

Der Digitale Zwilling in Wald und Holz 4.0

Bedeutung, Struktur, Perspektiven, Umsetzung

Ein KWH4.0-Standpunkt - Kurzfassung

07.03.2019

Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0
c/o RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Projektkoordination)
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 20
D-44227 Dortmund
www.kwh40.de

Kontakt

Kompetenzzentrum Wald und Holz 4.0
 c/o RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Projektkoordination)
 Joseph-von-Fraunhofer-Straße 20
 D-44227 Dortmund
 www.kwh40.de

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Frank Heinze
 Tel. +49 (0) 231 9700-781
 frank.heinze@rt.rif-ev.de

Autoren



RIF Institut für Forschung und Transfer e.V. (Kordinator)
 Geschäftsführer: Dipl.-Inf. Michael Saal
 Joseph-von-Fraunhofer Str. 20, 44227 Dortmund



Werkzeugmaschinenlabor (WZL), RWTH Aachen
 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher
 Steinbachstraße 19, 52074 Aachen



Institut für Mensch-Maschine-Interaktion (MMI), RWTH Aachen
 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Roßmann
 Ahornstraße 55, 52074 Aachen



Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), RWTH Aachen
 Institutsleiterin: Prof. Dr.-Ing. Verena Nitsch
 Bergdriesch 27, 52062 Aachen

Landesbetrieb Wald und Holz
 Nordrhein-Westfalen



Wald und Holz NRW, Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald
 Forstliches Bildungszentrum für Waldarbeit und Forsttechnik
 Leitung: FD Thilo Wagner
 Alter Holzweg 93, 59755 Arnsberg

Förderhinweis

Dieses Vorhaben wird gefördert durch das Land Nordrhein-Westfalen unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE).



EFRE.NRW
 Investitionen in Wachstum
 und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION
 Investition in unsere Zukunft
 Europäischer Fonds
 für regionale Entwicklung

Version	Datum	Seiten	Änderungen
1.0	07.03.2019	Alle	Initialer Entwurf

Der Digitale Zwilling in Wald und Holz 4.0

Dieser KWH4.0-Standpunkt fasst Bedeutung, Struktur, Perspektiven und Umsetzung des Digitalen Zwillings im Wald und Holz 4.0-Kontext im Überblick zusammen.

1 Was ist ein Asset?

Ein Asset ist eine „Entität, die einen wahrgenommenen oder tatsächlichen Wert für eine Organisation hat und der Organisation gehört oder von ihr individuell verwaltet wird“¹. Es werden materielle und immaterielle Assets unterschieden. Materielle Assets wie z.B. Produkte und Produktionsanlagen (oder auch Teile hiervon) sowie Arbeitskräfte sind Teil der physischen Welt. Immaterielle Assets wie Daten, Datenmodelle und Simulationsmodelle sind Teil der Informationswelt. Konkrete Beispiele für Assets im Forstbereich sind somit Harvester, Bäume, Waldboden, Waldarbeiter, Maschinenbuchführungssysteme oder Baumartenkarten.

2 Was ist ein Digitaler Zwilling?

Abbildung 2-1 skizziert die Grundidee des Digitalen Zwillings (DZ). Der DZ ist ein virtuelles Abbild eines realen Assets. Digitale Modelle entstehen im Rahmen der Entwicklung und werden im Betrieb kontinuierlich aktualisiert. Die Verknüpfung mit realen Betriebsdaten machen den DZ „lebendig“.

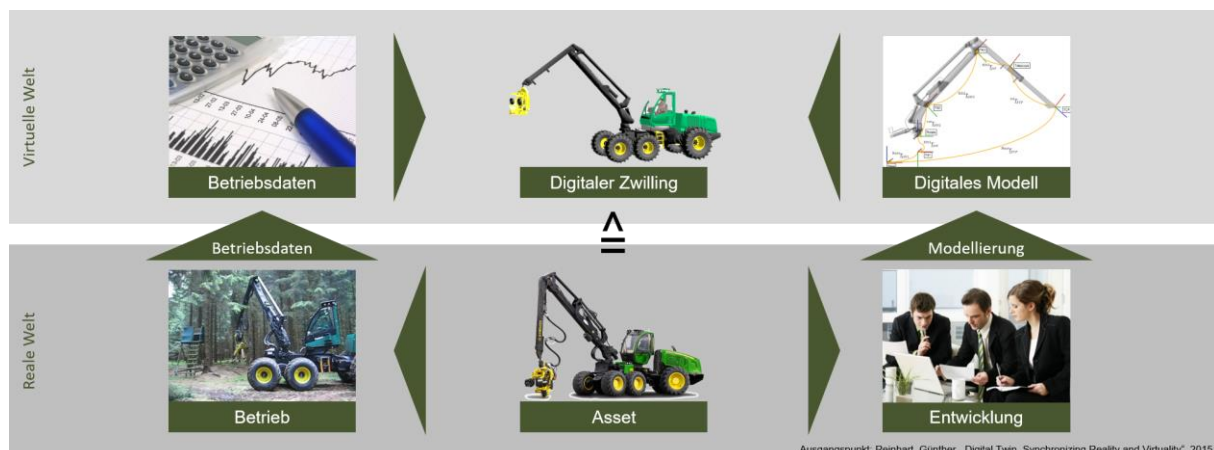


Abbildung 2-1: Die Grundidee des Digitalen Zwillings

Der DZ hilft bei der Digitalisierung von Assets, Systemen und Prozessen. Mit ihm wird eine Abstraktionsebene eingeführt, mit der Assets anschaulich beschrieben (konzeptuelles Modell) und formal abstrakt spezifiziert (konkretes Modell) werden können. Unterschiedliche Anwendungsszenarien/Geschäftsfälle (Steuerung/Regelung, Bedienung, Vernetzung, Wartung ...) führen hierbei zu unterschiedlichen **Perspektiven** auf ein und denselben DZ.

Die möglichen Bestandteile eines DZ sind in Abbildung 2-2 abgebildet. Ein DZ kann digitale Modelle (z.B. Geometrie, Mechanik, Elektrik ...) seines Assets umfassen und mittels Simulation die Prognose des Verhaltens seines Assets ermöglichen. Ein DZ kann die im Betrieb seines Assets entstehenden Betriebsdaten verwalten. Er kann die von ihm zur Verfügung gestellten Funktionen und Dienste, seine Kommunikationsfähigkeiten (Schnittstellen zu anderen ...) und seine Attribute (Name, Typ ...) beschreiben. Gleiches gilt für die Steuerung des Assets und die Benutzerschnittstelle.

¹ Siehe Glossar Plattform Industrie 4.0 (<https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Service/Glossar/Functions/glossar.html>)

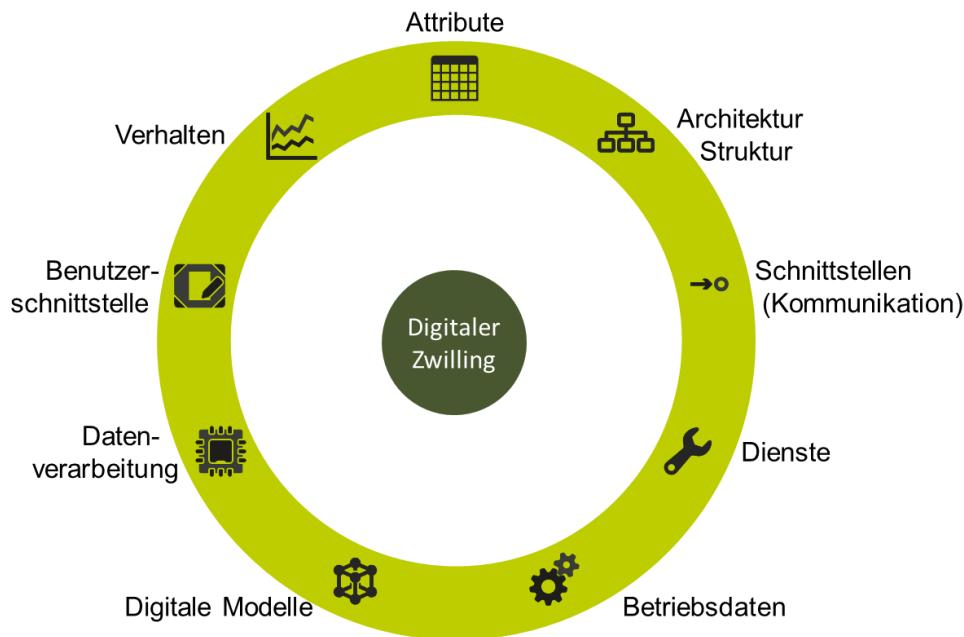


Abbildung 2-2: Die möglichen Bestandteile eines Digitalen Zwillings

3 Was ist eine Wald und Holz 4.0-Komponente?

WH4.0 und damit auch dieser Text fokussieren auf die Digitalisierung und Vernetzung von Assets. Die Kombination eines Assets mit seinem DZ wird als WH4.0-Komponente bezeichnet (siehe Abbildung 4-1). Eine WH4.0-Komponente ist ein weltweit eindeutig identifizierbarer, kommunikationsfähiger Teilnehmer mit digitaler Verbindung zu einem WH4.0-System, der dort Dienste mit definierten Eigenschaften anbietet². Im Fall von materiellen Assets ist eine WH4.0-Komponente damit ein Cyber-Physisches System (CPS), also ein „System, das reale (physische) Objekte und Prozesse verknüpft mit informationsverarbeitenden (virtuellen) Objekten und Prozessen über offene, teilweise globale und jederzeit miteinander verbundene Informationsnetze“³. Ein WH4.0-System ist entsprechend ein „System aus WH4.0-Komponenten, das einem bestimmten Zweck dient, definierte Eigenschaften aufweist und standardisierte Dienste und Zustände unterstützt“⁴.

4 Der Digitale Zwilling als Knoten im IoTSP

Um an ein solches Netzwerk aus WH4.0-Komponenten angeschlossen zu sein, muss jeder DZ nicht nur mit seinem jeweiligen Asset, sondern auch mit dem WH4.0-System kommunizieren können. Abbildung 4-1 erweitert vor diesem Hintergrund Abbildung 2-1. DZ interagieren miteinander und mit den Akteuren und sind über die Informationswelt des Internets der Dinge, Dienste und Personen (engl. Internet of Things, Services and Persons, IoTSP) zu einem Netzwerk zusammengefasst. Ein DZ repräsentiert sein zugeordnetes Asset im IoTSP. Unabhängig davon, ob ein Fahrer seine Maschine steuern möchte, ein Leitsystem Auftrags- und Statusdaten austauscht oder Dritte aktuelle Gefährdungshinweise benötigen/ergänzen, erfolgt jede Kommunikation über den DZ. Der DZ ist der „Mediator zwischen Mensch und Maschine“ sowie zwischen den Maschinen. Er ermöglicht z.B. dem Fahrer die effiziente und effektive Bedienung der Maschine und stellt den sicheren Betrieb der Maschine sicher. Darüber hinaus kann

² Analog zur Definition der I4.0-Komponente im Glossar der Plattform Industrie 4.0.

³ Siehe Glossar Plattform Industrie 4.0

⁴ Analog zur Definition des I4.0-Systems im Glossar der Plattform Industrie 4.0.

der DZ der Maschine auch selbst mit (den Digitalen Zwillingen) seiner Umgebung kommunizieren. Hierdurch stehen ihm zu jeder Zeit alle relevanten Informationen zur Planung, Durchführung, Auswertung, Unterstützung und Optimierung durchzuführender Prozessschritte zur Verfügung.

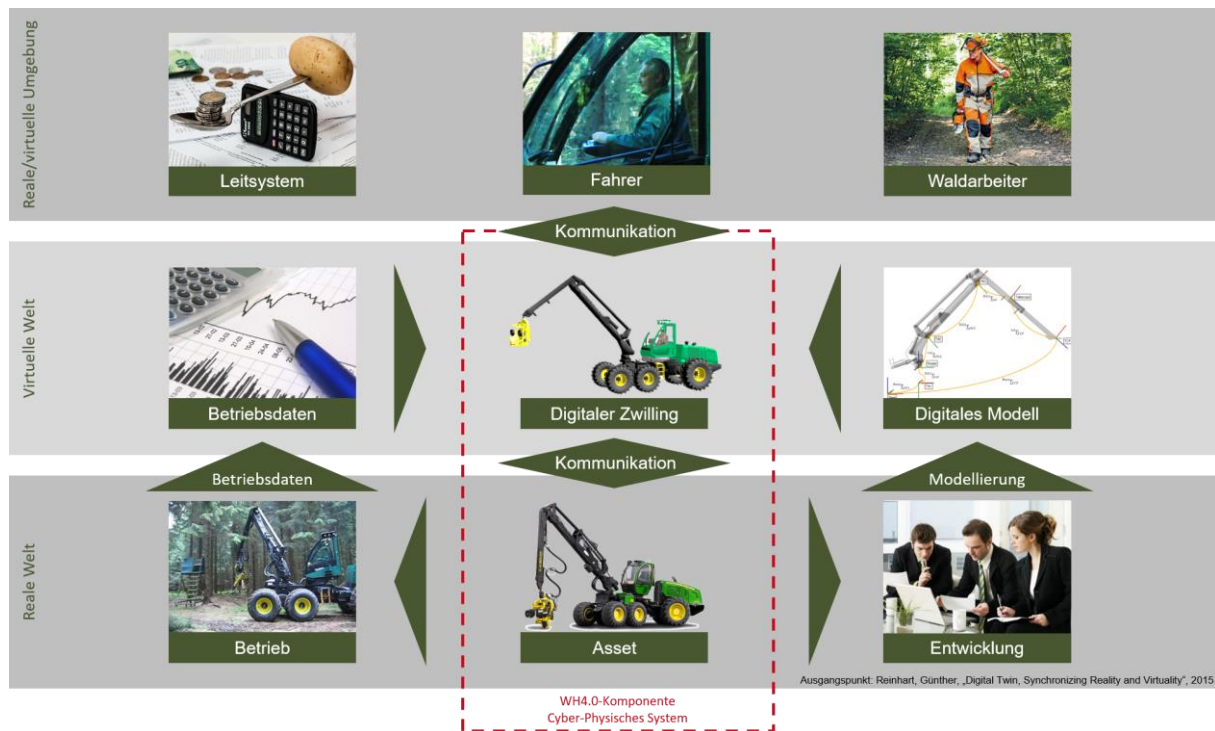


Abbildung 4-1: Der Digitale Zwilling und seine Vernetzung

Je nach Geschäftsvorfall oder Prozess werden konkrete Netzwerke konfiguriert. DZ werden so zu Knoten im IoTSP und stellen jeweils Berechtigten die (Zustands-) Daten und Dienste der jeweiligen Assets zur Verfügung. In Abbildung 4-2 ist der DZ der Forstmaschine vereinfacht in einem Netzwerk dargestellt. Direkte physische Interaktionen finden zwischen den Assets statt. Die DZ kommunizieren untereinander und mit ihren jeweiligen Assets.

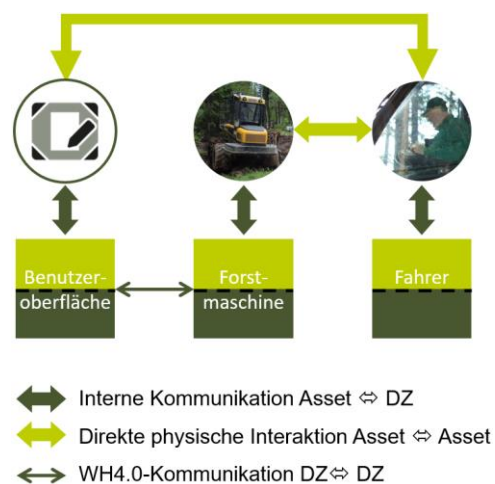


Abbildung 4-2: Vereinfachte Darstellung eines Ausschnitts des Netzwerks der Digitalen Zwillinge⁵ aus Abbildung 4-1

Abbildung 4-3 illustriert diese Vernetzung am Beispiel einer Erntemaßnahme mit einem Harvester, einem zufälligen Waldarbeiter, einem LKW zum Holztransport, einem Sägewerk als Abnehmer und einem Waldbesitzer als Lieferanten. Im Gegensatz zu Abbildung 4-2 sind die jeweiligen Interaktionen

⁵ Auf der linken Seite ist der DZ „Benutzeroberfläche“ abgebildet, der über sein Asset „berührungsempfindlicher Bildschirm“ bzw. „Smartphone“ mit dem Benutzer (physikalisch z.B. durch Tippen) interagiert.

der menschlichen Assets vereinfacht dargestellt, indem Benutzeroberflächen vernachlässigt werden. Das Ergebnis dieses Netzwerks ist eine Abkehr von bisherigen zentralistisch geprägten Architektur-Ansätzen hin zu flexibel konfigurierbaren dezentralen Strukturen. Die Verwendung des DZ stellt damit die bisherigen Architektur-Ansätze zur Prozessintegration der Holzernte „auf den Kopf“⁶.

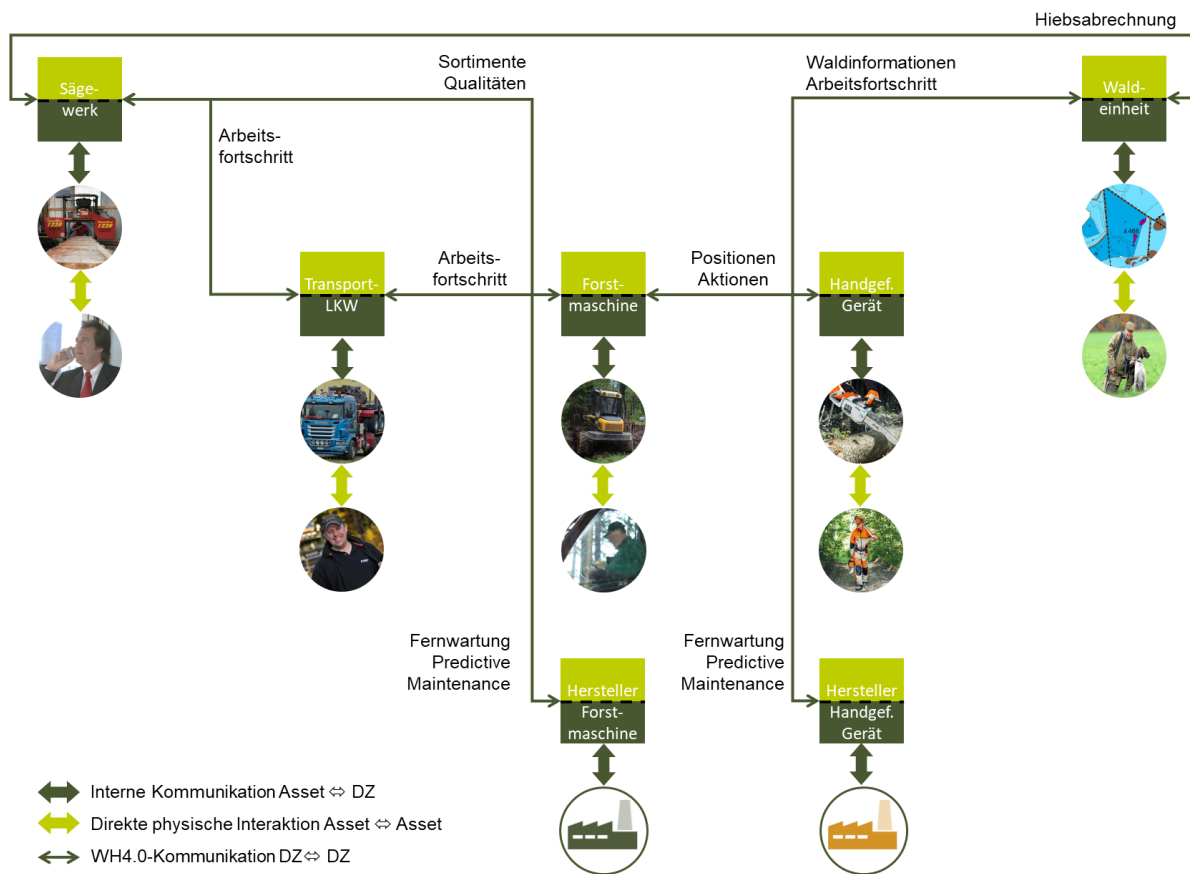


Abbildung 4-3: Beispielhaft konfiguriertes Wertschöpfungsnetzwerk zur Durchföhrung einer Erntemaßnahme

5 Die Spezifikation des Digitalen Zwillings

Es empfiehlt sich, die Spezifikation eines Digitalen Zwillings zunächst auf der in Abschnitt 2 eingeföhrten abstrakten Ebene durchzuföhren. Hierbei wird zunächst die zugeordnete WH4.0-Komponente in mehreren Iterationen mit steigender Detaillierung beschrieben. Die domänenspezifische Ausgestaltung und technische Umsetzung erfolgen anschließend. Die Vorgehensweise ist wie folgt:

- 1) Identifikation relevanter Geschäftsfälle
- 2) Identifikation relevanter Assets
- 3) Überblicksinformationen für jedes Asset und seine WH4.0-Komponente zusammenstellen und Blick auf die Vernetzung werfen
- 4) Detailinformationen zur WH4.0-Komponente zusammenstellen
- 5) Formale Spezifikation der Digitalen Zwillinge erstellen

Die Schritte 1-3 liefern einen ersten Überblick über die beteiligten Assets und deren Vernetzung. Die Schritte 1-4 betrachten die Assets und deren WH4.0-Komponenten auf einer informellen Ebene. Erst

⁶ Bislang wurde zunächst die übergeordnete Anwendung als Softwaresystem spezifiziert und als Ganzes umgesetzt. Durch die Nutzung von DZ entsteht die „Anwendung“ – das Wertschöpfungsnetzwerk – durch die Zusammenschaltung der Digitalen Zwillinge und einer verteilten Prozesslogik.

in Schritt 5 werden die DZ konkret spezifiziert. Zur Durchführung dieser fünf Schritte stellt die ausführliche Version dieses KWH40-Standpunkts geeignete Formulare zur Verfügung.

5.1 Identifikation relevanter Geschäftsfälle

Assets werden abhängig von relevanten Geschäftsfällen genauer spezifiziert. Hierzu wird ein Asset aus der Perspektive unterschiedlicher Anwendungsszenarien (Steuerung/Regelung, Bedienung, Einkauf, Verkauf, Wartung, ...) betrachtet. Durch jede Perspektive entstehen neue Anforderungen an den Umfang des DZ des Assets. Grundlage für die weiteren Betrachtungen ist eine Auflistung der jeweils relevanten Geschäftsfälle.

5.2 Identifikation relevanter Asset-Typen und -Instanzen

In diesem Schritt wird die Frage beantwortet, welche Assets überhaupt relevant sind. Deren Beschreibung beginnt mit einer Auflistung der Asset-Typen und -Instanzen. Zu jedem Typ (z.B. „Baum“ oder „Harvester“) können mehrere Instanzen (z.B. „Harvester1“ oder „Harvester2“) existieren.

5.3 Das Asset und seine WH4.0-Komponente im Überblick

Jedes Asset und seine WH4.0-Komponente wird nun aus der Perspektive jedes identifizierten Geschäftsfalls betrachtet. Die konkrete technische Umsetzung ist zunächst nicht relevant.

Zunächst werden Aufgaben, Attribute, Ein-/Ausgänge, Komponenten und Detailinformation identifiziert. Es wird ermittelt, welche **Aufgaben** von der WH4.0-Komponente übernommen werden (z.B. Holzlieferant, CO₂-Speicherung, Erholung für einen Baum). Anschließend werden die **Attribute** erfasst. Als Attribute werden das Asset kennzeichnende und meist von außen sichtbare Parameter (Länge, Gewicht, ...) ebenso wie seinen aktuellen Zustand kennzeichnende Zustandsgrößen (Temperatur, Feuchtigkeit) bezeichnet. Parameter kennzeichnen hierbei grundlegende Eigenschaften des Assets. Die Zustandsgrößen verändern sich in seinem Lebenszyklus durch Prozesse (gewollt oder ungewollt).

Die Interaktion des Assets mit seiner Umgebung wird durch **Ein-/Ausgänge** beschrieben. Dies umfasst sowohl die physische Interaktion (z.B. Energie-/Stoffflüsse oder Kontakte zwischen Assets) als auch die Interaktion auf IT-Ebene. Für die Interaktion auf IT-Ebene werden im Bereich **Eingänge** die der WH4.0-Komponente übermittelten Ereignisse und die von dieser genutzten Daten und Dienste zusammengestellt. Ereignisse können z.B. ein Notruf oder ein Fällschnitt sein. Im Bereich **Ausgänge** werden von der WH4.0-Komponente zur Verfügung gestellte Ereignisse, Daten und Dienste aufgeführt. Dienste sind hier z.B. die Analyse von Daten, die Vorhersage von Entwicklungen oder die Durchführung konkreter Prozessschritte (Baum fällen, Fahrbewegung durchführen ...).

Als **Komponenten** werden ggf. relevante Teilkomponenten aufgelistet. Jede Teilkomponente kann wieder eine eigene WH4.0-Komponente darstellen. Zuletzt werden **Detailinformationen** beschrieben, die bereits zur Verfügung stehende Daten, Modelle u.ä. zur jeweiligen WH4.0-Komponente ergänzen.

5.4 Die WH4.0-Komponente als „Black Box“

Die **Attribute** werden in diesem Schritt weiter ausdetailliert, evtl. werden weitere ergänzt und ihre **Sichtbarkeit** wird angegeben. Hierbei können die allgemeinen Stufen „privat“ und „öffentlich“ oder auch Verfeinerungen wie z.B. „firmenintern“, „für Kunden sichtbar“ oder „allgemein zugänglich“ unterschieden werden. Insgesamt spielt die technische Ausgestaltung in diesem Schritt aber weiterhin keine Rolle („Black Box“).

5.5 Die physikalische Architektur der WH4.0-Komponente

Im nächsten Schritt wird die Architektur der WH4.0-Komponente hinsichtlich ihrer Teilkomponenten sowie ihrer internen und externen Schnittstellen beschrieben. Für jede Teilkomponente werden deren Attribute (Parameter/Zustandsgrößen) sowie deren Schnittstellen aufgeführt. Für jede Schnittstelle sollte die Kommunikationsinfrastruktur (z.B. Ethernet), das Kommunikationsprotokoll (z.B. SOAP) und das Format (z.B. ELDAT) angegeben werden.

5.6 Detailinformationen zur WH4.0-Komponente

Für eine WH4.0-Komponente wird im letzten Schritt erfasst, welche Modelle und Verhaltensbeschreibungen zur Verfügung stehen. Dies können CAD-Modelle, Simulationsmodelle, Verhaltensbeschreibungen oder Unterlagen für Datenverarbeitung/Steuerung/Regelung sein.