

Dr. Tobias Vogel

**Kurs 01774**  
**Intelligente Informationssysteme**  
**für Industrielle Anwendungen**  
Kurseinheit 1: Intelligente Informationssysteme

LESEPROBE

Fakultät für  
**Mathematik und**  
**Informatik**

Der Inhalt dieses Dokumentes darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch die FernUniversität in Hagen nicht (ganz oder teilweise) reproduziert, benutzt oder veröffentlicht werden. Das Copyright gilt für alle Formen der Speicherung und Reproduktion, in denen die vorliegenden Informationen eingeflossen sind, einschließlich und zwar ohne Begrenzung Magnetspeicher, Computerausdrucke und visuelle Anzeigen. Alle in diesem Dokument genannten Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen sind zumeist eingetragene Warenzeichen und urheberrechtlich geschützt. Warenzeichen, Patente oder Copyrights gelten gleich ohne ausdrückliche Nennung. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

# Übersicht zum Kurs 01774: Intelligente Informationssysteme für Industrielle Anwendungen

Dieser Kurs **01774 – Intelligente Informationssysteme für Industrielle Anwendungen (IIIA)** besteht aus folgenden sieben Kurseinheiten (KE).

## **Kurseinheit 1 Intelligente Informationssysteme**

Kurseinheit 2 Industrielle Anwendungen und Anwendungssysteme

Kurseinheit 3 Wissensbasiertes Prozesslebenszyklus-Management (KPLM)

Kurseinheit 4 Wissensbasierte Prozess-Repräsentationen (KxP)

Kurseinheit 5 Wissensbasierte Innovations-Prozesse (KIP)

Kurseinheit 6 Wissensbasierte Entwicklungs-Prozesse (KEP)

Kurseinheit 7 Wissensbasierte Produktions-Prozesse (KPP)

Der Inhalt dieses Dokumentes darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch die FernUniversität in Hagen nicht (ganz oder teilweise) reproduziert, benutzt oder veröffentlicht werden. Das Copyright gilt für alle Formen der Speicherung und Reproduktion, in denen die vorliegenden Informationen eingeflossen sind, einschließlich und zwar ohne Begrenzung Magnetspeicher, Computerausdrucke und visuelle Anzeigen. Alle in diesem Dokument genannten Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen sind zumeist eingetragene Warenzeichen und urheberrechtlich geschützt. Warenzeichen, Patente oder Copyrights gelten gleich ohne ausdrückliche Nennung. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

## Vorbemerkungen und Lernziele zum Kurs 01774

### Danksagung

Besonderer Dank gilt an dieser Stelle Herrn Prof. Dr.-Ing. Matthias L. Hemmje für die Beratung bei der Kursentwicklung und die wertvollen Kommentare und Anregungen.

### Motivation und Einführung

Für die Industrie 4.0 wurden die Ziele der Digitalisierung, der intelligenten Vernetzung und der Selbststeuerung der gesamten Wertschöpfung manifestiert. Reale und virtuelle Welten, Industrie und Informatik wachsen weiter zusammen, hochintegrierte und autonom ablaufende Prozesse entstehen. Daraus ergeben sich neue Herausforderungen an Wertschöpfungsprozesse, für intelligente Informationssysteme und für industrielle Anwendungen.

Die Informatik nimmt dabei das Bindeglied zwischen klassischer Wirtschaftsinformatik (engl. Business Information Technology, BIT) und der Informationstechnologie an den Produktionsstandorten (engl. Operational Production Technology, OPT), mit speziellen Anforderungen an informationstechnische Systeme, wie z.B. die Sensordatenerfassung, Echtzeitfähigkeit, Robustheit und Sicherheit ein. Die Integrationspotentiale von BIT & OPT aus Sicht der Prozesse und der intelligenten Informationssysteme für industrielle Anwendungen haben die Erstellung dieses Kurses motiviert.

### Die Schwerpunkte dieses Kurses

Dieser Kurs betrachtet zunächst intelligente Informationssysteme. Die Teilnehmer erlernen die wesentlichen Begriffe zu Daten, Information und Wissen sowie zur Semantik und der semantischen Repräsentation von Wissen und Ressourcen im Zusammenhang mit industriellen Wertschöpfungsprozessen.

Aufbauend auf den Grundlagen der Industrie 4.0 erarbeiten die Studierenden die historisch verfügbaren Informations-, Planungs- und Steuerungssysteme, wie z.B. Systeme zur Unternehmens- und Ressourcenplanung (engl. Enterprise Resource Planning, ERP) im industriellen Einsatzgebiet. Im Umfeld der industriellen Wertschöpfungsprozesse wird ein semantisches Prozessmodell zu den betrachteten **wissensbasierten Prozess-Repräsentationen** (engl. Knowledge-based [x] Prozess Representation, KxP) vorgestellt und durch die Teilnehmer erarbeitet. Dabei identifizieren die Teilnehmer die zentralen Prozessphasen dieser wissensbasierten Prozesse, beginnend mit der semantischen Prozessbeschreibung, der dreistufigen Planungs- und Mediationsphase sowie der Prozessdokumentation und abschließenden Archivierung. Diese semantischen Prozessrepräsentationen zu den wissensbasierten Prozessen (engl. Knowledge-based [x] Processes, KxP) wenden die Studierenden auf verschiedene Bereiche der Wertschöpfung an, z.B. auf wissensbasierte Innovationsprozesse (engl. Knowledge-based Innovation Processes, KIP), wissensbasierte Entwicklungs-Prozesse (engl. Knowledge-based Engineering Processes, KEP) und wissensbasierte Produktions-Prozesse (engl. Knowledge-based Production Processes, KPP). Die Prozessrepräsentationen zu den KxP-Prozessen werden im sogenannten **wissensbasierten Prozess-Lebenszyklusmanagement** (engl. Knowledge-based Process Lifecycle Management, KPLM) zusammengefasst. Zudem analysieren und hinterfragen die Teilnehmer, welchen Nutzen, welche Analysemöglichkeiten und welche Flexibilisierung ein semantischer digitaler Zwilling zu Wertschöpfungsprozessen, der **semantische Prozess-Zwilling** (engl. Semantic Process Twin, SPT) für die Industrie 4.0 erzielen kann.

## Lernziele

Das übergeordnete Ziel dieses Kurses ist der Erwerb von Kompetenz und Handlungsfähigkeit zu intelligenten Informationssystemen in industriellen Anwendungen. Dazu wird ein grundlegendes Verständnis zu Daten, Information und Informationssystemen vorgestellt, mit dem Ziel, dass die Kursteilnehmer die Definitionen, Ansätze, Methoden und Modelle verstehen und strukturiert wiedergeben können. Darauf aufbauend eignen sich die Teilnehmer erweiterte Kenntnisse zu aktuellen semantischen Technologien des Informations-, Ressourcen- und Prozessmanagements sowie zu wissensbasierten und intelligenten Informationssystemen an. Dazu gehört, dass die Kursteilnehmer den sicheren Umgang mit der Fachterminologie zu wissensbasierten und intelligenten Informationssystemen beherrschen sowie ein eigenes Verständnis zur Einordnung von Semantik mit den Basiskonzepten, den grundlegenden semantischen Modellen und zu Ontologien aufbauen. Weiterhin erkennen die Kursteilnehmer die Eigenschaften und Abgrenzung der intelligenten Informationssysteme. Die Studierenden sind nach Abschluss des Kurses in der Lage, wissensbasierte Prozessrepräsentationen, intelligente Informationssysteme und industrielle Anwendungen zu beschreiben und zu beurteilen. Sie können die wichtigsten Begriffe, Modelle und Methoden zu intelligenten Informationssystemen im Kontext der industriellen Anwendung aufzeigen und formulieren.

## Formalia

Um diesen Kurs bearbeiten zu können, wird ein Arbeitsplatzrechner mit Internetzugang benötigt. Bitte aktualisieren Sie auch Ihren Internetbrowser. Der Umgang mit Navigation und Suche im Internet wird als bekannt vorausgesetzt.

## Inhaltsverzeichnis

Übersicht zum Kurs 01774: Intelligente Informationssysteme für Industrielle Anwendungen .....	2
Vorbemerkungen und Lernziele zum Kurs 01774 .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	III
Abbildungsverzeichnis .....	V
1 Intelligente Informationssysteme .....	6
1.1 Aufbau, Einordnung, Lernziele und Kompetenzen .....	6
1.1.1 Aufbau und Einordnung der Kurseinheit .....	6
1.1.2 Lernziele und Kompetenzen .....	6
1.2 Anforderungen an intelligente Informationssysteme für industrielle Anwendungen .....	7
1.2.1 Abgrenzung der intelligenten Systeme .....	7
1.2.2 Übergeordnetes Ziel .....	8
1.2.3 Ziele, Nutzen, Vorteile .....	8
1.2.4 Kundenzentrierte Lösungen .....	9
1.2.5 Flexible Produktion .....	9
1.2.6 Wandelbare Fabrik .....	10
1.2.7 Optimierte Logistik .....	10
1.2.8 Kontinuierliche Analysen und Verbesserungen .....	11
1.2.9 Ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft .....	11
1.2.10 Ausblick zu intelligenten Informationssystemen und Plattformen .....	12
1.1 Grundlagen der intelligenten Informationssysteme .....	12
1.1.1 Daten, Information, Wissen – die Wissenstreppe nach North .....	13
1.1.2 Definitionen: Wissen, Information und intelligentes Informationssystem .....	15
1.1.3 Wissen, Aufgabe und Kontext .....	17
1.1.4 Meta-Wissen .....	19
1.1.5 Syntax, Semantik, Pragmatik .....	20
1.1.6 Glossare, Thesauri, Taxonomien .....	21
1.1.7 Ontologien .....	22
1.2 Intelligente Informationssysteme durch Semantic Web Technologien .....	26
1.2.1 Resource Description Framework (RDF) .....	26
1.2.2 Web Ontology Language (OWL) .....	30
1.2.11 Sprachdialekte von OWL: Light, DL und Full .....	32
1.2.3 Semantic Web Technologien – Chancen, Risiken und Ausblick .....	33
1.3 Von intelligenten Informationssystemen hin zu Smart Services .....	33

1.3.1	Zu Data und Big Data.....	34
1.3.2	Von Big Data zu Smart Data.....	35
1.3.3	Getting Smart durch Smart Services.....	36
1.3.4	Smart Factory.....	37
1.4	Akzeptanz von Informationssystemen.....	38
1.5	Abgrenzung und Ausblick zur künstlichen Intelligenz (KI) .....	38
1.6	Selbsttestaufgaben.....	40
1.7	Referenzen .....	41
1.3	Index.....	46

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1: Die Wissenstreppe nach North [Nort02, S.39].....	14
Abb. 1.2: Beispiel für eine Taxonomie zu einem Prozess [NOMS2020].....	22
Abb. 1.3: Beispiel für eine Ontologie mit Konzepten und Visualisierung [NOMS2020].....	25
Abb. 1.4: 3-V-Modell zu Big Data .....	35



# 1 Intelligente Informationssysteme

In der ersten Kurseinheit befassen sich die Studierenden mit (intelligenten) Informationssystemen und den neuen Anforderungen zur Repräsentation von Wissen und Prozessen, die sich innerhalb der Industrie 4.0 und durch die Digitalisierung ergeben.

## 1.1 Aufbau, Einordnung, Lernziele und Kompetenzen

Die Kursteilnehmer untersuchen die Anforderungen an intelligente Informationssysteme für industrielle Anwendungen sowie die generelle Motivation für Industrie 4.0 als Grundlage aller weiteren Kurseinheiten und einer Einordnung in den akademischen Kontext. Im Kursverlauf erwerben die Studierenden Kenntnisse über die Anforderungen an die Informatik in der Industrie 4.0, welche den grundlegenden Rahmen bilden und eine generelle Sichtweise auf Lösungen für die Industrie 4.0 und somit die Grundlagen für intelligenten Informationssysteme ergeben.

### 1.1.1 Aufbau und Einordnung der Kurseinheit

Aufbauend auf diesen grundlegenden Erläuterungen werden Schwerpunkte der Informatik im Themenfeld der Industrie 4.0 aufgezeigt, wie z.B. intelligente Informationssysteme durch Semantic Web-Technologien. Ausgehend von den betrachteten intelligenten Informationssystemen und den darin verarbeiteten Daten, Information und Wissensressourcen analysieren die Kursteilnehmer die Entwicklung hin zu den in der Industrie 4.0 angestrebten intelligenten Diensten (engl. Smart Services), der intelligenten Produktion (engl. Smart Production) und der intelligenten Fabrik (engl. Smart Factory). Abschließend wird die Akzeptanz von intelligenten Informationssystemen sowie deren potentieller Nutzen für die Menschen beleuchtet und die Studierenden können dadurch Abgrenzungen zur künstlichen Intelligenz (KI) darlegen.

### 1.1.2 Lernziele und Kompetenzen

Die Kursteilnehmer entwickeln in der ersten Kurseinheit Kompetenz im Bereich der **intelligenten Informationssysteme**. Dazu wird ein grundlegendes Verständnis zu **Daten, Information und Informationssystemen** vorgestellt, mit dem Ziel, dass die Kursteilnehmer die Definitionen, Ansätze und Methoden verstehen und strukturiert wiedergeben können. Dazu gehört, dass die Kursteilnehmer den sicheren Umgang mit der Fachterminologie zu **wissensbasierten und intelligenten Informationssystemen** erarbeiten sowie ein eigenes Verständnis zur Einordnung, von **Semantik** mit den Basiskonzepten, den grundlegenden **semantischen Modellen** und zu **Ontologien** aufbauen. Weiterhin erkennen die Kursteilnehmer die Abgrenzung der **intelligenten Informationssysteme** bzw. die Grenzen der **künstlichen Intelligenz (KI)**. Die Kursteilnehmer vertiefen und reflektieren das Erlernte anhand der Selbsttestaufgaben.

Intelligente  
Informationssysteme

Semantik

## 1.2 Anforderungen an intelligente Informationssysteme für industrielle Anwendungen

Durch eine Verschiebung der der herkömmlichen Produktionsfaktoren hin zum neuen, zunehmend wichtigeren **Produktionsfaktor „Wissen“** entwickeln sich neue ökonomische Strukturen mit weiterentwickelten Wertschöpfungsprozessen. Dieser Strukturwandel wie er in der Industrie 4.0 (zur Unterstützung von Flexibilisierung, Rekonfiguration, Losgröße 1) bereits zu beobachten ist, erfordert Anpassungen der gegenwärtigen informationstechnischen Infrastrukturen. Bei diesen Veränderungen gewinnt die Nutzung von Wissen und von externem Wissen an strategischer Bedeutung. Dies betrifft Innovationen, ebenso wie Entwicklungen und die Produktion – kurzum die gesamte Wertschöpfung. Wertschöpfungsprozesse müssen überdacht und verfügbares Wissen muss explizit repräsentiert, verwaltet, genutzt und damit in diese Wertschöpfungsprozesse integriert werden. Die sich daraus ergebenden Anforderungen sind vielfältig und variieren nach Branche und Wertschöpfungstiefe. Einen zentralen Aspekt haben die Anforderungen jedoch gemeinsam: Die Informationssysteme, die die Wertschöpfungsprozesse abbilden und die benötigte Information bereitstellen, müssen erweitert werden. Das verfügbare Wissen muss strukturiert, repräsentiert und in die Informationssysteme integriert werden. In diesem Kurs zeigen wir Möglichkeiten auf, wie Wissen entlang von Wertschöpfungsprozessen strukturiert, semantisch beschrieben und im Rahmen der Prozessausführung sowie bei gezielten Suchanfragen bereitgestellt werden kann. Der Kurs beschreibt, wie Informationssysteme durch die semantische Beschreibung und Repräsentation der Prozessmodelle sowie durch Annotation angereichert werden können und sich von herkömmlichen Systemen hin zu intelligenten Informationssystemen für industrielle Anwendungen entwickeln.

Industrie 4.0

Um die intelligenten Informationssysteme für industrielle Anwendungen besser verorten zu können, greifen wir die zentralen Herausforderungen von industriellen Anwendungssystemen, wie diese z.B. in der Industrie 4.0 gefordert sind auf.

### 1.2.1 Abgrenzung der intelligenten Systeme

***„Intelligenz ist die Fähigkeit, sich dem Wandel anzupassen.“***

Stephen Hawking, Physiker

Der Begriff des intelligenten Systems grenzt sich ab von intelligenten Systemen wie diese in der Natur vorkommen. Der Kurs befasst sich mit künstlichen, intelligenten Systemen zur Verarbeitung von Information, sogenannte **intelligente Informationssysteme**, die verteilt ausgeprägt sein können und bis hin zu Cyber-physischen Systemen [Ande17] reichen. Den Aspekt der Intelligenz behandelt der Kurs unter anderem in der semantischen Beschreibung und Annotation, der semantischen Repräsentation und der semantischen Verarbeitung von Information. In der Informatik werden weitreichende Ansätze und Methoden zur Künstlichen Intelligenz (engl. Artificial Intelligence, AI), Neuronale Netze, Lernenden Systemen (engl. deep learn-

ing) sowie auch Data Mining und Information Retrieval erforscht und diskutiert. Auch zu diesen Ansätzen setzen nimmt der Kurs eine Abgrenzung vor.

Im Rahmen von Industrie-4.0-Anwendungen wird der Begriff der Intelligenz häufig synonym verwendet mit den Begriffen Wissen (engl. **knowledge**) oder intelligent (engl. **smart**) und findet sich, z.B. als intelligente Dienste (engl. Smart Service), intelligente Produktion (engl. Smart Production) und intelligente Fabrik (engl. Smart Factory) wieder.

An intelligente Informationssysteme setzt der Kurs den Anspruch, dass diese die Fähigkeit besitzen, sich an den derzeitigen Wandel in der Industrie 4.0 anzupassen, also jenen Wandel, wie er derzeit bereits in industriellen Anwendungen anzutreffen und auch zukünftig in Industrie-4.0-Anwendungen zu erwarten ist.

### ***„Nichts ist beständiger als der Wandel!“***

Dieses Wortspiel, das mal dem Griechen Heraklit, mal dem Engländer Charles Darwin zugeschrieben wird, trifft heute mehr zu als je zuvor. Kern dieses Wandels in industriellen Anwendungen ist die Digitalisierung von Objekten und Ressourcen und darauf aufbauend die semantische Beschreibung und Repräsentationen eben dieser Ressourcen.<sup>1</sup>

## **1.2.2 Übergeordnetes Ziel**

Die übergeordneten Ziele der Industrie 4.0 (I4.0), wie z.B. die verteilte und flexible Produktion, die wandelbare Fabrik sowie die Integration von Daten, Information und Wissen im gesamten Wertschöpfungsprozess werden u.a. auf der Plattform Industrie 4.0<sup>2</sup> vorgestellt. Diese Plattform bildet eines der weltweit führenden Netzwerke im Bereich der I4.0 und Industrie-4.0-Anwendungen.

## **1.2.3 Ziele, Nutzen, Vorteile**

Industrie 4.0 bezeichnet die intelligente Vernetzung von Maschinen und Abläufen in der Industrie mit Hilfe von Kommunikationstechnologien und intelligenten Informationssystemen. Für Unternehmen gibt es viele Möglichkeiten, intelligente Informationssysteme zur Vernetzung zu nutzen. Zu den Möglichkeiten zählen beispielsweise:

- Horizontale Integration: echtzeitoptimierte Ad-hoc-Wertschöpfungsnetzwerke

---

<sup>1</sup> <https://www.szv.de/nichts-ist-bestaendiger-als-der-wandel/>

<sup>2</sup> <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>

- Vertikale Integration: Geschäftsprozesse und technische Prozesse
- Durchgängigkeit des Engineerings über den gesamten Lebenszyklus

Dieser Kurs betrachtet insbesondere **Wertschöpfungsprozesse**, welche die Grundlage der strukturellen Vernetzung, im Sinne von Arbeitsabläufen und Prozessen bieten. Die Wertschöpfungsprozesse sind dabei die strukturierenden Elemente. Entlang dieser Wertschöpfungsprozesse, die auch über Unternehmensgrenzen hinausgehen können, strukturieren intelligente Informationssysteme für industrielle Anwendungen das zum Prozess verfügbare Wissen. Das kann Wissen von Experten, Wissen zu Maschinen, zu Verfahren oder Materialien sein. Diese Wertschöpfungsprozesse werden quasi mit Wissen angereichert. Zudem werden semantische Prozessrepräsentationen genutzt. Somit gelingt es, intelligente Informationssysteme für Wertschöpfungsprozesse in industriellen Anwendungen anzubieten.

Mit diesen intelligenten Informationssystemen werden die nachstehenden Anforderungen der Industrie 4.0 besser beherrschbar.

#### 1.2.4 Kundenzentrierte Lösungen

Konsument, Produzent und Lieferanten rücken näher zusammen und entwickeln neue Ideen, Innovationen und Produkte gemeinsam. Der Kurs beschreibt dies in den wissensbasierten Innovations-Prozessen (engl. **Knowledge-based Innovation Processes, KIP**) und den vernetzten wissensbasierten Entwicklungsprozessen (engl. **Knowledge-based Engineering Processes, KEP**). Kunden werden zukünftig Produkte nach ihren Wünschen mitgestalten, individueller gestalten und konfigurieren. Dies ist z.B. seit Jahren bei der Konfiguration von Fahrzeugen möglich. Auch können Elemente von Kleidungsstücken und Turnschuhen selbst gestaltet und auf die individuelle Passform angepasst werden. Gleichzeitig können intelligente Produkte, die schon aufgeliefert und im Einsatz sind, Daten an den Produzenten senden. Zusätzliche Softwarefunktionen können zu einem späteren Zeitpunkt nachgekauft, deaktiviert und/oder aktualisiert werden. Der Kunde entscheidet somit über Design und Leistungsfähigkeit seiner Produkte selbst und dies im gesamten Produktlebenszyklus. Führt der Hersteller diese individuellen Nutzungsdaten in intelligenten Informationssystemen zusammen, kann der Hersteller dieses Wissen in verbesserte Produkte einfließen lassen und seinen Kunden verbesserte Services anbieten.

Knowledge-based  
Innovation Processes

Knowledge-based  
Engineering Processes

#### 1.2.5 Flexible Produktion

Bei der Herstellung eines Produkts kann eine Vielzahl von weltweit verteilten Unternehmen involviert sein, die Schritt für Schritt zur Entstehung eines Produkts beitragen. Diese Verteilung und Vernetzung der Herstellung, angefangen bei der Innovation, der Entwicklung bis hin zur flexiblen Produktion hat verschiedene Ursachen, beispielsweise Rohstoffknappheit, Kapazitätsengpässe oder regulatorische / ökonomische Aspekte. Um die Herstellung, und insbesondere die flexible Produkti-

Flexible Produktion

on, anbieten zu können, sind Digitalisierung und Vernetzung zwingende Voraussetzungen. Nur dann kann es gelingen, Prozess- und Arbeitsschritte abgestimmt zu planen um Kosteneffizienz, z.B. bei der Auslastung von Maschinen herzustellen.

Gerade bei der Planung von wissensbasierten Produktions-Prozessen (engl. **Knowledge-based Production Processes, KPP**) sind intelligente Informationssysteme erforderlich. Wissensbasierte Produktions-Prozesse müssen semantisch beschrieben und repräsentiert vorliegen, um einzelne Produktionsschritte leichter austauschbar zu gestalten. Auch muss das Wissen zu Maschinen, wie z.B. zu Verfügbarkeit, Verarbeitungsparametern, Ausbringungsmengen semantisch beschrieben, repräsentiert und in intelligenten Informationssystemen vorhanden sein. Eine vorausschauende Planung und Produktionsdurchführung basiert letztendlich auf dem Wissen in den intelligenten Informationssystemen.

### 1.2.6 Wandelbare Fabrik

Gerade in der Fertigung, in der Robotik und bei den Produktionsstraßen zeigen sich Umbrüche zur bisherigen Herstellung von Komponenten und Produkten. Robotik-

Prozesse und Automatisierungs-Prozesse werden zusammengefasst zu wissensbasierten Robotik-Prozessen (**Knowledge-based Robotics Processes, KRP**) bzw. wissensbasierten Automatisierungs-Prozessen (**Knowledge-based Automation Processes, KAP**). Hier wird ein modularer Aufbau verfolgt um die Flexibilisierung zu erhöhen, möglichst späte Konfigurationen zu ermöglichen und geringe, individuelle Losgrößen bis hin zur sogenannten Losgröße 1 zu unterstützen. Durch Modulkonzepte können Roboter und Maschinen für einzelne Aufgaben verwendet bzw. ausgetauscht werden. Dadurch kann Produktivität und Wirtschaftlichkeit stark verbessert werden. Individualisierte Produkte können in kleiner Stückzahl zu bezahlbaren Preisen hergestellt werden. Gerade hier sind enorme Potentiale zu erwarten, da verstärkt Sensorik zur Erfassung von Daten, Information und letztendlich Wissen in intelligenten Informationssystemen genutzt werden. Die Vision von sich selbst steuernden Über-Systemen (engl. **System-of-Systems, SOS**) sind ebenfalls hier zu verorten. Werkstücke haben dann eine eindeutige Identität (engl. Identity, ID) und tragen bereits das Wissen in sich „was sie einmal werden sollen“. Mit diesem Wissen „über sich selbst“ macht sich der Aluminiumblock dann quasi selbstständig auf den Weg durch die Fabrik und lässt sich selbstständig zur Form, z.B. eines Gehäuses für einen Turbolader ausarbeiten. Letztendlich meldet sich das fertige Endprodukt – nach Abschluss der Bearbeitung – im intelligenten Informationssystem zurück und ist sodann bereit zur Auslieferung.

### 1.2.7 Optimierte Logistik

Auch in der Logistik werden zunehmend intelligente Informationssysteme eingesetzt und integriert. Diese werden genutzt, um optimale Lieferwege in Unternehmen aber auch zwischen Unternehmen bis hin zum Endkunden zu erreichen. Intelligente Informationssysteme liefern die Datenbasis und das Prozesswissen, Algorithmen berechnen darauf ideale Lieferwege, Transportauslastung und Lageroptimierung. Auch

Maschinen werden eingebunden und melden selbstständig, wenn neues Material benötigt wird bzw. wenn Transport- und Maschinenkapazitäten verfügbar werden. Durch diese smarte Vernetzung ermöglichen die intelligenten Informationssysteme einen optimierten Warenfluss und die Etablierung von Wertschöpfungsnetzwerken. Diese Aktivitäten werden in diesem Kurs unter wissensbasierte Logistik-Prozesse (**Knowledge-based Logistic Processes, KLP**) zusammengefasst.

Knowledge-based  
Logistic Processes

### 1.2.8 Kontinuierliche Analysen und Verbesserungen

Daten und Information zum Ablauf der Produktion und zum Zustand eines Produkts werden zusammengeführt, ausgewertet und zu neuem Wissen in intelligenten Informationssystemen gebündelt. Die Datenanalyse oder auch die Prozessanalyse (engl. **Process Mining**) gibt Hinweise, wie ein Produkt effizienter hergestellt werden kann. Noch wichtiger: Sie ist die Grundlage für vollkommen neue Geschäftsmodelle und Services. Beispielsweise können Hersteller von Fahrzeugen ihren Kunden vorausschauende Wartung anbieten: Fahrzeuge sind bereits mit Sensorik und Datenverbindungen ausgestattet, die kontinuierlich Betriebs- und Zustandsdaten übermitteln. In der I4.0 werden Prozessdaten und Zustandsdaten zu Maschinen und deren Verfügbarkeit/Wartungsintervallen/Abnutzung ermittelt, analysiert und Fehler aktiv behoben bevor es zu Stillständen oder Ausfällen in der Produktion kommt. Gerade die Betreiber von Serienmaschinen und die Hersteller von Serienprodukten nutzen dieses Wissen aus dem Feld oder aus der Produktnutzung und bündeln dieses Wissen in intelligenten Informationssystemen. Bei entsprechender Analyse können so aktiv Verbesserungen angeboten, Verschleiß erkannt oder Fehlfunktionen vermieden werden.

Process Mining

### 1.2.9 Ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft

Gerade die Rücknahmepflicht, das Trennen und die Wiederverwendung von Rohstoffen sowie das Recycling von Produkten fließen bereits in die Produktentwicklung ein. Dazu werden sogenannte Lebenslaufakten zu Produkten etabliert, die den gesamten Wertschöpfungs- und Produktlebenszyklusprozess dokumentieren. Schon in den frühen Designphasen wird festgelegt, auf welche Art und Weise Produkte wieder zerlegt und wie die Materialien wiederverwertet werden sollen. Häufig werden dazu Prozesse und Wissen in intelligenten Informationssystemen genutzt um zeitliche Zweit- oder Alternativenanwendungen (engl. Second Life oder engl. Second Use), also die Wieder- bzw. Weiterverwendung von Produkten zu planen. Ein aktuelles Beispiel ist z.B. die Weiterverwendung von Hochvoltbatterien aus Elektrofahrzeugen. Sinkt die Kapazität einzelner Batteriezellen und somit die der Hochvoltbatterie, dann sinkt die Reichweite des Fahrzeuges. Die Batterie ist für den mobilen Einsatz nicht mehr geeignet. Jedoch für den stationären Einsatz, beispielsweise als Heimspeicher oder zur Versorgung von abgelegenen Mobilfunkmasten oder Wetterstationen mit Solaranbindung, also ohne Bauraumrestriktionen oder geforderte Energiedichte wie in Fahrzeugen. Dadurch können nachgelagerte Produkte für spe-

Kreislaufwirtschaft

zifische Anwendungen zu besseren Konditionen angeboten werden, da diese mehrfach genutzt und letztendlich mehrfach daran verdient werden kann.

### 1.2.10 Ausblick zu intelligenten Informationssystemen und Plattformen

Die Themen Industrie 4.0, Smart Factory, Maschinenkonnektivität, vernetzte Produktion, Maschinelles Lernen (engl.: Machine Learning), intelligente Logistik und das Internet der Dinge (engl. **Internet of Things, IoT**) – sie alle basieren auf der Digitalisierung und den intelligenten Informationssystemen. Wie im Artikel digitale Plattformen beschrieben: Sicher dürfte sein, dass sich für intelligente Informationssysteme, wie diese gerade in der Plattformökonomie genutzt werden, sowie im Geschäftsfeld der industriellen Digitalisierung weiterhin gute Chancen entwickeln. Ebenso im B2B-Bereich ist eine zweite Welle der Digitalisierung zu erwarten. Die Zahl der Plattformen in der Industrie – in Fertigung, Montage, Wartung, Lagerhaltung, Logistik – wird in den nächsten Jahren weiter wachsen. Unternehmen können Produkte, Anlagen, Systeme und Maschinen vernetzen und digitale Plattformen für Datenfluss, -analyse und -austausch nutzen. Mit dem Einsatz intelligenter Informationssysteme wird die Produktions-, Transport- und Arbeitswelt sehr stark verändert. Das Potenzial ist enorm und noch bei Weitem nicht ausgeschöpft. Es kommen viele Veränderungen auf uns zu: Wir stehen am Beginn eines großen Umbruchs.<sup>3</sup>

### 1.1 Grundlagen der intelligenten Informationssysteme

*„Die Anforderungen an intelligente Informationssysteme sind entsprechend vielfältig. Zudem werden sie aufgrund der stetig wachsenden Service-Erwartungen in unserer Gesellschaft auch noch weiter zunehmen. Benutzer zukünftiger Informationssysteme erwarten zum einen von diesen auf einfache Weise unterstützt zu werden, zum anderen, dass Informationssysteme sich in vielerlei Hinsicht intelligent verhalten, aus Erfahrung lernen und ihr Verhalten dadurch verbessern. Hierfür ist es erforderlich, dass solche intelligenten Informationssysteme besonders flexibel und modular sowie leicht anpass- und wartbar sind und dass sie sehr viel für den Benutzer wertvolles Wissen in einer Form beinhalten, die dem Menschen, aber auch dem Computer zugänglich ist. Deshalb heißen solche Systeme auch wissensbasiert.“*

[Alth06]

Zu den wissensbasierten bzw. intelligenten Informationssystemen zählen unter anderen:

- Case-based Reasoning-Systeme [Brig08]
- Entscheidungs-Unterstützungs-Systeme [Alth06]

<sup>3</sup> <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/DE/Standardartikel/Magazin/Digitale-Plattformen/digitale-plattformen-da-schau-her.html>



- Verteilte und lernende Systeme [Alth06]
- Multi-Experten-Systeme [Alth07]
- Erfahrungs-Management-Systeme [Bach08]
- Agenten-Systeme [Bur03]
- und zuletzt, die in diesem Kurs betrachteten, semantischen, wissensbasierten (engl. knowledge-based) intelligenten Informationssysteme.

Nach diesem Überblick zu verwandten Systemtypen möchte der Kurs nun den Blick auf die intelligenten Informationssysteme sowie auf die darin verarbeitete Information lenken. Dabei konzentriert sich der Kurs auf die semantische Repräsentation der Information an sich sowie auf Systeme, die Wertschöpfungs-Prozesse mit annotierten Ressourcen semantisch abbilden, verwalten und analysieren.

Im weiteren Verlauf zeigt der Kurs auf, wie bestehende Informationssysteme durch den Einsatz von Semantik und semantischen Repräsentationen – wie aus dem Bereich des semantischen Webs (engl. **Semantic Web**) bekannt – ergänzt werden können. Durch die semantische Repräsentation von Ressourcen (z.B. von Prozessen, Experten, Maschinen, Robotern, Diensten und Dokumenten) erweitert der Kurs das Verständnis von bestehenden Informationsrepräsentationen hin zu intelligenten, also semantischen Informations-Repräsentationen. Die Information und deren Repräsentation werden durch semantische Annotationen und semantische Repräsentationen dahingehend erweitert, dass Information zu semantischer Information und damit semantisch repräsentiert und somit maschinenlesbar werden. Diese semantischen Repräsentationen bieten eine Vielzahl an Vorteilen, sie sind maschinenlesbar, semantisch durchsuchbar und auch neues Wissen kann gefolgert oder per Inferenz abgeleitet werden. Aus Informationssystemen werden durch die semantische Beschreibung der Informationsinhalte intelligente Informationssysteme.

Nachstehend führen wir die zentralen Begriffe und Definitionen zu Daten, Information und Wissen ein, ebenso wie zu Syntax, Semantik und Pragmatik.

### 1.1.1 Daten, Information, Wissen – die Wissenstreppe nach North

Die *Wissenstreppe* wurde von [Nort02] entwickelt, um Unternehmen wissensorientiert zu führen.

*„Ziel wissensorientierter Unternehmensführung ist es, aus Information Wissen zu generieren und dieses Wissen in nachhaltige Wettbewerbsvorteile umzusetzen, die als Geschäftserfolge messbar werden.“* [Nort02, S.37]



Die *Wissenstreppe* zählt zu den grundlegenden Theorien im Wissensmanagement.

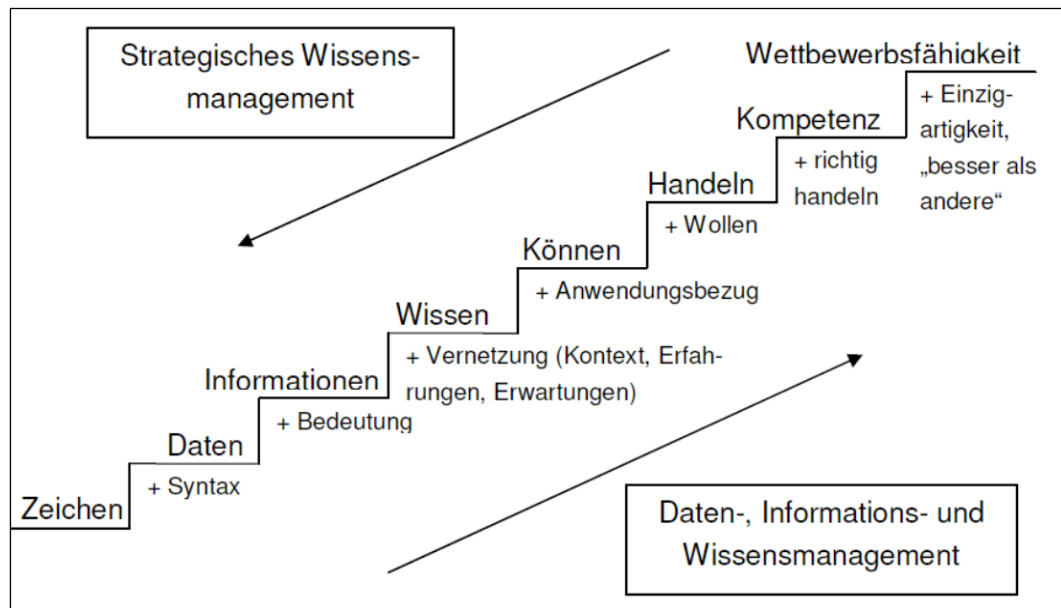


Abb. 1.1: Die Wissenstreppe nach North [Nort02, S.39]

Auf dem Weg zu intelligenten Informationssystemen gilt es, alle Stufen der Wissenstreppe zu gestalten. Ist eine Stufe der Treppe nicht ausgebildet (z.B. fehlende Datenkompatibilität, unvollständige Informationsverfügbarkeit, fehlende Handlungsmotivation), so „stolpert“ man beim Begehen der Wissenstreppe [Nort02, S.41]. Zur Vertiefung der stark betriebswirtschaftlichen Begriffe der Wissenstreppe wie Wettbewerbsfähigkeit, Handeln und Können wird an dieser Stelle auf die wissensorientierte Unternehmensführung von North verwiesen.

Die Begriffe Daten, Information und Wissen der Wissenstreppe nach North sind abzugrenzen von den Definitionen wie sie Kuhlen verwendet [Kuhl03, Kuhl04, Sema04]. Darüber hinaus finden bei North erste Prozessgedanken im Wissensmanagement Beachtung, dazu sind drei Handlungsfelder beschrieben [vgl. Nort02, S.41 ff.]:

**Strategisches Wissensmanagement** durchläuft die Wissenstreppe von oben nach unten, um die Frage zu beantworten, welche Kompetenzen und daraus abgeleitet, welches Wissen und Können benötigt wird, um wettbewerbsfähig zu sein. Die Aufgabe besteht darin, ein Unternehmensmodell zu entwickeln, in dem die motivationalen und organisationalen Strukturen und Prozesse konzipiert werden, um das Unternehmen fit für den wissensbasierten Wettbewerb zu machen [Nort02, S.41].

**Operatives Wissensmanagement** beinhaltet insbesondere die Vernetzung von Information zu Wissen, Können und Handeln. Für den Erfolg wissensorientierter Unternehmensführung ist entscheidend, wie die Prozesse „individuelles in kollektives Wissen“ und „kollektives in individuelles Wissen“ gestaltet werden. Ohne wirksame Anreize finden diese Prozesse nicht statt. Operatives Wissensmanagement hat

daher die Aufgabe Rahmenbedingungen zu schaffen, die Anreize für Wissensaufbau, Wissensteilung und Wissensnutzung bieten [Nort02, S.41].

**Informations- und Datenmanagement** sind Grundlagen des Wissensmanagements. Bei Betrachtung der Wissenstreppe, ist die Bereitstellung, Speicherung und Verteilung von Information Voraussetzung für Wissensaufbau und Wissenstransfer. In Untersuchungen stellt North fest, dass Informations- und Kommunikationstechnologie – für Information- und Datenmanagement – ohne entsprechende organisatorische und motivationale Rahmenbedingungen nur ungenügend genutzt wird [vgl. Nort02, S.42].

Die Wissenstreppe nimmt Bezug auf semiotische Ebenen des Wissensmanagements und nähert sich dem Wissen über Daten und Information aus der Bottom-Up-Sicht. In der Top-Down-Sicht werden grundlegende Themen der Unternehmensführung beleuchtet und um Wissensaspekte ergänzt. Eine differenzierte Betrachtung von Geschäftsprozessen und Wissensprozessen wird nicht vorgenommen.

### 1.1.2 Definitionen: Wissen, Information und intelligentes Informationssystem

Den pragmatischen Informationsbegriff leitet Kuhlen – im Vergleich zu den meisten anderen wissenschaftlichen Arbeiten – nicht von kontextuierten Daten sondern von Wissen her und fordert:

#### Definition 1.2: Wissen

Wissen

***„Wissen muss in irgendeiner Weise dargestellt werden, da es noch keinen direkten Gehirntansfer gibt.“*** [Kuhl04]

In Publikationen zum Wissenstransfer und Wissensaustausch zwischen Personen wird dies zur Externalisierung von Wissen, die über ein Medium wie Luft, z.B. für Sprache, oder multimedial bis rechnergestützt erfolgen kann [vgl. NoTa97]. Die technische Repräsentation des Wissens nimmt in diesem Kurs eine entscheidende Rolle ein. Kuhlen formuliert allgemein: Durch die Darstellung des Wissens in einem Zeichensystem, das in syntaktischer Hinsicht, z.B. in Form einer Grammatik und eines Wortschatzes, formal beschrieben werden kann, verwandeln sich Wissensstrukturen wieder in Daten, die in der realen Welt wahr- und aufgenommen werden können und zwar – und das ist für den vorliegenden Zusammengang entscheidend – über Information [Kuhl04]. Kuhlen, Seeger und Strauch definieren Information [EnFo06]:

#### Definition 1.1: Information<sup>4</sup>

##### Information

**„Information ist ein referentieller, pragmatischer Begriff, der sich auf zugrundeliegendes Wissen bezieht und seine Relevanz erst durch eine aktuelle Entscheidung bzw. einen aktuellen Handlungskontext gewinnt. Information referenziert demnach auf das Wissen, das, um handeln zu können, in einem aktuellen Kontext benötigt wird.“** [Kuhl04]

Der Informationsbegriff nimmt seinen Ausgang vom Wissensbegriff. Information gibt es nicht als Objekt für sich, sondern kann nur in einer Repräsentations-/ Kodierform von Wissen aufgenommen werden. Wissen selbst ist eine interne, kognitive Struktur. Information ist ein referentielles Konzept. Information referenziert nicht nur auf repräsentiertes Wissen, sondern entfaltet diese Bedeutung nur mit Referenz auf die aktuelle Benutzungssituation. „Information bedeutet etwas, aber – und das macht das pragmatische Grundverständnis aus – sie existiert nicht losgelöst von ihrer Nutzung.“ [Kuhl04; EnFo06].

Von Information sollte man nur im aktuellen Kontext ihrer Verwendung sprechen, unter Berücksichtigung der verschiedenen Rahmenbedingungen ihrer Benutzung. Dieses pragmatische Verständnis von Information – als aktiv gewordenes Wissen, wird zuweilen ausgedrückt in der Formel **„Information ist Wissen in Aktion“** [EnFo06]. Dazu soll in diesem Kurs die Aktion in einen Kontext sowie in Prozesse und Aufgaben überführt werden, um das informationalisierte Wissen prozessorientiert abbilden zu können.

#### Definition 1.2: Informationssystem

##### Informationssystem

*„In der Praxis gibt es gewisse terminologische Unstimmigkeit, da Datensammlungen in der Regel als Informationssysteme bezeichnet werden, obwohl sie an sich keine Information enthalten [vgl. Kuhl04]. Vielmehr sollten Systeme danach benannt werden, was darin enthalten ist bzw. welches Potential extrahiert werden kann. Daten sind – und damit rechtfertigt sich die Verwendung von Informationssystem – virtuelle Information. Daten haben das Potential zur Information zu werden. Zu Information werden Daten, wenn sie in einem bestimmten Kontext und/oder zu einem bestimmten Zweck wahrgenommen oder gezielt aus Daten/Informationssystemen abgerufen werden.“* [Kuhl04]

Somit geht die Definition von Information und Informationssystem eng verzahnt einher.

<sup>4</sup> Information ist nicht „zählbar“, daher gibt es keine Mehrzahl von Information.

**„Unter einem Informationssystem wird ein System verstanden, das Informationen verarbeitet, d.h. erfasst, überträgt, transformiert, speichert und bereitstellt. [FeSi98, S.1].**

Acht weitere technische Definitionen zum Informationssystem stellen Festl/Sinz vor [FeSi98, S.8]. Zudem sei an dieser Stelle auf die dynamische Definition bzw. das erweiterbare Online-Glossar von Kuhlen im EnForum [EnFo06] verwiesen.

Wissensrepräsentation (engl.: knowledge representation) kann als Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz betrachtet werden und beschäftigt sich mit der Fragestellung, wie Wissen auf einem Rechner dargestellt werden kann, sodass dieser in der Lage ist, daraus Schlüsse (engl. inferencing) zu ziehen, weiteres Wissen abzuleiten oder eine Problemlösung für ein gegebenes Problem zu finden.

Im Rahmen dieses Kurses und in Bezug auf Industrie 4.0 verstehen wir unter einem **intelligenten Informationssystem**...

#### Definition 1.2: Intelligente Informationssysteme

**...ein Informationssystem in dem Prozesse (Wertschöpfungsprozesse) und Ressourcen semantisch repräsentiert, verwaltet und analysiert werden können sowie das über Benutzungsschnittstellen individuell zu Aufgaben und Anfragen passende Information, direkt aus dem Daten- und Informationsstand, liefern kann. Das Informationssystem muss Schnittstellen für semantische Suchen und Inferenzmechanismen bereitstellen.**

Intelligente  
Informationssysteme

### 1.1.3 Wissen, Aufgabe und Kontext

Kuhlen arbeitet die pragmatische Dimension von Information heraus und definiert Information als *Wissen in Aktion* und *Wissen im Kontext* [vgl. Kuhl04], aufbauend auf der allgemein akzeptierten, hierarchischen Unterscheidung von Daten, Information und Wissen wie in der *Wissenstreppe nach North* [Nort02, S. 39]. Weiterführend grenzt Kuhlen den Wissensbegriff aus einer human-orientierten Sichtweise ab: Gespeicherte Daten sollten nicht als Information angesprochen werden, denn so wird dem Informationsbegriff jede semantische, kontextuelle und pragmatische Konnotation entzogen. Dann fällt es nicht schwer, den Gegensatz zwischen Information als Computerkonzept und Wissen als genuin menschliches Privileg aufrecht zu erhalten [Kuhl04]. Das Zitat nach Kuhlen **„Information ist Wissen in Aktion“** hat zur Konsequenz, dass die Aktion zu repräsentieren ist, damit aus Wissen Information entstehen kann. Dieser Kurs fasst unter „Aktion“ die Wertschöpfungsprozesse und Prozesse sowie unter „Kontext“ die industriellen Anwendungen in der Industrie 4.0 zusammen. Geeignete Modelle aus der Aufgaben- und der Kontext-Modellierung der Informatik werden vorgestellt und genutzt. Der Begriffsvorschlag zu *Wissen* von Kuhlen, Seeger und Strauch [EnFo06] ist zweigeteilt. Aufbauend auf *individuellem Wissen* wird erweiternd auch *Wissen in Unternehmen* betrachtet:

*Wissen nimmt im Kontext von Individuen und insbesondere bei Experten eine zentrale Rolle ein. Wissen wird als Phänomen kognitiver Systeme aufgefasst, das als Ge-*

samtheit der Kenntnisse, Erfahrungen, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Wertvorstellungen verstanden wird. Damit stellt es einerseits den Strukturrahmen für die Aufnahme, Bewertung und Eingliederung neuer Erfahrungen und Information, andererseits ist es handlungsleitend für Individuen [EnFo06]. Im Umfeld der Industrie 4.0 werden diese Individuen häufig als Fachkräfte oder Experten, in der Informatik allgemeiner als Agenten bezeichnet.

Auch im Kontext von Unternehmen hat Wissen einen hohen Stellenwert. Wissen kann darüber hinaus als emergentes Phänomen<sup>5</sup> in *kollektiven Systemen*, beispielsweise in industriellen Anwendungen, in verteilten und kollaborativen Ansätzen sowie in vernetzten Industrie-4.0-Wertschöpfungsnetzwerken bis hin zur intelligenten Fabrik (engl. Smart Factory) auftreten. In der Industrie 4.0 wird Wissen vielfach in Form von Information in Dokumenten- und Informationssystemen gespeichert, welche damit eine wichtige Unterstützungsfunktion für das Wissensmanagement bieten. Auf der organisationalen Ebene fließt Wissen in Routinen, Prozesse oder Normen ein [EnFo06].

#### Definition 1.1: Aufgaben-Modellierung

*Basierend auf der Aufgabenteilung ist bei der Aufgaben-Modellierung (engl. Task Modelling) die Basisaufgabe darin zu sehen, alle betrieblichen Aufgaben (engl. Tasks) abzubilden und in logischer, chronologischer Abfolge darzustellen.*

Hierbei unterstützen Prozessmodellierungs- und den Arbeitsablauf unterstützende Werkzeuge (engl. *workflow tools*). Eine entscheidende Herausforderung ist darin zu sehen, die Aufgaben den Aufgabenträgern zuzuordnen. Hierbei muss unterschieden werden zwischen nicht-, teil- und vollautomatisierten Aufgaben. „Diese Zuordnung der Aufgaben zu den Aufgabenträgern erhöht die Komplexität der Aufgabenmodellierung erheblich.“ [vgl. FeSi98, S. 8]

#### Definition 1.2: Kontext-Modellierung

*Als Kontext wird in diesem Kurs ein Wissensfeld (Wissensdomäne oder nur Domäne) verstanden, indem durch Abstraktion bestehender Information neue Erkenntnisse, Verbesserungen und Innovationen in einem **wissensbasierten [x] Prozess (engl. Knowledge-based [x] Process, KxP)** umgesetzt werden können. „x“-nimmt hierbei die entsprechende Domäne, wie z.B. Innovation, Engineering, Fertigung/Produktion oder Robotik/Automation ein. Der Kontext ist nicht exklusiv auf ein Unternehmen oder einen Prozess begrenzt, sondern kann gezielt für unternehmensübergreifende Wertschöpfungsprozesse und Wertschöpfungsnetzwerke über mehrere Organisationen und deren Umwelten – bis hin zur gesamten Industrie 4.0 – erweitert werden.*

Knowledge-based [x]  
Process

<sup>5</sup> Emergenz Theorie: Emergente Eigenschaften eines Systems lassen sich nicht auf die Eigenschaften der isolierten Elemente des Systems zurückführen. Auch als Übersummativität und Fulguration bezeichnet.

Bestehendes Wissen (*individuelles Wissen* und *organisationales Wissen*) kann somit in „*verschiedenen Kontexten gültig sein bzw. zeitlich gesehen in neue Kontexte integriert werden und diese erweitern.*“ [vgl. FeSi98, S. 8]

Diese Kurseinheit zeigt Wege auf, wie Information, Wissen und Ressourcen anwendungsorientiert bereitgestellt (im Sinne einer semantischen Repräsentation) werden können, um Innovationen, Entwicklungen und die Produktion im technischen Umfeld in fertigen Industrien zu beflügeln.

### 1.1.4 Meta-Wissen

Meta-Wissen ist in der Begriffshierarchie über der Wissensebene angeordnet. Das kann z.B. Wissen über Quellen und Adressaten des Wissens [Naum99, S.48] sein. Meta-Texte oder Meta-Inhalte sind Beschreibungen zu einem Text oder dem Inhalt eines Dokuments. Es sind Schlagworte, die aus dem Inhalt abgeleitet werden, um diesen knapp wiederzugeben. Üblicherweise erfolgt die Wiedergabe nicht als zusammenhängende Beschreibung im Sinne eines Referates, ähnlich den Schlagworten (engl. key words oder meta words), die meist zu Beginn an einer definierten Stelle von Dokumenten stehen. Gerade im Internet stehen in HTML-Dokumenten<sup>6</sup> oft spezielle Meta-Tags zur Verfügung, um die inhaltliche Beschreibung mittels Schlagworten zu realisieren. Bei Suchanfragen im Internet werden genau diese Meta-Tags durchsucht und auf Treffergüte und Häufigkeit bewertet. Dokumente mit hoher Trefferzahl werden als „erfolgreiche“ Suchergebnisse präsentiert. Soll Information über Informationssysteme bereitgestellt werden ist die Beschreibung des Dokuments von enormer Bedeutung, denn: Die wichtigste Information ist ohne Nutzen, wenn sie im Unternehmen nicht gefunden wird.

Meta-Wissen

Meta-Wissen beschreibt in diesem Kurs Wissen über Ressourcen, also u.a. Dokumente, Prozesse, Personen, aber auch Dienste, Maschinen und Materialien. Zur Beschreibung von Dokumenten können Schlagworte herangezogen werden, die selbst im Dokument abgelegt werden und das Dokument selbst beschreiben. Da diese Schlagworte von Mitarbeitern oft manuell eingepflegt werden, sind sie nicht eindeutig, da jeder Mitarbeiter andere Begriffe mit dem Dokument assoziiert bzw. unterschiedliche Schlagworte heranzieht. Zudem ergibt sich das Problem, wenn ein Schlagwort einen typografischen Fehler enthält oder schlicht vergessen wird. Das Dokument wird von konkreten Suchanfragen nicht identifiziert. Diese Verschlagwortung von Ressourcen, wie z.B. von Dokumenten und Internetseiten wird als Tagging bezeichnet, abstammend von den Markierungen (engl. Tags) der Auszeichnungssprachen, wie z.B. HTML<sup>7</sup> und XML<sup>8</sup> [BeMi98, Dalh01, EcEc04]. Dabei wird z.B. das

<sup>6</sup> <https://www.itwissen.info/HTML-Dokument-HTML-document.html>

<sup>7</sup> HTML: Hypertext Markup Language (Hypertext-Auszeichnungssprache), oder auch als Hypertext bezeichnet, ist eine textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung von Inhalten wie Texten, Bildern und Hyperlinks in Dokumenten. HTML-Dokumente sind die Grundlage des World Wide Web und können durch Web-Browser dargestellt werden; <http://www.w3.org/TR/html5/>.

Schlagwort *Innovation* als Markierung  $\langle Innovation \rangle$  repräsentiert. Viele Unternehmen und Lösungsanbieter denken über Schlagwortkataloge nach, die über mehrere Ebenen strukturiert und erweiterbar sein können. Einer Studie folgend umfassen derartige Taxonomien in der Praxis zwischen 200 und 20.000 Begriffe zur Verschlagwortung [MFOW06]. Vorteile dieser Schlagwortkataloge sind darin zu sehen, dass:

- Schlagworte vorgegeben werden und nicht jedes Mal durch die Mitarbeiter neu festgelegt und angelegt werden müssen.
- Schlagworte sind eindeutig.
- Funktionen geben Schlagworte automatisch vor bzw. vervollständigen diese automatisch (auto-Vervollständigung) bei der Eingabe. Der Verschlagworter erhält so mehr oder minder sinnvolle Schlagworte zur Auswahl.

## Tagging

Diese Tagging-Methode mag für einzelne Unternehmen ausreichend sein. Eine Herausforderung ist darin zu sehen, in strukturierten Schlagwortkatalogen eine geeignete Schlagwortebene zu finden. Ein Mittelweg zur Beschreibung von Ressourcen zwischen „zu generisch“ und „zu detailliert“ muss gefunden werden. Problematisch wird es zudem bei der Verwendung bzw. Kombination solcher Kataloge über Unternehmensgrenzen hinweg.

Als Ausweg wurden Top-Down-Vokabulare identifiziert, die solche Schlagworte standardisiert und global zur Verfügung stellen. Schormann und Seidel erachten Tagging erst bei einem großen Mitarbeiterstamm bzw. einer weltweiten Usergroup als sinnvoll. Denn bei einer großen Anzahl an Usern werden diese ähnliche und identische Tags zur Annotation heranziehen. Zudem sehen sie im Tagging den Vorreiter von RDF [ScSe06]. Anzumerken ist, dass diese semantischen Ansätze wie Dublin Core [Dubl06; DCES09; BaFi05] oder RDF über ein einfaches Tagging hinausgehen und zudem Ressourcen in Beziehungen (engl. relation) setzen.

### 1.1.5 Syntax, Semantik, Pragmatik

## Syntax

**Syntax** im Sinne der Informatik beschreibt die Ordnung bzw. Reihenfolge zur Aneinanderreihung von elementaren Zeichen. Somit bildet die Syntax ein Regelsystem zur Kombination von Zeichen in natürlichen oder künstlichen Zeichensystemen. Syntax ist somit die formale Struktur, die Grammatik der Sprache. Die Zusammenfügungsregeln der Syntax stehen hierbei den Interpretationsregeln der Semantik gegenüber.

Syntax ist somit die Definition aller zulässigen Wörter, Sätze oder Programme, die in einer Sprache, z.B. einer Programmiersprache, formuliert werden können. Ein Syn-

---

<sup>8</sup> XML: eXtensible Markup Language (erweiterbare Auszeichnungssprache) ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form von Textdaten; <http://www.xml.com>.



tax-Fehler (engl. syntax error) entsteht dann, wenn eine Zusammenführungsregel verletzt wird.

**Semantik**, und insbesondere die formale Semantik, beschäftigt sich mit der exakten Bedeutung von Termen in künstlichen oder natürlichen Sprachen. Dabei kann sowohl die Bedeutung in bestehenden Sprachen untersucht, als auch die Bedeutung in neu geschaffenen Sprachen festgelegt werden. Die Semantik kann auf diverse Weise festgelegt werden, bei Programmiersprachen z.B. durch ein Benutzungshandbuch (engl. User Manual), einen Übersetzer<sup>9</sup> (engl. Referenz Compiler), oder eben eine formale Semantik [Hart96]. Zur Abgrenzung und im Sinne der Informatik, arbeitet die formale Semantik mit rein formalen, logisch-mathematischen Methoden [Hart96].

Semantik

Die Semantik befasst sich mit der Bedeutung der zulässigen Wörter, Sätze einer natürlichen Sprache oder der Bedeutung der zulässigen Programme einer Programmiersprache. Die Semantik baut somit auf der Syntax auf. Folglich haben syntaktische falsche Wörter, präziser formuliert, syntaktisch falsch gebildete Wörter, Sätze oder Programme keine Semantik [Hart96].

**Pragmatik** baut auf Syntax und Semantik auf und bezieht sich auf den praktischen Umgang mit diesen beiden [Morr96]. „*Programmiersprachen sollten ein Programm verständlich und eindeutig ausdrücken können, und dabei nicht zu kompliziert oder umständlich zu schreiben sein.*“<sup>10</sup>

Pragmatik

### 1.1.6 Glossare, Thesauri, Taxonomien

Ein **Glossar** ist eine Sammlung von spezifischen Vokabeln in einem Handlungskontext. Ein Glossar<sup>11</sup> dient dazu, durch die Definition verbreiteter Vokabeln in einem Unternehmen eine einheitliche Diskussionsgrundlage zu schaffen. In der fertigen Industrie ist es in Projekten durchaus üblich, nach dem Kickoff erst einmal eine einheitliche Sprache, ein einheitliches Glossar zu entwickeln, um ein einheitliches Verständnis zu Vokabeln, z.B. zwischen verschiedenen Fachbereichen zu etablieren.

Glossar

Thesaurus

**Thesauri** beschäftigen sich mit Synonymen<sup>12</sup> und Homonymen<sup>13</sup> und dienen dazu, Worte mit gleicher Bedeutung

<sup>9</sup> Ein Übersetzer übersetzt ein Programm aus einer formalen Quellsprache in ein semantisches Äquivalent in einer formalen Zielsprache

<sup>10</sup> <https://www.uni-muenster.de/Informatik/u/lammers/EDU/ws12/Compilerbau/Scripthtml/2012-10-08-1-Programiersprachen.pdf>

<sup>11</sup> Rekursive Definition von Glossar über Wikipedia, das wiederum ein (online) Glossar ist: Ein Glossar ist eine Liste von Wörtern mit Erklärungen; <http://de.wikipedia.org/wiki/Glossar>

<sup>12</sup> Zwei Ausdrücke sind synonym, wenn sie die gleiche (bzw. eine ähnliche) Bedeutung haben, <http://de.wikipedia.org/wiki/Synonym>.



identisch zu interpretieren. Thesauri werden in Anwendungen häufig durch Auswahllisten oder Autovervollständigung bei der Eingabe in Formulare unterstützt [Rach05].

## Taxonomie

**Taxonomien** dienen z.B. zur Beschreibung von Ressourcen im Semantic Web. Eine Taxonomie dient der Klassifizierung eines Objektes, d.h. dass etwas einen bestimmten Namen erhält und hierarchisch in einer Wissensbasis eingeordnet wird. Dabei erfolgt die Klassifizierung in Form einer einfachen Hierarchie, i.d.R. als Baumstruktur mit Knoten und Zweigen dargestellt [vgl. Rach05].

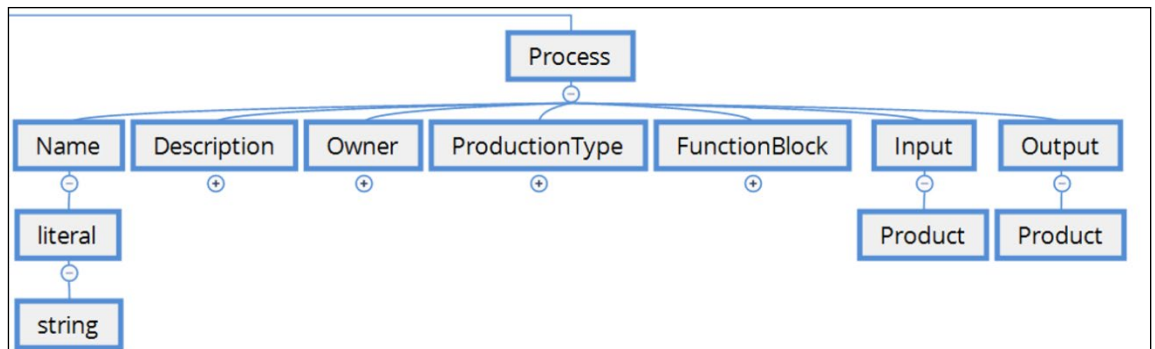


Abb. 1.2: Beispiel für eine Taxonomie zu einem Prozess [NOMS2020]

Innerhalb der Hierarchie hat jeder Knoten nur einen Vorgängerknoten. Taxonomien sind sehr hilfreich, um Informationseinheiten semantisch zu klassifizieren. Tiefer verschachtelte Zweige der Taxonomie enthalten spezifischeres Wissen, während Knoten, die näher an der Wurzel liegen, allgemeinere Information enthalten. „Durch diese Klassifizierung von Wissensbereichen innerhalb einer Hierarchie entsteht eine einfache Semantik.“ [Rach05]

### 1.1.7 Ontologien

## Ontologie

Für die Repräsentation von komplexen Wissensbeziehungen hat sich in der Informatik der Begriff der Ontologie eingebürgert. Der Unterschied zur Taxonomie ist der, dass die Ontologie ein Netzwerk aus Information darstellt, während die Taxonomie eine einfache Hierarchie bildet. Des Weiteren enthält eine Ontologie auch logische Relationen, d.h. es werden bestimmte Eigenschaften und Beziehungen von semantisch zusammenhängenden Elementen erzeugt. **Ontologien** bestehen aus verschiedenen Komponenten wie Klassen, Instanzen und Relationen.

*„Eine Ontologie stellt somit ein Modell der Welt oder eines Teils der Welt dar, über deren Begriffe und Zusammenhänge eine Gruppe von Experten/Nutzern Einigkeit erreichte. Die Ontologie soll dazu eine Wissensstruktur abbilden, wobei durch diese Formalisierung Mehrdeutigkeit vermieden wird. Ontologien sind üblicherweise in Taxonomien, also in einer Baumstruktur mit mehrfacher Vererbung und disjunkten*

<sup>13</sup> Als Homonym bezeichnet man ein Wort, das für verschiedene Begriffe oder unterschiedliche Einzeldinge steht; <http://de.wikipedia.org/wiki/Homonym>.

*Unterkategorien organisiert. Diese Kategorien (Konzepte) können mit anderen Kategorien über Relationen verknüpft oder mit Attributen detailliert beschrieben werden.“ [StSN01, S.10]*

Ontologien stellen zusätzlich zur Navigationsunterstützung mächtigere Modellierungsmöglichkeiten zur Verfügung, welche zusätzliche Funktionen des Wissensmodells ermöglichen. So kann nicht nur eine Beziehung zwischen den Konzepten Mitarbeiter- und Prozess-definiert werden, sondern diese zusätzlich qualitativ belegt werden, z.B. Mitarbeiter ist ein Experte zu einem Prozess. Durch die Verwendung von Regeln über diese Beziehungen (engl. Relation) können logische Schlussfolgerungsketten aufgebaut, abgebildet und durchsucht werden. Somit werden implizite Beziehungen definiert, die in einer Inferenzmaschine ausgewertet werden können [vgl. StSN01, S.11]. Die Annotation von z.B. HTML-Seiten<sup>14</sup> oder XML-Serialisierungen<sup>15</sup> im Web geschieht z.B. mittels Wissens-/Ontologie-Repräsentationssprachen, wie dem sinngemäßen „System zur Beschreibung von Ressourcen“ (engl. **Resource Description Framework, RDF**). Oder der darauf aufbauenden formalen Beschreibungssprache für Ontologien im Internet (engl. **Web Ontology Language, OWL**). Hintergrund ist, dass dadurch bessere Kategorisierungsmöglichkeiten zur Verfügung stehen.

RDF

OWL

Darauf aufbauend entstehen semantische Datenmodelle mit Beschreibungen zu den Konzepten bzw. zu Klassen und Instanzen:

#### **Product**

Comment: „A product. Products may be finished products or parts of other products.“

Attributes: Name

Relations: Process, Processelement, Material

URL: [kpp.femuni-hagen.de/ontology/#Product](http://kpp.femuni-hagen.de/ontology/#Product)

#### **Person**

Comment: „A person“

Attributes: GivenName, FamilyName, Title, Jobtitle, Phone, Homepage

Relations: Person, Organization, Language, Function, Role, Document, Method, Skill, Process, Functionblock, Source

URL: [kpp.femuni-hagen.de/ontology/#Person](http://kpp.femuni-hagen.de/ontology/#Person)

#### **Machine**

Comment: „A machine or mechanical device“

Attributes: Name, WorkingSpace, LayerStrenght, ...

Relations: Processelement, ProductionType, Material

URL: [kpp.femuni-hagen.de/ontology/#Machine](http://kpp.femuni-hagen.de/ontology/#Machine)

### **Code 1.1: Beschreibung zu Konzepten und Klassen [MSEC15; MSEC16; Gern16]**

Bei dieser codierten Beschreibung handelt es sich um eine generische Beschreibung, z.B. bei Person sind die Attribute GivenName usw. noch nicht ausgeprägt bzw. instanziiert.

Ontologien bilden neben den hierarchischen Beziehungen zwischen den Konzepten einer Taxonomie auch horizontale, sogenannte semantische Relationen aus. Taxonomien können im Sinne einer Baumstruktur mittels Tiefen- oder Breitensuche durchsucht werden. Bei Onto-

<sup>14</sup> <https://www.as-computer.de/wissen/unterschiede-html-und-xml/>

<sup>15</sup> <https://www.ibm.com/docs/de/db2/11.1?topic=functions-xml-serialization>

logien hingegen können gezielt Anfragen sogenannte semantische Suchen an die Ontologie gerichtet werden, zudem kann automatisiert „neues“ Wissen, z.B. per Inferenz [vgl. Buch04] oder geeigneten Abfragesprachen, abgeleitet werden.



## 1.2 Intelligente Informationssysteme durch Semantic Web Technologien

Semantic Web  
Technologien

Das World Wide Web Consortium<sup>16</sup> (W3C) hat die sogenannten Semantic Web-Technologien vorgeschlagen. Diese werden häufig genutzt um semantische Annotationen und Applikationen zu entwickeln. Im Rahmen dieses Kurses werden die semantischen Technologien auf Prozesse und zur Entwicklung von intelligenten Informationssystemen für industrielle Anwendungen genutzt.

### 1.2.1 Resource Description Framework (RDF)

RDF

Das Rahmenwerk zur Beschreibung von Ressourcen (engl. **Resource Description Framework, RDF**) ist ein Standard des W3C und wurde im Jahre 1999 verabschiedet. Es ist eine Weiterentwicklung der **extensible Markup Language**<sup>17</sup>

XML

(**XML**) um Komponenten zum Anlegen von Meta-Daten zu Information reitzustellen, während XML sich vornehmlich auf die Strukturierung von Daten durch die Zuordnung zu XML-Tags beschränkt. Als grundlegendes Modell bei RDF sind drei Objekttypen vorgesehen, die zur Spezifikation von Fakten in Form von RDF-Aussagen (engl. **RDF Statements**) dienen:

RDF Statements

- **Subjekt**, (auch Ressource, Klasse)
- **Prädikat**, (auch Eigenschaft, engl. property)
- **Objekt**, (auch Wert)

URI

Ressourcen werden z.B. mit dem einheitlicher Bezeichner bzw. Identifikator für Ressourcen (engl. **Uniform Resource Identifier**<sup>18</sup>, **URI**), dem sogenannten URI-Konzept, referenziert bzw. beschrieben. Ein Prädikat bzw. eine Eigenschaft ist ein bestimmter Aspekt, eine Charakteristik, ein Attribut oder ein Verhältnis, durch die Ressourcen beschrieben werden können. Jede Eigenschaft besitzt eine besondere Bedeutung: Sie definiert Wertebereiche, die Typen oder das Verhältnis zu anderen Eigenschaften. Eine bestimmte Ressource mit einer genannten Eigenschaft und dem Wert dieser Eigenschaft in Bezug auf die Ressource ist eine RDF-Aussage. Die drei individuellen Teile einer Aussage sind als Subjekt, Prädikat und Objekt benannt. Das Objekt einer Aussage kann eine andere Ressource oder eine Zeichenkette (benannt als **Literal**<sup>19</sup>) sein [Skou02, S.19] sein.

Literal

RDF bildet ein Modell zur Repräsentation von Meta-Daten. Diese Meta-Daten können Information „über“ Webseiten und andere Objekte oder Ressourcen sein, im vorliegenden Fall zu Prozessen, Wissen, Experten, Maschinen, Robotern und Innova-

<sup>16</sup> <https://www.w3.org/>

<sup>17</sup> <https://www.w3.org/XML/>

<sup>18</sup> <https://www.iana.org/assignments/uri-schemes/uri-schemes.xhtml>

<sup>19</sup> Literale sind Buchstaben bzw. bezeichnen in Programmiersprachen Zeichenfolgen, die zur Darstellung der Werte von Basistypen zugelassen sind.

tionen. Am weitesten verbreitet ist die Serialisierung von RDF in XML. In Verbindung mit RDF-Schema und der Web Ontology Language soll RDF als grundlegendes Format zur Repräsentation von Taxonomien (Thesauri, Glossare) und Ontologien (Domänen und Fachbereichen) – also formalen Vokabularen im Allgemeinen – dienen. Der Hauptanwendungsbereich von RDF ist das semantische Web, das eine Erweiterung des bestehenden Webs mit maschinenverarbeitbaren Inhalten darstellt. Konkrete Einsatzbereiche für RDF sind beispielsweise die Mehrfachverwendung von Inhalten (engl. Content Syndication<sup>20</sup>) und die möglichst einfache Einspeisung von Inhalten (engl. RDF/Really Simple Syndication<sup>21</sup>, RSS), soziale Netzwerke wie Friend-of-a-Friend<sup>22</sup> (FOAF) oder auch Kommentierungssysteme (wie das W3C Annotea Project) und Blogs (Web-Eintrag mit Log-File) [vgl. RDF]. RDF ist eine Grammatik zur OWL. RDF-Graphen treffen Aussagen der Form Subjekt-Prädikat-Objekt (S-P-O). Dabei sind Knoten Subjekte und Objekte, Kanten die Prädikate. Somit werden Aussagen über *Aussagen* (engl. statements) und *Relationen* möglich. Darin ist die Basis des *Semantic Webs* zu sehen [VoHe06; ETea06]. An dieser Stelle sei bereits angemerkt, dass alle Daten und Werkzeuge des *Semantic Webs*, wie auch die hier betrachteten XML-Schema, RDF, RDF-Schema und OWL häufig in XML kodiert bzw. serialisiert sind [Förn05, S.25].

Aussagen in RDF können als gerichteter Graph mit beschrifteten Kanten dargestellt werden. In einem **RDF-Graphen** repräsentieren die Knoten Ressourcen, und die Kanten repräsentieren benannte Eigenschaften. Knoten, die Zeichenketten repräsentieren, werden mit Rechtecken gezeichnet [Skou02]. Die Kanten drücken Beziehungen aus und können als semantisches Bindeglied zwischen Ressourcen und zugehörigen Werten verstanden werden.

RDF Graphen

- **Mehrstellige Prädikate:** N-stellige Relationen können auf 2-stellige Relationen zurückgeführt werden [Förn05, S.41].
- **Reifikation:** Aussagen können ebenfalls Ressourcen sein, das heißt, man kann Aussagen über Aussagen bilden, dies wird als *Reifikation* bezeichnet [Förn05, S.43].

Mehr zur grafischen Notation von RDF den RDF-Graphen und weitere Beispiele finden sich unter [Sönn04, S.27ff., Brüg03, Skou02]. Es gibt auch einige sehr mächtige Werkzeuge zur Darstellung von RDF-Graphen, wie z.B. K-Infinity von Intelligent Views GmbH<sup>23</sup> für Business Semantics und Knowledge Portale oder SemanticWorks

<sup>20</sup> Content-Syndication: Der Austausch oder die Mehrfachverwendung medialer Inhalte.

<sup>21</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/RSS\\_\(Web-Feed\)](https://de.wikipedia.org/wiki/RSS_(Web-Feed))

<sup>22</sup> <http://www.foaf-project.org/>

<sup>23</sup> Homepage der Intelligent Views GmbH: <http://www.i-views.de>.

von Altova GmbH<sup>24</sup> zur Modellierung und Überführung von Ressourcenbeschreibungen in RDF-Graph und RDF/XML-Syntax mit Syntax- und Semantik-Check.

#### RDF/XML Syntax

Die XML Repräsentation des grafischen RDF-Modells wird durch die **RDF/XML Syntax-Spezifikation**<sup>25</sup> des W3C beschrieben. Darin wird festgelegt, dass Aussagen über Ressourcen in sogenannten Description-Elementen erfolgen, wobei die Ressource selbst in ein Attribut eines solchen Elements referenziert wird, während ihre Eigenschaften als im Prinzip frei definierbare Elemente und ihre Werte als die zugehörigen Elementinhalte angegeben werden [EcEc04, 241].

#### Serialisierung

Das nachstehende Beispiel zeigt die Serialisierung eines wissensbasierten Prozesses, genauer einer wissensbasierten Aktivität *Testphase*, die unter der URI <http://www.inKNOWvation.de/WPIMvokabular/ABS08/Testphase.xml> referenzierbar ist. Eine Aktivität ist in diesem Beispiel die Ressource, die näher beschrieben wird. Als Prozesselemente werden jeweils *Name*, *Version*, *Datum*, *Verantwortlichkeit*, *Kurzbeschreibung*, *Schlagworte*, *Ansprechpartner* und *Format* angeführt. Innerhalb des Wurzelements RDF, das immer benötigt wird, werden die zusätzlich benötigten Namensräume (z.B. *rdf*, *wpim*, *kpp* oder *kxp*) deklariert. Der Namensraum *rdf*: ist durch die RDF-Spezifikation vorgegeben. Die hier verwendeten Elemente mit dem Präfix *rdf*: sind innerhalb der RDF-Spezifikation beschrieben. Bei nachstehender Beschreibung der Aktivität *Testphase* sind das: *RDF*, *Description* mit Attribut *about*, *Seq* und *li*. Im Element *RDF* müssen sich die Ressourcenbeschreibungen befinden, während man mit *Description* die einzelnen Ressourcenbeschreibungen markieren kann. Das Attribut *about* gibt an über welche Ressource Aussagen getroffen werden. Die weiteren Namensraumdeklarationen wie *wpim* *wpim*, *kpp* oder *kxp* beinhalten eine RDF-Schema-Beschreibung mit den für diese Anwendungsdomäne definierten Elementnamen. Die Elemente *Name*, *Version*, *Datum*, *Verantwortlich*, *Kurzbeschreibung*, *Schlagworte*, *Ansprechpartner* und *Format* werden verwendet und durch das Präfix *wpim*: eindeutig gekennzeichnet. Das Ansprechpartner-Element enthält zwei Experten die im Listen-Element *rdf:li* beschrieben werden.

```
<?xml version="1.0" ?>
<rdf:RDF
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:wpim="http://www.inKNOWvation.de/WPIMvokabular/">

  <rdf:Description
    about="http://www.inKNOWvation.de/WPIMvokabular/ABS08/Testphase.xml">
    <wpim:Name>Testphase</wpim:Name>
    <wpim:Version>1.3</wpim:Version>
    <wpim:Datum>07.10.2006</wpim:Datum>
```

<sup>24</sup> Homepage der Altova GmbH: <http://www.altova.com>.

<sup>25</sup> Das World Wide Web Consortium (W3C) regelt die Syntax Spezifikation von RDF: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns>.



```

    <wpim:Verantwortlichkeit>Dr.
Schmied</wpim:Verantwortlichkeit>
    <wpim:Kurzbeschreibung>Hier sind die Testspezifikationen
zur Absicherung des Systems ABS08 hinterlegt
    </wpim:Kurzbeschreibung>
    <wpim:Schlagworte>Test, Testspezifikation, Klima-
test</wpim:Schlagworte>
    <wpim:Ansprechpartner>
    <rdf:Seq>
    <rdf:li>Herr S.Hinz</rdf:li>
    <rdf:li>Herr D.Kunz</rdf:li>
    </rdf:Seq>
    </wpim:Ansprechpartner>
    <wpim:Format>text/xml</wpim:Format>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

**Code 1.2: Beschreibung Testphase in RDF/XML Notation**

„Möchte man Ressourcen beschreiben, die im Web verfügbar oder zumindest über eine URI identifizierbar sind, so nimmt man das *about*-Attribut und setzt als Wert die URI. Über diesen Mechanismus kann man (...) auch Begriffe, die schon an anderer Stelle beschrieben worden sind aufgreifen und um weitere Beschreibungen ergänzen.“ [EcEc04, S.243]

URI existieren auch für reale Ressourcen wie z.B. Bücher oder Prozessdokumentationen, die so direkt und eindeutig referenziert werden können. Sollten Sie sich an den fiktiven URI stören, so kann statt dem *rdf:Description about*-Attribut das *ID*-Attribut verwendet werden. Die Ressource kann dann über ihren Namen bzw. eine eindeutig festzulegende Identifikation beschrieben werden.

*RDF-Schema* (RDF-S, bzw. RDFS) ist eine Erweiterung um Bedeutung in einem RDF-Dokument auszudrücken. Dazu bietet RDFS zusätzlich die Möglichkeit, eigene Vokabulare zu definieren und diese mittels RDF auszudrücken und anzuwenden [KaBM08]. Das RDF-Modell und die RDF/XML-Syntax erzeugen nur XML-Dokumente, die sich an zusätzliche Regeln bezüglich der Struktur und der Benennung von Elementen und Attributen halten müssen. Diese Dokumente können syntaktisch überprüft werden und bieten, bei geschickter Wahl der Namen, hilfreiche Information. Zur automatischen Weiterverarbeitung genügt dies jedoch noch nicht [<http://w3c.org/TR/2000/CR-rdf-schema-20000327> in EcEc04, S.258]. RDF-Schema nutzt die Syntax von RDF/XML. Ein Vergleich von RDF-Schema mit XML-Schema ist jedoch nur bedingt möglich. XML-Schema gibt syntaktische Strukturen von wohlgeformten XML-Instanzen vor. Zum einen schränkt RDF-Schema die RDF/XML-Syntax ein, zum anderen ermöglicht RDF-Schema die semantische Einordnung der verwendeten Begriffe. Die semantische Beschreibung übertrifft XML-Schema somit bei weitem [vgl. EcEc04, S.259]. RDF-Schema wurde entwickelt, um Begriffe zueinander in Beziehung zu setzen. Wesentliche Konzepte von RDF-Schema sind *Klasse-Unterklasse-Beziehungen* sowie *Eigenschaft-Untereigenschaft-Beziehungen*. Klassen fassen einerseits wie in der objektorientierten Modellierung Objekte mit gleicher Eigenschaft zusammen und bestimmen andererseits Begriffe. Unterklassen sind spezielle Untermengen von Oberklassen. Entsprechendes gilt für Eigenschaft-



Untereigenschaft-Beziehungen [EcEc04, S.259]. RDF-Schema erlaubt außerdem die Bildung von Begriffshierarchien, den sogenannten Ontologien für die semantische Einordnung von Begriffen [EcEc04, S.235]. RDF-Schema-Dokumente müssen der RDF/XML-Syntax genügen und die Namensraumdeklaration `<xmlns:rdfs="http://www.w3c.org/2000/01/rdf-schema#">` für RDF-Schema enthalten. Charakteristisch für RDF-Schema-Dokumente sind die Typen *Class* und *Property* sowie die Eigenschaften *subClassOf* und *subPropertyOf* [vgl. EcEc04, ff. 260].

### 1.2.2 Web Ontology Language (OWL)

OWL

Die Beschreibungssprache für Ontologien im Internet (engl. **Web Ontology Language, OWL** – nicht WOL) ist eine Spezifikation des W3C zur Erstellung, Publikation und Verteilung von Ontologien. Es geht darum, Wissen einer Domäne und zugehörige Relationen so zu formalisieren, dass auch (Software-) Agenten die Bedeutung verarbeiten bzw. weiterführend „verstehen“<sup>26</sup>. OWL wird dadurch zum Kern des *Semantic Webs* – der „bedeutungsvollen“ Fortschreibung des heutigen Internets. OWL basiert technisch auf der RDF-Syntax und geht historisch aus Darpa Agent Markup Language (DAML) „plus“ Ontology Inference Layer (OIL) als DAML+OIL hervor und übersteigt die Ausdrucksmächtigkeit von RDF-Schema. Zusätzlich zu RDF und RDF-Schema werden die Sprachkonstrukte (Sprachdialekte wie OWL Lite, DL und Full) eingeführt, die es erlauben, Ausdrücke ähnlich der Prädikatenlogik<sup>27</sup> zu formulieren [OWL; SEMA]. Ontologien dienen zur Spezifikation von Vokabularen, ermöglichen Interoperabilität für menschliche und maschinelle Kommunikation sowie ontologiebasiertes Suchen [vgl. Bull06, S.235].

OWL ist als Erweiterung von RDF-Schema zu sehen. OWL ist weiterhin stark an den Sprachen SHOE sowie DAML+OIL orientiert [vgl. Eich04, Diec03].

SHOE

Die erste (für das WWW bzw. XML relevante) Sprache zur Formulierung von Ontologien war **SHOE** (Simple HTML Ontology Extension). Mit SHOE versuchten seine Erfinder, die Technik des semantischen Markups mithilfe von Ontologien so einfach wie möglich zu gestalten, indem sie die Anmerkungen und Ontologien direkt als HTML-Erweiterungen definierten [vgl. Luke et al. 1996 in Diek03, S.8].

DAML

**DAML** ist die Kurzform für DARPA Agent Markup Language. **OIL** steht für Ontology Inference Layer und fügt DAML Logik sowie Möglichkeiten für Schlussfolgerungen hinzu. Beide sind Grundlage für OWL und von der grundlegenden Struktur sehr ähnlich: eine Unterteilung in Klassen, Unterklassen, Individuen und Properties ist auch hier schon möglich. Zu den Properties ist außerdem die Definition von Restriktionen möglich, wie in OWL auch. DAML+OIL erweitert RDF mit Klassenfunktionalitäten und Eigenschaften und ist als direkter Vorgänger von OWL anzuse-

<sup>26</sup> Verstehen im Sinne einer Interpretation der oder Einordnung in die Begriffswelt.

<sup>27</sup> Das charakteristische und wichtigste Sprachmittel der Prädikatenlogik ist der Quantor oder Quantifikator. Quantoren erlauben es, Aussagen darüber zu machen, auf wie viele Individuen ein Prädikat zutrifft.

hen, wobei der Übergang von DAML+OIL nach OWL fließend ist, d.h. OWL vereinigt die Funktionalität von DAML und OIL in einer Sprache. Die Unterscheidungen sind marginal und beschränken sich auf erweiterte Klassenbeziehungen in OWL [Stei04, S.5].

Eckstein/Eckstein stellen acht Entwurfsziele von OWL vor, die von RDF/RDF-Schema nicht ausreichend erfüllt werden [vgl. EcEc04, S. 274-275]:

- Auf verteilte Ontologien (die öffentlich zugänglich sein werden) sollen sich unterschiedliche Datenquellen beziehen können.
- In diesem Sinne soll auch die Evolution von Ontologien unterstützt werden, da sich durch das stetige Wachsen von Ontologien viele Änderungen ergeben werden. Insbesondere die Kompatibilität, aber auch die Inkompatibilität zu vorhergehenden Versionen soll spezifiziert werden können.
- Verschiedene Ontologien modellieren identische Konzepte zum Teil unterschiedlich. Für die Interoperabilität von solchen Ontologien müssen dementsprechend Konzepte zur Verfügung stehen, die dieses berücksichtigen.
- Häufig sind Ontologien zueinander inkonsistent, da keine kontrollierende Autorität existiert. Inkonsistenzen müssen automatisch erkannt und verarbeitet werden können.
- Große Ausdrucksmächtigkeit und gute Skalierbarkeit sind zwei wichtige, aber entgegengesetzte Ziele, so dass für die OWL eine gute Balance zwischen diesen gefordert wird.
- Für die weite Verbreitung und den tatsächlichen Einsatz des *Semantic Web* im großen Maße ist es essentiell, dass die OWL einfach zu nutzen ist.
- Die OWL soll mit anderen existierenden Entwicklungen wie XML, RDF, aber auch Modellierungsstandards wie der UML kompatibel sein. Ansonsten wäre die Benutzung und Integration im Entwicklungsprozess nur unnötig erschwert.
- Wie bei allen anderen Spezifikationen des W3C ist die Internationalisierung ein Basisziel. Hier sollen mehrsprachige Ontologien und möglicherweise unterschiedliche kulturelle Sichten ermöglicht werden [EcEc04, S.274-275].

OWL liegt in drei Sprachdialekten vor (OWL Lite, OWL DL, OWL Full), die sich in der Anzahl der Syntaxelemente unterscheiden. Das W3C gibt hier als Begründung für die Trennung an, OWL Lite vorgesehen zu haben, um einfachere Implementierungen zu unterstützen [Diec03].

### 1.2.11 Sprachdialekte von OWL: Light, DL und Full

Der Namensraumname für OWL lautet *owl*, wobei der Namensraum die URI <http://www.w3c.org/2002/07/owl#> besitzt. Das Kopfelement lautet *owl:ontology*. Weiter können *owl:versionInfo*, *owl:priorVersion* und ein *owl:imports*-Element folgen. Einige sehr gute Tutorials zu OWL finden sich auf den Seiten des Cooperative Ontologies Programme<sup>28</sup>. Die nachstehenden Beschreibungen der drei Sprachversionen (OWL Light, DL und Full) können nachgelesen werden unter OWL Web Ontology Language Guide von [SEMA]:

#### OWL Lite

OWL Lite unterstützt in erster Linie eine Klassifikationshierarchie und lediglich einfache Beschränkungsmöglichkeiten. Zum OWL Lite zwar Kardinalitätsschranken, aber nur für die Werte 0 oder 1. Es dürfte einfacher sein, Werkzeuge (und einen schnellen Migrationspfad für Thesauri und andere Taxonomien) für OWL Lite als für seine ausdrucksstärkeren Verwandten bereitzustellen [SEMA].

#### OWL DL

Der Name **OWL DL** rührt von der Entsprechung zur *description logic* [EcEc04, S.275] her. In OWL DL sind alle Konstrukte der Sprache enthalten. Bei der Benutzung dieser Konstrukte müssen aber teilweise Beschränkungen eingehalten werden. Es wird die maximale Ausdrucksmöglichkeit zur Verfügung gestellt, die unter der Vorgabe möglich ist, dass die Berechnungen durch logische Schlussfolgerer auch logische Denker (engl. Reasoner<sup>29</sup>) vollständig und entscheidbar sein sollen. Der Hauptunterschied zu OWL Lite ist, dass OWL DL mehr Möglichkeiten zur Beschränkung von Eigenschaften zur Verfügung stellt. Für die Benutzer sollte sich die Beantwortung der Frage, welche der beiden Versionen zu verwenden ist, danach richten, ob ihnen die Möglichkeiten von OWL Lite zur Beschränkung von Eigenschaften genügen. OWL DL ist eine Teilmenge von OWL Full. Jede gültige OWL DL Ontologie ist eine gültige OWL Full Ontologie [Eich04, S.23].

#### OWL Full

**OWL Full** umfasst die maximale Ausdrucksstärke und die syntaktische Freiheit von RDF. Dafür gibt es keine Garantien hinsichtlich Auswertbarkeit. Beispielsweise kann in OWL Full eine Klasse gleichzeitig als eine Sammlung von Individuals und für sich selbst als ein Individual behandelt werden. Ein weiterer signifikanter Unterschied zu OWL DL liegt darin, dass ein *owl:DatatypeProperty* als *owl:InverseFunctionalProperty* markiert werden kann. OWL Full erlaubt einer Ontologie, die Bedeutung der vordefinierten (RDF oder OWL) Vokabulare zu erweitern. Es ist nicht zu erwarten, dass eine schlussfolgernde Software jedes Feature von OWL Full unterstützen kann [SEMA]. Die Entscheidbarkeit ist nicht zwingend gegeben.

<sup>28</sup> CO-ODE: <http://www.co-ode.org/resources/tutorials/>.

<sup>29</sup> [https://www.w3.org/2001/sw/wiki/Category:OWL\\_Reasoner](https://www.w3.org/2001/sw/wiki/Category:OWL_Reasoner)

### 1.2.3 Semantic Web Technologien – Chancen, Risiken und Ausblick

Als zentrale Herausforderung im *Semantic Web* wird der Umgang mit widersprüchlichen Aussagen erkannt. Im *Semantic Web* können zwei oder mehrere Aussagen, z.B. in Tripel Form S-P-O auftreten, die widersprüchlich sind. Welcher Aussage bzw. welcher Quelle ist dann mehr Vertrauen zu schenken? Was geschieht mit veralteten Aussagen, die aber nach wie vor im Web verfügbar sind, z.B. ein Experte hat die Verantwortung für einen neuen Bereich übernommen, ein Kollege hat den Bereich gewechselt und seine Kontaktdaten geändert. Solange die veralteten semantischen Beschreibungen zu den Experten noch parallel verfügbar sind, führt dies unweigerlich zu Widersprüchen oder Doppelauskünften. Die Suche nach einer Rolle, z.B. dem Vorstand, würde alle Vorstände der Historie als Treffer zurückliefern. Die Qualität der Aussagen leidet, die Vertrauenswürdigkeit sinkt. Eine Versionierung von Tripel-Aussagen durch Zeitstempel kann dabei unterstützen, Eindeutigkeit zu schaffen. Dazu wird z.B. zu einer Rolle wie dem Vorstand im Unternehmen hinterlegt, welche Person diese Rolle, von wann bis wann, innehatte. Maschinen müssen präzise Aussagen über ihre Verfügbarkeit oder Wartungsintervalle geben können und dabei z.B. ein standardisiertes Datum/Uhrzeit Format verwenden, da ansonsten bei einer Fertigungsanfrage nicht abschließend geklärt werden kann, ob die Maschine zum angefragten Zeitpunkt tatsächlich verfügbar ist.

Semantic Web  
Technologies

Durch **SPARQL-Queries** kann dann, z.B. gezielt über die Suche nach Rolle, Datum, Verfügbarkeit eindeutig herausgefunden werden, welche Person zu einem Zeitpunkt für Entscheidungen verantwortlich zeichnet und welche Maschine mit welcher Kapazität an welchem Produktionsstandort verfügbar ist. Das Web 3.0, (auch Web-of-Trust genannt), wird stärkere Auswirkungen und Bindung an bzw. auf die Realität haben [vgl. Bade04, S.57]. Künftig können soziale Netzwerke genutzt werden, um die reale Existenz von Personen zu verifizieren. Wer in ein soziales Netz eingebunden ist und mit einigen Dutzend Personen – die wiederum virtuell vernetzt sind – verbunden ist, hat eine Vertrauensbasis geschaffen und somit einen guten Anhaltspunkt geschaffen, tatsächlich real existent zu sein. Denkbar ist, dass zukünftig ein Nutzerprofil aus einem sozialen Netzwerk als Log-On-Schlüssel bei Web-Diensten wie Flug- und Reisediensten oder auch zum Online-Banking genutzt werden kann. Soziale Netzwerke in Verbindung mit dem *Semantic Web* haben somit das Potential, zum Ausgangspunkt für das *Web-of-Trust* zu werden.

SARQL

### 1.3 Von intelligenten Informationssystemen hin zu Smart Services

Im weiteren Verlauf erarbeitet der Kurs die Überleitung von **intelligenten Informationssystemen**, den darin verarbeiteten Daten, Information und Wissen hin zu den in der Industrie 4.0 angestrebten Smart Services, Smart Production und Smart Factory. „Daten sind der Rohstoff der Zukunft – Daten sind ein Teil der realen Welt wie Kohle und Stahl.“, so die Aussage von Angela Merkel auf dem Digitalisierungskongress. Sie warnt eindringlich vor den Gefahren, dass Deutschland

Smart Service

im Wettlauf zur Industrie 4.0 wegen zu hoher Datenschutzauflagen ins Hintertreffen geraten könnte [Brau19].

### 1.3.1 Zu Data und Big Data

*„Daten sind der Rohstoff des 21. Jahrhunderts und Big Data wird Gesellschaft und Wirtschaft grundlegend verändern.“ [Jähn15]*

*„Daten werden auch als das neue Öl des digitalen Zeitalters bezeichnet: in unverarbeiteter Form sind sie relativ nutzlos, aber wenn es gelingt, durch aufwändige Verfahren und Analysen Struktur in die Daten zu bekommen, dann können sie zur Beantwortung von neuen Fragestellungen genutzt werden und ihr finanzielles Potential entfalten.“<sup>30</sup>*

Big Data

In diesem Umfeld kommen die Begriffe der großen Datenmengen (engl. Big Data) und der intelligenten Daten (engl. Smart Data) ins Spiel. Dies sind abstrakte Begriffe für jegliche Art und Anzahl von Daten, die mit traditionellen Datenanalysemethoden nicht mehr handhabbar sind. Daraus ergeben sich Anforderungen an die Informatik und an neue Techniken und Technologien zum Datenmanagement und zur Datenanalyse.

Smart Data

*„Big data is high-volume, high-velocity and/or high-variety information assets that demand cost-effective, innovative forms of information processing that enable enhanced insight, decision making, and process automation.“<sup>31</sup>*

Der Ursprung und die erstmalige Verwendung des Begriffes Big Data sind nicht ganz eindeutig, und es werden unterschiedliche Quellen genannt, die den Begriff in der aktuellen Verwendung geprägt haben könnten [McBu12]. Relativ unumstritten jedoch ist die Definition der Eigenschaften von Big Data durch Gartner im Jahr 2011 [Beye11]. Das darin verwendete 3-V-Modell geht auf einen Forschungsbericht von Laney zurück, der die Herausforderungen des Datenwachstums als dreidimensional bezeichnet hat [Lane01].

<sup>30</sup> <https://gi.de/informatiklexikon/big-data>

<sup>31</sup> <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/big-data>

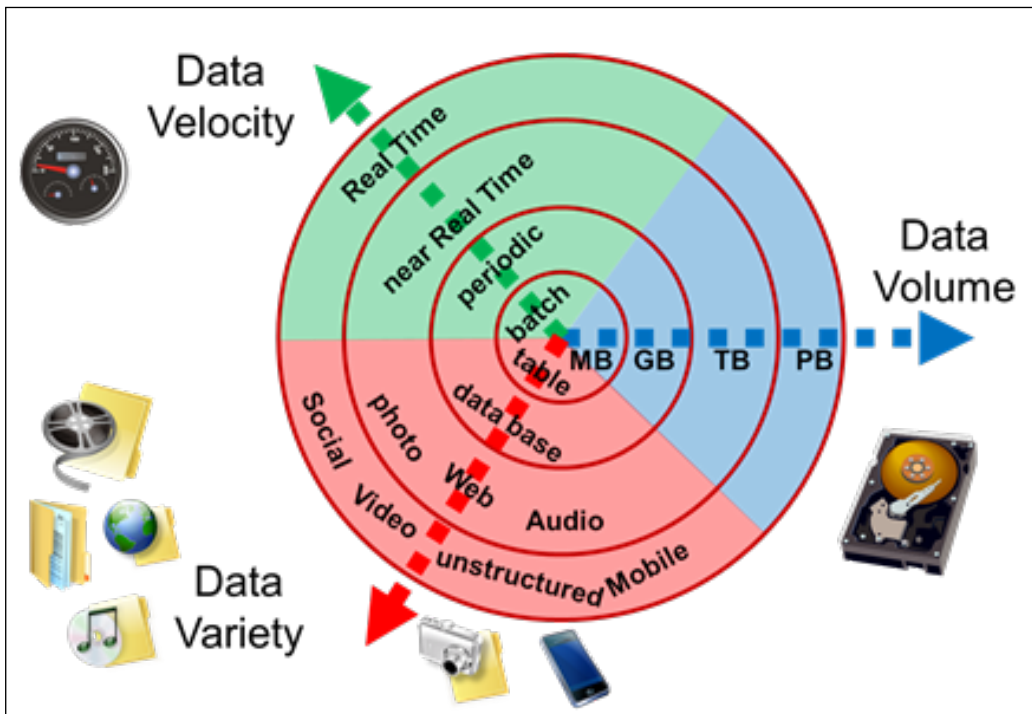


Abb. 1.4: 3-V-Modell zu Big Data<sup>32</sup>

Die drei Dimensionen beziehen sich auf ein ansteigendes Volumen (engl. **volume**) der Daten, auf eine ansteigende Geschwindigkeit (engl. **velocity**), mit der Daten erzeugt und verarbeitet werden und auf eine steigende Vielfalt (engl. **variety**) der erzeugten Daten. Die Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)<sup>33</sup> stellt die drei Dimensionen im Detail sowie die daraus resultierenden Herausforderungen im Umgang mit Big Data vor.

### 1.3.2 Von Big Data zu Smart Data

Big Data sind riesige Datenmengen, die mit bisherigen Methoden nicht analysiert oder verarbeitet werden können. Smart Data hingegen geht über diesen Begriff hinaus, dazu entwickelte [Jähn15] diese vereinfachte Formel:

**„Smart Data = Big Data + Nutzen + Semantik + Datenqualität + Sicherheit + Datenschutz = nutzbringende, hochwertige und abgesicherte Daten.“**

[Jähn15] versteht Big Data somit als den Rohstoff, den es aufzubereiten gilt, damit dieser zu **Smart Data** veredelt werden und sein gesamtes wirtschaftliches Potenzial entfalten kann.

Die Komplexität besteht zudem darin, dass immer mehr Daten durch Verbraucher und Geräte erhoben werden. Diese sollen dann (automatisch) analysiert und zu Smart Data verarbeitet und kombiniert werden. Die Kombination dieser Daten er-

<sup>32</sup> <https://gi.de/informatiklexikon/big-data>

<sup>33</sup> <https://gi.de/informatiklexikon/big-data>

öffnet die Chance, daraus neue intelligente Dienste zu schaffen, sogenannte Smart Services<sup>34</sup>. Im Rahmen dieses Kurses wird insbesondere der Aspekt der Semantik aufgegriffen. Prozesse und Prozesswissen sollen semantisch repräsentiert, verarbeitet und durchsucht werden können. Wenn einzelne Aufgaben und Prozesse der Wertschöpfungen semantisch repräsentiert und somit maschinenverständlich beschrieben sind, können diese gestützt durch intelligente Informationssysteme optimal ausgetauscht oder verteilt werden. Daraus entfaltet sich das Vernetzungs- und Nutzenpotential für die Industrie 4.0.

### 1.3.3 Getting Smart durch Smart Services

*„Ein Smart Service ist eine digitale Dienstleistung, die auf der Basis vernetzter, intelligenter technischer Systeme und Plattformen Daten aggregiert und analysiert. Die dabei entstehenden Informationen und Wertangebote werden im Rahmen dienstleistungsbasierter Geschäftsmodelle über digitale Marktplätze und Schnittstellen vermarktet.“*<sup>35</sup>

Intelligente Dienste (engl. **Smart Services**) und Industrie 4.0 sind folglich eng miteinander verbunden. Intelligente Produkte (engl. **Smart Products**) und Cyberphysische Systeme (**engl. Cyber Physical Systems, CPS**) [Ande17] bilden die Komponenten und die Infrastruktur der Industrie 4.0 aus. Smart Services stehen für die Dienstleistungen, die aufgrund der Weiterverarbeitung der durch die Smart Products gesammelten Daten erbracht werden können. Smart Services werden durch [Quac15] als „die nutzerorientierte Schwester der Industrie 4.0“ bezeichnet.

Industrie 4.0 endet nicht an den Fabrikatoren. Intelligente Produkte steuern nicht nur aktiv ihren eigenen Produktionsprozess. Nach Auslieferung an den Kunden sind sie auch Plattform für neue Geschäftsmodelle. Zukünftig wird es Milliarden intelligenter Produkte<sup>36</sup> geben, die während ihrer Nutzungsdauer mit dem Internet verbunden sind und riesige Datenmengen (Big Data) über den eigenen Betriebs- und Produktzustand in einer Datencloud abspeichern. Dank der gewonnenen Daten werden aber nicht nur die Produkte optimiert. Lernende Algorithmen verknüpfen die gelieferten Daten auch zu neuen Informationen (Smart Data). Sie sind die Grundlage, um dem Kunden neben dem physischen Produkt individuelle datenbasierte Dienstleistungen (Smart Services) anzubieten. Beispielsweise kann ein Betreiber von Geräten, die mit dem Internet verbunden sind, Daten über den gesamten Bestand der in seiner Verantwortung betriebenen Geräte sammeln und auswerten und daraus neue Services, etwa einen Wartungs- oder Updatevorschlag, generieren. Im Vergleich zu

<sup>34</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/smart-service-welt.html>

<sup>35</sup> <https://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/Sektors-pefizische-Anwendungssysteme/smart-service>

<sup>36</sup> <https://bdi.eu/artikel/news/was-ist-industrie-4-0/>



gegenwärtigen Geschäftsmodellen wird die zugrundeliegende Datenbasis um ein Vielfaches höher sein.<sup>37</sup>

Diese Dienstangebote werden umso attraktiver und nutzerfreundlicher, je stärker sie miteinander vernetzt sind. Dabei ist besonders wichtig, dass die Transparenz und Sicherheit im Umgang mit sensiblen, sicherheitskritischen und auch personenbezogenen Daten immer an erster Stelle steht.<sup>38</sup>

### 1.3.4 Smart Factory

In der Zukunftsvision zur intelligenten Fabrik (engl. **Smart Factory**) organisieren sich die Produktionsanlagen selbstständig und koordinieren Abläufe und Termine untereinander. Dadurch wird die Produktion flexibler, dynamischer und effizienter. Zudem kommunizieren die Maschinen direkt mit den intelligenten Informationssystemen und Mitarbeitern des Unternehmens. So ist etwa der Informationsfluss beispielsweise zum Vertrieb oder der Entwicklungsabteilung durchgängig gegeben.<sup>39</sup>

Smart Factory

Nach BMWI<sup>40</sup> wird eine intelligente Fabrik auch als sogenannte Smart Factory bezeichnet: Die Fabrik der Industrie 4.0 basiert auf intelligenten Einheiten: Maschinen koordinieren selbstständig Fertigungsprozesse, Service-Roboter kooperieren in der Montage auf intelligente Weise mit Menschen, fahrerlose Transportfahrzeuge erledigen eigenständig Logistikaufträge. Zur gegenseitigen Vernetzung werden die einst passiven Bestandteile der Produktion wie Werkzeuge, Maschinen oder Transportmittel mit digitalen **Augen und Ohren (Sensoren)** und **Händen und Füßen (Aktoren)** ausgerüstet und über IT-Systeme zentral gesteuert. In der intelligenten Fabrik arbeiten so beispielsweise Transportbehälter, die Informationen über die individuelle Kennung, die aktuelle Position und die gegenwärtige Befüllung über Sensoren via Funkverbindung übermitteln - und so effizient in der Produktion oder Logistik eingesetzt werden können.

Ermöglicht wird die Smart Factory dadurch, dass Computer und Sensoren immer kleiner und günstiger zur Verfügung stehen und dass große Datenmengen über Breitbandverbindungen immer schneller und effizienter ausgetauscht und analysiert werden können.

<sup>37</sup> <https://bdi.eu/artikel/news/was-ist-industrie-4-0/>

<sup>38</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Digitale-Welt/smart-service-welt.html>

<sup>39</sup> <https://bdi.eu/artikel/news/was-ist-industrie-4-0/>

<sup>40</sup> <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/FAQ/Industrie-40/faq-industrie-4-0.html>



## 1.4 Akzeptanz von Informationssystemen

Informationssystem

Bekannte, häufig zitierte Erklärungsmodelle aus der Informationssystemforschung wie das Technologie-Akzeptanz-Modell [Davi85] oder das Informationssystem-Erfolgsmodell [DeLo92; DeLo03] liefern bereits zahlreiche Hinweise auf Erfolgsfaktoren für die Einführung neuer Technologien und Lösungen. Aus dem Technologieakzeptanzmodell können wesentliche Faktoren, wie die wahrgenommene Benutzungsfreundlichkeit (auch Softwareergonomie) und der wahrgenommene Nutzen der zu implementierenden Technologie abgeleitet werden [Davi85], während sich das Erfolgsmodell des Informationssystems auf die Notwendigkeit der positiven Auswirkungen eingeführter Informationssysteme auf die Ebenen von Mitarbeitern (individuelle Auswirkung) und deren Organisation (organisatorische Auswirkung) konzentriert. Informationsqualität, Systemqualität und Servicequalität spielen ebenfalls eine wichtige Rolle für den Erfolg der Einführung von Informationssystemen, da diese Aspekte die Absicht beeinflussen, ob Menschen ein Informationssystem nutzen oder nicht [DeLo92] [DeLo03]

Somit erklären beide Modelle aus unterschiedlichen Perspektiven die Beziehung zwischen einem Informationssystem, die Entwicklung einer verhaltensbezogenen Absicht, das Informationssystem zu nutzen, und die stimulierte erste oder fortgesetzte Nutzung des Informationssystems. Aus beiden Modellen lässt sich ableiten, dass insbesondere nichttechnische Faktoren eine treibende Rolle für den Erfolg einer neuen technischen Lösung bei Endbenutzern spielen.

Inwieweit der Mensch vom Nutzen der intelligenten Informationssysteme profitieren wird, kann heute (2021) noch nicht beantwortet werden. Sicherlich hängt der zu erwartende Nutzen auch stark davon ab, wie wir uns als Benutzer unserer eigenen Systeme verhalten und wer wen letztendlich akzeptiert.

***„Die Computer werden irgendwann in den kommenden hundert Jahren mit ihrer künstlichen Intelligenz den Menschen übertreffen. Das wird das größte Ereignis der Menschheit werden, möglicherweise auch das Letzte.“***

Stephen Hawking, Physiker

## 1.5 Abgrenzung und Ausblick zur künstlichen Intelligenz (KI)

Künstliche Intelligenz

**Künstliche Intelligenz (KI)**, kognitive Systeme und lernende Maschinen nehmen eine entscheidende Rolle bei der Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft in die Industrie 4.0 ein. Für die internationale Wirtschaft und die industriellen Wertschöpfungsketten geht damit ein grundlegender Strukturwandel einher. Diese technischen Systeme sind lernfähig und zunehmend in der Lage, Erlerntes auf neue Situationen zu übertragen. Sie können Prozesse planen, große Datenmengen analysieren, Prognosen treffen und darüber hinaus mit Benutzern

interagieren. Dazu ein Überblick<sup>41</sup> zu Ansätzen, Methoden und Systemen der künstlichen Intelligenz

#### Definition 1.2: Kognitive Systeme/Maschinen

Kognitive Systeme/Maschinen sind technische Systeme, die digitale Information aus Sensordaten und Netzen aufnehmen und daraus auf Basis von lernenden Algorithmen Schlussfolgerungen, Entscheidungen und Handlungen ableiten und mit ihrer Umgebung im Dialog verifizieren und optimieren.

| Kognitive Systeme |

#### Definition 1.2: Maschinelles Lernen

Als maschinelles Lernen werden Verfahren bezeichnet, in denen ein Algorithmus / eine Maschine durch Wiederholen einer Aufgabe lernt, diese bezüglich eines Gütekriteriums immer besser auszuführen.

| Maschinelles Lernen |

#### Definition 1.2: Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) ist ein Teilgebiet der Informatik, das sich damit beschäftigt, Maschinen mit Fähigkeiten auszustatten, die intelligentem (menschlichem) Verhalten ähneln. Dies kann mit vorprogrammierten Regeln oder durch maschinelles Lernen erreicht werden. Starke bzw. generelle KI bezeichnet Maschinen, die generalisierende Intelligenz- und Transferleistungen erbringen können und somit nicht nur auf sehr begrenzte, vordefinierte Aufgabenfelder beschränkt sind.

| Künstliche Intelligenz |

#### Definition 1.2: Neuronale Netze (Deep Learning)

Künstliche neuronale Netze sind eine Basis für maschinelle Lernverfahren nach dem Vorbild der Nervenzellenvernetzung im Gehirn. Sie bestehen aus Datenknoten und gewichteten Verbindungen zwischen diesen. Durch Änderung verschiedener Parameter im Netz können maschinelle Lernverfahren realisiert werden. Mit Deep Learning werden neuronale Netze mit stark erhöhter Anzahl von Ebenen bezeichnet, mit denen man in neue Problemklassen vorstoßen konnte.

| Deep Learning |

#### Definition 1.2: Blackbox-, Greybox-, Whitebox-Modelle

Blackbox-, Greybox-, Whitebox-Modelle unterscheiden sich darin, ob und in welchem Umfang der Algorithmus das physikalische Modell der zu lernenden Problemstellung kennt und in seinen Lernprozess miteinbezieht. Whitebox-Modelle kennen dies möglichst genau, Blackbox-Ansätze berücksichtigen das Modell hingegen nicht. Greybox bezeichnet Kombinationsansätze zwischen beiden.

| Blackbox-Modelle |

#### Definition 1.2: Neuromorphe Chips

<sup>41</sup> Fraunhofer, Trends-fuer-die-kuenstliche-Intelligenz.pdf; 2017

Neuromorphe Chips sind Mikrochips, bei denen Eigenschaften und Architektur von Nervenzellen auf Hardware-Ebene nachgebildet werden. Diese Neuronen-ähnlichen Bauelemente simulieren die Lern- und Assoziationsfähigkeit des Gehirns, was besonders die Erkennung von Mustern in Bildern oder in Big-Data-Strukturen beschleunigen kann.

Neuromorphe Chips

Diese Ansätze der KI verfolgt dieser Kurs nicht weiter. Vielmehr konzentriert sich dieser Kurs auf die Semantik und semantische Repräsentationen von Prozessen sowie semantische Suchen, wie diese im Rahmen von RDF/RDFS/OWL/SPARQL zur Unterstützung angeboten werden. Die im Verlauf des Kurses adressierten intelligenten Informationssysteme verarbeiten semantische Prozessmodelle, Prozessrepräsentationen und zugehöriges Wissen mit dem Ziel, die Wertschöpfungsprozessen zu verbessern und die Wertschöpfung in industriellen Anwendungen der Industrie 4.0 zu steigern.

## 1.6 Selbsttestaufgaben

### Selbsttestaufgabe

- Was ist ein intelligentes Informationssystem?
- Welche Anforderungen sind an intelligente Informationssysteme gerichtet?
- Welcher Nutzen ist durch intelligente Informationssysteme zu erwarten?
- Erklären Sie den Zusammenhang von Daten, Information und Wissen!
- Erklären Sie die Begriffe und den Zusammenhang zwischen Syntax, Semantik und Pragmatik!

## 1.7 Referenzen

- [Alth06] Klaus-Dieter Althoff, Björn Decker, Alexandre Hanft, Jens Mänz, Markus Nick, Jörg Rech, Martin Schaaf: Intelligente Informationssysteme für Wissensarbeit(er); Academia 2006.
- [Alth07] Klaus-Dieter Althoff, Kerstin Bach, Jan-Oliver Deutsch, Alexandre Hanft, Jens Mänz, Thomas Müller, Regis Newo, Meike Reichle, Martin Schaaf, and Karl-Heinz Weis. Collaborative Multi-Expert-Systems – Realizing Knowledge-Product-Lines with Case Factories and Distributed Learning Systems. In Joachim Baumeister and Dietmar Seipel, editors, Proceedings of the 3rd Workshop on Knowledge Engineering and Software Engineering (KESE 2007), Osnabrück, September 2007.
- [Ande17] Andelfinger, Volker P.; Hänisch, Till (Hrsg.): Industrie 4.0 - Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern: Springer Gabler; 2017.
- [Bach08] Kerstin Bach, Meike Reichle, Klaus-Dieter Althoff: A Domain Independent System Architecture for Sharing Experience. In Alexander Hinneburg, editor, Proceedings of LWA 2007, Workshop Wissens- und Erfahrungsmanagement, pages 296–303, September 2007.
- [Bade04] Badertscher, Guido: Generelle Queryverarbeitung für das Semantische Web; Diplomarbeit; Institut für Informatik der Universität Zürich; Prof. Ph.D. A. Bernstein; 2004.
- [BaFi05] Baker, Thomas; Fischer, Thomas: Bericht von der Dublin-Core-Konferenz (DC-2005) in Madrid; zur Keynote 10 Jahre Dublin Core; 2005.
- [Beye11] Beyer, M.: Gartner Says Solving „Big Data“ Challenge Involves More Than Just Managing Volumes of Data, verfügbar unter [www.gartner.com/it/page.jsp](http://www.gartner.com/it/page.jsp), 2011.
- [Bell06] Bellatreche, L.; Dung, N. X.; Pierra, G.; Hondjack, D. Contribution of ontology-based data modeling to automatic integration of electronic catalogues within engineering databases. Computers in Industry 2006, 57(8), 711-724. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2006.04.015>.
- [BeMi98] Behme, Henning; Minert, Stefan: XML in der Praxis – Professionelles Web\_publishing mit der Extensible Markup Language; Addison Wesley Longman Verlag GmbH; Bonn; 1998.
- [Brau19] Brauckmann, Otto: Digitale Revolution in der industriellen Fertigung – Denkansätze; Springer; 2019.
- [Brig08] Peter Briggs; Barry Smyth: Provenance, Trust, and Sharing in Peer-to-Peer Case-Based Web Search. In Klaus-Dieter Althoff, Ralph Bergmann, Mirjam Minor, and Alexandre Hanft, editors, Advances in Case-Based Reasoning, Proceedings of the 9th European Conference, ECCBR 2008, volume 5239 of Lecture Notes in Computer Science, pages 89–103. Springer, 2008.
- [Brüg03] Brügge, Daniel: Konzeption und Implementierung eines verteilten Agentensystems zur persistenten Speicherung und zum Austausch von RDF-Daten; Technische Universität München; Prof. Dr. Johann Schlichter; 2003.

- [Buch04] Buchwald, Jan Paul: DL Reasoner versus First-Order-Theorembeweiser; Hauptseminar "Semantic Web und Inferenzsysteme"; Henke, T. Liebig, H. Pfeifer; Abteilung Künstliche Intelligenz, Universität Ulm; abgerufen 25.12.08 unter [http://www.j-pbuchwald.de/Articles/DLvsFO\\_ausarbeitung.pdf](http://www.j-pbuchwald.de/Articles/DLvsFO_ausarbeitung.pdf), 2004.
- [Bull06] Bullinger, H.-J.: Fokus Innovation – Kräfte bündeln, Prozesse beschleunigen; Bullinger Hans-Jörg (Hrsg); Carl Hanser Verlag München Wien; 2006.
- [Bur03] Burkhard, H.-D.: Software-Agenten. In Görz, G., Rollinger, C.-R. & Schneeberger, J., Handbuch der Künstlichen Intelligenz, 4. Auflage, S. 943-1020.
- [CoMP19] Corallo, A.; Marra, M.; Pascarelli, C.: Knowledge-Based Manufacturing: Management and Deployment of Manufacturing Rules through Product Lifecycle Management Systems; Aerospace 2019, 6, 41.
- [Dalh01] Dalheimer, Matthias: Java und XML; deutsche Übersetzung; O'reilly Verlag GmbH & X'Co. KG; 1. Aufl.; Köln; 2001.
- [Davi85] F.D. Davis: A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results; (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology), 1985.
- [DCES09] Dublin Core Element Set: <http://dublincore.org/documents/dces/>; 2009.
- [DeLo92] W.H. DeLone and E.R.McLean: Information systems success: The quest for the dependent variable; Information systems research, 3(1), pp.60-95, 1992.
- [DeLo03] W.H. DeLone and E.R. McLean: The DeLone and McLean model of information systems success: a ten-year update. Journal of management information systems", 19(4), pp.9-30, 2003.
- [Diec03] Dieckmann, Jörg: DAML+OIL und OWL. XML-Sprachen für Ontologien; Seminararbeit XML-Technologien; FU Berlin; 2003.
- [DuBe11] Duigou Le, J.; Bernard, A.: Product Lifecycle Management Model for Design Information Management in Mechanical Field; In Interdisciplinary Design, Proceedings of the 21st CIRP Design Conference, 21st CIRP Design Conference, Daejeon, South Korea, Mar 2011; pp. 207-213; 2011.
- [Dubl06] Dublin Core Metadata Initiative: Dublin Core Qualifiers; DCMI Recommendation; [www.dublincore.org](http://www.dublincore.org); 2006.
- [EcEc04] Eckstein, Rainer; Eckstein, Silke: XML und Datenmodellierung, XML-Schema und RDF zur Modellierung von Daten und Metadaten einsetzen; Dpunkt Verlag GmbH; Heidelberg 2004.
- [Eich04] Eichler, Marc: Extraktion einer OWL-Ontologie; Diplomarbeit bei Prof. Dr.-Ing. B. Mitschang, 2004.
- [ETea06] E-Teaching Organisation; Multimediale Lehre an Hochschulen; Suchbegriff RDF; <http://www.e-teaching.org/glossar/rdf>; 2006.

- [EnFo06] EnForum; enzyklopädisches Forum der Informationswissenschaften ist ein virtuelles kollaboratives Wörterbuch mit enzyklopädischen Eigenschaften; <http://www.EnForum.net>.
- [FeSi98] Prof. Dr. Ferstl, Otto; Prof. Dr. Sinz, Elmar: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik; Band 1; 3. Auflage; Oldenbourg Verlag München Wien; Bamberg 1998.
- [Fürn05] Fürnkranz, J.: The semantic Web – Einführung in Data and Knowledge Engineering; Deductive Reasoning; Präsentation TU Darmstadt, 2005.
- [Gern16] Benjamin Gernhardt, Tobias Vogel, Mohammad Givehchi, Lihui Wang und Matthias Hemmje. „Knowledge-Based Production Planning Within the Reference Planning Process Supporting Manufacturing Change Management“. In: Juni 2016. doi: 10.1115/MSEC2016-8658.
- [Hart96] Hartwig, Rolf: Formale Semantik; Universität Leipzig, Institut für Informatik; <https://www.informatik.uni-leipzig.de/~rhartwig/download/FormaleSemantik.pdf>; 1996.
- [Jähn15] Jähnichen, Stefan: FZI Forschungszentrum Informatik; Von Big Data zu Smart Data – Herausforderungen für die Wirtschaft; <https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Kurzmeldungen/Aktuelles/2015/2015-08-27-Von%20Big%20Data%20zuz%20Smart%20Data.html>; 2015.
- [KaBM08] Kashyap, V.; Bussler, C.; Moran, M.: The Semantic Web; Semantics for Data and Services on the Web; Springer-Verlag; Berlin Heidelberg; 2008.
- [Kuhl03] Kühlen, Rainer: Change of Paradigm in Knowledge Management – Framework for the Collaborative Production and Exchange of Knowledge; In IFLA Conference Proceedings, World Library and Information Congress: 69 th IFLA General Conference and Council August 1-9 2003, Berlin.
- [Kuhl04] Kühlen, Rainer: Informationsethik: Formen des Umgangs mit Wissen und Information in elektronischen Räumen; Kapitel 5; Seite 1-14; UVK Universitäts-Verlag Konstanz, Konstanz 2004.
- [Lane01] Laney D.: 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety, Application Delivery Strategies published by META Group Inc., 2001.
- [LiWa11] Li, Y.; Wan, L.; Xiong, T.: Product data model for PLM system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2011, 55 (9-12), 1149-1158. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-3130-4>; 2011.
- [Luke96] Luke, S., Spector, L., Rager, D: Ontology-based knowledge discovery on the worldwide web. In Proceedings of the Workshop on Internet-based Information Systems. AAAI'96 1996 <http://citeseer.nj.nec.com/article/luke96ontologybased.html>; 1996.
- [McBu12] McBurney, V.: The Origin and Growth of Big Data Buzz, Toolbox for IT Blog, 2012, verfügbar unter [it.toolbox.com/blogs/infosphere/the-origin-and-growth-of-big-data-buzz-51509](http://it.toolbox.com/blogs/infosphere/the-origin-and-growth-of-big-data-buzz-51509), 2012.
- [MFOW06] Mertins, K.; Finke, I.; Orth, R.; Will, M.: Organisationales Wissensmanagement: Von der Strategie zur operativen Umsetzung; Konferenz KnowTech 2006 25.-26.10.2006; Forum 1, 25.10.2006; Internationales Congress Center München, 2006.

- [Morr96] Charles W. Morris: Foundations of the Theory of Signs 1938 (deutscher Titel: Grundlagen der Zeichentheorie. In: Charles William Morris: Grundlagen der Zeichentheorie, Ästhetik der Zeichentheorie. Fischer, Frankfurt a. M. 1988, ISBN 3-596-27406-0).
- [MSEC15] Gernhardt, B.; Miltner, F; Vogel, T.; Brocks, H.; Hemmje, L.; Wang, L.: A Semantic Representation for Process-Oriented Knowledge Management Based on Functionblock Domain Models Supporting Distributed and Collaborative Production Planning; Proceedings of the ASME 2015 International Conference on Manufacturing Science and Engineering; (MSEC); Charlotte, North Carolina, USA, June 08 - 12, 2015, vol. 2, pp. 8-12, American Society of Mechanical Engineers (ASME); DOI:10.1115/MSEC2015-9485; ISBN:978-0-7918-5683-3; MSEC; 2015.
- [MSEC16] Gernhardt, B.; Vogel, T; Givehchi, M.; Wang, L.; Hemmje, M.; Knowledge-based Production Planning within the Reference Planning Process supporting Manufacturing Change Management; ASME 2016; Manufacturing Science and Engineering Conference MSEC; Blacksburg, VA, USA; MESC; 2016.
- [Naum99] Naumann, J.: Der Leverage-Effekt im Wissensmanagement. IO-Management, Heft 10/1999.
- [NOMS20] Vogel, Tobias; Gernhardt, Benjamin, Hemmje, L. Matthias: The Kpp Ecosystem and its Smart Production Planning Services; In: Workshop on Management for Industry 4.0, IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium, Budapest, Hungary, April 20 - 24, 2020, vol. IEEE/IFIP-NOMS2020, 2020.
- [Nort02] North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung. Wertschöpfung durch Wissen. 3. Auflage, Wiesbaden 2002.
- [NoTa97] Nonaka, Ikujiro; Takeuchi, Hirotaka: Die Organisation des Wissens: wie japanische Unternehmen eine brachliegende Ressource nutzbar machen, Frankfurt/Main, New York; Campus Verlag 1997.
- [OWL] OWL; Web Ontology Language. Unter Darpa Agent Markup Language; <http://www.daml.org>.
- [Quac15] Quack, K.: Smart Services – die nutzerorientierte Schwester der Industrie 4.0 (2015), <http://www.computerwoche.de/a/smart-services-die-nutzerorientierte-schwester-der-industrie-4-0,3095790>; 2015.
- [Rach05] Rach, Andreas: Nutzung von Semantic Web im Knowledge Sharing; Musterthesis Wirtschaftsinformatik, FH Berlin; Berlin; 2005.
- [RDF] RDF Referenzprojekte unter Wikipedia, die freie Enzyklopädie im Internet; Suchbegriff RDF; <http://www.wikipedia.de>.
- [ScSe06] Schormann, Vera; Seidel, Uwe: Trendreport Wissensarbeitsplatz; Konferenz KnowTech 2006 25.-26.10.2006; Internationales Congress Center München, 2006.
- [SEMA] Semantik Web und OWL Web Ontology Language Guide; deutsche Übersetzung; <http://www.semaweb.org/dokumente/w3/TR/2004/REC-owl-guide-20040210-DE.html>.

- [Sema04] Semar, Wolfgang: Incentive Systems in Knowledge Management to Support Cooperative Distributed Forms of Creating and Acquiring Knowledge; In Arabnia Hamid; et al. (Hrsg.): Proceedings International Conference on Information and Knowledge Engineering IKE04; Las Vegas; CSREA Press; S. 406 – 411, 2004.
- [Skou02] Skoumal, Dénes Valter: Generierung von RDF-Daten aus Webbasierten Informationsquellen; Diplomarbeit; Karlsruhe 2002.
- [Sönn04] Sönnichsen, Björn: Entwicklung aktueller Standards des Web Intelligence; Axel Hahn, Sven Abels, Liane Haak (Hrsg.); Web Intelligence; Bibliotheks- und Informationssystem der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; BIS-Verlag, 2004.
- [Ste04] Steinhoff, Martin: OWL – Web Ontology Language; Seminararbeit zur Projektgruppe Peer2Peer basierte Suche nach Webservices; Arbeitsgruppe Betriebssysteme und Verteilte Systeme in Kooperation mit PC2 – Paderborn Center For Parallel Computing; Institut für Informatik; Paderborn; 2004.
- [StSN01] Studer, Rudi; Schnurr, Hans-Peter; Nierlich, Andreas: Semantisches Knowledge Retrieval; Whitepaper Series: Semantics for the Web; 2001.
- [Usma13] Usman, Z.; Young, R. I. M.; Chungoora, N.; Palmer, C., Case, K.; Harding, J. A. Towards a formal manufacturing reference ontology. International Journal of Production Research 2013, 51(22), 6553-6572. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.801570>
- [VoHe06] Vogel, T.; Hemmje, M.: Wissensmanagement im Consulting- Entwicklung, Bewahrung, Fortschreibung und (Ver)Teilung von Wissen Herausforderungen für wissensintensive Unternehmen; Vortrag in der Berata Akademie; München 26.01.2006.
- [Youn07] Young, R. I. M.; Gunendran, A. G.; Cutting-Decelle, A. F.; Gruninger, M. Manufacturing knowledge sharing in PLM: a progression towards the use of heavy weight ontologies. International Journal of Production Research 2007, 45(7), 1505-1519. <https://doi.org/10.1080/00207540600942268> 599



### 1.3 Index

- Big Data 34
- Blackbox-Modelle 39
- CPS 36
- DAML 30
- Deep Learning 39
- Flexible Produktion 9
- Glossar 21
- Industrie 4.0 7
- Information 16
- Informationssystem 16, 37
- Intelligente Informationssysteme 6, 17
- IOT 12
- Knowledge-based [x] Process 18
- Knowledge-based Automation Processes 10
- Knowledge-based Engineering Processes 9
- Knowledge-based Innovation Processes 9
- Knowledge-based Logistic Processes 11
- Knowledge-based Production Processes 10
- Knowledge-based Robotics Processes 10
- Kognitive Systeme 39
- Kreislaufwirtschaft 11
- Künstliche Intelligenz 38, 39
- Literal 26
- Maschinelles Lernen 39
- Meta-Wissen 19
- Neuromorphe Chips 39
- Ontologie 22
- OWL 23, 30
- OWL DL 32
- OWL Full 32
- OWL Lite 32
- Pragmatik 21
- Process Mining 11
- RDF 23, 26
- RDF Graphen 27
- RDF Statements 26
- RDF/XML Syntax 28
- RDF-Schema 29
- Semantic Web Technologien 26
- Semantic Web Technologies 33
- Semantik 6, 21
- Serialisierung 28
- SHOE 30

---

Smart Data	34	Taxonomie	22
Smart Factory	37	Thesaurus	22
Smart Service	33	URI	26
SPARQL	33	Wissen	15
Syntax	20	Wissenstreppe	13
Tagging	20	XML	26

000 000 000 (00/21)

**00000-0-00-S 1**

Alle Rechte vorbehalten  
© 2021 FernUniversität in Hagen  
Fakultät für Mathematik und Informatik