

## Zusammenfassung

Die kollaborative Nutzung von Daten gewinnt in der Industrie zunehmend an Bedeutung und erfordert die verstärkte Berücksichtigung von Interoperabilitäts- und Datensouveränitätsaspekten. Mithilfe der kollaborativen Nutzung von Daten entstehen neue, datenbasierte Geschäftsmodelle, die zu einer Optimierung von Wertschöpfungsprozessen führen und somit die Grundlage für neue Einnahmequellen darstellen. Dabei spielen insbesondere verteilte Systeme eine entscheidende Rolle, die durch die gemeinsame Nutzung von Daten und Geräten geprägt sind und eine engere Kommunikation der beteiligten Akteure untereinander erlauben. Gleichzeitig kommt es im Zuge der stetigen Weiterentwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien im Kontext des Internets der Dinge zur Entstehung neuer Konzepte, die eine strukturierte Abbildung von Daten ermöglichen. Dazu gehören vor allem digitale Zwillinge, die im Wesentlichen eine ganzheitliche digitale Repräsentation eines Anlageguts entlang dessen gesamten Lebenszyklus erlauben. Digitale Zwillinge bieten ein erhebliches Potenzial für die Nutzung in verteilten Systemen und bilden eine geeignete Grundlage, um insbesondere Lebenszyklusdaten eines Anlageguts kollaborativ zu nutzen. Studien gehen zwar von einer verstärkten Nutzung von digitalen Zwillingen in unternehmensübergreifenden Netzwerken aus, jedoch werden diese weiterhin überwiegend als rein unternehmensinternes Konzept genutzt. Wesentliche Gründe dafür liegen zum einen in einem fehlenden einheitlichen Verständnis von digitalen Zwillingen. Zum anderen gibt es derzeit kein ausreichendes präskriptives Wissen zur Gestaltung von digitalen Zwillingen, die in verteilten Systemen genutzt werden können.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation werden daher Gestaltungsprinzipien entwickelt, die die Implementierung von digitalen Zwillingen für verteilte Systeme erheblich unterstützen. Eine Grundlage für die Entwicklung der Gestaltungsprinzipien bildet die Durchführung einer umfassenden Interviewreihe mit Industrieexperten aus Branchen, die insgesamt alle relevanten Akteure einer Wertschöpfungskette repräsentieren. Eine weitere Grundlage zur Entwicklung der Gestaltungsprinzipien bildet eine bestehende Instanziierung eines verteilten digitalen Zwillings, die im Rahmen der Vorarbeiten dieser Dissertation entwickelt wurde. Die Gestaltungsprinzipien für verteilte digitale Zwillinge bilden das Hauptartefakt dieser Dissertation. Für die konzeptionelle Strukturierung der Gestaltungsprinzipien wird zusätzlich eine Taxonomie entwickelt, die die grundlegenden Dimensionen und Charakteristika von digitalen Zwillingen abbildet. Dies erlaubt eine umfangreiche deskriptive Beschreibung von digitalen Zwillingen im Allgemeinen sowie die Einordnung von verschiedenen Ausprägungen eines digitalen Zwillings zur Identifizierung von Archetypen.

Zielgruppe dieser Dissertation sind vor allem Wissenschaftler und Praktiker, die sich mit digitalen Zwillingen im Allgemeinen sowie mit deren Nutzung in kollaborativen Netzwerken befassen. Zusätzlich befasst sich diese Dissertation mit einer Instanziierung auf Basis der Verwaltungsschale der Plattform Industrie 4.0, sodass auch in diesem Kontext Wissenschaftler und Praktiker neue Erkenntnisse gewinnen können. Des Weiteren erlaubt diese Dissertation detaillierte Einblicke in die praktische Entwicklung von Taxonomien und insbesondere von Gestaltungsprinzipien.



## Abstract

The collaborative utilization of data becomes increasingly important in the industry and requires increased consideration of interoperability and data sovereignty aspects. With the help of the collaborative usage of data, new, data-based business models emerge that result in an optimization of value creation processes and thus form the basis for new sources of revenue. Distributed systems in particular play a decisive role in this context, which allow closer communication between the players involved and are characterized by the shared use of data and devices. At the same time, in the course of the constant further development of information and communication technologies in the context of the Internet of Things, new concepts emerge that enable a structured mapping of data. These include Digital Twins, which primarily allow a holistic digital representation of an asset along its entire lifecycle. Digital Twins offer significant potential for distributed systems and form a suitable basis for the collaborative utilization of an asset's lifecycle data in particular. Although studies assume an increased use of Digital Twins in cross-company networks, they are still predominantly used as a purely company-internal concept. The main reasons for this are, on the one hand, the lack of a common understanding of Digital Twins. On the other hand, there is currently an absence of sufficient prescriptive knowledge on the design of Digital Twins that enable their deployment in distributed systems.

The objective of the present dissertation is therefore to develop design principles that significantly support the implementation of Digital Twins for distributed systems. Basis for the development of the design principles is the execution of a comprehensive series of interviews with industry experts from sectors that overall represent all relevant actors of a value chain. Another foundation for developing design principles is an established instantiation of a distributed Digital Twin, which was developed as part of the preliminary work for this dissertation. The design principles for distributed Digital Twins represent the main artifact of this dissertation. Additionally, for the conceptual structuring of the design principles, this dissertation deals with the development of a taxonomy that maps the basic dimensions and characteristics of Digital Twins. This allows a comprehensive descriptive specification of Digital Twins in general as well as the classification of different manifestations of a Digital Twin for the identification of archetypes.

The target group of this dissertation are primarily scientists and practitioners who are concerned with Digital Twins in general as well as with their use in collaborative networks. In addition, this dissertation deals with an instantiation based on the Asset Administration Shell of the German Initiative Plattform Industrie 4.0, allowing scientists and practitioners to gain new insights in this context as well. Furthermore, this dissertation enables detailed insights into the practical development of taxonomies and design principles in particular.