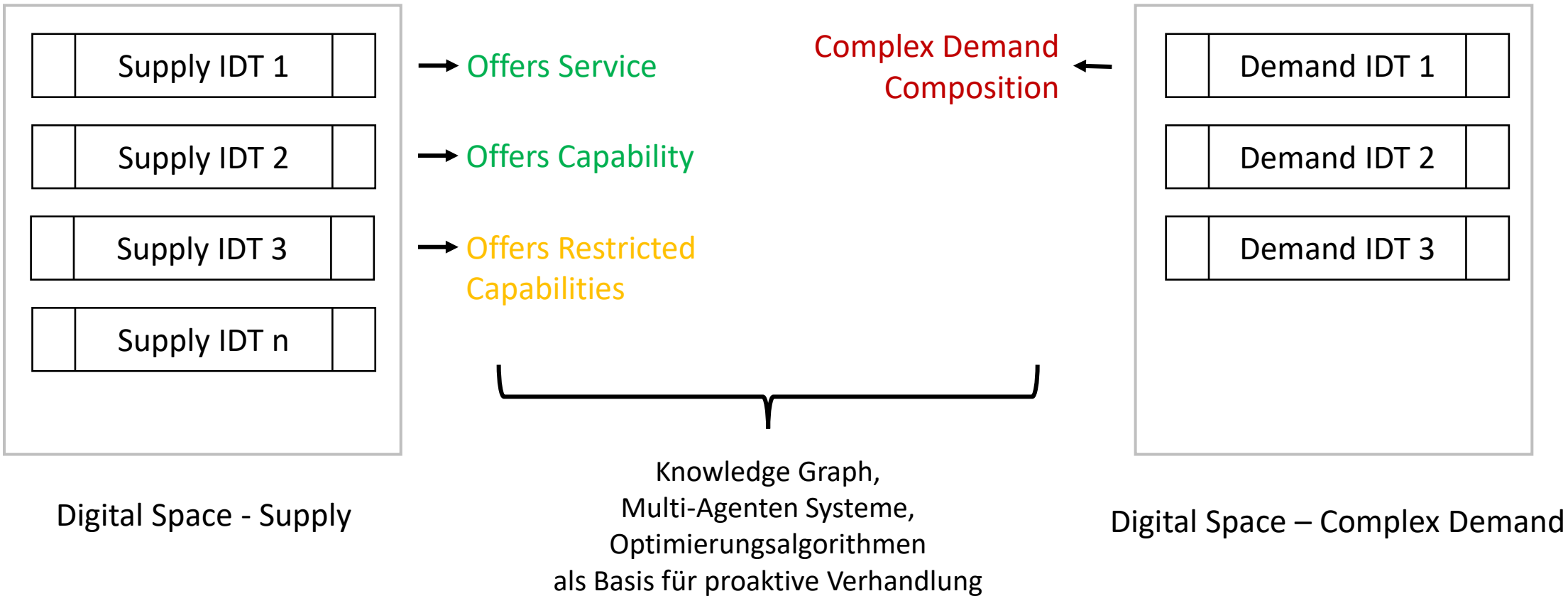
Source: [MAR20], [SIN21]

Proaktive Digitale Zwillinge – Marktplatz Digitaler Zwillinge



Source: [LEH22a], MDPI GriefesPaper

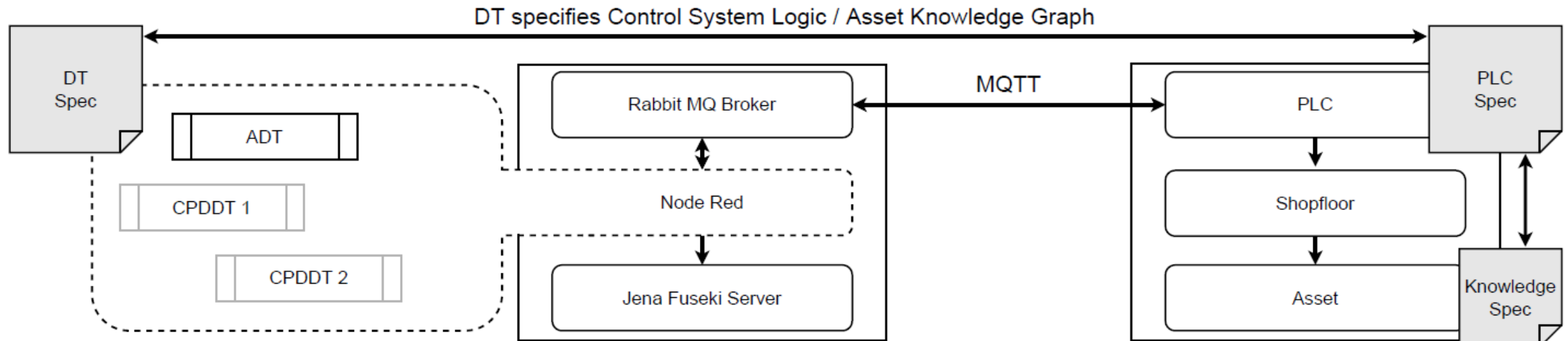
Proaktive Digitale Zwillinge – Marktplatz Digitaler Zwillinge



Source: [LEH22a]

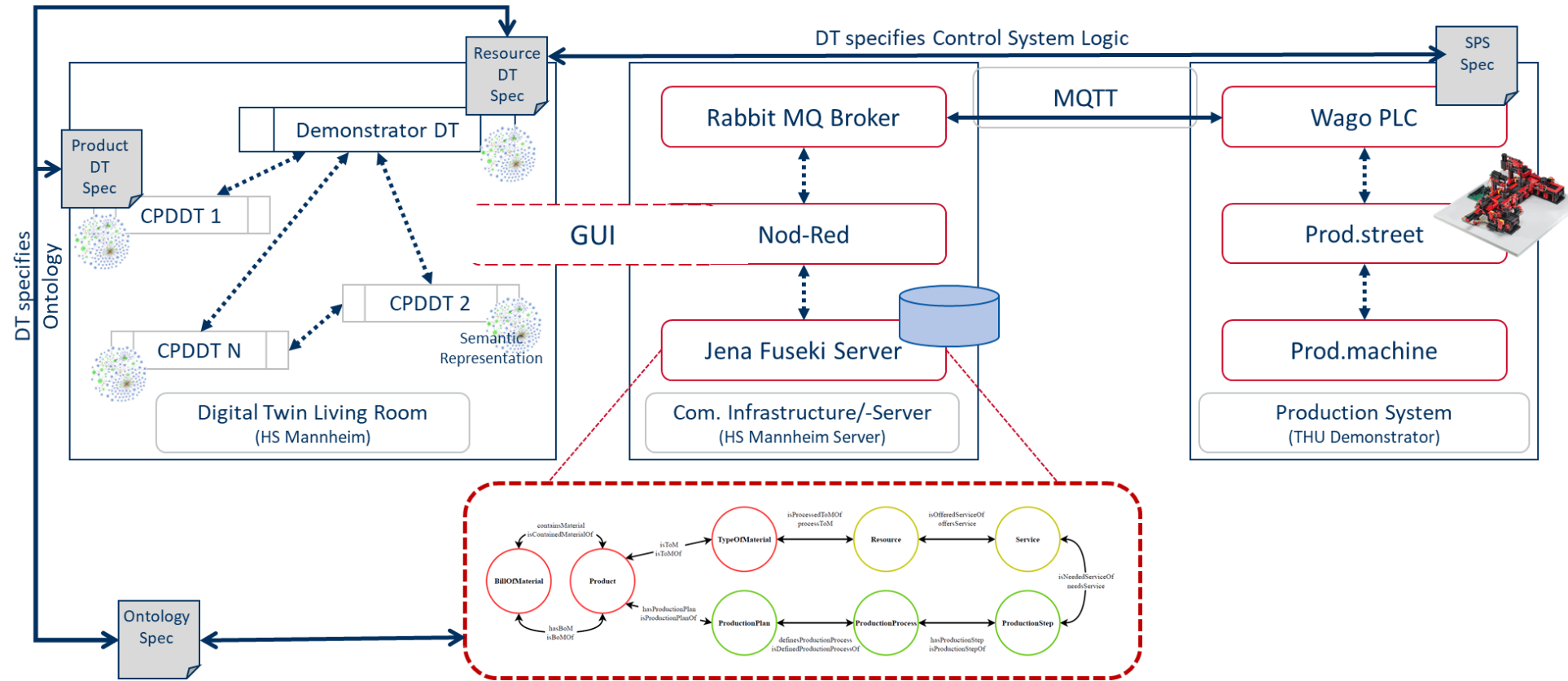
Proaktive Digitale Zwillinge – Marktplatz Digitaler Zwillinge

Konzeptarchitektur basierend auf **Digitalen Zwillingen Spezifikationen**, welche abgeleitet das **Steuerungssystem** und den **Knowledge Graphen** für ein **Skill-basiertes Produktionssystem** spezifizieren.



Source: [LOB22]

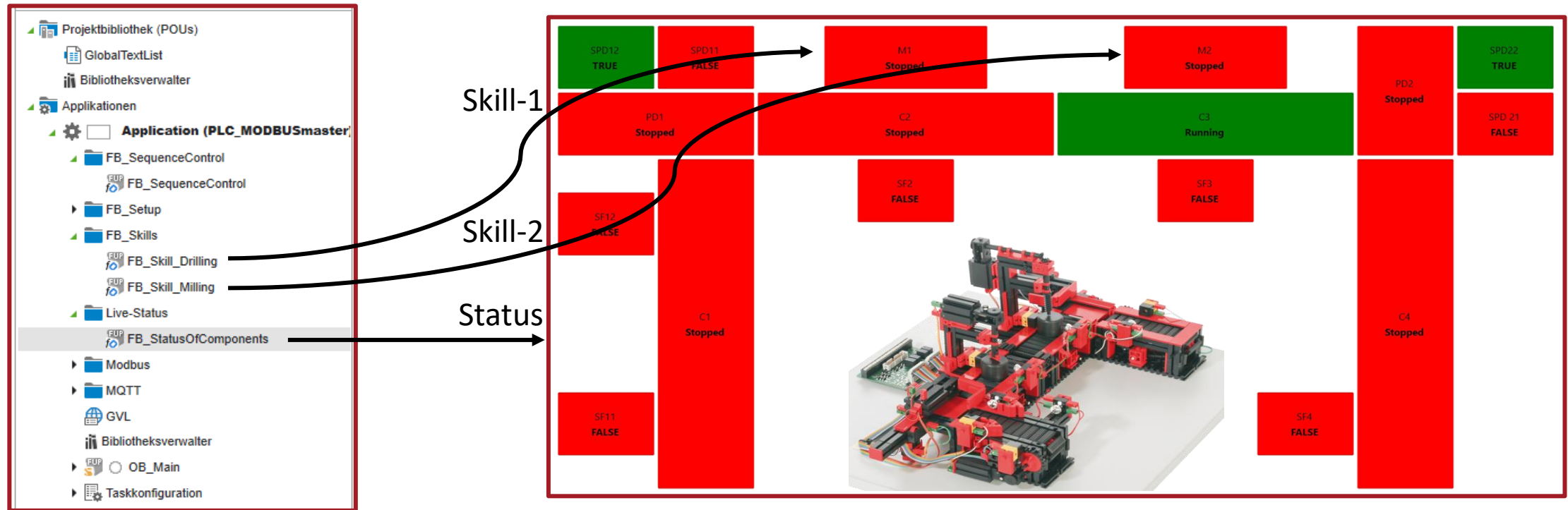
Proaktive Digitale Zwillinge – Marktplatz Digitaler Zwillinge



Source: [LOB22]

Proof of Concept & Validation – Manufacturing & Automation

Skill-basiertes Design der SPS Steuerungslogik als Grundlage für die Erstellung Digitaler Zwillinge



Source: [LOB22]

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Diskussion!

Sources

- [LEH22a] Lehmann, J., Lober, A., Rache, A., Baumgärtel, H., & Reichwald, J. (2022). Collaboration of semantically enriched digital twins based on a marketplace approach. In in Proceedings of the 19th International Conference on Wireless Networks and Mobile Systems-WINSYS, INSTICC. SciTePress (pp. 35-45).
- [LOB22] A. Lober, J. Lehmann, T. Häußermann, J. Reichwald and H. Baumgärtel, "Improving the Engineering Process of Control Systems Based on Digital Twin Specifications," 2022 4th International Conference on Emerging Trends in Electrical, Electronic and Communications Engineering (ELECOM), 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/ELECOM54934.2022.9965259.
- [LEH23a] Lehmann, J.; Schorz, S.; Rache, A.; Häußermann, T.; Rädle, M.; Reichwald, J. Establishing Reliable Research Data Management by Integrating Measurement Devices Utilizing Intelligent Digital Twins. *Sensors* 2023, 23, 468. <https://doi.org/10.3390/s23010468>
- [MOH21] Mohamed, M.A. et al.; 2021; "A Systematic Literature Review on Model-driven Engineering for Cyber-Physical Systems"; DOI: 10.48550/arXiv.2103.08644
- [KIT07] Kitchenham, B.; Charters, S.; 2007; "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering"; DOI: Direct Link: https://www.elsevier.com/__data/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf
- [NIC13] Nickerson, R., Varshney, U. & Muntermann, J. A; 2013; "method for taxonomy development and its application in information systems"; DOI: 10.1057/ejis.2012.26
- [VAL20] Valk, H.V., Haße, H., Möller, F., Arbter, M., Henning, J., & Otto, B. (2020). A Taxonomy of Digital Twins. *Americas Conference on Information Systems*
- [OCK21] F. Ocker, C. Urban, B. Vogel-Heuser, and C. Diedrich, "Leveraging the asset administration shell for agent-based production systems," vol. 54, no. 1, pp. 837–844. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896321009563>
- [SCH20a] Schuh, G. et al.; 2020; "Using the Industrie 4.0 Maturity Index in Industry: Current challenges, case studies and trends"; Direct Link: <https://en.acatech.de/publication/using-the-industrie-4-0-maturity-index-in-industry-case-studies/>
- [SCH20b] Schuh, G. et al.; 2020; "Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies: Update 2020"; Direct Link: <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>

Sources

- [LON20] Longo, F. et al.; 2020; “Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future”; DOI: 10.3390/app10124182
- [EU21a] Europäische Kommission, Generaldirektion Forschung und Innovation, Breque, M., De Nul, L., Petridis, A., Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>
- [DAS22] Dassault Systemes; 2021; Industry 5.0: towards a human-robot symbiosis; <https://www.diota.com/industry-5-0-towards-a-human-robot-symbiosis/>
- [JON19] Jones, E.; Kalantery, N.; Glover, B. Research 4.0: interim report. <https://apo.org.au/node/262636>, 2019. Accessed: 2022-12-06.
- [WIL16] Wilkinson, M.D.; Dumontier, M.; Aalbersberg, I.J.; Appleton, G.; Axton, M.; Baak, A.; Blomberg, N.; Boiten, J.W.; da Silva Santos, 1075 L.B.; Bourne, P.E.; et al. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data* 2016, 1076 3, 160018. Number: 1 Publisher: Nature Publishing Group, <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>.
- [PAN14] Pang, C.; Szafron, D. Single source of truth (SSOT) for service-oriented architecture (SOA). In *Proceedings of the International 1097 Conference on Service-Oriented Computing*. Springer, 2014, pp. 575–589.
- [GRI22] M. Grieves, “Intelligent digital twins and the development and management of complex systems,” vol. 2, p. 8. [Online]. Available: <https://digitaltwin1.org/articles/2-8/v1>
- [KIE22] Silvia Kienberger, Dr.; 2022; Simulationsbasierte Digital Twins; <https://www.it-daily.net/it-management/digitalisierung/simulationsbasierte-digital-twins>
- [KAG22] Kagermann, Henning, and Wolfgang Wahlster. 2022. "Ten Years of Industrie 4.0" *Sci* 4, no. 3: 26. <https://doi.org/10.3390/sci4030026>
- [PLA18] Plattform Industrie 4.0; RAMI 4.0 Ein Orientierungsrahmen für die Digitalisierung; 2018; <https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/rami40-eine-einfuehrung.html>

Sources

- [BAU22] Baumgärtel, H. The role of Semantics and Semantic Web Technologies for Digital Twins in Industry 4.0 Systems; Workshop 370 Management for Industry 4.0; IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium (NOMS), Budapest, Hungary, 25–29 April 2022. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29731.73761>, 2022. Accessed on 05 December 2022.
- [PLA40] Plattform Industrie 4.0; Was ist Industrie 4.0?; <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>
- [XU21] Xun Xu, Yuqian Lu, Birgit Vogel-Heuser, Lihui Wang; Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception; Journal of Manufacturing Systems; 2021; <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.
- [MAR20] Markets & Markets; Digital Twins - Global Forecast to 2026; 2020 https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html?gclid=Cj0KCQiAq5meBhCyARIsAJrtdr5mxOsNKhzMvVocJRbN5v6ObdvuN8x0qmbhJBd83AZG90SS9qBmHzEaApi0EALw_wcB
- [SIN21] Singh, M., Fuenmayor, E., Hinchy, E., Qiao, Y., Murray, N., & Devine, D. (2021). Digital Twin: Origin to Future. In Applied System Innovation (Vol. 4, Issue 2, p. 36). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/asi4020036>