

# Der Digitale Zwilling in Wald und Holz 4.0

---

Semantik, Struktur, Perspektiven, Umsetzung

Ein KWH4.0-Standpunkt

13.12.2018

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](http://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
0.9	23.11.2018	Alle	Initialer Entwurf
1.0	13.12.2018	Alle	Erste offizielle Version

# Der Digitale Zwilling in Wald und Holz 4.0

Dieser KWH4.0-Standpunkt fasst Semantik, Struktur, Perspektiven und Umsetzung des Digitalen Zwillings im Wald und Holz 4.0-Kontext aus einer wissenschaftlichen Perspektive 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“<sup>1</sup>. 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). DZ repräsentieren (sowohl modellhaft als auch konkret technisch umgesetzt) die beteiligten Assets. Sie entstehen im Rahmen der Entwicklung und werden im Betrieb kontinuierlich aktualisiert. Jeder DZ korrespondiert mit einem konkreten Asset.

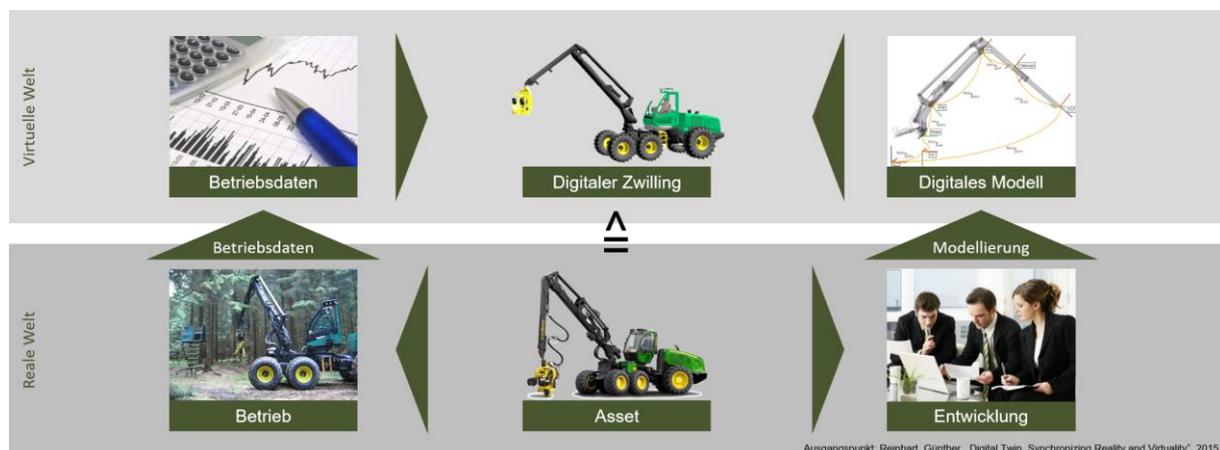


Abbildung 2-1: Die Grundidee des Digitalen Zwillings

Der DZ stellt für die Digitalisierung von Assets, Systemen und Prozessen sowohl eine **semantische Einheit** als auch ein **Strukturierungselement** zur Verfügung. Mit ihm wird eine Abstraktionsebene eingeführt, mit der Assets zunächst abstrakt aber gleichzeitig auch anschaulich umgangssprachlich 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. Diese sind die Grundlage für die anschließende technische Umsetzung, welche zu **domänenspezifischen Ausprägungen** des DZ führt (siehe Abschnitt 6).

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

Die „Obermenge“ des Umfangs eines DZ ist in Abbildung 2-2 abgebildet. Ein DZ kann ein digitales Modell (Geometrie, Struktur, ...) seines Assets umfassen, das z.B. über Simulation die Prognose des Verhaltens seines Assets ermöglicht. 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.

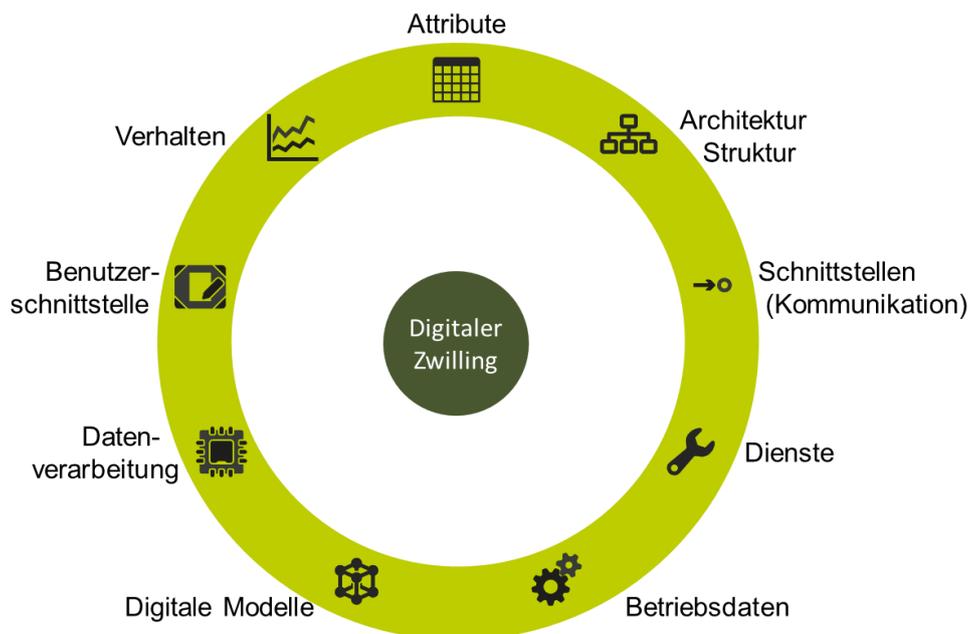


Abbildung 2-2: Die „Obermenge“ des Umfangs eines Digitalen Zwillings

### 3 Der Digitale Zwilling als Knoten im IoTSP

WH4.0 und damit auch dieser Text fokussieren auf die Digitalisierung und Vernetzung von Assets. Abbildung 3-1 erweitert vor diesem Hintergrund Abbildung 2-1. DZ interagieren untereinander 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 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.

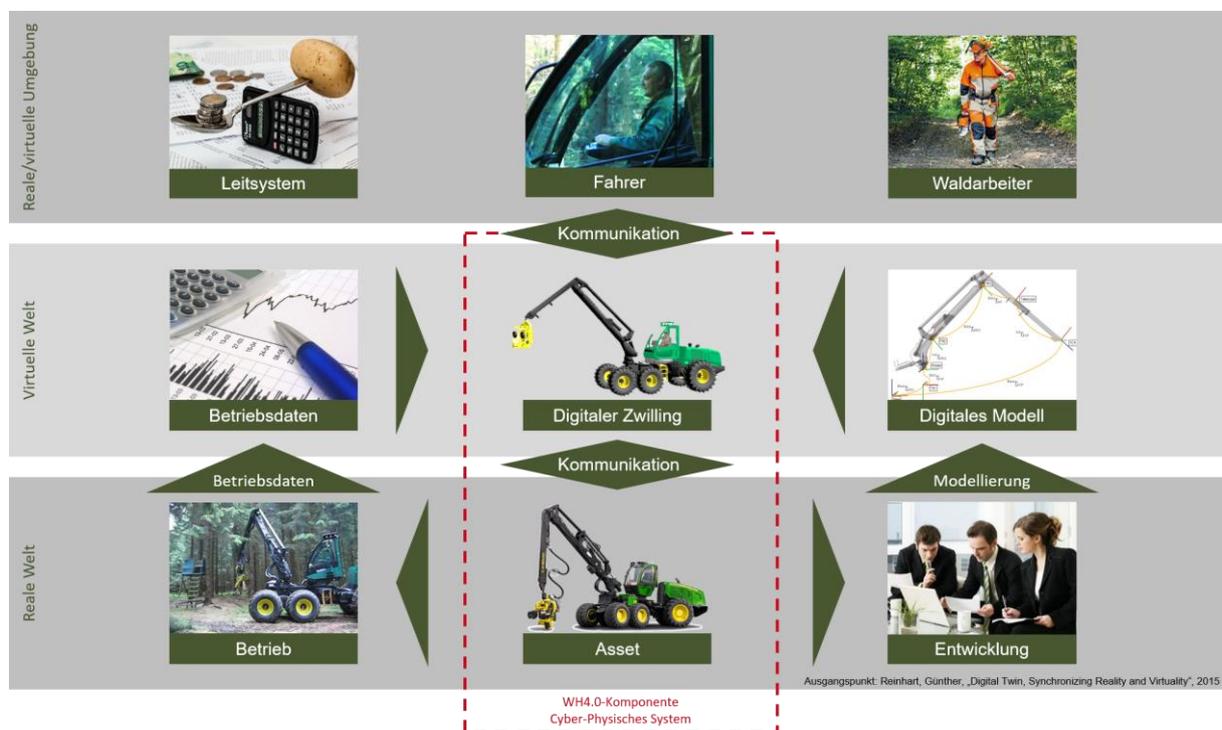


Abbildung 3-1: Der Digitale Zwilling und seine Vernetzung<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Die Begriffe „WH4.0-Komponente“ und „Cyber-Physisches System“ werden in Abschnitt 6 eingeführt.

Bei der Interaktion von Assets und DZ werden drei Interaktionsformen unterschieden. Assets untereinander interagieren auf der physischen Ebene (hellgrüne Blockpfeile). Ein Beispiel hierfür ist die Interaktion zwischen Forstmaschine und dem gerade gefälltten Baum. Der DZ (siehe Abbildung 3-2) kommuniziert mit seinem Asset über individuelle, geräte- oder softwarespezifische Schnittstellen (z.B. den CAN-Bus eines Fahrzeugs, dunkelgrüne Blockpfeile). DZ untereinander kommunizieren über geeignete Industrie 4.0-Kommunikationsprotokolle (z.B. OPC UA<sup>3</sup>, dunkel-/hellgrüne Pfeile). Der Außenbereich ist dabei unterteilt in einen internen/geheimen Datenbereich (z.B. für ein Forstunternehmen) und einen externen Bereich im (unter Berücksichtigung definierter Berechtigungen) allgemein zugänglichen IoTSP.

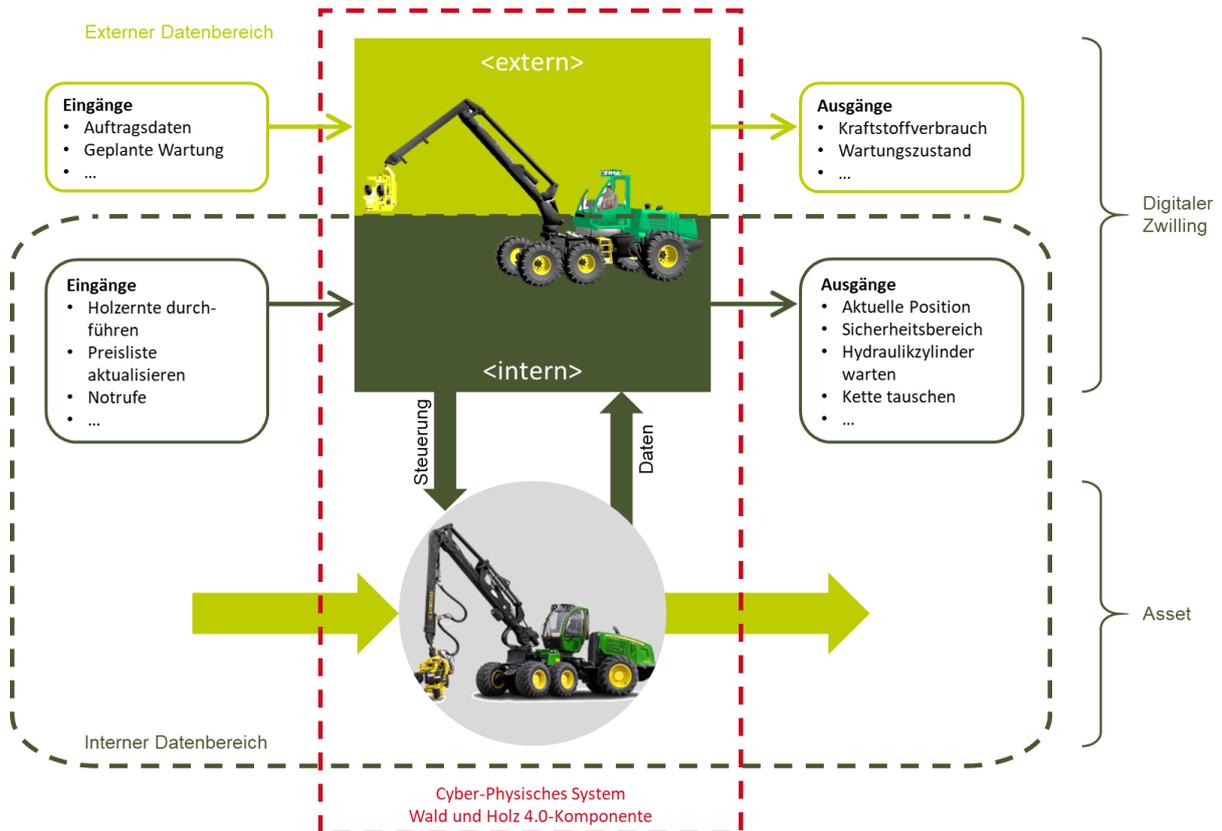


Abbildung 3-2: Detailansicht des Cyber-Physischen Systems der Forstmaschine aus Abbildung 3-1

<sup>3</sup> OPC Unified Architecture (OPC UA), siehe auch <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>.

Zur Kommunikation in Wertschöpfungsnetzwerken werden DZ situationspezifisch miteinander vernetzt<sup>4</sup>. Je nach Geschäftsvorfall oder Prozessschritt 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 (für Beispiele siehe Abbildung 3-2). In Abbildung 3-3 ist der DZ aus Abbildung 3-2 vereinfacht in einem Netzwerk dargestellt. Direkte physische Interaktionen finden zwischen den Assets statt. Die DZ kommunizieren über die WH4.0-Kommunikationsinfrastruktur untereinander und über individuelle Schnittstellen mit ihren jeweiligen Assets.

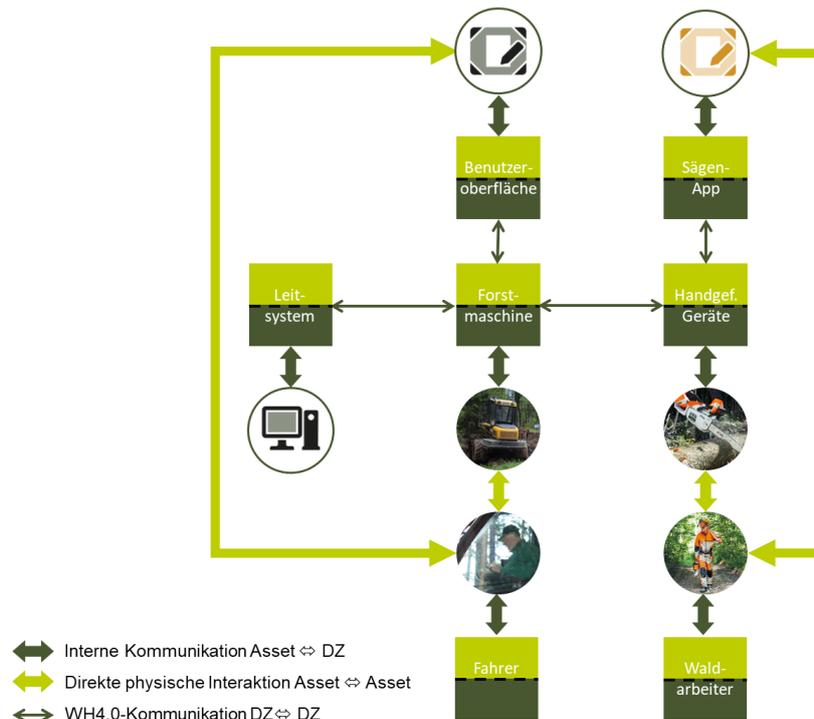


Abbildung 3-3: Vereinfachte Darstellung des Netzwerks der Digitalen Zwillinge<sup>5</sup> aus Abbildung 3-1

<sup>4</sup> Dieser Prozess wird auch als Orchestrierung oder Choreographie bezeichnet, siehe Glossar der Plattform I4.0.

<sup>5</sup> Im oberen Teil sind die DZ „Benutzeroberfläche“ und „Säge“ abgebildet, die über ihre jeweiligen Assets „berührungsempfindlicher Bildschirm“ und „Smartphone“ mit dem Benutzer (physikalisch z.B. durch Tippen) interagieren.

Abbildung 3-4 illustriert diese Vernetzung am Beispiel einer Erntemaßnahme mit einem Harvester, einem zufällenden Waldarbeiter, einem LKW zum Holztransport, einem Sägewerk als Abnehmer und einem Waldbesitzer als Lieferanten. Im Gegensatz zu Abbildung 3-3 sind die jeweiligen Interaktionen 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<sup>6</sup> dezentralen Strukturen (siehe Abbildung 3-4). Die Verwendung des DZ stellt damit die bisherigen Architektur-Ansätze zur Prozessintegration der Holzernte „auf den Kopf“<sup>7</sup>.

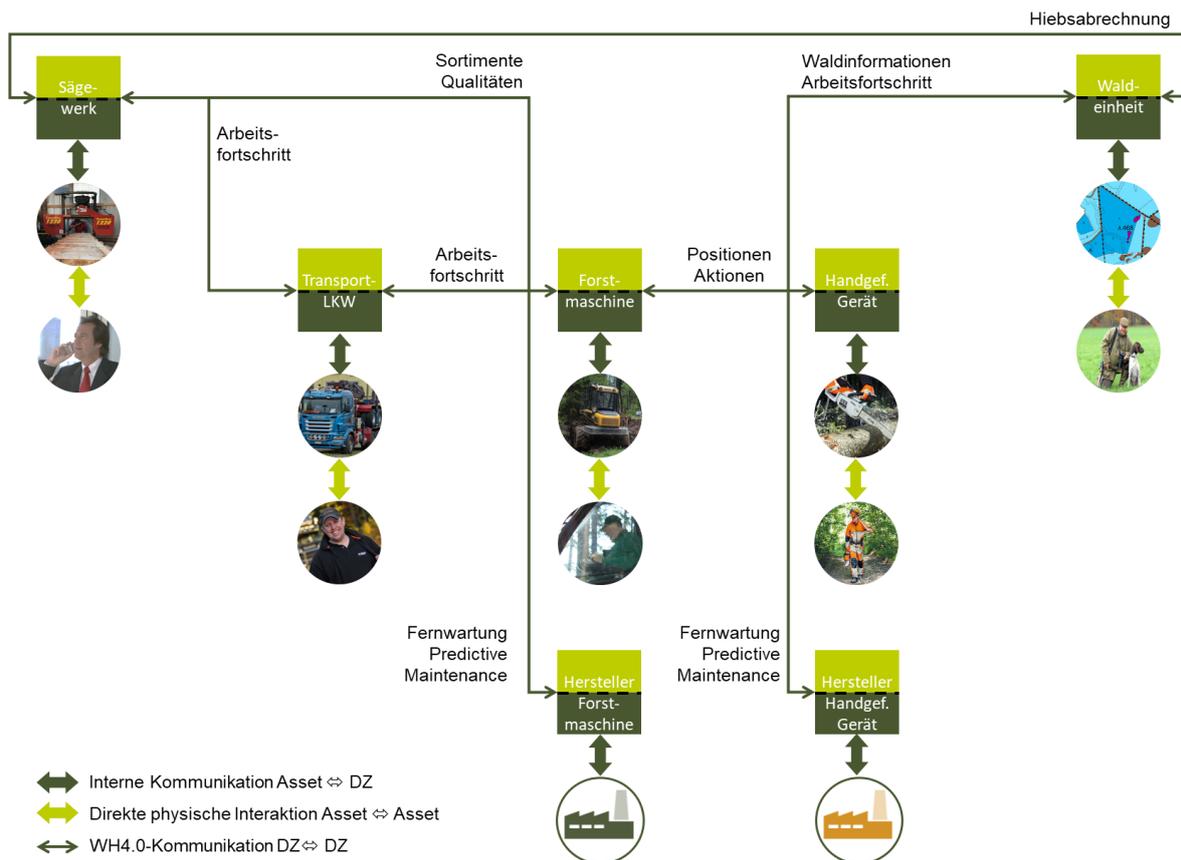


Abbildung 3-4: Beispielhaft konfiguriertes Wertschöpfungsnetzwerk zur Durchführung einer Erntemaßnahme

<sup>6</sup> Genauer „choreographierbaren“ Strukturen, da das Konzept keine externe Ablauflogik außerhalb der beteiligten Digitalen Zwillinge vorsieht.

<sup>7</sup> 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.

## 4 Vom Digitalen Zwilling zur Verwaltungsschale

Eine Verwaltungsschale (engl. Asset Administration Shell, AAS) ist die virtuelle, digitale und aktive Repräsentanz eines Assets in einem WH4.0-System<sup>8</sup>. Ein Asset wird über diese Verwaltungsschale in ein WH4.0-System integriert, welches z.B. mit Hilfe des IoTSP realisiert wird. In der technischen Umsetzung ist die Verwaltungsschale die Laufzeitumgebung eines DZ.

## 5 Wald und Holz 4.0-Komponente

Die Kombination eines Assets mit einer Verwaltungsschale und dem dort verwalteten DZ wird als WH4.0-Komponente bezeichnet (siehe auch Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2). 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 abbildet<sup>9</sup>. 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“<sup>10</sup>. Ein WH4.0-System ist entsprechend ein System aus WH4.0-Komponenten (und Komponenten geringerer Kommunikationsfähigkeit<sup>11</sup>), das einem bestimmten Zweck dient, definierte Eigenschaften aufweist und standardisierte Dienste und Zustände unterstützt<sup>12</sup>.

## 6 Die technische Umsetzung eines Digitalen Zwillings

Bei der technischen Umsetzung hilft die in Abbildung 6-1 dargestellte Blockdarstellung der WH4.0-Komponente. Diese besteht aus den Bestandteilen ihres Assets (der Maschine, dem Baum, dem Waldboden, ..., in Abbildung 6-1 orange dargestellt), den internen Datenverarbeitungssystemen des Assets und der hierauf aufbauenden Verwaltungsschale (grün, siehe auch Abschnitt 5), der Benutzerschnittstelle des Assets (türkis) und den durch Asset und Verwaltungsschale verwendeten Kommunikationsinfrastrukturen (grau).

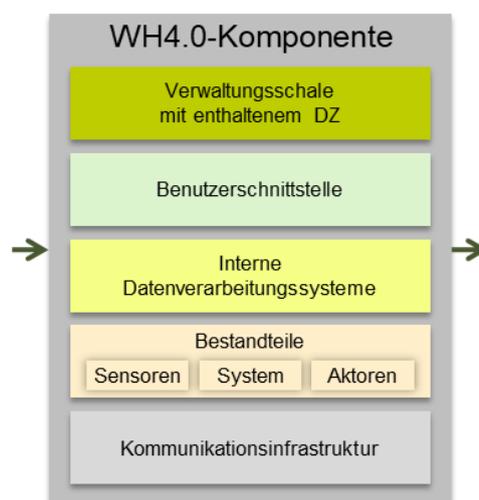


Abbildung 6-1: Vereinfachte Blockdarstellung einer WH4.0-Komponente

<sup>8</sup> Analog zur Definition „virtuelle digitale und aktive Repräsentanz einer I4.0-Komponente im I4.0-System“ der Glossar Plattform Industrie 4.0. Beim Übergang von I4.0 zu WH4.0 findet lediglich eine Konkretisierung für den Anwendungsbereich Wald und Holz statt.

<sup>9</sup> Analog zur Definition der I4.0-Komponente im Glossar der Plattform Industrie 4.0.

<sup>10</sup> Siehe Glossar Plattform Industrie 4.0

<sup>11</sup> Diese wird über die sogenannte CP-Klassifizierung angegeben ([https://m.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur\\_dateien/sk\\_dateien/VDI\\_Industrie\\_4.0\\_Komponenten\\_2014.pdf](https://m.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/sk_dateien/VDI_Industrie_4.0_Komponenten_2014.pdf)).

<sup>12</sup> Analog zur Definition des I4.0-Systems im Glossar der Plattform Industrie 4.0.

Die technische Umsetzung eines Digitalen Zwillings erfordert zunächst eine formale Spezifikation des entsprechenden Assets (siehe Phase 1 in Abbildung 6-2). Abschnitt 7 skizziert eine hierzu geeignete Vorgehensweise. Aufbauend auf der Spezifikation des Assets wird der DZ dann im Rahmen der technischen Realisierung (siehe Phase 2 in Abbildung 6-2) erstellt und über eine Verwaltungsschale mit seinem Asset integriert. Das Asset wird durch Ergänzung der Verwaltungsschale zu einer WH4.0-Komponente wie auf der rechten Seite der Abbildung 6-2 dargestellt. Die Gesamtheit aus Verwaltungsschale und hier verwaltetem DZ wird in diesem Zusammenhang ebenfalls vereinfachend als DZ bezeichnet. Die Verwaltungsschale kommuniziert intern mit ihrem Asset und nach außen (visualisiert über die schwarzen Pfeile).

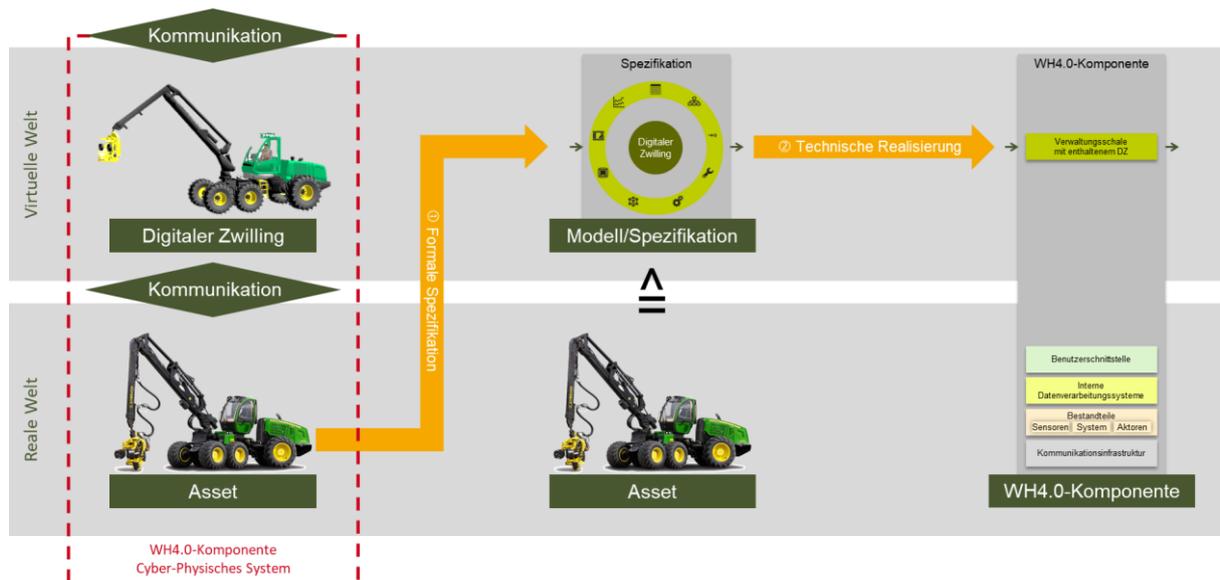


Abbildung 6-2: Zusammenhang zwischen dem DZ als modellhafte Beschreibung und dem DZ als konkrete technische Realisierung in der Verwaltungsschale einer WH4.0-Komponente (der linke Teil ist ein Ausschnitt aus Abbildung 2-1)

Neben dem Einsatz in der Verwaltungsschale eines Assets kann der DZ auch in anderen Domänen eingesetzt werden. Besondere Bedeutung im KWH4.0 hat hierbei der sogenannte Experimentierbare Digitale Zwilling (EDZ). Ein Simulationsmodell eines Assets wird EDZ genannt, wenn dieses die entsprechende reale WH4.0-Komponente u.a. hinsichtlich ihrer Struktur, ihrer Schnittstellen und ihres Verhaltens umfassend nachbildet. Als (E)DZ werden hierbei alle drei in Abbildung 6-3 dargestellten Ausprägungen bezeichnet, sowohl die zunächst genannte modellhafte Beschreibung bzw. Spezifikation einer WH4.0-Komponente, als auch deren konkrete, auf dieser Grundlage erfolgende technische Umsetzung in den genannten Domänen (blau für EDZ und dunkelgrau für reale Systeme<sup>13</sup>).

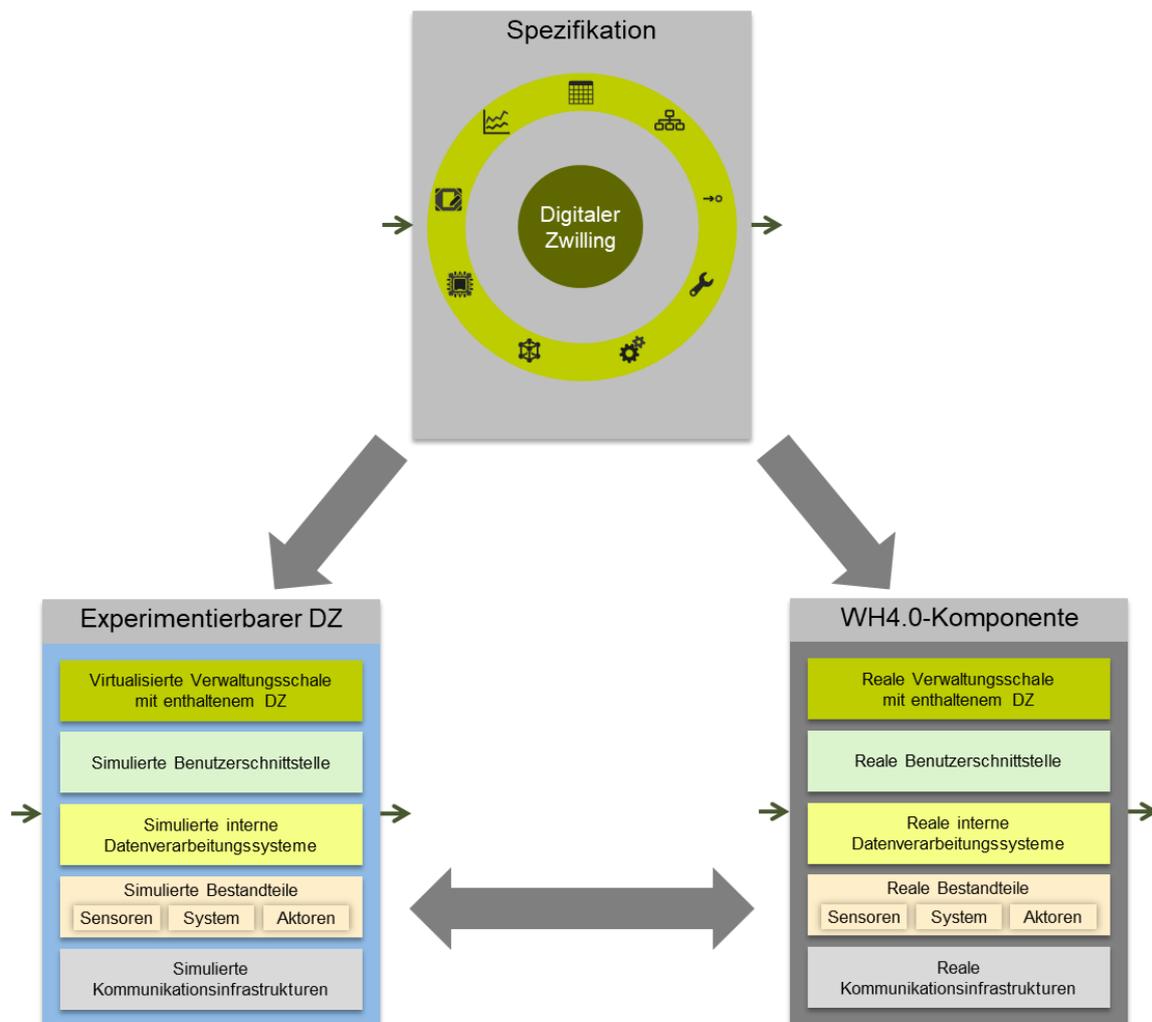


Abbildung 6-3: Drei Ausprägungen eines Digitalen Zwillings<sup>14</sup>:  
 Modellhafte Beschreibung (oben), WH4.0-Komponente (unten rechts) und EDZ (unten links)

Weitere DZ können zur technischen Umsetzung weiterer Blöcke der WH4.0-Komponente genutzt werden. Diese können dann neben der Vernetzung des Assets z.B. zur Umsetzung von Benutzerschnittstellen (die den DZ zur grafischen Darstellung des Assets einsetzen) oder Steuerungs- und Regelungssystemen (die den DZ zur Bestimmung von Steuerungsanweisungen verwenden) genutzt werden. Bei der

<sup>13</sup> Im praktischen Einsatz besteht oft ein enger Zusammenhang zwischen der Realisierung realer Systeme und deren EDZ. So können für die technische Umsetzung von EDZ reale Kommunikationsinfrastrukturen eingesetzt werden. Auf der anderen Seite können z.B. Bestandteile simulierter Benutzerschnittstellen zur Realisierung von Assistenzsystemen beitragen usw.

<sup>14</sup> Die schematischen Darstellungen des Digitalen Zwillings unten wurden zu Beginn dieses Abschnitts erläutert. Links und rechts unten sind die gleichen Komponenten dargestellt. Rechts sind dies die realen Komponenten einer realen WH4.0-Komponente, links die entsprechenden virtualisierten/simulierten Komponenten als Teil des Simulationsmodells der entsprechenden virtuellen WH4.0-Komponente.

technischen Umsetzung können dadurch je nach Anwendung und Domäne unterschiedliche Realisierungen des DZ eines Assets entstehen. Ziel sollte es dabei sein, dass je Asset ein DZ als „Single-Source-of-Truth“ existiert.

## 7 Die Spezifikation von Digitalen Zwillingen

Es empfiehlt sich, die Spezifikation eines Digitalen Zwillings zunächst auf der in Abschnitt 2 eingeführten abstrakten Ebene durchzuführen. 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 in Schritt 5 werden die DZ konkret spezifiziert.

### 7.1 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 im entsprechenden Formular.

### 7.2 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 im entsprechenden Formular. Zu jedem Typ (z.B. „Baum“ oder „Harvester“) können mehrere Instanzen (z.B. „Harvester1“ oder „Harvester2“) existieren.

### 7.3 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 und hierbei das entsprechende Formular ausgefüllt. Die konkrete technische Umsetzung ist zunächst nicht relevant.

Das Formular ist wie folgt unterteilt. Im Bereich **Aufgaben** werden von der WH4.0-Komponente übernommene Aufgaben (z.B. Holzlieferant, CO<sub>2</sub>-Speicherung, Erholung für einen Baum) aufgeführt. Im Bereich **Attribute** werden das Asset kennzeichnende und meist von außen sichtbare Parameter (Länge, Gewicht, ...) ebenso wie seinen aktuellen Zustand kennzeichnende Zustandsgrößen (Temperatur, Feuchtigkeit) aufgeführt. Parameter kennzeichnen hierbei grundlegende Eigenschaften des Assets, die Zustandsgrößen verändern sich in seinem Lebenszyklus durch Prozesse (gewollt oder ungewollt).

Im Bereich **Ein-/Ausgänge** wird die Interaktion des Assets mit seiner Umgebung beschrieben. Dies umfasst sowohl die physische Interaktion, d.h. 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 Fallschnitt 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, ...).

Im Bereich **Komponenten** werden ggf. relevante Teilkomponenten aufgelistet. Jede Teilkomponente kann wieder eine eigene WH4.0-Komponente darstellen. Im Bereich **Detailinformation** werden bereits zur Verfügung stehende Daten, Modelle u.ä. zur jeweiligen WH4.0-Komponente beschrieben.

#### 7.4 Die WH4.0-Komponente als „Black Box“

In diesem Formular werden die zunächst im Überblick erhobenen Informationen detailliert. Das Formular greift hierzu die Aspekte aus der Überblicksbeschreibung auf. Auch hier ist die konkrete technische Umsetzung weiterhin nicht relevant. Im Bereich **Attribute** ist die Identifikation der WH4.0-Komponente von besonderer Bedeutung. Ggf. können weitere Attribute ergänzt werden. Für alle Einträge wird die **Sichtbarkeit** angegeben. Hierbei können die allgemeinen Stufen „privat“ und „öffentlich“ oder auch Verfeinerungen wie z.B. „firmenintern“, „für Kunden sichtbar“ oder „allgemein zugänglich“ unterschieden werden.

#### 7.5 Die physikalische Architektur der WH4.0-Komponente

In diesem Formular 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.

#### 7.6 Detailinformationen zur WH4.0-Komponente

In diesem Formular wird detailliert, welche Modelle und Verhaltensbeschreibungen für eine WH4.0-Komponente zur Verfügung stehen. Dies können CAD-Modelle, Simulationsmodelle, Verhaltensbeschreibungen oder Unterlagen für Datenverarbeitung/Steuerung/Regelung sein.

## 8 Formulare

Auf den nachfolgenden Seiten finden sich Formulare, mit denen die o.g. Aspekte eines Assets und ihrer WH4.0-Komponente zur Vorbereitung für die Aufstellung seines DZ systematisch erhoben werden können.









**Physikalische Interaktion des Assets mit seiner Umgebung**


**IT-Eingänge (der WH4.0-Komponente zur Verfügung gestellte Daten/Ereignisse/Dienste)**

Name	Beschreibung	Sichtbarkeit

**IT-Ausgänge (von der WH4.0-Komponente zur Verfügung gestellte Daten/Dienste)**

Name	Beschreibung	Sichtbarkeit

Die physikalische Architektur einer WH4.0-Komponente

<b>Asset-Typ</b>		Symbol
<b>Teilkomponenten</b>		
<b>Name</b>	<b>Beschreibung</b>	
	<b>Attribute</b>	<b>Interne Schnittstellen</b>
<b>Externe Schnittstellen</b>		
<b>Name</b>	<b>Beschreibung</b>	

